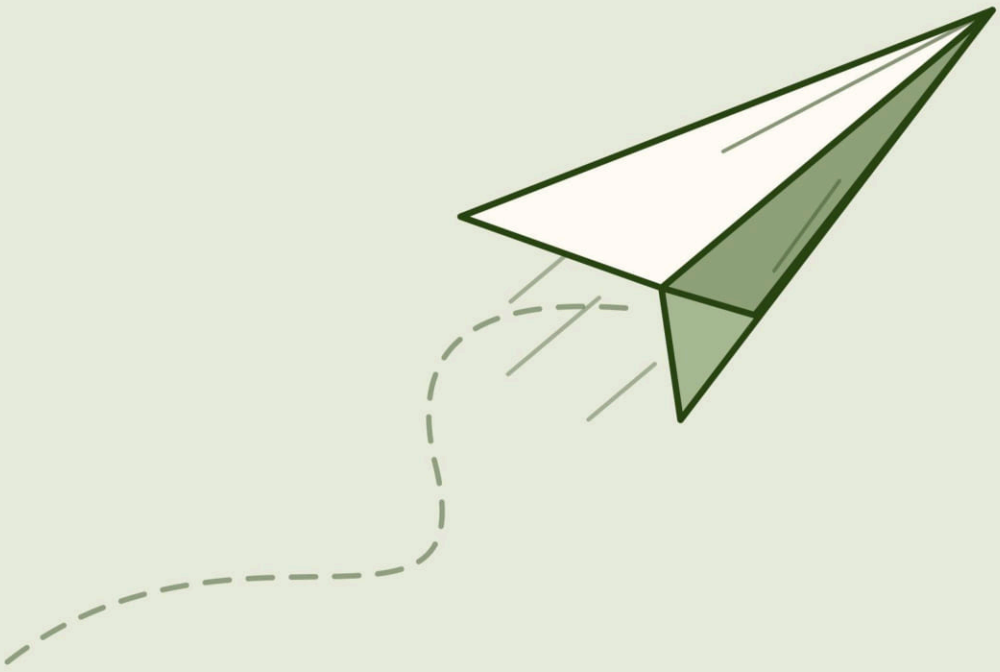
SERI PERSIAPAN TKA SMA

TKA SMA

BIOLOGI

Materi, Strategi, dan Simulasi



Handaka Lumu

by Next Level Study Indonesia

2026/2027 · BIO

TKA BIOLOGI

Materi, Strategi, dan Simulasi

Handaka Lumu

by Next Level Study Indonesia

The Dancer of the Silent Stage

"Semakin kau mengenalku, semakin banyak yang kamu tidak tahu"



KETERANGAN BUKU

TKA Biologi: Materi, Strategi, dan Simulasi

Penulis: Handaka Lumu

Penyusun soal: Tim Next Level Study Indonesia

Penerbit: Next Level Study Indonesia

Edisi: Edisi 1 · Gratis untuk pelajar Indonesia · 2026/2027 · Kode buku BIO

© 2026 Next Level Study Indonesia. Hak cipta dilindungi undang-undang.

GRATIS · TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

Buku ini dibagikan gratis sebagai dedikasi Next Level Study Indonesia untuk bangsa. Boleh diperbanyak dan dibagikan untuk belajar, tetapi tidak untuk diperjualbelikan.

Sumber soal asli: Soal TKA SMA 2025 mata pelajaran Biologi (Pusat Asesmen Pendidikan, Kemendikdasmen), dimuat untuk keperluan belajar sesuai versi Bank Soal NLS; persentase benar nasional sesuai data yang menyertai berkas soal asli.

Acuan kisi-kisi: https://pusmendik.kemendikdasmen.go.id/tka/tka/view/mata-pelajaran-pilihan/sma/biologi

Kata Pengantar

Kamu yang sedang bersiap,

Terima kasih sudah membuka buku ini. Biologi sering disangka pelajaran hafalan: nama organ, nama hormon, nama tahap yang panjang dan mudah tertukar. Padahal biologi adalah cerita tentang dirimu sendiri. Ia ada dalam napas yang kamu tarik pagi ini, dalam jantung yang berdetak lebih cepat saat ujian datang, dalam luka kecil yang menutup sendiri, dan dalam hutan serta laut Indonesia yang menjadi rumah bagi makhluk yang tidak ada di tempat lain.

Buku ini lahir dari satu kenyataan. Soal TKA Biologi 2025 hampir tidak pernah bertanya "apa nama bagian ini". Soal-soalnya bercerita tentang seorang pasien, seorang murid yang sedang bereksperimen, atau sebuah taman nasional yang berubah, lalu meminta kamu menjelaskan apa yang sebenarnya terjadi di balik gejala dan data itu. Banyak siswa tersandung bukan karena malas, tetapi karena terbiasa menghafal tanpa memahami cara kerjanya. Karena itu, buku ini saya tulis untuk kamu yang ingin mengerti, bukan sekadar mengingat.

Isinya disusun mengikuti kisi-kisi resmi dan soal asli TKA 2025. Setiap sub bab lebih dulu menjelaskan materinya secara utuh, dari struktur, fungsi, sampai proses yang berlangsung, lengkap dengan gambar, contoh dari kehidupan di sekitarmu, dan contoh soal yang diselesaikan langkah demi langkah. Sesudah itu baru disajikan strategi menjawab serta jebakan yang sering dipasang. Soal asli dibedah langkah demi langkah. Di akhir setiap bab ada kuis, dan di akhir buku ada simulasi TKA yang berwaktu seperti ujian sesungguhnya. Buku ini tidak menjanjikan nilai tertentu. Yang bisa saya janjikan hanyalah penjelasan yang jujur dan latihan yang terarah.

Bacalah berurutan. Kerjakan latihan dengan pensil di tangan, jangan hanya dengan mata. Bila skor kuis belum memuaskan, kembalilah ke sub bab yang ditunjuk tabel anjuran. Kamu juga bisa membuka latihan dan kuis yang sama di LMS NLS lewat kode QR di dalam buku.

Tubuhmu bekerja tanpa henti untukmu. Setiap sel menunaikan tugasnya dengan setia, siang dan malam, walau tidak ada yang melihat. Belajarlah dengan kesetiaan yang sama. Berjanjilah pada dirimu untuk tidak berhenti di tengah jalan. Persembahkan kesungguhanmu untuk orang tua yang menunggumu pulang membawa kabar baik, untuk guru yang sabar menuntunmu, dan untuk negeri yang kelak membutuhkan tenaga serta pikiranmu. Belajarlah dengan sepenuh jiwa dan raga, karena ilmu yang kamu kumpulkan hari ini adalah baktimu esok hari.

Selamat belajar. Saya percaya kamu bisa.

Oktober 2026

Handaka Lumu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Panduan Memakai Buku

Buku ini dipakai berurutan: kenali ujiannya (Bagian A), pelajari 4 bab materi (Bagian B), uji kesiapanmu dengan simulasi TKA berwaktu (Bagian C), lalu cocokkan jawaban dan pelajari pembahasannya (Bagian D).

Peta belajar

Langkah	Kamu mengerjakan	Hasil
1	Bagian A: kenali bentuk soal dan peta kisi-kisi	Tahu apa yang diuji
2	Bab demi bab: baca sub bab, kerjakan latihan, lalu Kuis Akhir Bab	Skor kuis per bab
3	Ulangi sub bab yang ditunjuk tabel anjuran di akhir kuis	Titik lemah berkurang
4	Bagian C: 4 simulasi TKA berwaktu	Skor simulasi
5	Bagian D: kunci dan pembahasan semua soal	Paham alasan, bukan hanya jawaban

Tanda di dalam buku

Tanda	Artinya
◎ APA YANG DIUJI	Tujuan belajar sub bab dan indikator resmi yang diuji
◆ KONSEP INTI	Materi lengkap: penjelasan runtut, gambar, dan contoh terselesaikan
▲ STRATEGI DAN JEBAKAN	Langkah menjawab dan pola pengecoh yang sering dipasang
● BEDAH SOAL	Soal dibahas langkah demi langkah
✎ LATIHAN	Soal untuk dikerjakan sendiri; kunci singkat di bawahnya
✔ PERIKSA DIRI	Pertanyaan refleksi dan hal yang perlu diingat
Kotak QR	Membuka latihan dan kuis yang sama di LMS NLS

Kode

BIO-1.2 = sub bab 1.2; BIO-KB1 = kuis akhir bab 1; BIO-FIN1 = simulasi 1. Kode yang sama dipakai di LMS.

Belajar lewat PDF atau LMS

Semua latihan, kunci, dan pembahasan sudah ada di buku ini, jadi kamu bisa belajar hanya dengan PDF atau cetakan. LMS menambahkan latihan dan kuis interaktif, serta menyimpan skormu.

Buka buku ini di LMS NLS

Pindai untuk membuka course buku ini.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Daftar Isi

Kata Pengantar ii
Panduan Memakai Buku iii
Bagian A · Mengenal TKA Biologi 1
Bagian B · Materi 8
Bab 1 · Keanekaragaman Hayati 8
Sub bab 1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya 9
Sub bab 1.2 · Prinsip klasifikasi dan kunci determinasi 25
Sub bab 1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya 40
Sub bab 1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian 62
Kuis Akhir Bab 1 83
Bab 2 · Sel dan Metabolisme 100
Sub bab 2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim 101
Sub bab 2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi 120
Sub bab 2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis 139
Kuis Akhir Bab 2 156
Bab 3 · Proses pada Makhluk Hidup 174
Sub bab 3.1 · Sistem sirkulasi 175
Sub bab 3.2 · Sistem respirasi 197
Sub bab 3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis 214
Sub bab 3.4 · Sistem saraf 232
Sub bab 3.5 · Sistem hormon 251
Sub bab 3.6 · Sistem imun 274
Sub bab 3.7 · Sistem reproduksi 293
Kuis Akhir Bab 3 313
Bab 4 · Keterampilan Proses 330
Sub bab 4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis 331
Sub bab 4.2 · Merancang penyelidikan 347
Sub bab 4.3 · Mengolah dan menafsirkan data 363
Sub bab 4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode 379
Kuis Akhir Bab 4 395
Bagian C · Simulasi TKA 414
Simulasi 1 — Soal Asli TKA 2025 415
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026 434
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026 453
Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026 473
Bagian D · Kunci dan Pembahasan 493
Penutup 604
Lampiran 605

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian A · Mengenal TKA Biologi

Apa itu TKA Biologi

Tes Kemampuan Akademik (TKA) Biologi adalah salah satu mata pelajaran **pilihan** pada TKA jenjang SMA/MA/SMK. Menurut kerangka asesmen Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik) Kemendikdasmen, TKA Biologi mengukur dua hal sekaligus: **kemampuan berpikir tentang konsep biologi** dan **keterampilan proses atau inkuiri**, yaitu cara ilmuwan bertanya, merancang percobaan, dan membaca data.

Kerangka itu juga menegaskan satu hal penting. Penguasaan konsep adalah **prasyarat**. Siswa yang salah paham tentang suatu konsep (miskonsepsi) tidak akan mampu menganalisis atau melakukan penyelidikan dengan benar. Jadi kamu tetap harus menguasai konsep, tetapi bukan untuk dihafal. Konsep dipakai sebagai alat untuk menjelaskan kasus.

> Pemberitaan tentang jadwal TKA 2026 menyebut setiap mata pelajaran pilihan berisi **25 soal** dan dikerjakan dalam **60 menit**. Artinya, rata-rata kamu punya sekitar **2,4 menit** untuk setiap soal. Pastikan ketentuan resminya lewat pengumuman Pusmendik menjelang ujian. Soal asli Biologi 2025 yang dimuat di buku ini berisi 27 soal.

Apa yang diuji: empat elemen

Kisi-kisi resmi membagi muatan TKA Biologi menjadi empat elemen. Buku ini memakai empat elemen itu sebagai empat bab.

Elemen kisi-kisi	Isi menurut kisi-kisi	Bab di buku ini	Soal asli 2025
Keanekaragaman hayati	klasifikasi dan keanekaragaman makhluk hidup di Indonesia; bakteri (struktur Gram positif dan negatif, resistensi, peranan); ekosistem (komponen, interaksi, pelestarian)	Bab 1	5 soal
Sel	metabolisme sel: katabolisme, anabolisme, sifat dan cara kerja enzim	Bab 2	4 soal
Proses-proses pada makhluk hidup	sistem sirkulasi, respirasi, dan ekskresi beserta keterkaitannya; sistem imun; sistem koordinasi (saraf dan hormon); sistem reproduksi	Bab 3	13 soal
Keterampilan proses	merumuskan pertanyaan yang dapat diselidiki, merancang penyelidikan, mengolah data dan menyimpulkan	Bab 4	5 soal

Dari tabel itu terlihat bahwa **Bab 3 hampir separuh soal**. Sistem tubuh manusia adalah bagian terbesar TKA Biologi. Karena itu, Bab 3 dibagi menjadi tujuh sub bab, dan sistem koordinasi dipecah menjadi saraf dan hormon.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Ada dua catatan lain. Pertama, prinsip klasifikasi tidak keluar sebagai soal tersendiri pada 2025, tetapi tetap ada di kisi-kisi, jadi tetap dibahas dengan ringkas. Kedua, keterampilan proses punya bab sendiri, padahal hampir **semua** soal memakainya: banyak soal tentang enzim, fotosintesis, atau ekskresi dibuka dengan sebuah percobaan. Karena itu, setiap sub bab di Bab 1–3 juga memuat contoh membaca percobaan atau data.

Konteks soal: biologi di dunia nyata

Kisi-kisi meminta soal disajikan dalam konteks kehidupan sehari-hari, misalnya kesehatan, lingkungan, pertanian, dan sosiokultural. Soal asli 2025 benar-benar mengikutinya. Hampir setiap soal dibuka dengan cerita, lalu baru bertanya.

Konteks	Contoh pada soal asli 2025 (nomor = Simulasi 1)
Kesehatan (pasien, gejala, hasil pemeriksaan)	sopir truk yang mendengkur dan jantungnya berdetak tidak teratur (No. 11), remaja dengan diabetes tipe 1 (No. 19), ibu hamil dengan anemia (No. 20)
Lingkungan dan ekosistem Indonesia	Badak Jawa di Ujung Kulon (No. 1), tanaman *Lantana camara* di Taman Nasional Wasur (No. 6)
Percobaan murid (penyelidikan ilmiah)	daun yang ditutup aluminium foil lalu ditetesi lugol (No. 15), ekstrak bawang putih dan zona bening bakteri (No. 24)
Kebiasaan sehari-hari	bermain ponsel hingga larut malam (No. 16), kuli bangunan yang kurang minum di bawah terik matahari (No. 17)

Cerita pembuka itu sering panjang. Sebagian isinya hanya latar, tetapi petunjuk penting juga sering diselipkan di sana: hasil laboratorium, nama enzim yang dihambat, atau perlakuan pada tiap tabung. **Biasakan membaca kalimat pertanyaannya dulu**, lalu kembali ke cerita untuk mencari petunjuk yang dibutuhkan.

Pola soal TKA Biologi: dari kasus ke mekanisme

Hampir semua soal asli 2025 mengikuti satu pola. Soal memberi **akibat** (gejala, data, hasil percobaan), lalu meminta kamu menemukan **mekanisme** di baliknya, atau sebaliknya. Gunakan rantai empat langkah berikut di setiap soal.

Langkah	Pertanyaan yang kamu ajukan	Contoh (No. 17, serangan panas)
1. Gejala/data	Apa yang teramati? Mana yang tidak normal?	suhu 40,5 °C, kulit merah, **tidak berkeringat**, kurang minum
2. Struktur	Organ atau sel mana yang terlibat?	kelenjar keringat di kulit, cairan tubuh
3. Mekanisme	Bagaimana struktur itu seharusnya bekerja, dan bagian mana yang terganggu?	keringat menguap membawa panas; tanpa cukup cairan, keringat berhenti
4. Akibat	Apakah mekanisme itu menjelaskan **semua** gejala di soal?	panas tidak bisa dibuang, suhu tubuh terus naik

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 4 adalah saringan terakhir. Pengecoh pada soal TKA sering berupa **pernyataan biologi yang benar, tetapi tidak menjelaskan kasus di soal**, atau menyebut istilah yang tepat dengan hubungan sebab-akibat yang keliru. Pilih jawaban yang didukung informasi di soal, bukan sekadar kalimat yang terdengar ilmiah.

Tiga tingkat berpikir

Kerangka Pusmendik menyusun soal dalam tiga level kognitif.

Level	Yang diminta	Contoh pada soal asli 2025
1. Pemahaman	menjelaskan konsep dari informasi yang dipelajari atau diberikan	fungsi bagian neuron yang ditunjuk pada gambar (No. 22)
2. Penerapan	memakai konsep untuk memecahkan masalah	menentukan jenis interaksi lintah dengan inangnya (No. 7), menentukan jenis kekebalan pada alergi (No. 21)
3. Penalaran	menganalisis, mengevaluasi, menyimpulkan, berargumen dengan bukti	menilai mengapa data percobaan belum mendukung hipotesis (No. 24), memilih solusi gangguan kesuburan (No. 18)

Sebagian besar soal asli berada di level 2 dan 3. Soal level 3 jarang selesai dengan mengenali satu istilah. Setelah memahami mekanismenya, kamu masih harus **menimbang**: apakah data cukup, solusi mana yang menyasar penyebabnya, atau pertanyaan mana yang benar-benar bisa dijawab oleh percobaan itu.

Bentuk soal dan cara menjawabnya

Soal asli Biologi 2025 memakai tiga bentuk.

Bentuk	Jumlah pada 2025	Cara menjawab
Pilihan ganda (PG)	20 soal	pilih **satu** jawaban dari lima pilihan A–E
PG kompleks kategori (Benar/Salah atau Sesuai/Tidak Sesuai)	4 soal	tentukan **setiap** pernyataan Benar atau Salah (Sesuai atau Tidak Sesuai)
PG kompleks pilih lebih dari satu (MCMA)	3 soal	pilih **semua** pilihan yang benar; jumlahnya tidak disebutkan

Pilihan ganda. Banyak pilihan pada soal asli berbentuk "peristiwa + sehingga/karena + akibat". Contohnya pilihan pada No. 10 (hormon adrenalin) dan No. 11 (gangguan napas saat tidur). Pilihan seperti ini benar hanya bila **kedua bagiannya benar dan hubungan sebab-akibatnya juga benar**. Periksa ketiganya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Benar/Salah. Perlakukan setiap baris sebagai soal kecil yang berdiri sendiri. Pada No. 9 (pembekuan darah), satu baris menyebut zat yang memang terlibat, yaitu vitamin K dan fibrin, tetapi menghubungkannya secara keliru. Baris seperti itu tetap Salah walaupun istilahnya akrab.

Pilih lebih dari satu (MCMA). Jangan menebak jumlah jawabannya. Nilai setiap pilihan satu per satu dengan informasi di soal, lalu pilih semua yang lolos. Ketiga soal MCMA tahun 2025 termasuk soal tersulit: rata-rata hanya 28,6 % peserta yang menjawab benar.

Tingkat kesulitan nasional soal asli 2025

Tabel berikut memuat persentase peserta yang menjawab benar setiap soal asli TKA Biologi 2025. Angkanya diambil dari data yang menyertai berkas soal asli yang dipakai NLS, lalu dibulatkan satu angka di belakang koma. Nomor soal sesuai urutan di Simulasi 1. Tabel diurutkan dari yang paling sulit.

No.	Yang diuji	Bentuk	Benar	Sub bab
18	solusi gangguan kesuburan (sindrom ovarium polikistik)	MCMA	22,0 %	3.7
26	pertanyaan ilmiah yang tepat dari praktikum urine	MCMA	25,5 %	4.1
19	mekanisme autoimun penyebab gula darah tinggi	PG	26,0 %	3.6
10	kerja hormon adrenalin dari gejala cemas	PG	26,6 %	3.5
3	cara bakteri menyebabkan keracunan makanan awetan	PG	30,1 %	1.3
5	proses pada satu tahap respirasi seluler dari skema	PG	31,7 %	2.2
24	mengapa data percobaan belum mendukung hipotesis	PG	32,1 %	4.3
12	akibat penghambatan enzim pada metabolisme sel	PG	34,1 %	2.2
21	jenis kekebalan pada alergi makanan laut	PG	35,9 %	3.6
15	faktor fotosintesis dari percobaan uji amilum	PG	36,9 %	2.3
7	bentuk interaksi antarorganisme	PG	37,2 %	1.4
1	penyebab penurunan populasi spesies endemik	MCMA	38,2 %	1.1
22	fungsi bagian neuron dari gambar	PG	38,5 %	3.4
8	persamaan dua komponen darah dari gambar	PG	39,5 %	3.1
16	hormon yang terganggu oleh kebiasaan tidur larut	PG	41,0 %	3.5
4	faktor yang memengaruhi kerja enzim dari percobaan	PG	42,2 %	2.1
20	dampak anemia ibu hamil pada janin	PG	42,8 %	3.7
25	langkah pertama pengumpulan data	PG	42,9 %	4.2
6	dampak spesies asing invasif	PG	42,9 %	1.4
11	hubungan gangguan napas saat tidur dengan gangguan jantung	PG	43,8 %	3.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

17	penyebab kegagalan mengatur suhu tubuh	PG	46,0 %	3.3
9	akibat kekurangan trombokinase pada pembekuan darah	Benar/Salah	53,5 %	3.1
27	menghubungkan data percobaan dengan hipotesis	PG	54,2 %	4.4
14	gangguan saraf di balik gejala pikun	Benar/Salah	61,1 %	3.4
2	dampak kenaikan CO_2 pada tumbuhan	PG	61,2 %	1.4
23	pertanyaan yang dapat dijawab percobaan uji amilum	Benar/Salah	70,9 %	4.1
13	kebiasaan penyebab gangguan peredaran darah dari hasil laboratorium	Sesuai/Tidak Sesuai	71,8 %	3.1

Rata-rata persentase benar seluruh soal adalah **41,8 %**, dan 14 dari 27 soal dijawab benar oleh kurang dari 40 % peserta. Ada tiga hal yang bisa kamu pelajari dari tabel ini.

1. **Soal "mekanisme" paling banyak menjatuhkan peserta.** Soal No. 19, 10, 3, dan 12 semuanya meminta kamu menjelaskan **bagaimana** sesuatu terjadi: sel mana yang dirusak, organ mana yang dipengaruhi hormon, zat apa yang menumpuk bila satu enzim dihambat. Pengecohnya memakai istilah yang benar dengan hubungan yang keliru, misalnya sel yang salah atau arah efek yang terbalik. Karena itu, setiap sub bab di buku ini memuat bagian ⚠ **Strategi dan jebakan**.
2. **MCMA adalah bentuk tersulit.** Rata-rata ketiga soal MCMA hanya 28,6 %, jauh di bawah PG (39,3 %) dan Benar/Salah (64,3 %). Pada MCMA, satu pilihan yang salah dinilai atau satu pilihan benar yang terlewat sudah membuat jawaban salah.
3. **Keterampilan proses tidak selalu mudah.** Soal uji amilum (No. 23) dijawab benar oleh 70,9 % peserta, tetapi soal praktikum urine (No. 26) hanya 25,5 %. Bedanya, No. 26 meminta kamu menolak pertanyaan tentang hal yang **tidak diamati** dalam praktikum, seperti kadar gula darah dan detak jantung. Bab 4 melatih cara memilah seperti ini.

Rata-rata per bab: Bab 1 sekitar 42 %, Bab 2 sekitar 36 %, Bab 3 sekitar 42 %, dan Bab 4 sekitar 45 %. Bab 2 (metabolisme) paling rendah walaupun jumlah soalnya paling sedikit.

Keterampilan yang dipakai di semua bab

Keterampilan berikut tidak punya sub bab sendiri, tetapi dipakai di banyak soal. Pelajari sekarang, lalu perhatikan pemakaiannya di setiap bab.

Membaca hasil pemeriksaan laboratorium

Soal kesehatan sering memberi tabel hasil pemeriksaan darah atau urine beserta **nilai rujukan** (rentang normal). Bandingkan setiap hasil dengan rentangnya, lalu tandai yang **di atas** atau **di bawah** normal. Hanya nilai yang menyimpang yang menjadi petunjuk. Nilai yang normal justru membantu menyingkirkan pilihan yang salah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Membaca skema dan gambar berlabel

Pada gambar sel, organ, atau skema proses, soal biasanya menunjuk satu bagian dengan huruf (A, B, C) lalu bertanya tentang fungsinya. Tentukan dulu **nama bagian itu dari bentuk dan letaknya**, baru pikirkan fungsinya. Pada skema proses seperti respirasi seluler, telusuri anak panah: zat apa yang masuk, zat apa yang keluar, dan di tahap mana.

Variabel dalam percobaan

Soal percobaan sering meminta kamu mengenali variabel.

Variabel	Artinya	Cara mengenalinya
Bebas	yang **sengaja dibuat berbeda** oleh peneliti	perlakuan yang berbeda antartabung, antarpot, atau antarbagian daun
Terikat	yang **diamati atau diukur** sebagai akibat	warna, tinggi tanaman, volume urine, diameter zona bening
Terkontrol	yang **dijaga sama** agar perbandingan adil	"disimpan pada suhu 37 °C", "disiram dengan volume air yang sama"

Contoh: tiga tabung berisi tanaman air *Hydrilla* diletakkan pada jarak berbeda dari lampu, lalu gelembung gas yang keluar dihitung selama lima menit. Semua tabung berisi air bersuhu 27 °C. Jarak lampu (intensitas cahaya) adalah variabel bebas, jumlah gelembung adalah variabel terikat, dan suhu air adalah variabel terkontrol. Jebakannya, suhu disebut di soal dengan jelas sehingga mudah disangka faktor yang diselidiki, padahal suhu dibuat **sama** di semua tabung. Pola jebakan ini muncul pada soal asli 2025.

Membaca grafik

Sebelum melihat garisnya, baca dulu **judul, label sumbu, dan satuannya**. Lalu tentukan apa yang dibandingkan: dua kurva pada waktu yang sama, atau satu kurva dari waktu ke waktu. Kesimpulan harus sebatas rentang data. Jangan menarik tren dari satu titik saja.

Strategi 60 menit

1. **Putaran pertama (±35 menit):** kerjakan soal yang pertanyaannya langsung bisa dijawab setelah membaca stimulusnya. Untuk soal dengan cerita panjang dan banyak data, atau MCMA yang ragu, tandai dulu lalu lewati.
2. **Putaran kedua (±20 menit):** kerjakan soal yang ditandai. Terapkan rantai empat langkah (gejala/data → struktur → mekanisme → akibat) dan coret pilihan yang tidak menjelaskan kasus.
3. **Lima menit terakhir:** periksa soal Benar/Salah dan MCMA baris demi baris, lalu pastikan tidak ada soal yang terlewat.
4. **Waspadai pilihan yang terlalu mutlak atau terlalu luas.** Pilihan seperti "tidak terjadi perubahan karena semua tumbuhan sama" atau "tidak berdampak signifikan" jarang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

didukung data di soal. Namun, jangan memilih hanya karena kata-katanya; tetap periksa dengan stimulus.

Cara memakai buku ini untuk Biologi

- **Ikuti urutan bab.** Bab 2 (metabolisme) menjadi dasar Bab 3: pernapasan, peredaran darah, dan ekskresi pada dasarnya melayani respirasi seluler di setiap sel.
- **Prioritaskan sub bab bertanda ★.** Sub bab ini punya bobot soal besar atau persentase benar nasional yang rendah.
- **Gambar sendiri skemanya.** Setelah membaca konsep inti, tutup buku dan gambar ulang alur prosesnya, misalnya urutan pembekuan darah atau jalur impuls saraf. Bila kamu bisa menggambarnya, kamu bisa menjelaskannya.
- **Kerjakan kuis akhir bab dalam 60 menit**, sama dengan waktu ujian, lalu ikuti tabel anjuran di bawahnya.
- **Simpan Simulasi TKA untuk akhir.** Simulasi 1 adalah soal asli 2025. Beberapa soalnya dibedah di sub bab, jadi kerjakan paket ini sebagai pengulangan dengan waktu penuh. Simulasi 2–4 belum pernah kamu lihat dan menjadi ukuran kesiapanmu yang sebenarnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian B · Materi

Bagian ini memuat 4 bab. Tiap bab diakhiri kuis; kerjakan berurutan.

Bab 1 · Keanekaragaman Hayati

BIO-B1

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan penyebab penurunan keanekaragaman hayati Indonesia dan memilih upaya pelestarian yang menyasar penyebabnya
- mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan persamaan dan perbedaan ciri, termasuk memakai kunci determinasi dan kladogram
- menghubungkan struktur bakteri dengan kerja antibiotik, resistensi, dan peranannya bagi manusia
- menganalisis interaksi dalam ekosistem dan dampak perubahan faktor abiotik atau spesies asing

Peta bab

Sub bab	Judul
1.1	Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya
1.2	Prinsip klasifikasi dan kunci determinasi
1.3	Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya
1.4	Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian

Bab 1 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-B1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya

BIO-1.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis permasalahan keanekaragaman hayati di Indonesia**. Kata kuncinya adalah *menganalisis*, bukan menyebutkan. Soal tidak akan bertanya "apa contoh hewan endemik Sulawesi". Soal akan memberi kasus nyata, misalnya populasi badak yang terus menurun, lalu memintamu menilai **faktor apa yang benar-benar menjadi penyebabnya** dan **upaya apa yang menyasar penyebab itu**.

Pada soal asli 2025, kemampuan ini diuji lewat kasus Badak Jawa di Ujung Kulon dalam bentuk pilihan jamak (MCMA). Hanya 38 % peserta yang menjawab benar.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan tiga tingkat keanekaragaman hayati (gen, spesies, ekosistem) di dalam sebuah kasus;
- menjelaskan mengapa Indonesia sangat kaya spesies dan spesies endemik, termasuk peran garis Wallace dan Weber;
- menjelaskan mengapa populasi yang kecil dan terpisah-pisah rentan punah walaupun jumlahnya tampak naik;
- memilah faktor penyebab penurunan populasi yang didukung data dari yang hanya terdengar benar, lalu memilih upaya pelestarian yang menyasar penyebab utama.

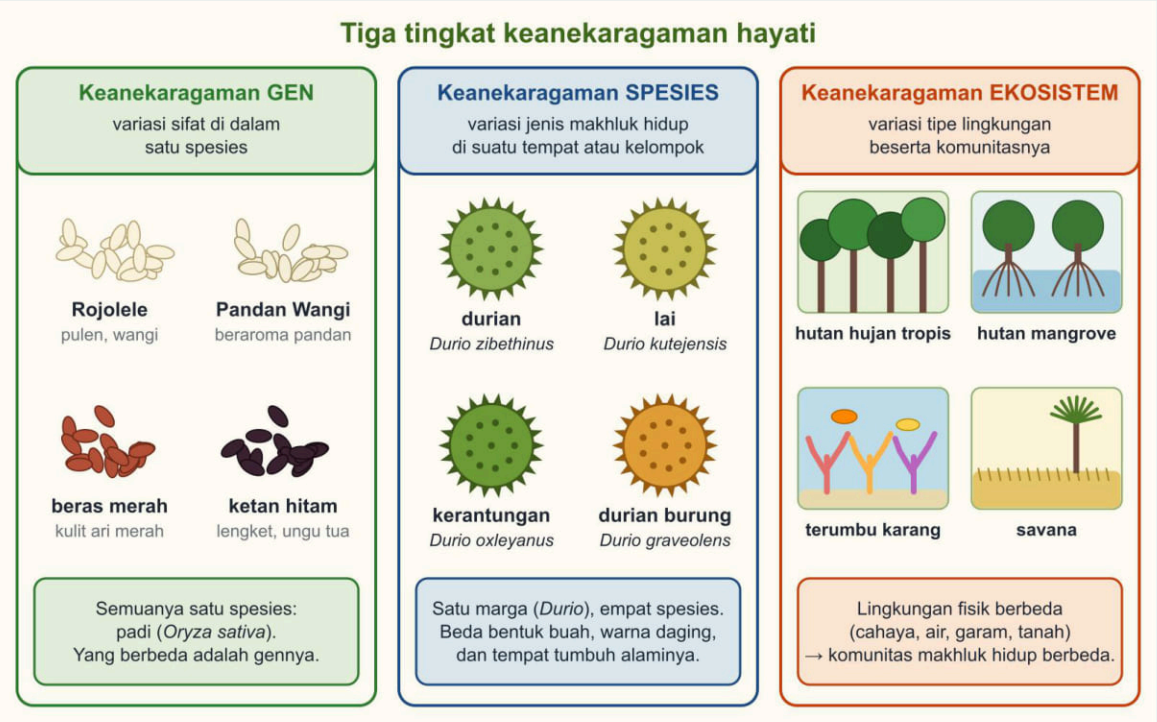
◆ KONSEP INTI

Coba ingat isi sepiring makan siangmu: nasi, sayur, tempe, ikan, dan buah. Semuanya berasal dari makhluk hidup, dan banyak di antaranya berasal dari jenis-jenis yang tumbuh atau hidup di Indonesia sejak lama. **Keanekaragaman hayati** (biodiversitas) adalah seluruh variasi makhluk hidup di bumi: variasi sifat di dalam satu jenis, variasi jenis, dan variasi lingkungan tempat makhluk-makhluk itu hidup bersama. Keanekaragaman ini bukan sekadar "kekayaan yang indah". Ia menyediakan pangan, obat, kayu, dan serat; menjaga air dan udara tetap bersih; menyerbuki tanaman; dan menjadi cadangan sifat-sifat yang kelak dibutuhkan untuk menghadapi penyakit dan perubahan iklim. Indonesia termasuk negara dengan keanekaragaman hayati terbesar di dunia, tetapi juga termasuk negara dengan jumlah spesies terancam yang tinggi. Sub bab ini menjelaskan apa saja tingkat keanekaragaman itu, mengapa Indonesia begitu kaya, apa yang mengancamnya, dan bagaimana cara melestarikannya.

1. Tiga tingkat keanekaragaman hayati

Keanekaragaman hayati dipelajari pada tiga tingkat. Setiap tingkat menjawab pertanyaan yang berbeda (lihat Gambar 1.1).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.1 Tiga tingkat keanekaragaman hayati: gen (varietas padi lokal dalam satu spesies), spesies (beberapa jenis durian dalam satu marga), dan ekosistem (tipe-tipe lingkungan beserta komunitasnya). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

a. Keanekaragaman gen adalah variasi sifat bawaan **di dalam satu spesies**. Setiap individu membawa **gen**, yaitu bagian DNA yang menentukan sifat tertentu. Satu gen dapat hadir dalam beberapa bentuk yang disebut **alel**, misalnya alel untuk warna beras putih dan alel untuk warna beras merah. Karena kombinasi alel setiap individu berbeda, individu-individu sejenis tidak pernah persis sama. Contoh di Indonesia sangat banyak. Padi (*Oryza sativa*) memiliki ratusan varietas lokal: Rojolele yang pulen, Pandan Wangi yang beraroma pandan, beras merah, dan ketan hitam. Semuanya satu spesies, tetapi berbeda warna, aroma, umur panen, dan ketahanan terhadap hama. Mangga juga punya varietas arumanis, manalagi, dan gedong gincu; ayam lokal punya ayam pelung yang kokoknya panjang dan ayam cemani yang serba hitam. Variasi seperti ini muncul dari mutasi dan dari penggabungan gen ayah dan ibu saat perkawinan, lalu dipilih oleh lingkungan atau oleh petani dan peternak.

Keanekaragaman gen penting karena menjadi "tabungan" sifat. Bila suatu hama baru datang, ada kemungkinan sebagian individu memiliki alel yang membuatnya tahan, sehingga spesies itu tidak musnah seluruhnya. Pemulia tanaman juga mencari alel-alel tahan hama atau tahan kekeringan di varietas lokal untuk membuat varietas unggul baru.

b. Keanekaragaman spesies adalah variasi **jenis** makhluk hidup di suatu tempat atau dalam suatu kelompok. Satu **spesies** adalah kelompok makhluk hidup yang dapat kawin satu sama lain secara alami dan menghasilkan keturunan yang subur (penjelasan lebih rinci ada di sub bab 1.2). Contohnya marga durian (*Durio*). Di hutan Kalimantan dan Sumatra hidup beberapa spesies durian: durian biasa (*Durio zibethinus*), lai (*Durio kutejensis*) yang daging buahnya jingga, kerantungan (*Durio oxleyanus*), dan durian burung (*Durio graveolens*). Mereka berkerabat dekat, tetapi tidak saling kawin secara alami dan ciri-cirinya berbeda. Keanekaragaman spesies

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

biasanya diukur dengan dua hal: **banyaknya jenis** dan **kemerataan jumlah individu** setiap jenis. Hutan yang berisi 30 jenis pohon dengan jumlah merata lebih beragam daripada hutan berisi 30 jenis yang hampir semuanya satu jenis saja.

c. Keanekaragaman ekosistem adalah variasi **tipe lingkungan beserta komunitas** makhluk hidup di dalamnya. Setiap ekosistem terbentuk dari komponen **abiotik** (cahaya, suhu, air, kadar garam, tanah) dan komponen **biotik** (makhluk hidup). Perbedaan komponen abiotik membuat komunitasnya berbeda. Indonesia memiliki hutan hujan tropis dataran rendah, hutan rawa gambut, hutan pegunungan, hutan mangrove di pantai berlumpur, padang lamun, terumbu karang, savana di Nusa Tenggara, danau-danau tua di Sulawesi, sampai padang rumput pegunungan tinggi di Papua. Hutan mangrove, misalnya, dihuni pohon-pohon yang tahan air asin dan berakar napas, kepiting bakau, ikan glodok, dan bekantan; sedangkan terumbu karang dihuni karang, ikan karang, dan alga.

Ketiga tingkat ini saling berhubungan. Ekosistem yang beragam menyediakan tempat hidup bagi banyak spesies, dan setiap spesies menyimpan keragaman gennya sendiri. Bila sebuah ekosistem rusak, spesies di dalamnya ikut terancam, dan bersama spesies itu hilang pula seluruh keragaman gennya.

2. Mengapa Indonesia begitu kaya?

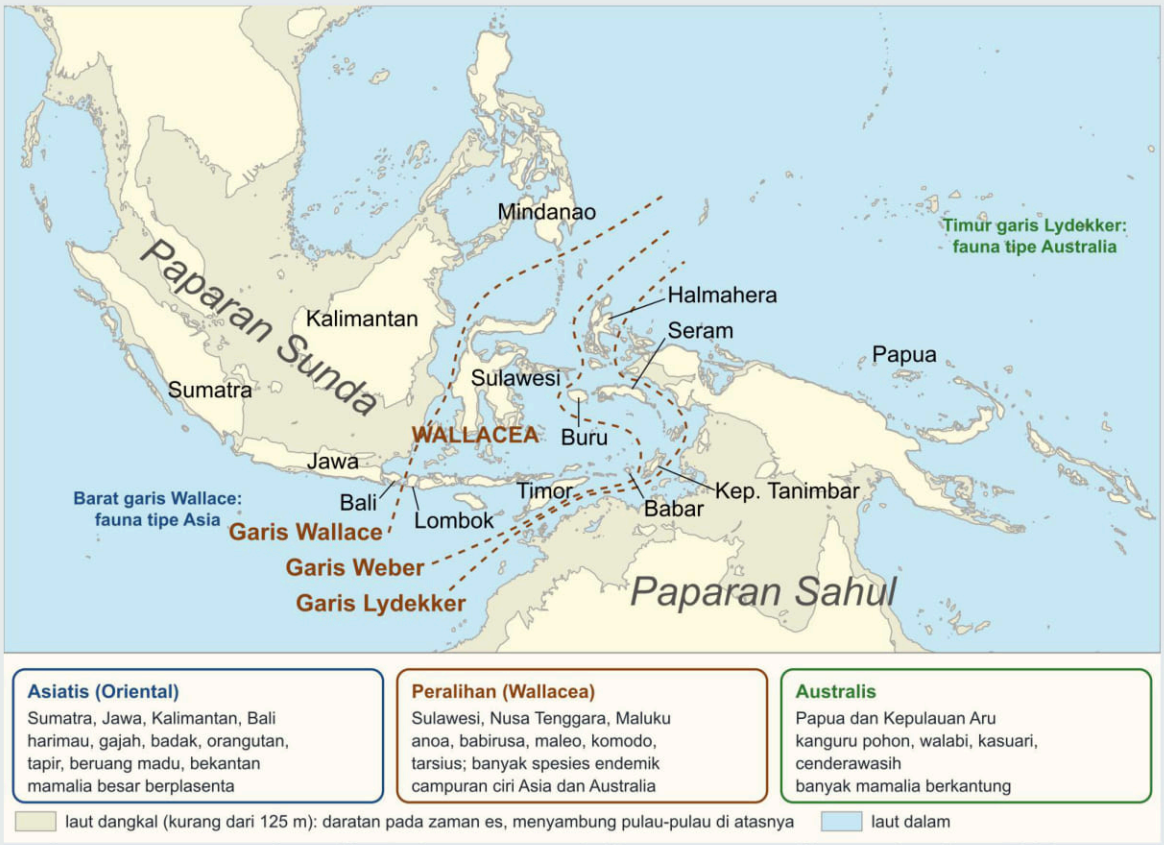
Indonesia termasuk negara **megabiodiversitas**, yaitu sedikit negara yang bersama-sama menyimpan sebagian besar spesies dunia. Walaupun daratannya hanya sekitar 1,3 % daratan bumi, Indonesia menjadi rumah bagi sekitar 10 % spesies tumbuhan berbunga, 12 % spesies mamalia, dan 17 % spesies burung di dunia. Ada empat penyebab utama.

1. **Letak di daerah tropis.** Indonesia berada di sekitar khatulistiwa. Cahaya matahari tersedia sepanjang tahun, suhu hangat, dan curah hujan tinggi, sehingga tumbuhan dapat tumbuh terus. Produksi bahan organik yang besar mendukung rantai makanan yang panjang dan beragam.
2. **Negara kepulauan.** Indonesia terdiri atas sekitar 17.000 pulau. Laut memisahkan populasi di setiap pulau. Populasi yang terpisah lama-kelamaan berubah sendiri-sendiri sehingga terbentuk spesies baru yang hanya ada di pulau itu.
3. **Bentang alam yang beragam.** Dari pantai sampai puncak gunung bersalju di Papua, dari tanah kapur sampai tanah gunung api, setiap kombinasi lingkungan menampung komunitas yang berbeda.
4. **Sejarah geologi.** Wilayah Indonesia terletak di pertemuan dua daratan purba, yaitu daratan Asia dan daratan Australia. Inilah yang membuat faunanya terbagi menjadi tiga kawasan.

Paparan Sunda, Paparan Sahul, dan garis Wallace. Pada zaman es, sebagian besar air bumi membeku menjadi es di kutub, sehingga permukaan laut turun lebih dari 100 m. Laut dangkal di sekitar Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Bali menjadi daratan yang menyambung ke benua Asia. Daratan ini disebut **Paparan Sunda**. Hewan-hewan Asia, seperti harimau, gajah, badak, dan tapir, dapat berjalan sampai ke pulau-pulau itu. Dengan cara yang sama, Papua dan Kepulauan Aru menyambung ke Australia membentuk **Paparan Sahul**, sehingga hewan berkantung dan burung khas Australia menyebar ke sana. Di antara kedua paparan terdapat pulau-pulau yang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dikelilingi laut dalam dan **tidak pernah** menyambung ke salah satu benua: Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Maluku. Kawasan ini disebut **Wallacea** (lihat Gambar 1.2).



Gambar 1.2 Paparan Sunda, Wallacea, dan Paparan Sahul beserta garis Wallace, Weber, dan Lydekker. Warna krem keabu-abuan menunjukkan laut dangkal yang menjadi daratan pada zaman es. Sumber: Kanguole, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; peta dipotong, label diterjemahkan ke bahasa Indonesia, nama kawasan dan contoh hewan ditambahkan.

Alfred Russel Wallace, naturalis Inggris yang menjelajahi Nusantara pada 1854–1862, memperhatikan bahwa hewan di Bali sangat berbeda dengan hewan di Lombok, padahal kedua pulau itu hanya dipisahkan selat sempit. Ia menarik garis batas yang melewati Selat Lombok dan Selat Makassar. Garis ini kini disebut **garis Wallace**: di sebelah baratnya, fauna bertipe **Asia (Oriental)**. Belakangan, Max Weber menarik **garis Weber** yang lebih ke timur, yaitu garis tempat jumlah hewan bertipe Asia dan bertipe Australia kira-kira seimbang. Richard Lydekker menarik **garis Lydekker** di tepi Paparan Sahul; di sebelah timurnya, fauna bertipe **Australia (Australis)**. Kawasan di antara garis Wallace dan garis Lydekker berfauna **peralihan**.

Kawasan	Wilayah	Ciri fauna	Contoh hewan
Asiatis (Oriental)	Sumatra, Jawa, Kalimantan, Bali	mamalia besar berplasenta, banyak kera dan kucing besar	harimau, gajah, badak, orangutan, tapir, beruang madu, bekantan
Peralihan (Wallacea)	Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku	campuran ciri Asia dan Australia, sangat banyak spesies endemik	anoa, babirusa, maleo, tarsius, komodo
Australis	Papua dan Kepulauan Aru	banyak mamalia berkantung, burung khas	kanguru pohon, walabi, kasuari, cenderawasih

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Wallacea sangat kaya spesies **endemik**, yaitu spesies yang secara alami hanya ditemukan di satu wilayah tertentu. Pulau yang lama terisolasi membuat populasi di dalamnya berkembang menjadi spesies tersendiri. Anoa dan babirusa hanya hidup di Sulawesi dan pulau-pulau di sekitarnya; komodo (*Varanus komodoensis*) hanya hidup di Pulau Komodo, Rinca, Flores bagian barat, dan beberapa pulau kecil di dekatnya. Spesies endemik lain di Indonesia antara lain jalak bali (*Leucopsar rothschildi*) di Bali barat, orangutan sumatra dan orangutan tapanuli di Sumatra, serta banyak jenis cenderawasih di Pulau Papua. Endemik selalu dinyatakan bersama wilayahnya: orangutan kalimantan endemik Pulau Kalimantan (yang juga mencakup wilayah Malaysia), bukan endemik Indonesia saja.

Keistimewaan ini sekaligus kelemahan. Spesies endemik tidak memiliki populasi cadangan di tempat lain. Bila habitatnya yang sempit itu rusak, spesies itu hilang dari muka bumi.

3. Ancaman terhadap keanekaragaman hayati

Kepunahan sebenarnya peristiwa alami, tetapi kini lajunya jauh lebih cepat daripada laju alami, dan penyebab utamanya adalah kegiatan manusia. Ancaman-ancaman itu dapat dikelompokkan menjadi lima.

1. **Kerusakan dan fragmentasi habitat.** Ini ancaman terbesar. Hutan dibuka untuk perkebunan, tambang, permukiman, dan jalan; lahan gambut dikeringkan lalu mudah terbakar; mangrove diubah menjadi tambak. Habitat yang tersisa sering terpecah menjadi petak-petak kecil yang dipisahkan kebun atau jalan. Peristiwa ini disebut **fragmentasi**. Hewan di setiap petak tidak dapat bertemu dengan hewan di petak lain, sehingga satu populasi besar berubah menjadi beberapa populasi kecil.
2. **Perburuan dan perdagangan liar.** Badak diburu untuk culanya, gajah untuk gadingnya, trenggiling untuk sisiknya, dan harimau untuk kulit serta tulangnya. Burung berkicau dan burung berbulu indah ditangkap untuk dipelihara atau dijual. Perburuan menghilangkan individu dewasa yang seharusnya berkembang biak.
3. **Spesies asing invasif.** Spesies asing adalah spesies yang dibawa manusia dari luar wilayah asalnya. Sebagian di antaranya berkembang sangat cepat karena di tempat baru tidak ada pemangsa atau penyakit alaminya, lalu mendesak spesies asli. Spesies seperti ini disebut **invasif**. Contohnya keong mas yang didatangkan sebagai hewan hias lalu menjadi hama padi, eceng gondok yang menutupi permukaan danau, ikan sapu-sapu yang mendominasi sungai-sungai di kota besar, dan akasia berduri yang menyebar menutupi savana Taman Nasional Baluran. Spesies itu sering didatangkan dengan niat baik, tetapi niat tidak mengubah dampaknya.
4. **Pencemaran.** Sampah plastik dimakan penyu dan burung laut, merkuri dari tambang emas liar meracuni sungai, dan pestisida berlebihan membunuh serangga penyerbuk serta pemangsa alami hama.
5. **Perubahan iklim.** Kenaikan suhu membuat makhluk hidup yang hanya tahan pada kisaran suhu tertentu harus berpindah. Di pegunungan, banyak spesies bergeser ke tempat yang lebih tinggi dan lebih sejuk; spesies yang sudah hidup di dekat puncak tidak punya tempat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

untuk berpindah lagi. Di laut, suhu air yang terlalu tinggi dalam waktu lama menyebabkan karang kehilangan alga yang hidup di dalam jaringannya, sehingga karang memutih dan bisa mati.

Ancaman-ancaman ini jarang datang sendiri. Hutan yang dibuka untuk jalan, misalnya, sekaligus memecah habitat dan memudahkan pemburu masuk.

4. Populasi kecil dan keragaman gen yang rendah

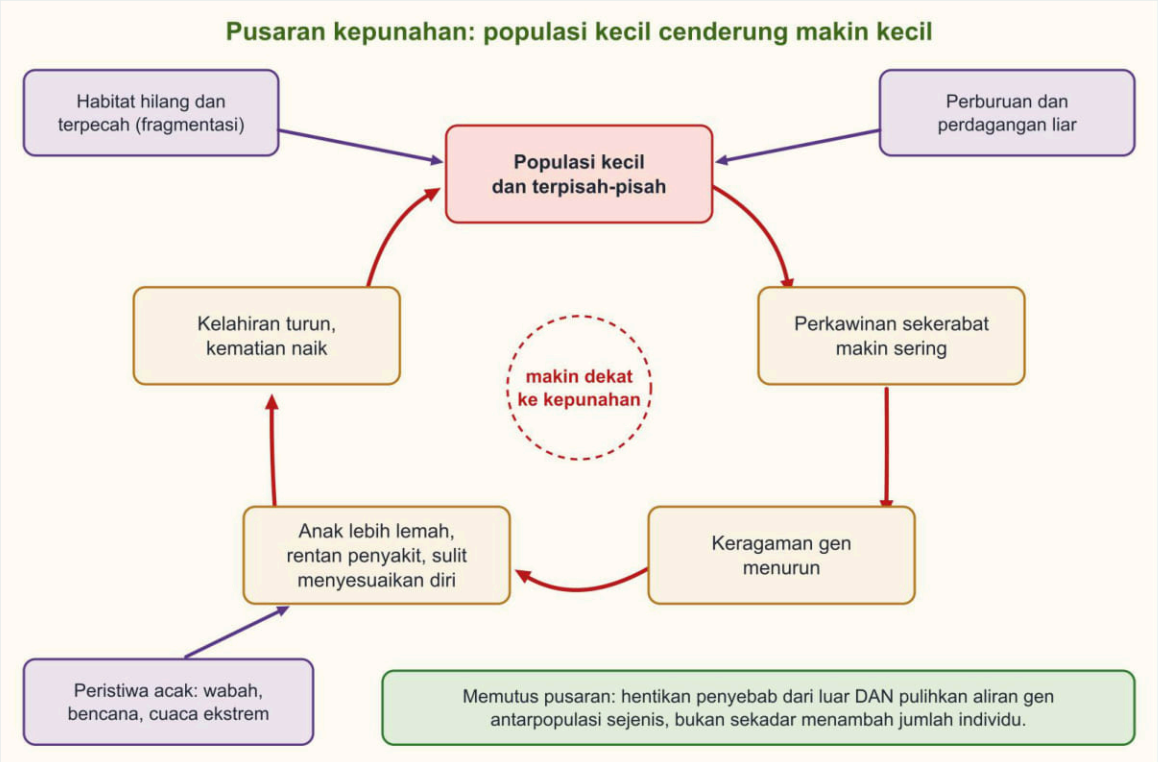
Mengapa satwa yang jumlahnya tinggal sedikit begitu sulit diselamatkan? Jawabannya ada di tingkat gen. Pada populasi kecil, terjadi tiga hal secara bertahap:

1. **Perkawinan sekerabat makin sering.** Bila hanya ada sedikit individu, cepat atau lambat individu yang masih bersaudara akan kawin. Keturunannya lebih mungkin mewarisi dua alel merugikan yang sama dari kedua induk, sehingga muncul cacat, kemandulan, atau daya tahan tubuh yang lemah.
2. **Alel hilang secara kebetulan.** Pada setiap generasi, tidak semua individu sempat berkembang biak. Pada populasi besar, kebetulan seperti ini hampir tidak berpengaruh. Pada populasi kecil, satu alel dapat hilang hanya karena beberapa pembawanya kebetulan mati sebelum berketurunan. Perubahan frekuensi alel secara acak ini disebut **hanyutan genetik**. Alel yang hilang tidak kembali kecuali datang dari populasi lain.
3. **Populasi menjadi seragam.** Bila keragaman gen rendah, hampir semua individu sama rentannya terhadap satu penyakit atau satu perubahan lingkungan. Satu wabah dapat menghabisi sebagian besar populasi.

Akibatnya, populasi kecil cenderung bertambah kecil. Lingkaran setan ini disebut **pusaran kepunahan** (Gambar 1.3). Tekanan dari luar, seperti hilangnya habitat dan perburuan, mendorong populasi masuk ke pusaran; setelah di dalamnya, masalah genetik membuat populasi sulit bangkit walaupun tekanan dari luar sudah berkurang.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.3 Pusaran kepunahan. Populasi kecil mengalami perkawinan sekerabat dan kehilangan keragaman gen, sehingga kelahiran turun, kematian naik, dan populasi makin kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dua hal penting dari pusaran ini. Pertama, **jumlah individu tidak sama dengan keragaman gen.** Bila banyak individu baru diturunkan dari segelintir induk, gen yang beredar hanya variasi milik induk-induk itu. Jumlahnya naik, tetapi keragamannya tetap sempit. Kedua, **populasi yang terpisah-pisah** tidak dapat saling bertukar gen. Perpindahan gen dari satu populasi ke populasi lain melalui perkawinan disebut **aliran gen**. Aliran gen membawa alel baru dan memperlambat hilangnya keragaman. Karena itu, populasi yang terpecah menjadi beberapa petak lebih rentan daripada satu populasi utuh dengan jumlah total yang sama.

5. Status keterancaman menurut IUCN

Untuk menentukan spesies mana yang paling mendesak ditolong, para ahli memakai **Daftar Merah IUCN** (International Union for Conservation of Nature, Badan Konservasi Dunia). IUCN menilai risiko kepunahan setiap spesies dari laju penurunan populasinya, luas wilayah sebarannya, dan jumlah individu dewasa yang tersisa.

Kategori IUCN	Arti	Contoh di Indonesia
Punah (EX)	tidak ada lagi individu yang hidup	harimau bali dan harimau jawa (anak jenis harimau) dinyatakan punah
Punah di alam (EW)	hanya tersisa di penangkaran	—
Kritis (CR)	risiko punah sangat tinggi	badak jawa, orangutan sumatra, orangutan kalimantan, jalak bali
Genting (EN)	risiko punah tinggi	komodo, anoa, bekantan, elang jawa

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Rentan (VU)	risiko punah cukup tinggi	beruang madu, babirusa sulawesi
Hampir terancam (NT), Risiko rendah (LC)	belum terancam	banyak spesies umum, misalnya tikus sawah
Kurang data (DD)	data tidak cukup untuk dinilai	banyak serangga dan hewan laut

Tiga kategori **Kritis, Genting, dan Rentan** bersama-sama disebut **terancam punah**. Status IUCN adalah penilaian ilmiah, sedangkan perlindungan hukum ditetapkan oleh pemerintah masing-masing negara. Di Indonesia, satwa seperti cenderawasih dan komodo dilindungi undang-undang, sehingga menangkap, memelihara, atau memperdagangkannya tanpa izin adalah pelanggaran hukum. Perdagangan antarnegara diatur oleh perjanjian internasional CITES.

6. Pelestarian in situ dan ex situ

Upaya pelestarian (konservasi) dibagi menjadi dua jalur (Gambar 1.4).

Pelestarian in situ dilakukan **di habitat aslinya**. Yang dilindungi bukan hanya spesiesnya, tetapi juga seluruh ekosistemnya, sehingga hubungan dengan mangsa, penyerbuk, dan lingkungan tetap utuh. Bentuknya antara lain:

- **Taman nasional**, kawasan pelestarian alam yang luas dan dibagi menjadi zona inti (tidak boleh diganggu), zona rimba, dan zona pemanfaatan untuk penelitian dan wisata terbatas. Contohnya TN Ujung Kulon untuk badak jawa, TN Komodo untuk komodo, TN Bali Barat untuk jalak bali, TN Gunung Leuser untuk orangutan sumatra, TN Lorentz di Papua, serta taman nasional laut seperti TN Bunaken dan TN Wakatobi.
- **Cagar alam dan suaka margasatwa**, kawasan yang dilindungi karena tumbuhan, satwa, atau ekosistemnya khas.
- **Koridor hutan**, yaitu jalur hutan yang menghubungkan petak-petak habitat yang terpisah agar satwa dapat berpindah dan aliran gen terjadi lagi.
- Patroli, penegakan hukum terhadap pemburu dan pedagang, serta pelibatan masyarakat di sekitar kawasan.

Pelestarian ex situ dilakukan **di luar habitat aslinya**. Jalur ini dipakai ketika habitat asli terlalu rusak atau populasi terlalu kecil untuk bertahan sendiri. Bentuknya antara lain **kebun raya** (Kebun Raya Bogor, Cibodas, Purwodadi, dan Bali menyimpan ribuan jenis tumbuhan hidup), **penangkaran** (misalnya penangkaran jalak bali dan penetasan telur penyu yang tukiknya dilepas ke laut), **kebun binatang dan taman safari**, serta **bank benih dan bank gen** yang menyimpan biji dan bahan genetik, termasuk varietas padi lokal. Perbanyakan anggrek langka dengan kultur jaringan juga termasuk ex situ.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.4 Dua jalur pelestarian dan contohnya di Indonesia. Hasil penangkaran dapat dilepasliarkan kembali ke habitat aslinya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kedua jalur saling melengkapi. Satwa hasil penangkaran ex situ dapat **dilepasliarkan** (reintroduksi) ke habitat in situ. Namun, pelepasliaran hanya berhasil bila penyebab penurunan di habitat aslinya sudah ditangani. Prinsip terpenting dalam pelestarian adalah: **upaya yang tepat adalah upaya yang menyasar penyebab utama ancaman.** Bila penyebabnya perburuan, yang dibutuhkan adalah pengawasan dan penegakan hukum. Bila penyebabnya habitat yang terpecah, yang dibutuhkan adalah perlindungan dan penyambungan habitat. Bila penyebabnya keragaman gen yang rendah, yang dibutuhkan adalah aliran gen dari populasi lain yang **sejenis**, bukan sekadar menambah jumlah individu atau mendatangkan spesies kerabat.

Educational Institutions

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Wereng di dua hamparan sawah

Pada musim tanam 2027, wereng batang cokelat menyerang dua hamparan sawah yang luasnya sama. Di Desa Mekar, seluruh hamparan ditanami satu varietas padi yang ditanam serentak. Di Desa Sari, petani menanam empat varietas padi yang berbeda ketahanannya terhadap wereng, berselang-seling per petak. Wereng yang datang ternyata mampu merusak varietas yang ditanam di Desa Mekar dan satu dari empat varietas di Desa Sari. Hasilnya, sekitar 70 % tanaman di Desa Mekar rusak berat, sedangkan di Desa Sari hanya sekitar 20 %. Tingkat keanekaragaman hayati mana yang membedakan kedua desa, dan mengapa kerusakannya berbeda? *Data disusun untuk contoh; tokoh dan desa fiktif.*

1. Tentukan spesiesnya. Semua tanaman di kedua desa adalah padi, satu spesies (*Oryza sativa*). Jadi perbedaan kedua desa **bukan** keanekaragaman spesies.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Tentukan apa yang berbeda. Varietas-varietas padi berbeda alel-alelnya, termasuk alel yang menentukan ketahanan terhadap wereng. Perbedaan di dalam satu spesies adalah **keanekaragaman gen**.
3. Telusuri akibatnya di Desa Mekar. Karena semua tanaman bergen sama, sifat rentannya juga sama. Begitu ada wereng yang mampu merusak varietas itu, hampir seluruh hamparan menjadi makanannya.
4. Telusuri akibatnya di Desa Sari. Wereng hanya mampu merusak satu dari empat varietas. Tanaman bervarietas lain tetap bertahan, sehingga kerusakan terbatas pada sebagian petak.
5. Periksa jebakan. Jumlah tanaman di kedua desa sama banyak; yang menentukan bukan jumlahnya, tetapi keragaman gennya.

Jawaban: perbedaannya terletak pada keanekaragaman **gen** (varietas dalam satu spesies padi). Hamparan yang seragam secara genetik rentan sekaligus terhadap satu jenis hama, sedangkan hamparan yang beragam hanya rusak pada varietas yang rentan.

Contoh 2 — Memilih upaya pelestarian jalak bali

Jalak bali (*Leucopsar rothschildi*) adalah burung endemik Bali berbulu putih dengan kulit biru di sekitar mata, berstatus Kritis (CR). Misalkan laporan pengelola kawasan pada 2026 menyebutkan bahwa hutan habitatnya masih cukup luas dan pakannya tersedia, tetapi banyak burung yang hilang karena ditangkap orang untuk dijual sebagai burung peliharaan. Pengelola menimbang empat usulan: (a) melepas lebih banyak burung dari penangkaran; (b) memindahkan semua jalak bali ke kebun binatang; (c) meningkatkan patroli, menindak pedagang, dan melibatkan warga desa sekitar sebagai penjaga dan pengawas; (d) mendatangkan jalak jenis lain yang lebih mudah berkembang biak. Upaya mana yang paling tepat? *Kasus disusun untuk contoh.*

1. Tandai penyebab utama di kasus: penangkapan untuk perdagangan. Habitat dan pakan **tidak** disebut sebagai masalah.
2. Uji usulan (a). Burung yang dilepas ke tempat yang masih diburu akan ikut ditangkap. Usulan ini tidak menghentikan penyebabnya, hanya "mengganti" burung yang hilang.
3. Uji usulan (b). Memindahkan semua burung menghentikan perburuan, tetapi mengorbankan populasi liar dan habitatnya, padahal habitatnya masih baik. Pelestarian ex situ adalah pelengkap, bukan pengganti.
4. Uji usulan (d). Jalak jenis lain adalah spesies berbeda. Kedatangannya tidak menambah jalak bali dan bahkan dapat bersaing dengannya sebagai spesies asing.
5. Uji usulan (c). Patroli dan penindakan pedagang langsung mengurangi penangkapan; warga sekitar yang ikut menjaga memperkecil peluang pemburu masuk.

Jawaban: usulan (c), karena satu-satunya yang menyasar penyebab utama di kasus ini. Setelah penangkapan terkendali, pelepasliaran dari penangkaran baru akan bermanfaat.

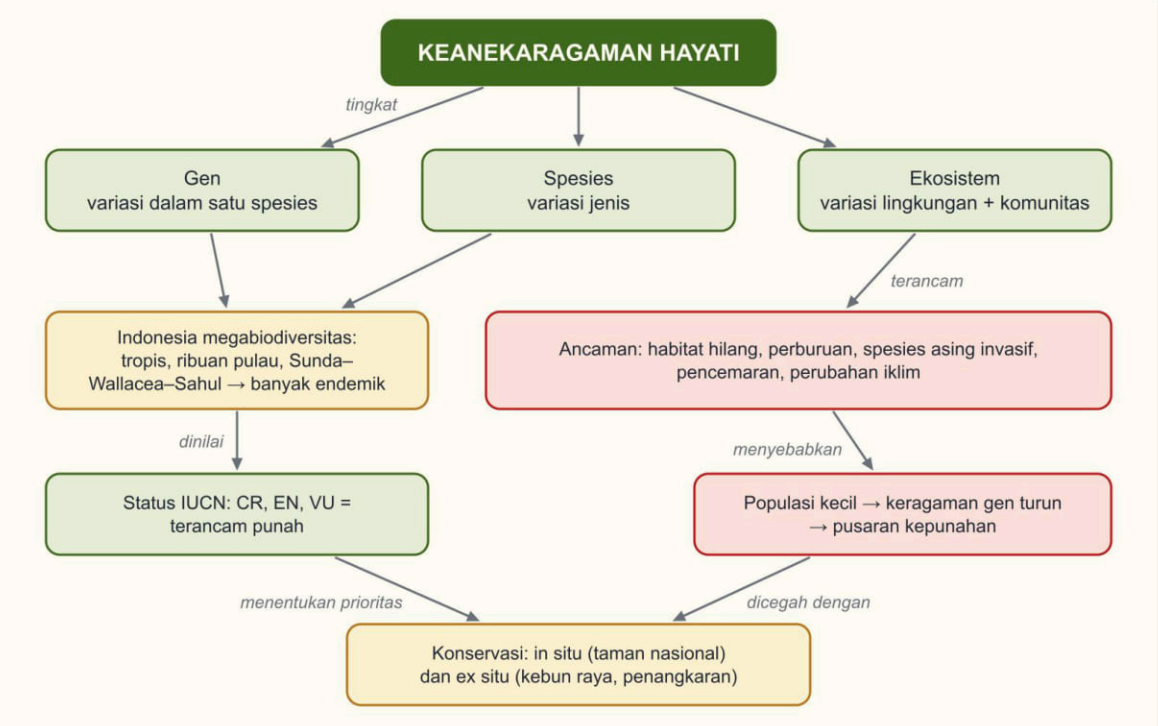
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Keanekaragaman hayati punya tiga tingkat: **gen** (variasi di dalam satu spesies), **spesies** (variasi jenis), dan **ekosistem** (variasi lingkungan beserta komunitasnya).
- Indonesia megabiodiversitas karena tropis, berpulau-pulau, bentang alamnya beragam, dan terletak di antara Paparan Sunda dan Paparan Sahul.
- Garis Wallace memisahkan fauna Asia dari fauna peralihan; garis Lydekker memisahkan fauna peralihan dari fauna Australia. Wallacea kaya spesies endemik.
- Ancaman utama: kerusakan dan fragmentasi habitat, perburuan, spesies asing invasif, pencemaran, dan perubahan iklim.
- Populasi kecil dan terpisah kehilangan keragaman gen; jumlah individu yang naik belum tentu berarti keragaman gennya pulih.
- Pelestarian in situ (di habitat asli) dan ex situ (di luar habitat asli) saling melengkapi; yang paling tepat adalah yang menyasar penyebab utama.

Bagan pada Gambar 1.5 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 1.5 Peta konsep keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal keanekaragaman hayati:

1. **Tandai fakta di stimulus.** Garis bawahi setiap penyebab yang benar-benar disebut, misalnya *pembangunan infrastruktur*, *keragaman genetik rendah*, atau *perburuan*.
2. **Tentukan tingkat keanekaragamannya.** Apakah kasus ini tentang gen (satu spesies, banyak varietas atau individu), spesies (banyak jenis), atau ekosistem (banyak tipe lingkungan)?
3. **Uji setiap pilihan dengan dua pertanyaan.** Apakah pernyataan ini benar secara biologi? Apakah pernyataan ini **didukung** informasi di soal? Pilihan benar harus lolos keduanya. Pilihan yang memakai kata lain untuk penyebab yang memang tertulis tetap benar.
4. **Pada soal "upaya yang paling tepat"**, hubungkan setiap pilihan dengan penyebab yang kamu tandai di langkah 1. Upaya yang tidak menyentuh penyebab itu bukan jawaban, betapa pun baik kedengarannya.
5. **Pada soal pilihan jamak (MCMA)**, nilai setiap pilihan sendiri-sendiri; jangan berhenti setelah menemukan satu yang benar.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Benar secara umum, tidak ada di kasus.** Misalnya, "masuknya spesies lain meningkatkan kompetisi". Hal ini mungkin terjadi di tempat lain, tetapi tidak disebut di soal.
- **Jumlah disamakan dengan keragaman.** "Populasinya naik tiga kali lipat, berarti keragaman genetiknya pulih."
- **Tingkat keanekaragaman tertukar.** Menambah individu sejenis disebut menambah keragaman spesies; varietas padi disebut spesies yang berbeda.
- **Solusi yang terdengar baik tetapi salah sasaran.** Contohnya memindahkan semua individu ke kebun binatang, atau mendatangkan spesies kerabat yang berbeda.
- **Niat dikira dampak.** Spesies yang sengaja didatangkan manusia untuk tujuan baik tetap dapat menjadi invasif.

> Contoh salah tafsir: sebuah teks menyebut populasi bekantan di suatu muara menurun karena hutan mangrovenya diubah menjadi tambak. Seorang siswa ikut memilih pernyataan "kenaikan suhu akibat perubahan iklim menurunkan populasi bekantan", karena perubahan iklim memang ancaman nyata bagi banyak spesies. Ia memilih pernyataan yang benar secara umum, tetapi tidak didukung teks; satu-satunya penyebab yang tertulis adalah hilangnya habitat mangrove.

● BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan. Di sini kita membedah cara berpikirnya tanpa membuka kuncinya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Nomor 1 (Badak Jawa di Ujung Kulon, MCMA, 38 % benar). Teks menyebut beberapa hal yang menekan populasi badak: pembangunan yang mengganggu habitat, keragaman genetik yang rendah, dan gangguan manusia seperti perburuan. Kamu diminta memilih **semua** pernyataan yang berkaitan dengan penurunan populasi dan penyebabnya.

- Konsep kunci: ancaman terhadap keanekaragaman hayati dan populasi kecil (bagian 3–4, Gambar 1.3).
- Langkah: buat daftar penyebab yang tertulis di teks → cocokkan setiap pilihan dengan daftar itu → coret pilihan yang menambahkan peristiwa yang tidak pernah disebut.
- Pengecoh yang dipasang: dua pilihan menggambarkan peristiwa ekologi yang masuk akal (perubahan pola migrasi, masuknya spesies lain), tetapi tidak ada satu kalimat pun di teks yang mendukungnya. Di sisi lain, ada pilihan yang memakai kata lain untuk penyebab yang memang tertulis. Pilihan seperti itu tetap benar walaupun kata-katanya berbeda.

Rujukan: soal nomor 1 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membandingkan dua kebun pisang yang diserang penyakit yang sama. Kuncinya adalah mengenali tingkat keanekaragaman yang berbeda di kedua kebun (bagian 1, Gambar 1.1), lalu menghubungkan keragaman gen dengan kemampuan bertahan terhadap penyakit (bagian 4).

►. Pada 2026, Pak Harun menanam pisang di lahan seluas 2 ha. Semua bibitnya diperbanyak secara vegetatif dari satu induk unggul sehingga susunan gen semua pohonnya sama. Tetangganya, Bu Wening, menanam campuran tujuh varietas pisang lokal, misalnya kepok, raja, tanduk, dan ambon, di lahan yang sama luasnya. Ketika penyakit layu yang disebabkan jamur tanah menyebar di desa itu, hampir semua pohon Pak Harun mati. Di kebun Bu Wening, hanya pohon dari dua varietas yang layu.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan nasib kedua kebun adalah ....

A. kebun Bu Wening dihuni lebih banyak jenis hewan dan tumbuhan sehingga keanekaragaman ekosistemnya melindungi pisang
B. pohon di kebun Pak Harun bergen sama sehingga sama-sama peka, sedangkan varietas lokal membawa gen ketahanan
C. pisang yang diperbanyak secara vegetatif lebih lemah daripada pisang dari biji sehingga lebih mudah diserang jamur
D. tanah di kebun Pak Harun lebih miskin unsur hara sehingga pohon pisangnya lebih lemah saat jamur menyerang
E. varietas lokal di kebun Bu Wening sudah membentuk kekebalan setelah terpapar jamur sehingga mampu menahan serangan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: keanekaragaman gen adalah variasi susunan gen di antara individu dalam satu spesies, misalnya antarvarietas pisang. Individu yang susunan gennya sama memiliki kepekaan yang sama terhadap penyakit. Bila satu penyakit cocok menyerang satu susunan gen, seluruh tanaman yang bergen sama dapat mati sekaligus. Populasi yang gennya beragam lebih mungkin memiliki sebagian individu yang membawa gen ketahanan.

Langkah 1 – Bandingkan kedua kebun. Pak Harun: satu induk, susunan gen semua pohon sama. Bu Wening: tujuh varietas, susunan gennya beragam. Luas lahan dan penyakitnya sama.
Langkah 2 – Baca hasilnya. Kebun seragam hampir habis; kebun beragam hanya kehilangan dua varietas. Berarti lima varietas lain membawa sifat tahan terhadap jamur itu.
Langkah 3 – Tentukan tingkat keanekaragaman. Perbedaan yang menentukan adalah variasi gen di dalam spesies pisang, bukan jumlah spesies lain di kebun.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tertukar tingkat: kasus membandingkan varietas pisang (keanekaragaman gen), bukan banyaknya jenis hewan dan tumbuhan lain.
• B ✓ — Menghubungkan keseragaman gen dengan kepekaan bersama, dan keragaman gen dengan adanya varietas yang tahan.
• C ✗ — Jebakan generalisasi: perbanyakan vegetatif tidak membuat tanaman lebih lemah; masalahnya adalah semua pohon bergen sama, bukan cara perbanyakannya.
• D ✗ — Tidak ada data hara tanah; dugaan ini tidak menjelaskan mengapa dua varietas Bu Wening ikut layu sedangkan lima varietas lain bertahan.
• E ✗ — Jebakan tertukar konsep: tanaman tidak membentuk kekebalan seperti vaksin; ketahanan varietas berasal dari gen yang sudah dimilikinya.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis tingkat keanekaragaman yang dibicarakan (gen, spesies, atau ekosistem) dan penyebab ancamannya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Pada musim kemarau 2026, kebakaran melanda ribuan hektare hutan rawa gambut di sebuah kabupaten di Kalimantan Tengah. Sebelumnya hutan itu dihuni banyak jenis pohon, burung, dan ikan rawa, misalnya betok, gabus, dan sepat. Setahun kemudian, sebagian besar bekas lahan terbakar hanya ditumbuhi pakis dan semak dari sedikit jenis. Beberapa jenis ikan rawa tidak lagi ditemukan, sedangkan ikan gabus masih ada. Pohon jelutung yang dulu tersebar luas kini tinggal belasan batang di satu petak kecil yang tidak terbakar.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kebakaran itu merusak keanekaragaman tingkat ekosistem karena hutan rawa gambut beserta komunitasnya di lahan itu hilang dan diganti semak.	○	○
Hilangnya beberapa jenis ikan rawa, sementara ikan gabus masih ada, termasuk berkurangnya keanekaragaman tingkat gen, bukan tingkat spesies.	○	○
Keragaman gen jelutung di daerah itu tidak berubah karena spesies jelutung masih ada walaupun jumlahnya tinggal belasan batang.	○	○

2. Pada 2026, kelompok pencinta alam di sebuah pantai di Sukabumi mendata sarang penyu hijau. Mereka menemukan tiga masalah: banyak telur diambil warga untuk dijual, lampu warung dan vila di tepi pantai membuat tukik yang baru menetas berjalan ke arah darat, dan sampah plastik menumpuk di perairan dekat pantai. Penyu hijau umumnya kembali bertelur di pantai tempat ia dahulu menetas, dan baru dewasa setelah berumur puluhan tahun.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat tentang ancaman dan upaya pelestarian penyu di pantai itu adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memelihara penyu di kebun binatang kota termasuk pelestarian in situ karena penyu tetap berada di Indonesia.

☐ B. Mematikan lampu yang menghadap pantai pada musim menetas menyasar langsung penyebab tukik salah arah.

☐ C. Larangan mengambil telur sudah cukup karena lampu pantai dan sampah plastik tidak membunuh penyu.

☐ D. Menetaskan telur di penangkaran di luar habitat aslinya, lalu melepas tukik ke laut, termasuk upaya ex situ.

☐ E. Karena penyu lambat dewasa, hilangnya telur kini baru terlihat sebagai turunnya induk puluhan tahun lagi.

Kunci singkat: 1. 1B 2S 3S 2. B, D, E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Dapatkah kamu menjelaskan, dengan satu contoh, mengapa populasi yang jumlahnya naik masih bisa terancam?
- Mengapa Sulawesi kaya spesies endemik, sedangkan hewan di Kalimantan banyak yang mirip hewan di daratan Asia?
- **Yang harus kuingat:** tanyakan selalu "tingkat yang mana?" dan "penyebabnya disebut di soal atau tidak?"; upaya pelestarian yang tepat adalah yang menyasar penyebab itu.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-1.1

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.2 · Prinsip klasifikasi dan kunci determinasi

BIO-1.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi menulis kompetensi ini sebagai *menganalisis prinsip klasifikasi*. Soal asli TKA 2025 tidak memuat soal khusus tentang klasifikasi, tetapi contoh soal resmi Pusmendik memuatnya. Karena itu, sub bab ini tetap dipelajari dengan sungguh-sungguh, walaupun lebih ringkas daripada sub bab lain.

Yang diuji bukan hafalan nama takson. Yang diuji adalah **cara berpikir ahli taksonomi**: mengapa dua makhluk yang tampak mirip bisa berada di kelompok yang jauh berbeda, bagaimana membaca kunci determinasi langkah demi langkah, dan bagaimana menentukan kekerabatan dari kladogram atau data DNA.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan dasar pengelompokan makhluk hidup: persamaan dan perbedaan ciri, bukan habitat atau kegunaan;
- menjelaskan hierarki takson dan aturan penamaan ilmiah (binomial);
- membedakan struktur homolog (tanda kekerabatan) dari struktur analog (kemiripan karena cara hidup yang sama);
- memakai kunci determinasi secara berurutan serta membaca kladogram dan data DNA untuk menentukan kerabat terdekat.

◆ KONSEP INTI

Bayangkan sebuah perpustakaan berisi jutaan buku yang ditumpuk tanpa urutan. Mencari satu buku saja akan memakan waktu berhari-hari. Makhluk hidup di bumi jauh lebih banyak daripada buku di perpustakaan mana pun: lebih dari satu setengah juta spesies sudah diberi nama, dan para ahli memperkirakan masih jauh lebih banyak yang belum dikenal. **Klasifikasi** adalah kegiatan mengelompokkan makhluk hidup ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan ciri-cirinya. Ilmu yang mempelajari pengelompokan dan penamaan makhluk hidup disebut **taksonomi**, dan kelompok-kelompok yang dihasilkannya disebut **takson**. Klasifikasi berhubungan erat dengan sub bab 1.1: kita baru dapat menghitung dan melestarikan keanekaragaman spesies bila setiap spesies dapat dikenali dan diberi nama yang sama oleh semua orang.

1. Mengapa dan bagaimana makhluk hidup dikelompokkan

Klasifikasi mempunyai empat manfaat. Pertama, **menyederhanakan** objek yang dipelajari: cukup mengenal ciri satu kelompok untuk memahami ratusan anggotanya. Kedua, **memudahkan pengenalan** makhluk yang belum diketahui namanya. Ketiga, **menunjukkan**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

hubungan kekerabatan, yaitu seberapa dekat dua makhluk berbagi nenek moyang. Keempat, **menyeragamkan nama**, sehingga ilmuwan di Indonesia, Jepang, dan Brasil tahu bahwa mereka membicarakan makhluk yang sama.

Klasifikasi dilakukan dalam tiga tahap:

1. **Identifikasi (pencandraan).** Ciri makhluk hidup diamati dan dicatat sejelas mungkin: bentuk tubuh, susunan organ, cara berkembang biak, sampai susunan selnya.
2. **Pengelompokan.** Makhluk yang memiliki banyak ciri penting yang sama dimasukkan ke kelompok yang sama; yang cirinya berbeda dipisahkan.
3. **Pemberian nama.** Setiap kelompok dan setiap spesies diberi nama ilmiah menurut aturan yang berlaku di seluruh dunia.

2. Dasar klasifikasi: ciri, bukan tempat atau kegunaan

Makhluk hidup dikelompokkan berdasarkan **persamaan dan perbedaan ciri**. Ciri yang dipakai antara lain:

- **morfologi** (bentuk luar) dan **anatomi** (susunan organ dalam), misalnya susunan tulang, jumlah ruang jantung, atau bentuk bunga;
- **perkembangan embrio**, misalnya ada atau tidaknya selaput amnion yang membungkus embrio;
- **fisiologi dan biokimia**, misalnya cara bernapas, cara memperoleh makanan, atau zat penyusun dinding sel;
- **urutan DNA dan protein**, yang kini menjadi bukti paling kuat tentang kekerabatan.

Makin banyak ciri penting yang sama, makin dekat kekerabatannya. Sebaliknya, **habitat, ukuran tubuh, warna, dan manfaat bagi manusia tidak dipakai** sebagai dasar. Alasannya, ciri-ciri itu tidak menunjukkan asal-usul. Paus dan hiu sama-sama hidup di laut, tetapi paus bernapas dengan paru-paru, berdarah panas, dan menyusui anaknya, sedangkan hiu bernapas dengan insang. Pengelompokan berdasarkan tempat hidup akan menyatukan dua hewan yang sebenarnya sangat jauh hubungannya.

Cara berpikir ini berkembang sepanjang sejarah:

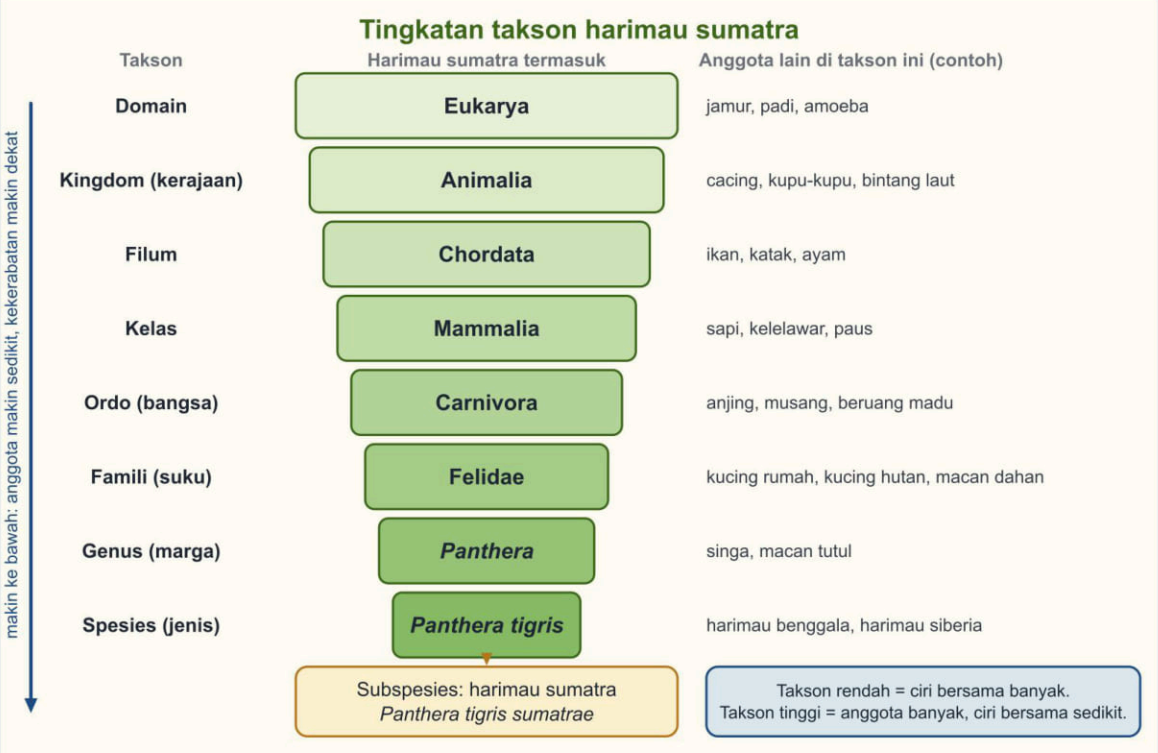
Sistem	Dasar pengelompokan	Contoh hasilnya
Buatan (artifisial)	ciri yang mudah dilihat, habitat, atau manfaat	tumbuhan dibagi menjadi pohon, perdu, dan semak; hewan dibagi menjadi hewan darat, air, dan udara
Alami	banyak ciri morfologi dan anatomi sekaligus	hewan berambut dan menyusui dikelompokkan sebagai mamalia, termasuk kelelawar dan paus
Filogenetik	hubungan kekerabatan evolusi, diperkuat data DNA	pohon kekerabatan dan kladogram yang dipakai sekarang

Sistem buatan memudahkan keperluan sehari-hari, tetapi bisa menyesatkan: pada sistem itu kelelawar, burung, dan kupu-kupu masuk satu kelompok "hewan terbang". Ilmu biologi kini memakai sistem filogenetik.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Hierarki takson

Takson disusun bertingkat seperti alamat rumah: dari negara, provinsi, kota, sampai nomor rumah. Urutan dari tingkat tertinggi ke terendah adalah **domain → kingdom (kerajaan) → filum (pada tumbuhan disebut divisio) → kelas → ordo (bangsa) → famili (suku) → genus (marga) → spesies (jenis)**. Gambar 1.6 memperlihatkan kedudukan harimau sumatra di setiap tingkat.



Gambar 1.6 Tingkatan takson harimau sumatra dari domain sampai subspesies, beserta contoh hewan lain yang berada di takson yang sama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan polanya. Pada **takson tinggi**, anggotanya sangat banyak, tetapi ciri yang dimiliki bersama sedikit: anggota kingdom Animalia hanya sama-sama bersel banyak, tidak berdinding sel, dan memakan makhluk lain. Pada **takson rendah**, anggotanya sedikit, tetapi ciri bersamanya banyak: anggota genus *Panthera* sama-sama kucing besar bertubuh kuat, dan sebagian besar dapat mengaum. Jadi, **makin rendah takson yang dimiliki bersama, makin dekat kekerabatannya.** Harimau lebih dekat dengan macan tutul (satu genus) daripada dengan kucing rumah (hanya satu famili), dan lebih dekat dengan kucing rumah daripada dengan anjing (hanya satu ordo).

Di atas kingdom terdapat tiga **domain**: **Bacteria** dan **Archaea** yang selnya tidak berinti sejati (prokariota), serta **Eukarya** yang selnya berinti sejati. Kurikulum SMA juga mengenal sistem enam kingdom: Archaebacteria, Eubacteria, Protista, Fungi (jamur), Plantae (tumbuhan), dan Animalia (hewan). Bakteri dibahas lebih rinci di sub bab 1.3.

4. Spesies dan tata nama binomial

Takson terendah yang utama adalah **spesies**. Menurut konsep spesies biologi, satu spesies adalah kelompok makhluk hidup yang **dapat kawin satu sama lain secara alami dan**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

menghasilkan keturunan yang subur (fertil). Kuda dan keledai dapat dikawinkan dan menghasilkan bagal, tetapi bagal mandul. Karena itu kuda dan keledai adalah dua spesies yang berbeda. Kemiripan bentuk saja tidak cukup untuk menentukan spesies: dua populasi yang tampak sama bisa saja tidak pernah saling kawin, dan dua populasi yang warnanya berbeda bisa saja satu spesies.

Nama daerah sangat beragam: hewan yang sama bisa disebut "kucing", "meong", atau "pus", dan satu nama daerah bisa dipakai untuk hewan yang berbeda di tempat lain. Karena itu ilmuwan memakai **nama ilmiah**. Carolus Linnaeus (1707–1778), ahli botani Swedia, memperkenalkan **tata nama binomial** (sistem nama dua kata). Aturannya:

1. Nama terdiri atas **dua kata** dalam bahasa Latin atau yang dilatinkan. Kata pertama adalah **nama genus**, kata kedua adalah **penunjuk spesies** (epitet spesifik). Contoh: *Panthera tigris* (harimau), *Oryza sativa* (padi), *Varanus komodoensis* (komodo).
2. Huruf pertama nama genus ditulis **kapital**; penunjuk spesies seluruhnya **huruf kecil**, walaupun berasal dari nama orang atau tempat, misalnya *Leucopsar rothschildi* (jalak bali).
3. Nama ditulis **miring** (dicetak) atau **digarisbawahi terpisah** per kata (ditulis tangan).
4. Penunjuk spesies yang terdiri atas dua kata disatukan dengan tanda hubung, misalnya *Hibiscus rosa-sinensis* (kembang sepatu).
5. Nama penemu boleh ditulis di belakang, tidak miring, sering disingkat, misalnya *Oryza sativa* L. (L. = Linnaeus).

Bila sebuah spesies dibagi lagi menjadi beberapa **subspesies** (anak jenis), nama ditulis tiga kata, misalnya harimau sumatra *Panthera tigris sumatrae*. Penunjuk spesies tidak pernah ditulis sendirian; *tigris* saja tidak bermakna tanpa *Panthera*. Nama takson di atas genus tidak ditulis miring, tetapi akhirannya sering menunjukkan tingkatnya: famili hewan berakhiran *-idae* (Felidae), famili tumbuhan berakhiran *-aceae* (Poaceae, suku padi-padian), dan ordo tumbuhan berakhiran *-ales*.

5. Homolog dan analog: kemiripan yang menipu

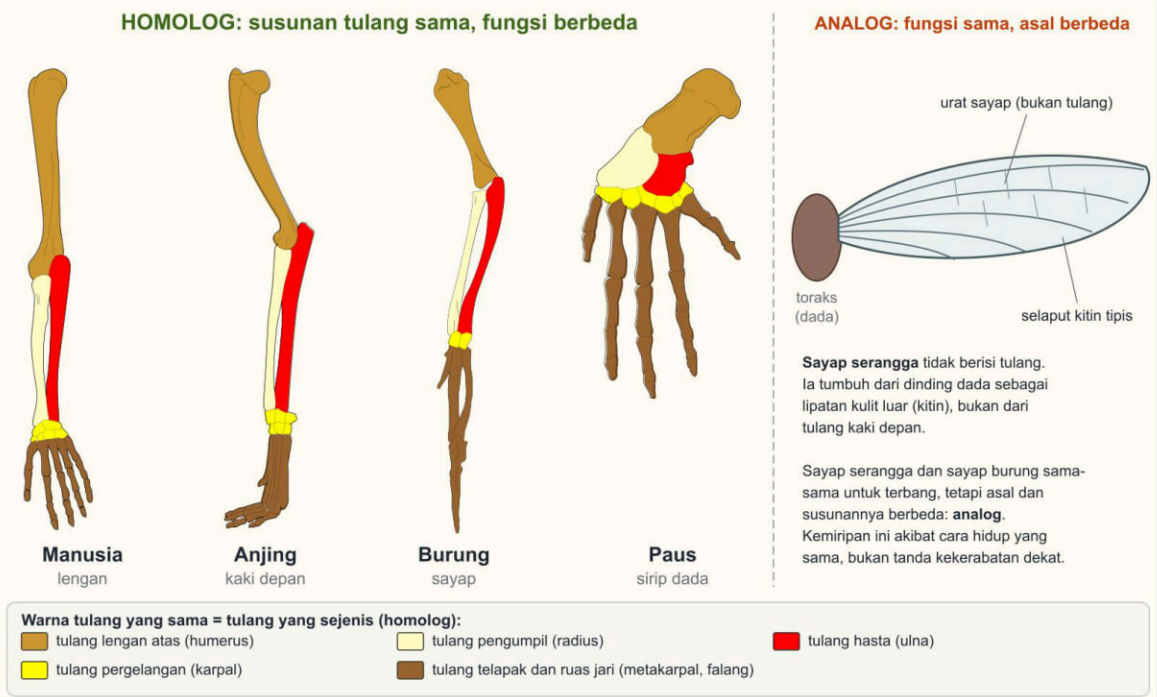
Tidak semua kemiripan menunjukkan kekerabatan. Ahli taksonomi membedakan dua jenis kemiripan (lihat Gambar 1.7).

Struktur homolog adalah struktur yang **susunan dasarnya sama karena berasal dari nenek moyang yang sama**, walaupun fungsinya bisa berbeda. Lengan manusia, kaki depan anjing, sayap burung, sayap kelelawar, dan sirip dada paus tampak sangat berbeda dan dipakai untuk memegang, berjalan, terbang, dan berenang. Namun, di dalamnya terdapat tulang-tulang yang sama dengan urutan yang sama: satu tulang lengan atas (humerus), dua tulang lengan bawah (pengumpil atau radius dan hasta atau ulna), tulang-tulang pergelangan (karpal), lalu tulang telapak (metakarpal) dan ruas-ruas jari (falang). Susunan ini diwariskan dari nenek moyang bersama hewan bertulang belakang berkaki empat, lalu berubah bentuk sesuai cara hidup masing-masing. Struktur homolog adalah **bukti kekerabatan**.

Struktur analog adalah struktur yang **fungsinya sama, tetapi asal dan susunan dasarnya berbeda**. Sayap serangga dan sayap burung sama-sama untuk terbang. Namun, sayap burung

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

berisi tulang kaki depan, sedangkan sayap serangga adalah lembaran kitin tipis yang tumbuh dari dinding dada, tanpa tulang sama sekali. Kemiripan semacam ini muncul karena dua makhluk menghadapi tuntutan lingkungan yang sama, sehingga seleksi alam membentuk bentuk yang serupa. Peristiwa ini disebut **evolusi konvergen**. Bentuk tubuh ramping lumba-lumba dan hiu juga hasil konvergensi: air menuntut tubuh yang licin dan ramping, tetapi lumba-lumba tetap mamalia. Struktur analog **tidak** menunjukkan kekerabatan.



Gambar 1.7 Kiri: struktur homolog pada kaki depan empat hewan bertulang belakang; warna yang sama menandai tulang yang sejenis. Kanan: sayap serangga, yang analog dengan sayap burung. Sumber: Волков Владислав Петрович (Vladislav Volkov), Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; nama hewan diterjemahkan ke bahasa Indonesia, keterangan warna dan panel sayap serangga ditambahkan penulis.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

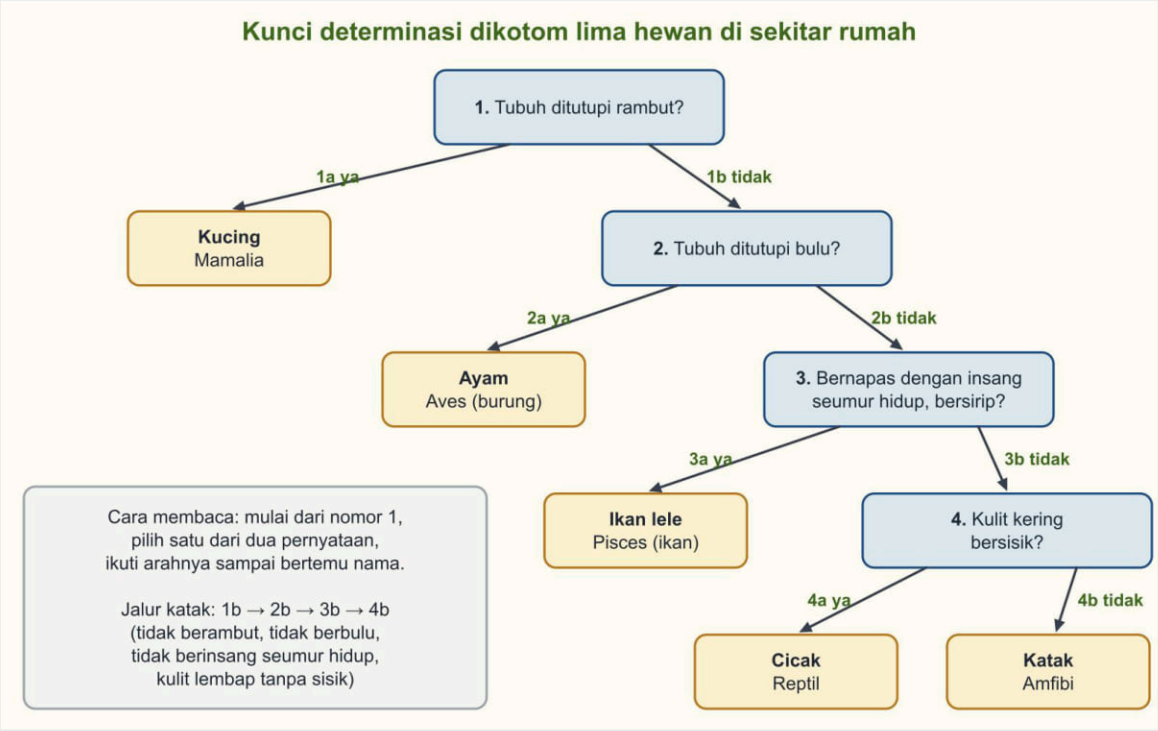
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Kunci determinasi

Kunci determinasi adalah alat untuk mengenali (mengidentifikasi) makhluk hidup yang belum diketahui kelompok atau namanya. Kunci yang paling umum adalah **kunci dikotom**, artinya setiap langkah berisi **dua pernyataan yang saling berlawanan** (misalnya 1a dan 1b). Pengguna memilih **satu** pernyataan yang cocok dengan makhluk yang diamati, lalu mengikuti petunjuknya: ke nomor berikutnya, atau langsung ke nama kelompok.

Kunci determinasi dapat ditulis sebagai tabel atau digambar sebagai bagan bercabang. Gambar 1.8 memperlihatkan kunci untuk lima hewan di sekitar rumah; tabel berikut adalah bentuk tulisnya.

Nomor	Ciri	Arah
1a	Tubuh ditutupi rambut	Kucing (Mamalia)
1b	Tubuh tidak ditutupi rambut	ke nomor 2
2a	Tubuh ditutupi bulu	Ayam (Aves)
2b	Tubuh tidak ditutupi bulu	ke nomor 3
3a	Bernapas dengan insang seumur hidup, bergerak dengan sirip	Ikan lele (Pisces)
3b	Tidak bernapas dengan insang seumur hidup, berkaki	ke nomor 4
4a	Kulit kering dan bersisik	Cicak (Reptil)
4b	Kulit lembap tanpa sisik	Katak (Amfibi)



Gambar 1.8 Kunci determinasi dikotom dalam bentuk bagan bercabang. Setiap simpul berisi satu pasang ciri yang berlawanan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ada beberapa sifat penting kunci determinasi. Kunci selalu dibaca **dari nomor 1 dan berurutan**; melompat ke kelompok yang "terasa paling mirip" akan menyesatkan. Kunci hanya

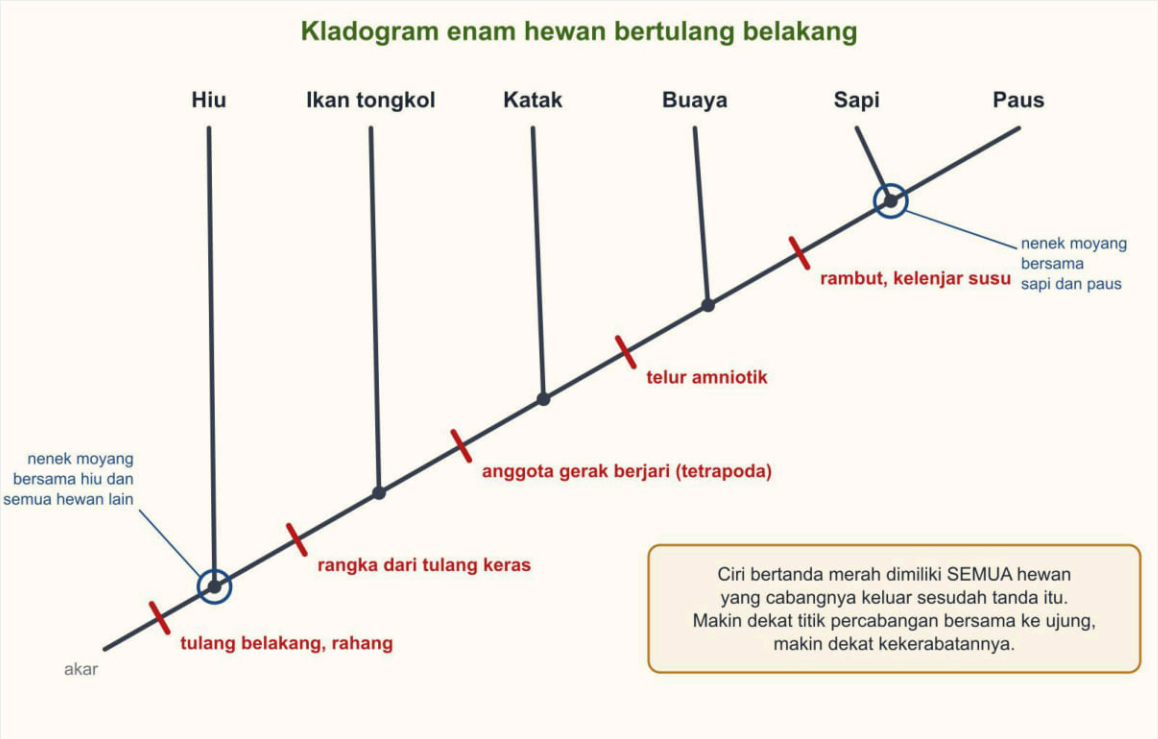
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

memakai **ciri yang ditanyakannya**; ciri lain yang kamu ketahui tidak dipakai untuk memutuskan. Kunci yang baik memakai ciri yang **tetap dan mudah diamati** (rambut, bulu, jumlah kaki, susunan daun), bukan ciri yang berubah-ubah seperti ukuran, warna yang pudar, atau tempat ditemukannya. Kunci juga hanya berlaku untuk kelompok yang dimuatnya: kunci di atas tidak dapat dipakai untuk mengenali kupu-kupu.

7. Kladogram: membaca hubungan kekerabatan

Kladogram adalah diagram bercabang yang menggambarkan hubungan kekerabatan beberapa kelompok makhluk hidup berdasarkan ciri-ciri yang mereka miliki bersama (Gambar 1.9). Bagian-bagiannya:

- **Akar**: pangkal kladogram, mewakili nenek moyang tertua dalam diagram.
- **Titik percabangan** (simpul): mewakili **nenek moyang bersama** kelompok-kelompok yang bercabang dari titik itu.
- **Ujung cabang**: kelompok makhluk hidup yang dibandingkan.
- **Tanda ciri**: ciri baru yang muncul pada garis keturunan. Ciri ini disebut **ciri turunan bersama**, karena diwariskan ke semua keturunan sesudah titik munculnya.



Gambar 1.9 Kladogram enam hewan bertulang belakang. Garis merah menandai munculnya ciri turunan bersama; lingkaran biru menandai dua contoh nenek moyang bersama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Cara membaca kladogram:

1. **Ciri dimiliki semua kelompok sesudah tandanya.** Tanda "telur amniotik" berada sesudah percabangan katak, jadi buaya, sapi, dan paus memilikinya, sedangkan katak, ikan tongkol, dan hiu tidak. Pada sapi dan paus, embrio tetap dibungkus selaput amnion walaupun berkembang di dalam rahim.
2. **Kekerabatan ditentukan oleh titik percabangan bersama yang paling baru** (paling jauh dari akar). Makin dekat titik bersama itu ke ujung, makin dekat kekerabatannya.
3. **Letak nama yang bersebelahan tidak menentukan kekerabatan.** Cabang-cabang dapat diputar pada titiknya tanpa mengubah arti kladogram, seperti memutar ranting pada sambungannya.
4. **Habitat dan bentuk luar tidak dipakai.** Yang dibaca hanyalah ciri turunan bersama dan titik percabangan.

Kini kladogram banyak disusun dari **data DNA**. Perbedaan urutan DNA dua spesies bertambah sedikit demi sedikit sejak keduanya berpisah dari nenek moyang bersama. Karena itu, makin kecil persentase perbedaan DNA, makin baru titik percabangan bersamanya, dan makin dekat kekerabatannya. Saat menyusun pohon kekerabatan dari tabel perbedaan DNA, pasangan dengan perbedaan terkecil digabungkan lebih dahulu.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Menelusuri kunci determinasi tumbuhan pekarangan

Pada 2026, Raka mengamati empat tumbuhan di pekarangan rumahnya: suplir di pot, serai di dekat dapur, tanaman cabai yang baru setinggi lutut dan belum pernah berbunga, serta lapisan hijau tipis di tembok yang lembap. Ia memakai kunci berikut. *Tokoh fiktif.*

Nomor	Ciri	Arah
1a	Jenis tumbuhan yang membentuk bunga dan biji	ke nomor 2
1b	Jenis tumbuhan yang tidak pernah berbunga; berkembang biak dengan spora	ke nomor 3
2a	Daun bertulang sejajar, akar serabut	Kelompok P
2b	Daun bertulang menyirip atau menjari, akar tunggang	Kelompok Q
3a	Memiliki akar, batang, dan daun sejati; spora di sisi bawah daun	Kelompok R
3b	Tidak memiliki akar sejati; tubuh kecil menempel di permukaan lembap	Kelompok S

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Serai.** Serai termasuk rumput-rumputan yang dapat berbunga, jadi 1a → ke nomor 2. Daunnya panjang dengan tulang daun sejajar, akarnya serabut → 2a. Jalur 1a–2a: **Kelompok P**.
2. **Cabai.** Tanaman ini belum berbunga, tetapi kunci menanyakan **jenis tumbuhannya**, bukan keadaan satu tanaman hari itu. Cabai adalah jenis yang berbunga dan berbuah, jadi tetap 1a. Daunnya bertulang menyirip, akarnya tunggang → 2b. Jalur 1a–2b: **Kelompok Q**.
3. **Suplir.** Suplir tidak pernah berbunga; bintik-bintik cokelat di tepi bawah daunnya adalah kotak spora, bukan penyakit → 1b. Ia memiliki akar, batang, dan daun sejati → 3a. Jalur 1b–3a: **Kelompok R** (tumbuhan paku).
4. **Lapisan hijau di tembok.** Tubuhnya kecil, tidak berbunga, berkembang biak dengan spora → 1b. Tidak memiliki akar sejati, hanya benang-benang penempel (rizoid) → 3b. Jalur 1b–3b: **Kelompok S** (lumut).

Kesimpulan: serai = P, cabai = Q, suplir = R, lumut = S. Kesalahan yang paling mungkin terjadi adalah memasukkan cabai ke 1b hanya karena tanaman itu belum berbunga saat diamati.

Contoh 2 — Mengapa paus lebih dekat dengan sapi daripada dengan hiu?

Paus dan hiu sama-sama hidup di laut, bertubuh ramping, dan bersirip. Sapi hidup di darat dan berkaki empat. Gunakan Gambar 1.9 untuk menentukan apakah paus berkerabat lebih dekat dengan sapi atau dengan hiu.

1. Cari titik percabangan bersama paus dan sapi. Kedua cabang bertemu di titik paling kanan atas, sesudah tanda "rambut, kelenjar susu". Titik ini sangat dekat ke ujung.
2. Cari titik percabangan bersama paus dan hiu. Cabang hiu memisah di titik paling dekat dengan akar. Itulah satu-satunya titik yang dimiliki bersama oleh hiu dan paus.
3. Bandingkan. Titik bersama paus–sapi jauh lebih baru daripada titik bersama paus–hiu. Jadi paus berkerabat lebih dekat dengan sapi.
4. Periksa ciri turunan bersama. Paus dan sapi sama-sama memiliki rangka dari tulang keras, anggota gerak berjari (sirip dada paus berisi tulang jari, Gambar 1.7), telur amniotik, kelenjar susu, dan rambut (paus memiliki sedikit rambut di moncongnya, terutama saat muda). Hiu tidak memiliki satu pun ciri itu.
5. Jelaskan kemiripan paus dengan hiu. Tubuh ramping dan sirip adalah hasil evolusi konvergen karena keduanya hidup di air: struktur **analog**, bukan tanda kekerabatan.

Kesimpulan: paus lebih dekat dengan sapi, karena titik percabangan bersamanya lebih baru dan keduanya berbagi banyak ciri turunan bersama. Data DNA juga menunjukkan bahwa paus berkerabat dekat dengan hewan berkuku genap seperti sapi.

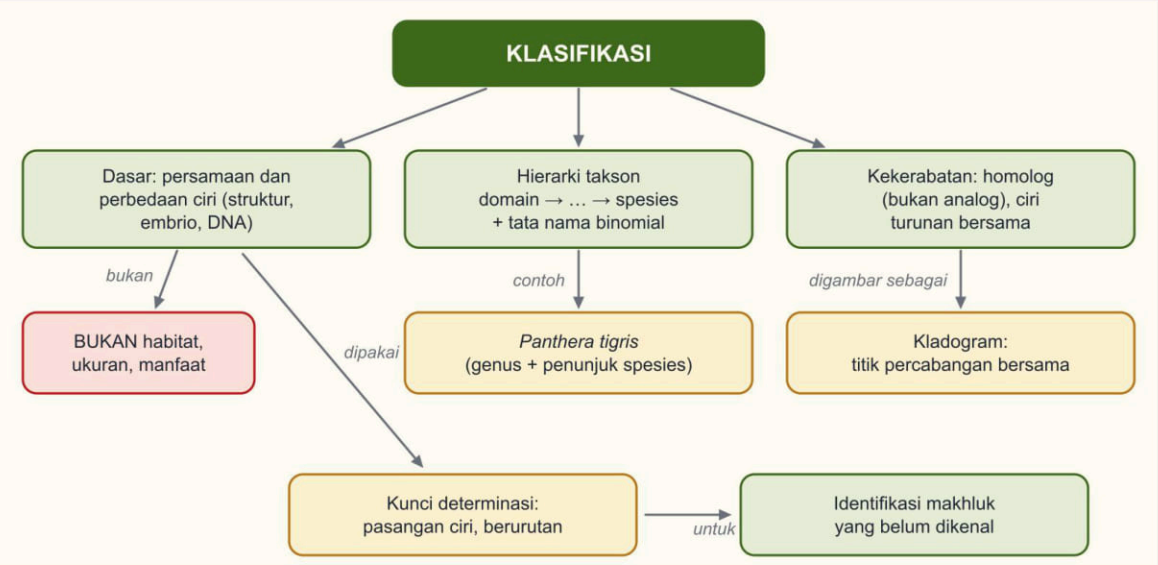
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Klasifikasi memakai persamaan dan perbedaan ciri yang mendasar (struktur, perkembangan embrio, biokimia, DNA), bukan habitat, ukuran, atau manfaat.
- Hierarki takson: domain → kingdom → filum/divisio → kelas → ordo → famili → genus → spesies; makin rendah takson bersama, makin dekat kekerabatan.
- Nama ilmiah = genus (huruf awal kapital) + penunjuk spesies (huruf kecil), ditulis miring.
- Struktur homolog (susunan dasar sama) menunjukkan kekerabatan; struktur analog (fungsi sama, asal beda) tidak.
- Kunci determinasi dibaca dari nomor 1, berurutan, satu pilihan per pasangan, hanya dengan ciri yang ditanyakan.
- Pada kladogram, kekerabatan ditentukan oleh titik percabangan bersama yang paling baru; ciri dimiliki semua kelompok sesudah tandanya.

Bagan pada Gambar 1.10 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 1.10 Peta konsep prinsip klasifikasi dan kunci determinasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal kunci determinasi:

1. Tulis ciri-ciri makhluk yang diamati dari teks **dan** gambar, termasuk ciri yang tersembunyi atau disebut sekilas.
2. Mulai dari pasangan nomor 1. Pilih satu pernyataan, catat nomornya.
3. Ikuti petunjuk "ke nomor ..." sampai tiba di nama kelompok.
4. Periksa ulang: apakah setiap langkah yang kamu catat benar-benar cocok dengan ciri makhluk itu?

Langkah menjawab soal kladogram dan data DNA:

1. Tandai titik percabangan bersama dua makhluk yang dibandingkan.
2. Bandingkan letak titik-titik itu: yang lebih jauh dari akar berarti lebih dekat kekerabatannya.
3. Untuk pernyataan tentang ciri, ingat bahwa ciri hanya dimiliki makhluk **sesudah** titik ciri itu.
4. Untuk tabel perbedaan DNA, cari pasangan dengan perbedaan terkecil lebih dahulu, lalu bandingkan jarak antarkelompok.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Habitat atau bentuk dipakai sebagai alasan.** "Hiu lebih dekat dengan ikan purba karena sama-sama hidup di air."
- **Ciri yang mencolok mengalahkan urutan kunci.** Makhluk langsung digolongkan menurut ciri yang paling terlihat, padahal kunci menanyakan ciri lain lebih dulu.
- **Ciri dianggap dimiliki makhluk sebelum titiknya.** Pada kladogram, sebuah ciri yang ditandai pada satu cabang dianggap dimiliki semua hewan sesudah titik sebelumnya.
- **Nama yang bersebelahan dikira kerabat terdekat.** Urutan nama di ujung cabang bisa diputar tanpa mengubah arti kladogram.
- **Struktur analog dianggap homolog.** Sayap serangga dan sayap kelelawar sama-sama untuk terbang, tetapi asal-usulnya berbeda.

> Contoh salah tafsir: kelelawar buah terbang di malam hari dengan sayap. Seorang siswa menggolongkannya bersama burung karena "sama-sama bersayap dan terbang". Ia memakai ciri yang menipu. Sayap kelelawar adalah selaput kulit di antara jari-jari tangan, tubuhnya berambut, dan anaknya disusui. Ciri-ciri mendasar itu menempatkannya di kelompok mamalia.

• BEDAH SOAL ASLI

Soal asli TKA 2025 tidak memuat soal khusus untuk sub bab ini. Contoh soal resmi Pusmendik memakai pola yang sama dengan bagian 2 dan 5 di atas: dua hewan laut yang bentuk tubuhnya mirip, tetapi cara bernapas dan cara berkembang biaknya berbeda, lalu kamu diminta memilih **prinsip** pengelompokannya. Jawaban yang dicari adalah prinsip persamaan dan perbedaan ciri. Pilihan yang menyebut habitat, peran dalam rantai makanan, atau massa tubuh adalah pengecoh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menilai pendapat bahwa jamur tiram termasuk tumbuhan. Perhatikan cara pendapat itu diuji dengan ciri yang benar-benar menjadi dasar klasifikasi, yaitu susunan sel dan cara memperoleh makanan, bukan kebiasaan hidup atau kegunaannya (bagian 2).

►. Rina, murid kelas X, membantu ibunya membudidayakan jamur tiram pada baglog berisi serbuk gergaji. Adiknya berpendapat bahwa jamur tiram termasuk tumbuhan karena tumbuh menempel, tidak berpindah tempat, dan sel-selnya berdinding. Rina lalu mencatat ciri jamur tiram dari buku pelajaran: tidak berklorofil, dinding selnya tersusun atas kitin (bukan selulosa), dan benang-benang halusnya mengeluarkan enzim ke serbuk gergaji lalu menyerap zat makanan hasil uraiannya.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penilaian yang paling tepat terhadap pendapat adik Rina adalah ....

A. tepat, karena jamur tiram tidak berpindah tempat dan sel-selnya berdinding seperti sel tumbuhan
B. kurang tepat, karena jamur tiram tumbuh pada serbuk kayu yang sudah mati, bukan di dalam tanah
C. kurang tepat, karena jamur tiram tidak berklorofil, menyerap makanan, dan dinding selnya kitin
D. tepat, karena jamur tiram dimakan sebagai sayur dan dibudidayakan seperti bayam dan kangkung
E. tepat, karena jamur tiram berkembang biak dengan spora seperti tumbuhan lumut dan tumbuhan paku

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: makhluk hidup dikelompokkan berdasarkan **ciri** (struktur sel, cara memperoleh makanan, zat penyusun dinding sel), bukan berdasarkan tempat hidup atau kegunaannya. Anggota kingdom **Plantae** berklorofil, membuat makanan sendiri dengan fotosintesis, dan dinding selnya dari selulosa. Anggota kingdom **Fungi** tidak berklorofil, mengeluarkan enzim ke lingkungannya lalu menyerap hasil uraiannya, dan dinding selnya dari kitin.

Langkah 1 – Uji ciri yang dipakai adik Rina. "Tidak berpindah" dan "berdinding sel" dimiliki tumbuhan **dan** jamur, jadi tidak dapat membedakan keduanya.
Langkah 2 – Cari ciri pembeda di catatan Rina. Tidak berklorofil → tidak berfotosintesis; menyerap makanan hasil uraian enzim → heterotrof; dinding kitin → bukan dinding tumbuhan.
Langkah 3 – Simpulkan. Ketiga ciri itu menempatkan jamur tiram di kingdom Fungi, sehingga pendapat adik Rina kurang tepat.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan ciri yang tidak membedakan: jamur pun tidak berpindah dan berdinding sel; yang menentukan adalah zat penyusun dinding dan cara makannya.
• B ✗ — Jebakan dasar klasifikasi: kesimpulannya benar, tetapi alasannya tempat tumbuh. Tempat hidup bukan dasar pengelompokan.
• C ✓ — Memakai ciri cara memperoleh makanan dan zat penyusun dinding sel.
• D ✗ — Jebakan kegunaan: dimakan atau dibudidayakan manusia bukan ciri makhluk hidup itu sendiri.
• E ✗ — Jebakan: berspora tidak cukup untuk menyatakan sesuatu tumbuhan; lumut dan paku berklorofil dan berdinding selulosa, sedangkan jamur tidak.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis lebih dulu ciri yang kamu pakai sebagai dasar pengelompokan.

1. Murid kelas X mengelompokkan tiga tumbuhan di kebun sekolah memakai tabel ciri berikut.

Kelompok	Pembuluh angkut	Berkembang biak dengan	Biji di dalam bakal buah
Lumut	tidak ada	spora	–
Paku	ada	spora	–
Berbiji terbuka	ada	biji	tidak
Berbiji tertutup	ada	biji	ya

Tumbuhan K tumbuh di tembok lembap, berakar dan berpembuluh angkut, dan permukaan bawah daunnya berbintik cokelat berisi spora. Tumbuhan L adalah pohon melinjo; bijinya berkulit merah yang sehari-hari disebut "buah", padahal kulit itu bukan dinding bakal buah. Tumbuhan M adalah putri malu yang berbunga dan bijinya di dalam

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

polong.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pengelompokan yang tepat adalah ....

A. K lumut, L berbiji tertutup, M berbiji tertutup
B. K paku, L berbiji tertutup, M berbiji terbuka
C. K paku, L berbiji terbuka, M berbiji tertutup
D. K lumut, L berbiji terbuka, M berbiji tertutup
E. K paku, L berbiji tertutup, M berbiji tertutup

2. Pada 2026, Nayla mengamati empat hewan di sebuah pasar ikan di Makassar. Kerang darah bercangkang dua keping, siput laut bercangkang satu yang berpilin, dan cumi-cumi hanya memiliki cangkang tipis di dalam tubuhnya. Ketiganya bertubuh lunak, tidak beruas, dan tubuhnya diselubungi lapisan mantel yang membentuk cangkang. Teripang juga bertubuh lunak, tetapi tidak bermantel; kulitnya berisi duri kapur kecil, tubuhnya bersimetri lima, dan ia bergerak dengan kaki tabung seperti bintang laut. Guru menjelaskan bahwa kerang, siput, dan cumi-cumi termasuk satu filum, sedangkan teripang termasuk filum lain.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Cumi-cumi dikelompokkan bersama kerang walaupun tidak tampak bercangkang luar, karena susunan dasar tubuhnya sama, termasuk adanya mantel.	○	○
Teripang lebih tepat digabung dengan kerang karena keduanya bertubuh lunak, hidup di dasar laut, dan sama-sama dijual sebagai bahan pangan.	○	○
Kerang lebih dekat kekerabatannya dengan teripang daripada dengan cumi-cumi karena kerang dan teripang sama-sama tidak memiliki tentakel.	○	○

Kunci singkat: 1. C 2. 1B 2S 3S

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Dapatkah kamu menyebut dua ciri yang kuat dan dua ciri yang menipu untuk menentukan kekerabatan? Berikan satu contoh struktur homolog dan satu contoh struktur analog.
- Pada kladogram, bagaimana cara memastikan dua makhluk berkerabat paling dekat?
- **Yang harus kuingat:** klasifikasi memakai ciri yang mendasar, kunci dibaca berurutan, dan kekerabatan dibaca dari titik percabangan bersama yang paling baru, tidak pernah dari habitat.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-1.2

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya

BIO-1.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis struktur bakteri dan peranannya terhadap manusia**, dengan batasan: struktur bakteri, resistensi bakteri, dan peranannya bagi manusia. Ketiganya saling terkait. Struktur dinding sel menentukan antibiotik mana yang mempan. Cara bakteri menjadi kebal menentukan cara minum antibiotik yang benar. Cara bakteri merugikan, lewat infeksi atau lewat racun, menentukan penanganannya.

Pada soal asli 2025, sub bab ini diuji lewat kasus keracunan ikan awetan. Hanya 30 % peserta yang menjawab benar. Banyak peserta memilih **tanda** kerusakan makanan sebagai **mekanisme** penyakitnya.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan bagian-bagian sel bakteri beserta fungsinya, dan menghubungkan hasil pewarnaan Gram dengan struktur dinding sel;
- menghitung pertumbuhan bakteri melalui pembelahan biner dan memprediksi kerja antibiotik dari sasarannya di sel bakteri;
- menjelaskan munculnya bakteri resisten sebagai hasil seleksi, langkah demi langkah;
- membedakan bakteri yang merugikan lewat infeksi dari yang merugikan lewat racun (toksin), serta menjelaskan peran bakteri yang menguntungkan.

◆ KONSEP INTI

Bakteri adalah makhluk hidup bersel satu yang sangat kecil. Satu sel bakteri biasanya hanya berukuran sekitar 1–5 mikrometer (µm), yaitu seperseribu milimeter. Seribu bakteri berbaris pun belum sepanjang satu milimeter. Walaupun tidak terlihat, bakteri ada hampir di mana-mana: di tanah sawah, air sungai, udara, makanan, kulit, dan usus kita. Di dalam usus manusia saja hidup bakteri dalam jumlah yang jauh melebihi jumlah sel tubuhnya. Sebagian kecil bakteri menyebabkan penyakit, tetapi sebagian besar justru tidak berbahaya atau bahkan sangat dibutuhkan, misalnya bakteri pengurai bangkai, bakteri penyubur tanah, dan bakteri pembuat yoghurt. Sub bab ini membahas bagaimana sel bakteri tersusun, bagaimana ia berkembang biak, mengapa antibiotik dapat membunuhnya, mengapa bakteri bisa menjadi kebal, dan apa saja perannya bagi manusia. Topik ini berkaitan dengan sub bab 1.4 (bakteri sebagai pengurai dalam ekosistem) dan dengan sistem imun di Bab 3.

1. Bakteri adalah sel prokariota

Semua makhluk hidup tersusun atas sel. Berdasarkan ada tidaknya inti sel sejati, sel dibagi menjadi dua jenis.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

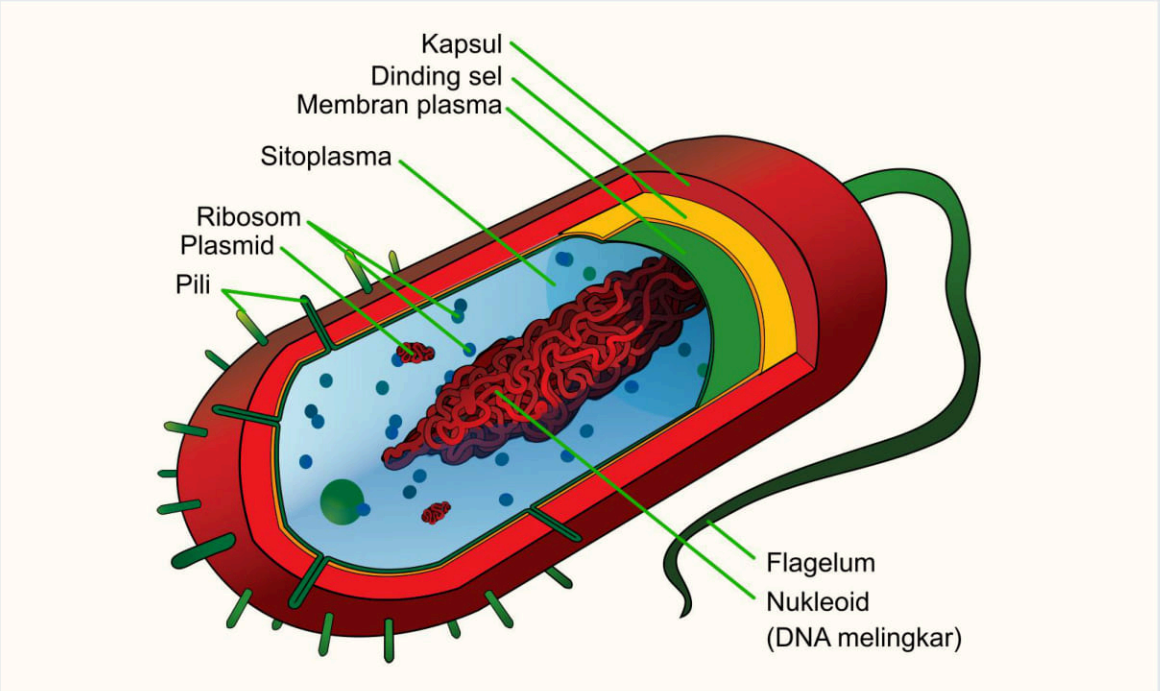
- **Sel eukariota** (*eu* = sejati, *karyon* = inti) mempunyai **inti sel** yang dibungkus membran. Di dalamnya juga ada organel bermembran seperti mitokondria, retikulum endoplasma, dan badan Golgi. Sel tumbuhan, hewan, jamur, dan manusia termasuk eukariota.
- **Sel prokariota** (*pro* = sebelum) **tidak mempunyai inti bermembran** dan tidak mempunyai organel bermembran. Bahan genetiknya (DNA) berada langsung di sitoplasma. Bakteri termasuk prokariota.

Dalam sistem klasifikasi yang dipakai di SMA, prokariota dibagi menjadi dua kingdom: **Archaebacteria** (misalnya yang hidup di sumber air panas dan rawa garam) dan **Eubacteria** atau bakteri sejati. Sub bab ini membahas Eubacteria, yang selanjutnya cukup disebut bakteri.

Karena tidak punya organel bermembran, semua kegiatan hidup bakteri berlangsung di sitoplasma dan pada membran selnya. Reaksi untuk menghasilkan energi, misalnya, terjadi pada membran plasma, bukan di mitokondria. Perbedaan dengan sel manusia inilah yang nanti dimanfaatkan oleh obat antibiotik.

2. Struktur sel bakteri dan fungsi tiap bagian

Perhatikan Gambar 1.11. Gambar itu memperlihatkan sel bakteri berbentuk batang yang dipotong sebagian sehingga lapisan-lapisannya terlihat.



Gambar 1.11 Struktur sel bakteri berbentuk batang. Lapisan pembungkus dari luar ke dalam: kapsul, dinding sel, dan membran plasma. Sumber: Mariana Ruiz Villarreal (LadyofHats), Wikimedia Commons, domain publik; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Mulai dari luar ke dalam:

1. **Kapsul** (lapisan lendir) adalah lapisan paling luar pada sebagian bakteri. Kapsul membantu bakteri menempel pada permukaan, misalnya pada gigi atau dinding saluran napas, dan melindunginya dari kekeringan serta dari sel darah putih yang hendak memakannya. Bakteri berkapsul sering lebih sulit dikalahkan oleh tubuh.
2. **Dinding sel** berada di bawah kapsul. Dinding sel bakteri tersusun atas **peptidoglikan**, yaitu jaring-jaring rantai gula yang dihubungkan oleh rantai pendek asam amino. Dinding ini kaku dan kuat sehingga memberi bentuk pada sel dan mencegah sel pecah ketika air masuk ke dalam sel. Sel manusia tidak mempunyai dinding sel, dan dinding sel tumbuhan tersusun atas selulosa, bukan peptidoglikan.
3. **Membran plasma** (membran sel) adalah lapisan tipis dari fosfolipid dan protein di bawah dinding sel. Membran ini mengatur zat yang keluar-masuk sel dan menjadi tempat reaksi penghasil energi.
4. **Sitoplasma** adalah cairan kental di dalam sel tempat berlangsungnya sebagian besar reaksi kimia.
5. **Ribosom** adalah butiran kecil tempat protein dibuat. Ribosom bakteri lebih kecil daripada ribosom sel manusia dan bentuknya sedikit berbeda.
6. **Nukleoid** adalah daerah tempat DNA utama bakteri berada. DNA ini berupa satu molekul **melingkar** yang tidak dibungkus membran. DNA inilah yang memuat hampir semua gen bakteri.
7. **Plasmid** adalah lingkaran DNA kecil di luar nukleoid. Plasmid tidak mutlak diperlukan untuk hidup, tetapi sering membawa gen tambahan yang menguntungkan bakteri, misalnya gen tahan antibiotik. Plasmid dapat disalin dan berpindah ke bakteri lain (bagian 5).
8. **Pili** (tunggal: pilus) adalah tonjolan halus seperti rambut di permukaan sel. Pili membantu bakteri menempel, dan pilus khusus dipakai untuk memindahkan plasmid ke bakteri lain.
9. **Flagelum** (jamak: flagela) adalah bulu cambuk yang berputar seperti baling-baling sehingga bakteri dapat bergerak. Tidak semua bakteri mempunyai flagelum.

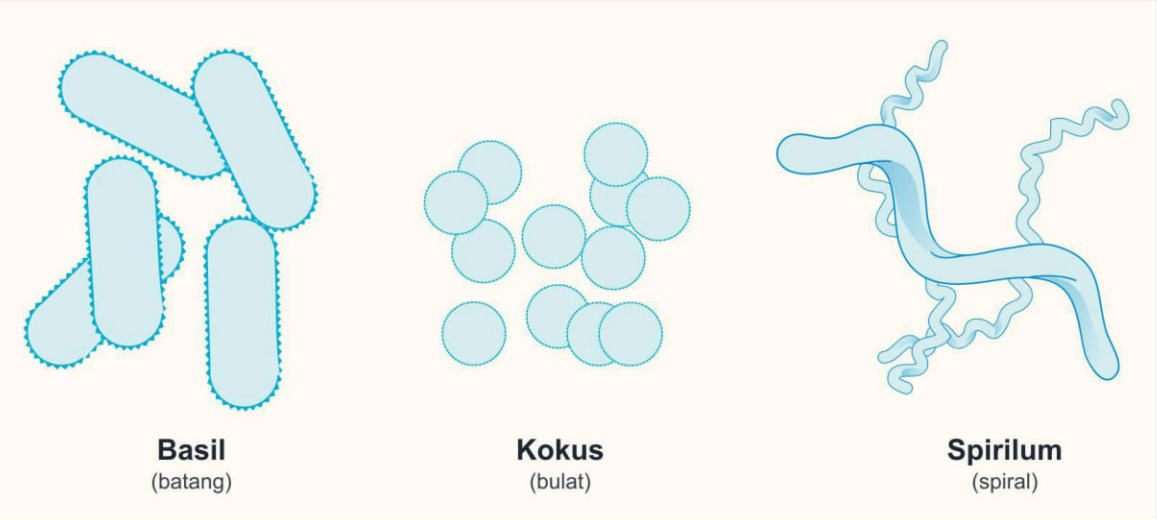
Beberapa bakteri, misalnya *Bacillus* dan *Clostridium*, dapat membentuk **endospora** ketika lingkungannya buruk (kering, panas, atau kekurangan makanan). Endospora adalah bentuk istirahat yang berdinding sangat tebal. Ia tahan direbus beberapa saat, tahan kering, dan dapat bertahan bertahun-tahun. Ketika keadaan kembali baik, endospora tumbuh lagi menjadi sel bakteri aktif. Endospora bukan alat berkembang biak, karena satu sel hanya membentuk satu endospora. Inilah alasan alat-alat kedokteran disterilkan dengan uap bertekanan tinggi (autoklaf, sekitar 121 °C), bukan sekadar direbus.

3. Bentuk dan susunan sel bakteri

Dilihat di bawah mikroskop, bakteri mempunyai tiga bentuk dasar (Gambar 1.12):

- **kokus** (jamak: koki), berbentuk bulat;
- **basil**, berbentuk batang;
- **spirilum**, berbentuk spiral atau berpilin.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

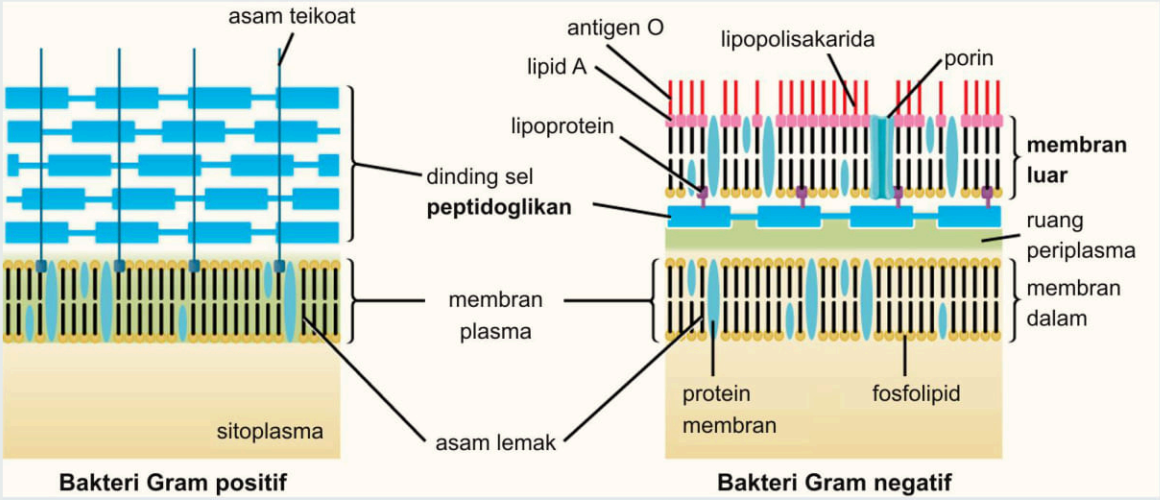


Gambar 1.12 Tiga bentuk dasar sel bakteri: basil (batang), kokus (bulat), dan spirilum (spiral). Sumber: Mariana Ruiz (LadyofHats), Wikimedia Commons, domain publik; label diganti bahasa Indonesia.

Setelah membelah, sel-sel kokus sering tetap menempel dan membentuk susunan khas. Dua sel berpasangan disebut **diplokokus**; sel yang berderet seperti kalung disebut **streptokokus**; sel yang bergerombol seperti buah anggur disebut **stafilokokus**. Nama marga bakteri sering mengikuti susunan ini, misalnya *Streptococcus* dan *Staphylococcus*. Basil juga dapat berderet menjadi **streptobasil**. Bentuk sel memudahkan identifikasi awal di laboratorium, tetapi bentuk saja tidak cukup untuk menentukan jenis bakteri. Untuk itu diperlukan pewarnaan dan uji lain.

4. Dinding sel: Gram positif dan Gram negatif

Pada tahun 1884, dokter Denmark Hans Christian Gram menemukan cara mewarnai bakteri yang membagi hampir semua bakteri menjadi dua kelompok besar: **Gram positif** dan **Gram negatif**. Perbedaan warnanya ternyata berasal dari perbedaan struktur dinding sel (Gambar 1.13).



Gambar 1.13 Penampang pembungkus sel bakteri Gram positif (kiri) dan Gram negatif (kanan). Gram positif: lapisan peptidoglikan tebal langsung di luar membran plasma. Gram negatif: peptidoglikan tipis yang dibungkus membran luar berlipopolisakarida; zat tertentu masuk melalui saluran protein (porin). Sumber: OpenStax (Microbiology), Wikimedia Commons, CC BY 4.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Bakteri Gram positif mempunyai lapisan peptidoglikan yang **tebal**, berlapis-lapis, langsung di

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

luar membran plasma. Di dalamnya tertanam asam teikoat. Bakteri ini tidak mempunyai membran luar.

Bakteri Gram negatif mempunyai lapisan peptidoglikan yang **tipis**. Lapisan tipis itu dibungkus lagi oleh **membran luar**. Bagian luar membran luar tersusun atas **lipopolisakarida** (LPS), yaitu gabungan lemak dan gula. Membran luar berfungsi sebagai perisai tambahan: ia menghalangi masuknya banyak zat, termasuk sebagian antibiotik dan zat perusak dari tubuh inang. Zat-zat kecil tertentu hanya dapat masuk melalui saluran protein yang disebut **porin**. Ruang di antara membran luar dan membran plasma disebut **ruang periplasma**. Lipopolisakarida juga bersifat racun bagi tubuh manusia bila bakteri Gram negatif hancur di dalam darah, sehingga dapat memicu demam tinggi.

Perhatikan satu hal penting: **bakteri Gram negatif tetap mempunyai peptidoglikan**, hanya lapisannya tipis dan tersembunyi di balik membran luar.

Ciri	Gram positif	Gram negatif
Lapisan peptidoglikan	tebal, berlapis-lapis	tipis
Membran luar (lipopolisakarida)	tidak ada	ada, di luar peptidoglikan
Warna setelah pewarnaan Gram	ungu	merah muda
Kepekaan terhadap penisilin biasa	umumnya peka	banyak yang kurang peka (terhalang membran luar)
Contoh	*Staphylococcus aureus* (bisul), *Streptococcus* (radang tenggorokan), *Lactobacillus* (yoghurt), *Bacillus*, *Clostridium*	*Escherichia coli* (usus), *Salmonella* (tifus), *Vibrio cholerae* (kolera), *Rhizobium* (bintil akar)

Pewarnaan Gram dilakukan dalam empat langkah pada sediaan bakteri yang sudah dikeringkan pada kaca objek (Gambar 1.14):

1. **Kristal violet** diteteskan. Zat warna ungu ini masuk ke semua sel, sehingga semua bakteri tampak ungu.
2. **Larutan iodium** diteteskan. Iodium bergabung dengan kristal violet membentuk **kompleks** berukuran besar yang sulit keluar dari sel. Semua sel masih ungu.
3. **Alkohol** (atau campuran alkohol-aseton) dipakai untuk membilas. Inilah **langkah penentu**. Pada Gram positif, alkohol membuat lapisan peptidoglikan yang tebal mengerut sehingga pori-porinya menyempit, dan kompleks ungu terperangkap di dalam: sel **tetap ungu**. Pada Gram negatif, alkohol melarutkan lemak membran luar, sedangkan lapisan peptidoglikan yang tipis tidak mampu menahan kompleks ungu: warna **luntur** dan sel menjadi tidak berwarna.
4. **Safranin** (zat warna merah) diteteskan sebagai pewarna tandingan. Sel Gram negatif yang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tadinya tidak berwarna menyerap safranin dan tampak **merah muda**. Sel Gram positif juga menyerap sedikit safranin, tetapi warna merah itu tertutup ungu tua, sehingga tetap tampak ungu.

Langkah	Bakteri Gram positif	Bakteri Gram negatif
1. Kristal violet *zat warna utama (ungu)*	ungu	ungu
2. Larutan iodium *mengikat zat warna menjadi kompleks besar*	tetap ungu	tetap ungu
3. Alkohol (peluntur) *langkah penentu*	tetap ungu: dinding tebal menahan warna	luntur, tak berwarna: membran luar larut, dinding tipis lepas warna
4. Safranin *zat warna tandingan (merah)*	tetap ungu (merah tertutup)	merah muda

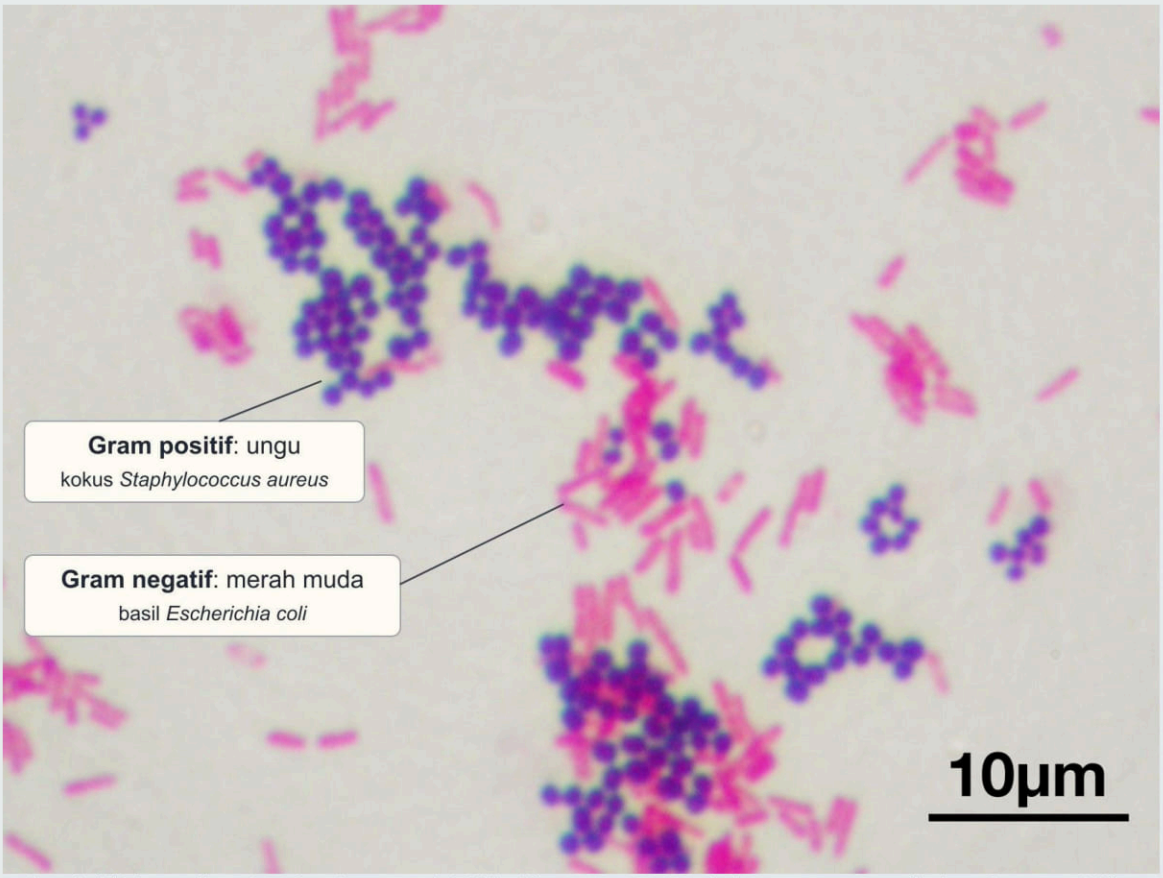
Bentuk sel tidak menentukan sifat Gram: ada kokus Gram negatif dan basil Gram positif. Yang menentukan adalah struktur dinding sel.

Gambar 1.14 Warna bakteri Gram positif dan Gram negatif setelah setiap langkah pewarnaan Gram. Perbedaan baru muncul pada langkah 3 (alkohol). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Hasil akhirnya terlihat pada Gambar 1.15: campuran dua bakteri tampak dalam dua warna. Karena setiap langkah mempunyai tugas tertentu, mengubah satu langkah akan mengubah hasilnya. Untuk menebak akibatnya, tanyakan selalu: "Langkah itu berfungsi untuk apa?"

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.15 Foto mikroskop (perbesaran 1.000 kali) campuran Staphylococcus aureus (kokus Gram positif, ungu) dan Escherichia coli (basil Gram negatif, merah muda). Garis skala = 10 µm. Sumber: Y tambe, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; label ditambahkan.

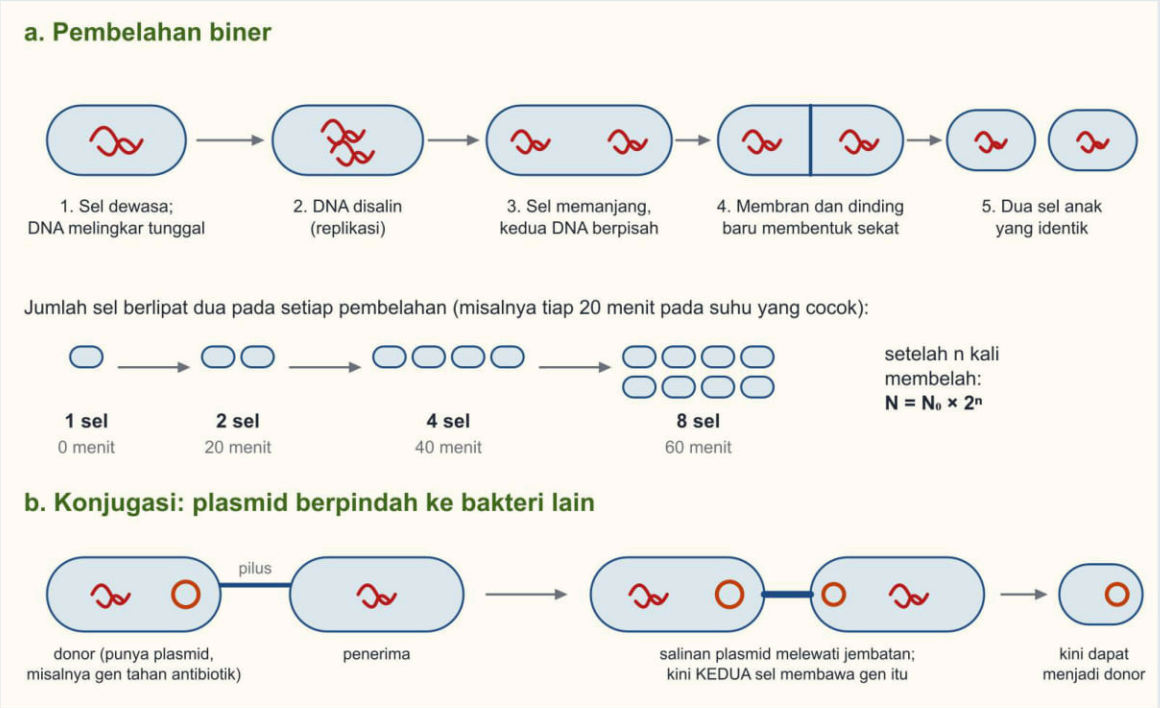
NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Reproduksi dan pertukaran gen

Bakteri berkembang biak secara aseksual dengan **pembelahan biner**, yaitu satu sel membelah menjadi dua sel anak yang sama. Langkah-langkahnya (Gambar 1.16a):

1. Sel tumbuh sampai mencapai ukuran tertentu. DNA melingkarnya menempel pada membran plasma.
2. DNA disalin (**replikasi**), sehingga terbentuk dua DNA yang sama persis.
3. Sel memanjang, dan kedua DNA tertarik ke arah ujung sel yang berlawanan.
4. Membran plasma dan dinding sel tumbuh ke dalam dari tengah sel, membentuk **sekat**. Pada tahap ini dinding sel baru dibuat dengan cepat.
5. Sekat sempurna, dan sel terpisah menjadi **dua sel anak** yang identik.



Gambar 1.16 (a) Pembelahan biner: satu sel menjadi dua sel identik, sehingga jumlah sel berlipat dua pada setiap pembelahan. (b) Konjugasi: salinan plasmid berpindah dari bakteri donor ke bakteri penerima melalui pilus. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Waktu yang dibutuhkan untuk satu kali pembelahan disebut **waktu generasi**. Pada suhu, makanan, dan kelembapan yang cocok, waktu generasi sebagian bakteri hanya sekitar 20 menit. Karena setiap sel menjadi dua, jumlah sel berlipat dua setiap generasi: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 16$ dan seterusnya. Secara umum, bila mula-mula ada N_0 sel dan terjadi n kali pembelahan, jumlah sel menjadi

$\mathbf{N = N_0 \times 2^n}$, dengan n = waktu yang berlalu ÷ waktu generasi.

Pertumbuhan berlipat ganda seperti ini disebut **pertumbuhan eksponensial**. Mula-mula jumlahnya tampak kecil, lalu tiba-tiba melonjak. Pertumbuhan ini tidak berlangsung selamanya: ketika makanan habis dan zat sisa menumpuk, pembelahan melambat lalu berhenti, dan jumlah sel hidup akhirnya turun.

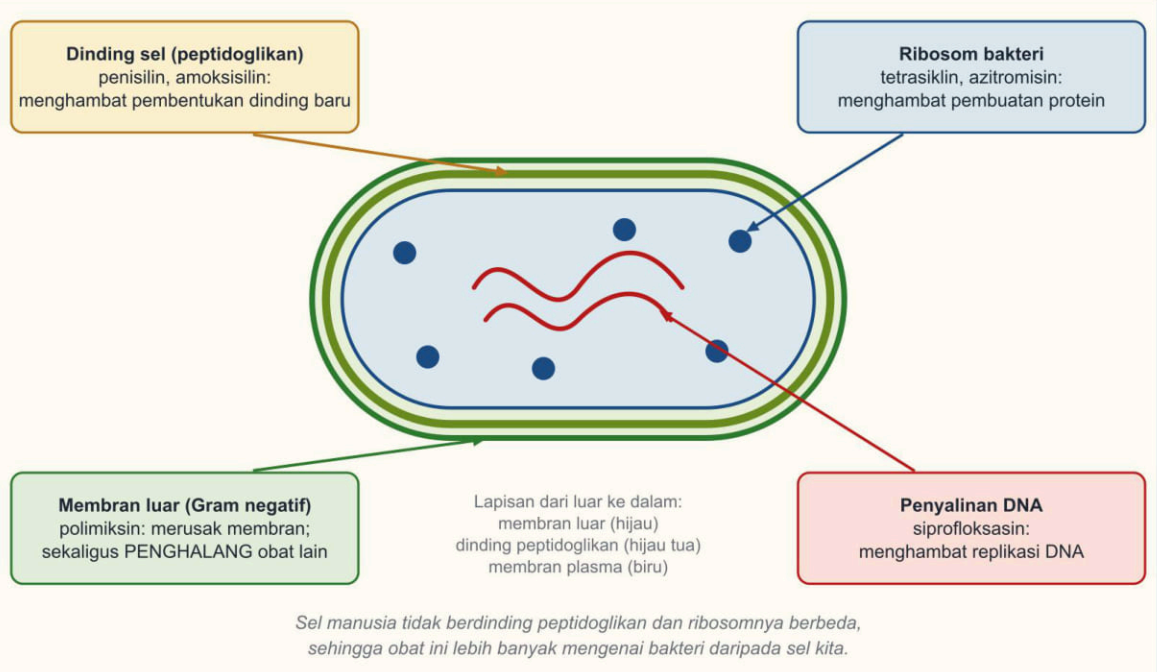
Bakteri tidak melakukan reproduksi seksual seperti hewan, tetapi bakteri dapat **bertukar gen**.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Cara yang paling penting untuk dipahami adalah **konjugasi** (Gambar 1.16b): bakteri donor menjulurkan pilus ke bakteri penerima, lalu salinan plasmidnya berpindah melalui jembatan itu. Setelah konjugasi, kedua sel membawa plasmid yang sama, dan penerima dapat menjadi donor bagi bakteri lain. Bila plasmid itu membawa gen tahan antibiotik, sifat tahan dapat menyebar dengan cepat, bahkan ke bakteri dari jenis yang berbeda. Selain konjugasi, bakteri dapat mengambil potongan DNA dari bakteri mati di sekitarnya (**transformasi**) atau menerima DNA yang terbawa oleh virus bakteri (**transduksi**).

6. Antibiotik: menyerang bagian yang hanya dimiliki bakteri

Antibiotik adalah zat yang membunuh bakteri atau menghentikan pertumbuhannya. Antibiotik pertama, penisilin, ditemukan oleh Alexander Fleming pada tahun 1928 dari jamur *Penicillium*. Obat yang baik harus merusak bakteri tetapi tidak merusak sel tubuh kita. Caranya: antibiotik menyerang bagian sel yang **hanya dimiliki bakteri** atau yang **berbeda** dari bagian yang sama pada sel manusia (Gambar 1.17).



Gambar 1.17 Empat sasaran utama antibiotik pada sel bakteri (contoh: sel Gram negatif). Membran luar sekaligus menjadi penghalang bagi sebagian obat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sasaran	Contoh antibiotik	Akibat bagi bakteri
Pembentukan peptidoglikan dinding sel	penisilin, amoksisilin	dinding baru tidak terbentuk dengan benar saat sel tumbuh dan membelah; air masuk dan sel pecah
Ribosom bakteri	tetrasiklin, azitromisin	protein tidak terbentuk; pertumbuhan berhenti
Penyalinan DNA	siprofloksasin	DNA tidak dapat disalin; sel tidak dapat membelah
Membran	polimiksin	membran rusak dan bocor

Dari cara kerja ini muncul beberapa akibat penting.

- **Antibiotik penghambat dinding paling ampuh pada sel yang sedang tumbuh dan membelah.** Penisilin tidak "menghancurkan" dinding yang sudah jadi; ia mengganggu pembuatan dinding baru. Sel yang sudah berhenti membelah hampir tidak terpengaruh.
- **Struktur dinding menentukan obat yang mempan.** Pada Gram positif, peptidoglikan tebal berada paling luar sehingga mudah dicapai penisilin. Pada banyak Gram negatif, membran luar menghalangi penisilin biasa mencapai peptidoglikan yang tipis. Antibiotik tertentu, misalnya amoksisilin, lebih mudah melewati porin sehingga dapat bekerja pada sebagian Gram negatif.
- **Antibiotik tidak bekerja pada virus.** Virus bukan sel: ia tidak mempunyai dinding sel, ribosom, maupun metabolisme sendiri, dan berkembang biak dengan memakai sel inangnya. Karena itu antibiotik tidak menyembuhkan flu, pilek, atau demam berdarah yang disebabkan virus.
- **Antibiotik juga mengenai bakteri baik.** Bakteri di usus ikut terbunuh, sehingga sebagian orang mengalami diare selama minum antibiotik.

7. Resistensi antibiotik adalah hasil seleksi alam

Bakteri disebut **resisten** (kebal) bila antibiotik pada dosis biasa tidak lagi mampu membunuhnya atau menghentikan pertumbuhannya. Bagaimana bakteri bisa resisten? Ada beberapa cara: bakteri membuat **enzim perusak antibiotik** (misalnya enzim penisilinase yang memotong penisilin), mengubah **bentuk sasaran** sehingga obat tidak dapat menempel, atau memompa obat keluar dari sel.

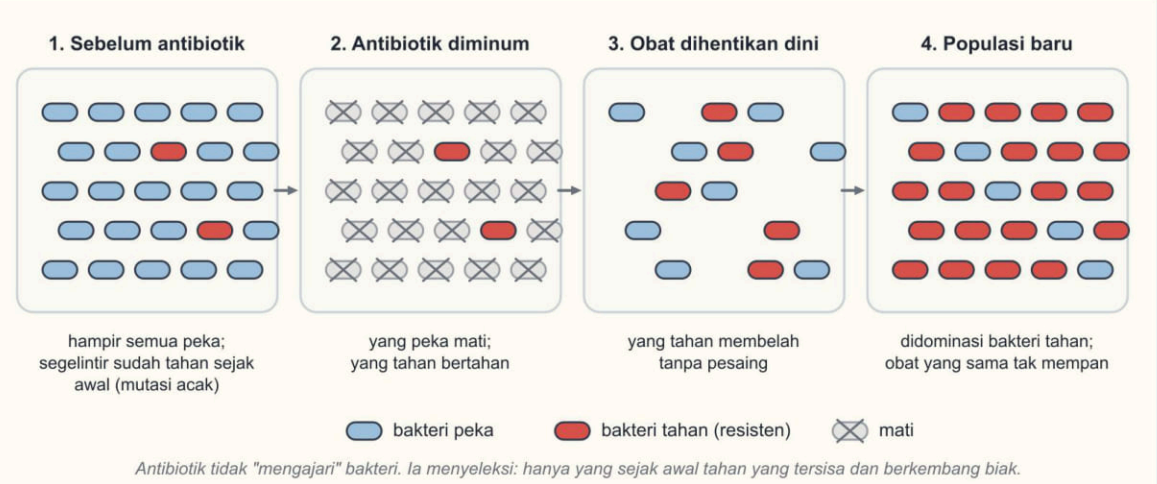
Yang paling sering disalahpahami adalah **kapan dan mengapa** sifat tahan itu muncul. Gen tahan berasal dari **mutasi acak** yang terjadi ketika DNA disalin, atau dari plasmid yang diterima dari bakteri lain. Kedua peristiwa ini terjadi **sebelum dan tanpa** kehadiran antibiotik. Antibiotik tidak mengajari bakteri, tidak memaksa bakteri bermutasi, dan bakteri tidak "terbiasa" dengan obat. Antibiotik hanya **menyeleksi**: ia menentukan bakteri mana yang tersisa. Prosesnya berlangsung dalam empat tahap (Gambar 1.18):

1. **Sebelum antibiotik.** Dalam satu infeksi terdapat jutaan sampai miliaran bakteri. Hampir semuanya peka, tetapi karena mutasi acak, segelintir bakteri sudah tahan.
2. **Antibiotik diberikan.** Bakteri yang peka mati dalam jumlah besar. Bakteri yang tahan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bertahan. Penderita mulai merasa lebih baik karena jumlah bakteri berkurang drastis.

3. **Bila pengobatan dihentikan terlalu cepat** (atau dosisnya terlalu rendah), bakteri tahan yang tersisa membelah tanpa pesaing, karena bakteri peka yang dulu bersaing memperebutkan makanan sudah mati.
4. **Populasi baru didominasi bakteri tahan.** Penyakit kambuh, dan antibiotik yang sama tidak lagi mempan. Bakteri tahan ini juga dapat menular ke orang lain dan menurunkan gennya kepada keturunannya, atau memindahkannya lewat plasmid.



Gambar 1.18 Empat tahap terbentuknya populasi bakteri resisten. Sifat tahan sudah ada sebelum antibiotik diberikan; antibiotik hanya menyingkirkan bakteri yang peka. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Peristiwa ini sama dengan **seleksi alam** yang dijelaskan Charles Darwin: dalam suatu populasi ada variasi, lingkungan "memilih" individu yang paling mampu bertahan, dan individu itu menurunkan sifatnya. Karena bakteri membelah sangat cepat, seleksi yang pada hewan memerlukan ribuan tahun dapat terjadi pada bakteri dalam hitungan hari atau bulan.

Dari pemahaman ini lahir aturan memakai antibiotik dengan bijak: minum **hanya dengan resep dokter**, **sesuai dosis dan sampai habis** sesuai petunjuk dokter, **tidak** menyimpan sisa obat untuk dipakai sendiri, **tidak** memberikan obat kepada orang lain, dan **tidak** memakai antibiotik untuk penyakit akibat virus. Tujuannya mengurangi kesempatan bakteri tahan menjadi penguasa populasi. Resistensi antibiotik kini dianggap salah satu ancaman kesehatan dunia, karena infeksi yang dulu mudah diobati bisa menjadi sulit atau bahkan tidak dapat diobati.

8. Bakteri yang menguntungkan

Sebagian besar bakteri tidak berbahaya, dan banyak yang sangat bermanfaat.

- **Pengikat nitrogen.** Udara mengandung sekitar 78 % gas nitrogen (N_2), tetapi tumbuhan tidak dapat memakai N_2 secara langsung. *Rhizobium* masuk ke akar tanaman polong-polongan (kacang tanah, kedelai, kacang hijau) dan memicu terbentuknya **bintil akar** (Gambar 1.19). Di dalam bintil, *Rhizobium* mengubah N_2 menjadi amonia yang dapat dipakai tanaman untuk membuat protein. Sebagai imbalannya, tanaman memberi *Rhizobium* gula hasil fotosintesis dan tempat tinggal. Hubungan saling menguntungkan ini disebut **simbiosis mutualisme** (sub bab 1.4). Karena itu petani sering menanam kacang-kacangan bergiliran

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dengan padi atau jagung, dan benih kedelai dapat diberi inokulan *Rhizobium* agar kebutuhan pupuk nitrogen berkurang.



Gambar 1.19 Bintil akar pada tanaman polong-polongan. Di dalam bintil hidup bakteri Rhizobium yang mengikat nitrogen dari udara. Sumber: Terraprima, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; label ditambahkan.

- **Daur nitrogen di tanah.** Bakteri tanah lain mengubah amonia dari bangkai dan kotoran menjadi nitrit (*Nitrosomonas*) lalu nitrat (*Nitrobacter*), bentuk nitrogen yang mudah diserap akar. Proses ini disebut **nitrifikasi**.
- **Pengurai.** Bersama jamur, bakteri menguraikan bangkai, daun gugur, kotoran, dan sampah organik menjadi zat-zat sederhana yang kembali ke tanah dan udara. Tanpa pengurai, hara akan terkunci di dalam bangkai dan daur materi di ekosistem terhenti (sub bab 1.4). Pembuatan kompos dan pengolahan limbah memanfaatkan bakteri pengurai ini.
- **Fermentasi makanan.** Bakteri asam laktat (misalnya *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*) mengubah gula susu (laktosa) menjadi asam laktat, sehingga susu mengental dan berasa asam menjadi **yoghurt**. Bakteri asam laktat juga dipakai pada **dadih** (susu kerbau fermentasi khas Sumatra Barat) dan **sayur asin**. *Acetobacter xylinum* mengubah gula dalam air kelapa menjadi lembaran selulosa yang dikenal sebagai **nata de coco**. Bakteri asam asetat (*Acetobacter*) juga dipakai untuk membuat **cuka**. Perlu diingat: tempe dan tape bukan buatan bakteri, melainkan jamur (kapang dan khamir).
- **Bakteri di dalam tubuh.** Bakteri usus membantu mencerna sisa makanan, menghasilkan vitamin K, dan menghalangi bakteri jahat menetap karena tempat dan makanannya sudah ditempati.
- **Bioteknologi dan pertanian.** *Bacillus thuringiensis* dipakai sebagai insektisida hayati yang meracuni ulat hama tertentu. Bakteri juga dipakai untuk membuat obat seperti insulin

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

melalui rekayasa genetika.

9. Bakteri yang merugikan: infeksi atau racun

Bakteri dapat membuat manusia sakit melalui dua jalan yang berbeda, dan perbedaan ini menentukan cara penanganannya.

1. **Infeksi.** Bakteri masuk ke tubuh, menetap, dan **berkembang biak** di dalam jaringan. Kerusakan terjadi karena bakteri merusak sel di sekitarnya dan karena reaksi peradangan tubuh. Contoh: tuberkulosis atau TBC (*Mycobacterium tuberculosis*) di paru-paru, demam tifoid atau tifus (*Salmonella typhi*) di usus, dan radang tenggorokan (*Streptococcus*). Penanganan utamanya adalah **antibiotik** untuk membunuh bakteri yang sedang berbiak.
2. **Keracunan toksin.** Bakteri membuat zat racun (**toksin**), dan racun itulah yang merusak tubuh. Bakteri bahkan tidak perlu hidup di dalam tubuh: racun dapat sudah terbentuk di dalam makanan sebelum dimakan. Contohnya **botulisme**. Bakteri *Clostridium botulinum* bersifat **anaerob** (hidup tanpa oksigen) dan membentuk endospora yang tahan panas. Pada makanan kaleng atau awetan yang diolah kurang sempurna, spora yang selamat tumbuh di dalam kemasan tertutup yang miskin oksigen dan membuat **toksin botulinum**. Toksin ini menghambat penghantaran sinyal dari saraf ke otot, sehingga otot tidak dapat berkontraksi: kelopak mata turun, penglihatan kabur, sulit menelan, otot melemah, dan pada keadaan berat otot pernapasan lumpuh. Contoh lain adalah **tetanus**: *Clostridium tetani* masuk melalui luka yang dalam dan kotor, lalu racunnya membuat otot **kejang** terus-menerus. Untuk keracunan toksin, antibiotik saja tidak cukup, karena antibiotik membunuh bakteri tetapi tidak menetralkan racun yang sudah terbentuk. Penanganannya memerlukan **antitoksin** dan perawatan untuk mempertahankan fungsi tubuh sampai racun dibuang.

Pada kasus makanan basi, bedakan **tanda pada makanan** dari **mekanisme penyakit pada tubuh**. Kemasan menggembung, bau menyengat, atau warna berubah adalah tanda bahwa mikroba tumbuh di dalam makanan; gas yang menggembungkan kaleng dihasilkan ketika bakteri memecah zat makanan. Tanda-tanda itu berguna untuk **menolak** makanan, tetapi tidak menjelaskan mengapa korban menjadi lumpuh atau sakit perut. Gejala pada tubuh dijelaskan oleh apa yang dilakukan bakteri atau racunnya pada sel-sel tubuh.

Bakteri juga merugikan pertanian dan peternakan, misalnya *Xanthomonas oryzae* penyebab penyakit hawar daun (kresek) pada padi, dan *Ralstonia solanacearum* penyebab layu bakteri pada tomat dan cabai. Penyakit bakteri dicegah dengan menjaga kebersihan, memasak makanan sampai matang, menyimpan makanan pada suhu yang aman, mencuci tangan, dan **imunisasi** (misalnya vaksin BCG untuk TBC dan vaksin DPT yang mencegah tetanus).

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Nasi yang dibiarkan di meja

Pada 2027, sebuah warung memasak nasi pukul 07.00 lalu membiarkannya di meja pada suhu ruang. Misalkan pada pukul 07.00 terdapat 100 sel bakteri hidup di satu porsi nasi, dan pada

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

suhu ruang bakteri itu membelah setiap 20 menit. Berapa jumlah selnya pada pukul 10.00, dan apa artinya bagi cara menyimpan makanan?

Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.

1. Hitung lama waktunya: pukul 07.00 sampai 10.00 = 3 jam = 180 menit.
2. Hitung banyaknya pembelahan: n = 180 ÷ 20 = 9 kali. Setiap pembelahan melipatduakan jumlah sel (bagian 5).
3. Masukkan ke rumus $N = N_0 \times 2^n = 100 \times 2^9 = 100 \times 512 =$ **51.200 sel**.
4. Tafsirkan. Dalam tiga jam jumlah sel naik lebih dari 500 kali lipat, dan setiap 20 menit berikutnya jumlah itu berlipat dua lagi. Itulah sifat pertumbuhan eksponensial: tampak tidak berbahaya pada awalnya, lalu melonjak.
5. Hubungkan dengan pencegahan. Bakteri tumbuh paling cepat pada suhu hangat. Menyimpan makanan dalam lemari es (di bawah sekitar 5 °C) atau tetap panas (di atas sekitar 60 °C) memperpanjang waktu generasi atau menghentikan pembelahan. Pemanasan ulang juga tidak selalu menolong, karena bakteri tertentu pada nasi, misalnya *Bacillus cereus*, membentuk endospora yang tahan pemasakan.

Jawaban: sekitar 51.200 sel. Makanan matang sebaiknya segera dimakan, didinginkan, atau dijaga tetap panas, karena jumlah bakteri dapat berlipat ratusan kali hanya dalam beberapa jam pada suhu ruang.

Contoh 2 — Dari warna Gram ke pilihan obat

Pada 2026, laboratorium sebuah puskesmas mewarnai dua sampel dengan pewarnaan Gram. Sampel P (nanah dari bisul) memperlihatkan kokus berwarna **ungu** yang bergerombol seperti buah anggur. Sampel Q (dari urine penderita infeksi saluran kemih) memperlihatkan basil berwarna **merah muda**. Tentukan kelompok Gram masing-masing, jelaskan mengapa penisilin biasa diharapkan lebih ampuh untuk P daripada Q, dan jelaskan mengapa dokter tetap meminta uji kepekaan antibiotik.

Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.

1. Baca warnanya (bagian 4). Ungu berarti kompleks kristal violet–iodium tertahan setelah dibilas alkohol: P adalah **Gram positif**. Susunan bergerombol seperti anggur adalah ciri stafilokokus. Merah muda berarti warna ungu luntur oleh alkohol lalu sel menyerap safranin: Q adalah **Gram negatif**.
2. Terjemahkan warna menjadi struktur. P mempunyai peptidoglikan tebal yang berada paling luar. Q mempunyai peptidoglikan tipis yang dibungkus **membran luar** (Gambar 1.13).
3. Hubungkan dengan sasaran obat (bagian 6). Penisilin menghambat pembentukan peptidoglikan. Pada P, sasarannya tebal dan langsung terjangkau. Pada Q, sasarannya ada tetapi **terhalang** membran luar, sehingga penisilin biasa sulit mencapainya. Jadi penisilin lebih ampuh pada P bukan karena Q tidak punya peptidoglikan, melainkan karena jalannya terhalang.
4. Pertimbangkan resistensi (bagian 7). Bakteri P bisa saja membawa gen enzim penisilinase, misalnya dari plasmid. Bila demikian, penisilin dirusak sebelum bekerja walaupun struktur

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dindingnya cocok. Warna Gram hanya memberi perkiraan; uji kepekaan menunjukkan obat mana yang benar-benar menghambat bakteri itu.

Kesimpulan: P Gram positif, Q Gram negatif. Penisilin biasa lebih mungkin mempan pada P karena peptidoglikannya tebal dan tidak terlindung membran luar. Uji kepekaan tetap perlu karena bakteri yang struktur dindingnya cocok dapat saja sudah resisten.

Contoh 3 — Sisa antibiotik untuk flu

Pada 2027, Rani (tokoh fiktif) terkena flu: hidung berair, demam ringan, dan badan pegal. Ia menemukan sisa antibiotik dari resep kakaknya bulan lalu dan meminumnya selama dua hari. Apakah tindakan ini menolong, dan apa akibatnya bagi bakteri di tubuhnya?

Kasus disusun untuk contoh; tokoh fiktif.

1. Tentukan penyebab penyakitnya. Flu disebabkan **virus**, bukan bakteri. Virus tidak mempunyai dinding sel, ribosom, maupun metabolisme sendiri; ia memakai perlengkapan sel inangnya.
2. Bandingkan dengan sasaran antibiotik. Antibiotik bekerja pada bagian yang hanya dimiliki bakteri, misalnya pembentukan peptidoglikan atau ribosom bakteri (Gambar 1.17). Karena virus tidak memiliki bagian itu, antibiotik **tidak menyerang virus flu**. Rani sembuh karena sistem imunnya sendiri, bukan karena obat itu.
3. Telusuri siapa yang terkena. Di usus dan kulit Rani hidup miliaran bakteri yang biasanya tidak berbahaya. Antibiotik membunuh sebagian besar yang peka di antara mereka.
4. Terapkan seleksi. Bakteri yang kebetulan sudah tahan bertahan dan membelah tanpa pesaing (Gambar 1.18). Dosis yang hanya dua hari dan tidak sesuai resep menambah peluang bakteri yang agak tahan ikut lolos.
5. Tentukan akibatnya. Tubuh Rani kini menampung lebih banyak bakteri tahan. Bila suatu saat salah satunya menyebabkan infeksi, antibiotik itu mungkin tidak mempan lagi. Bakteri baik di usus yang ikut mati juga dapat menyebabkan diare.

Kesimpulan: antibiotik tidak menolong flu karena sasarannya tidak ada pada virus; memakainya tanpa resep justru menyeleksi bakteri tahan di tubuh sendiri. Karena itu antibiotik hanya diminum dengan resep dokter, sesuai dosis dan lamanya.

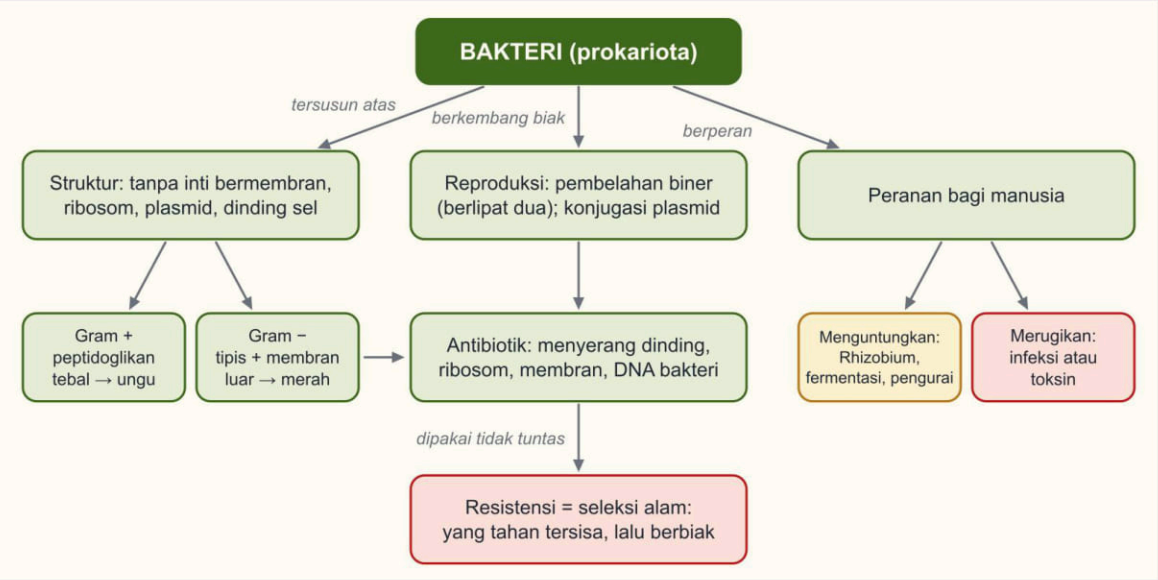
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Bakteri = prokariota: tanpa inti bermembran; DNA melingkar di nukleoid, plasmid, ribosom kecil, dinding peptidoglikan.
- Gram positif: peptidoglikan tebal, tanpa membran luar → ungu. Gram negatif: peptidoglikan tipis + membran luar → merah muda. Langkah penentu pewarnaan adalah alkohol.
- Pembelahan biner melipatduakan jumlah sel: $N = N_0 \times 2^n$. Plasmid dapat berpindah lewat konjugasi.
- Antibiotik menyerang bagian khas bakteri (dinding, ribosom, DNA, membran); tidak bekerja pada virus; penghambat dinding paling ampuh pada sel yang sedang membelah.
- Resistensi = seleksi: sifat tahan sudah ada sebelum obat; obat menyingkirkan yang peka; yang tahan berbiak.
- Bakteri menguntungkan: *Rhizobium*, nitrifikasi, pengurai, fermentasi. Bakteri merugikan lewat infeksi (bakteri berbiak di tubuh) atau toksin (racunnya yang merusak).

Bagan pada Gambar 1.20 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 1.20 Peta konsep bakteri: struktur, reproduksi, antibiotik, resistensi, dan peranannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal bakteri:

1. **Kenali jenis pertanyaannya.** Apakah soal bertanya tentang struktur (warna Gram, dinding), pertumbuhan, cara kerja antibiotik, resistensi, atau cara bakteri merugikan/menguntungkan?
2. **Untuk soal pewarnaan Gram**, tulis fungsi tiap langkah. Bila soal mengubah atau melewatkan satu langkah, tentukan akibatnya dari fungsi langkah itu.
3. **Untuk soal antibiotik**, tulis sasaran obatnya, lalu tanyakan: apakah bakteri di soal memiliki sasaran itu, dapatkah obat mencapainya, dan apakah bakteri sedang tumbuh?
4. **Untuk soal resistensi**, cari urutan peristiwa: siapa yang mati, siapa yang tersisa, siapa yang berbiak. Pastikan sifat tahan sudah ada sebelum obat diberikan.
5. **Untuk soal keracunan atau penyakit**, pisahkan tanda pada makanan (bau, warna, kemasan menggembung) dari gejala pada tubuh, lalu cari mekanisme yang menjelaskan **gejala tubuh**: infeksi atau toksin?
6. **Untuk data kesehatan**, periksa "persen dari apa": dari seluruh penduduk, dari seluruh kasus, atau dari kasus yang sudah terdeteksi.

Jebakan yang sering dipasang:

- **"Bakteri bermutasi karena antibiotik"** atau "bakteri menjadi kebal karena belajar/terbiasa". Antibiotik menyeleksi; ia tidak menyebabkan mutasi yang menguntungkan bakteri.
- **"Gram negatif tidak punya peptidoglikan."** Gram negatif punya peptidoglikan, hanya tipis dan terlindung membran luar.
- **Gram positif dan Gram negatif tertukar**, misalnya "membran luar Gram positif" atau "Gram negatif berwarna ungu".
- **Tanda pada makanan dipilih sebagai mekanisme.** Pilihan seperti "menghasilkan gas yang menekan kemasan" memang terjadi, tetapi tidak menjelaskan gejala pada tubuh korban.
- **Infeksi disamakan dengan keracunan toksin**, sehingga antibiotik dianggap selalu menyelesaikan masalah.
- **Satu sifat disamaratakan.** Hasil yang sama (misalnya obat tidak mempan) bisa berasal dari penyebab yang berbeda: membran luar pada satu bakteri, enzim perusak antibiotik pada bakteri lain.

> Contoh salah tafsir: hasil pewarnaan Gram suatu bakteri berwarna merah muda. Seorang siswa menyimpulkan, "Bakteri ini tidak berdinding peptidoglikan, jadi semua antibiotik penghambat dinding sel pasti tidak berguna." Dua kesalahan sekaligus: bakteri Gram negatif tetap mempunyai peptidoglikan, dan sebagian antibiotik penghambat dinding masih dapat mencapainya melalui porin. Warna merah muda hanya menunjukkan peptidoglikan yang tipis dan adanya membran luar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 3 (keracunan ikan awetan, PG, 30 % benar). Teks menggambarkan dua hal sekaligus: tanda pada produk (kemasan rusak atau bocor, bau menyengat, warna pudar) dan gejala pada konsumen (masalah penglihatan, otot lemah, sulit menelan). Kamu diminta memilih **mekanisme utama** peran bakteri itu dalam menyebabkan keracunan.

- Konsep kunci: perbedaan infeksi dan keracunan toksin, serta sasaran toksin botulinum (bagian 9).
- Langkah: kelompokkan gejala → tanyakan sistem tubuh mana yang menghasilkan semua gejala itu sekaligus → pilih mekanisme yang menjelaskan **gejala tubuh**, bukan perubahan pada produk.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan yang benar terjadi pada makanan, misalnya pembentukan gas, tetapi tidak menjelaskan gejala; pilihan yang mengaitkan gejala dengan penguraian protein atau alkohol, yang terdengar ilmiah tetapi tidak cocok dengan kelemahan otot.

Rujukan: soal nomor 3 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan skema lapisan pembungkus sel dua bakteri dan hasil uji satu antibiotik. Kuncinya adalah menghubungkan **struktur dinding** Gram positif dan Gram negatif (bagian 4, Gambar 1.13) dengan **sasaran antibiotik** dan penghalangnya (bagian 6, Gambar 1.17).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Gambar menunjukkan lapisan pembungkus sel dua bakteri penyebab radang ambing sapi perah, P dan Q. Pada 2027, petugas sebuah balai veteriner menguji antibiotik X terhadap keduanya. Antibiotik X bekerja dengan menghambat penyusunan peptidoglikan sehingga sel yang sedang tumbuh pecah. Molekul X berukuran besar dan sukar menembus lapisan lemak. Hasilnya, X membunuh hampir semua bakteri P, tetapi pertumbuhan bakteri Q hampir tidak terpengaruh.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan hasil tersebut adalah ....



A. membran luar pada Q menghalangi X mencapai lapisan peptidoglikan yang tipis di bawahnya
B. Q sama sekali tidak memiliki peptidoglikan sehingga X tidak menemukan sasaran pada dinding Q
C. membran plasma Q lebih tebal daripada membran plasma P sehingga X tertahan sebelum sitoplasma
D. peptidoglikan Q yang tipis lebih cepat disusun sehingga kerusakan oleh X segera tertutup lagi
E. peptidoglikan P yang tebal menyerap banyak X, sedangkan peptidoglikan Q terlalu tipis untuk dirusak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: bakteri **Gram positif** mempunyai lapisan peptidoglikan **tebal** langsung di luar membran plasma dan tidak mempunyai membran luar. Bakteri **Gram negatif** mempunyai peptidoglikan **tipis** yang dibungkus **membran luar** berlipopolisakarida; zat tertentu hanya dapat masuk melalui saluran protein yang sempit (**porin**). Antibiotik yang sasarannya peptidoglikan harus lebih dulu **mencapai** lapisan itu.

Langkah 1 – Baca gambar. P: peptidoglikan tebal di bagian paling luar, tanpa membran luar → Gram positif. Q: membran luar (dengan lipopolisakarida dan porin), lalu peptidoglikan tipis → Gram negatif. Membran plasma P dan Q sama.
Langkah 2 – Lacak jalan molekul X. Pada P, X langsung bertemu peptidoglikan. Pada Q, X harus menembus membran luar yang tersusun atas lemak (sukar ditembus X) atau masuk lewat porin yang sempit (molekul X besar).
Langkah 3 – Simpulkan. X tidak sampai ke sasarannya di Q, sehingga penyusunan peptidoglikan Q tetap berjalan.
Cek ulang: Q tetap mempunyai peptidoglikan (tampak di gambar), jadi sasarannya ada; masalahnya adalah jalan masuk.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai gambar dan sifat molekul X.
• B ✗ — Jebakan miskonsepsi: bakteri Gram negatif tetap mempunyai peptidoglikan, hanya tipis dan tersembunyi di balik membran luar.
• C ✗ — Jebakan salah baca gambar: membran plasma P dan Q sama; lagi pula sasaran X ada di luar membran plasma, bukan di sitoplasma.
• D ✗ — Jebakan: tidak ada data kecepatan penyusunan; penjelasan ini mengabaikan membran luar yang tampak jelas di gambar.
• E ✗ — Jebakan: memakai perbedaan tebal peptidoglikan, padahal peptidoglikan yang tipis pun dapat dirusak bila X sampai ke sana; yang menghalangi adalah membran luar.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis lebih dulu satu kalimat: "Soal ini tentang struktur / antibiotik / resistensi / peran bakteri."

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Bu Yeni, perajin dadih di Sumatra Barat, menuang susu kerbau segar ke dalam tabung bambu, menutupnya dengan daun pisang, lalu mendiamkannya pada suhu ruang selama dua hari. Susu berubah menjadi kental, berasa asam, dan tetap layak dimakan beberapa hari kemudian tanpa pengawet. Susu kerbau segar yang ditinggalkan di gelas terbuka pada suhu yang sama justru berbau busuk dalam sehari. Bu Yeni tidak menambahkan biang; bakteri asam laktat berasal dari bambu dan susu itu sendiri.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Dadih lebih awet karena suhu di dalam tabung bambu yang tertutup terlalu rendah bagi pertumbuhan bakteri.	○	○
Asam laktat yang terbentuk menurunkan pH susu sehingga bakteri pembusuk yang tidak tahan asam terhambat.	○	○
Susu yang mengental dan berasa asam menunjukkan bahwa bakteri telah mengubah gula susu menjadi asam laktat.	○	○

2. Pada 2026, Pak Hasan (45 tahun) didiagnosis tuberkulosis (TB) paru dan mendapat obat yang harus diminum setiap hari selama enam bulan. Setelah dua bulan batuknya hilang, sehingga ia berhenti minum obat. Setahun kemudian batuknya kambuh, dan pemeriksaan dahak menunjukkan bakteri TB-nya tidak lagi mati oleh obat yang sama. Beberapa bulan setelah itu, Rina, cucunya yang belum pernah minum obat TB, tertular dari Pak Hasan. Bakteri TB pada Rina juga tidak mati oleh obat tersebut.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Saat obat dihentikan, bakteri yang paling tahan obat masih tersisa, lalu berkembang biak dan menjadi mayoritas.

☐ B. Tubuh Pak Hasan menjadi terbiasa dengan obat sehingga obat itu tidak lagi dapat bekerja di dalam tubuhnya.

☐ C. Rina tertular bakteri yang sudah kebal sehingga obat tidak mempan walaupun ia belum pernah meminumnya.

☐ D. Batuk yang hilang setelah dua bulan belum berarti seluruh bakteri TB di paru-paru Pak Hasan sudah mati.

☐ E. Obat yang diminum Pak Hasan mengubah bakteri TB yang semula peka menjadi bakteri yang kebal terhadap obat.

3. Pada awal 2027, Pak Dimas membersihkan lumpur sisa banjir di rumahnya selama tiga hari tanpa alas kaki, padahal telapak kakinya penuh luka gores kecil. Seminggu kemudian ia demam tinggi, betisnya sangat nyeri, dan matanya merah. Dokter puskesmas menduga leptospirosis, penyakit akibat bakteri *Leptospira* yang dikeluarkan bersama urine tikus.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bakteri ini dapat bertahan berminggu-minggu di air dan lumpur yang lembap, lalu masuk ke tubuh melalui kulit yang luka atau selaput lendir mata dan mulut. Penyakit ini tidak menular melalui udara.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Upaya yang tepat untuk mencegah penyakit serupa saat membersihkan sisa banjir adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memakai masker rapat selama bekerja karena bakteri terutama masuk ke tubuh bersama udara berdebu yang dihirup.
☐ B. Memakai sepatu bot dan sarung tangan karet agar kulit yang luka tidak bersentuhan langsung dengan air dan lumpur.
☐ C. Meminta suntikan vaksin BCG setelah banjir karena vaksin untuk satu penyakit bakteri juga melindungi dari bakteri lain.
☐ D. Mengendalikan tikus dan menyimpan makanan dalam wadah tertutup agar sumber bakteri di sekitar rumah berkurang.
☐ E. Menutup luka di kulit dengan plester kedap air sebelum bekerja, lalu mencuci tangan dan kaki dengan sabun sesudahnya.

Kunci singkat: 1. 1S 2B 3B 2. A, C, D 3. B, D, E

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa penisilin kurang mempan pada banyak bakteri Gram negatif, padahal bakteri itu juga memiliki peptidoglikan?
- Jelaskan dalam empat tahap bagaimana bakteri resisten bisa menguasai sebuah populasi, dan di tahap mana sifat tahan itu pertama kali muncul.
- **Yang harus kuingat:** struktur menentukan antibiotik yang mempan; antibiotik menyeleksi, tidak mengajari; bakteri merugikan lewat infeksi atau toksin; dan tanda pada makanan bukan mekanisme penyakit.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-1.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian

BIO-1.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis komponen ekosistem, interaksi antarkomponen, dan solusi atas permasalahannya**, dengan batasan ekosistem yang ada di Indonesia. Sub bab ini paling banyak muncul di Bab 1: tiga soal asli TKA 2025 membahas tumbuhan asing di savana Papua, lintah di hutan hujan, dan kenaikan karbon dioksida di dataran tinggi.

Soal-soal itu memiliki pola yang sama. Ada perubahan pada satu komponen, lalu kamu diminta menelusuri **akibatnya pada komponen lain**. Kesalahan yang paling sering adalah berhenti di satu langkah, atau memilih akibat yang terdengar positif padahal tidak didukung data.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan komponen biotik dan abiotik serta peran produsen, konsumen, dan pengurai dalam aliran energi dan daur materi;
- menghitung energi yang berpindah antartingkat trofik dan menjelaskan mengapa energi berkurang di setiap tingkat;
- menentukan jenis interaksi antarorganisme dari untung-rugi kedua pihak;
- menelusuri akibat perubahan faktor abiotik atau masuknya spesies asing terhadap komponen biotik, dan memilih solusi pelestarian yang menyasar penyebab masalah.

◆ KONSEP INTI

Coba bayangkan sebuah sawah di pinggir desa. Ada padi, rumput di pematang, wereng dan belalang, katak yang melompat ke air, ular yang bersembunyi, burung yang terbang di atasnya, serta jutaan bakteri dan jamur di lumpur yang tidak terlihat. Semua makhluk itu bergantung pada air irigasi, tanah, cahaya matahari, dan suhu yang cocok. Bila salah satu bagian berubah, misalnya ular habis diburu atau sawah disemprot racun berlebihan, bagian lain ikut berubah. Kesatuan seperti inilah yang disebut **ekosistem**. Memahami ekosistem berarti memahami **hubungan**, bukan sekadar menghafal daftar makhluk hidup. Sub bab ini memakai bakteri pengurai dan *Rhizobium* yang sudah kamu pelajari di sub bab 1.3, dan menjadi dasar untuk memahami keanekaragaman hayati Indonesia di sub bab 1.1.

1. Ekosistem: komponen biotik dan abiotik

Ekosistem adalah kesatuan antara makhluk hidup dan lingkungan tak hidupnya yang saling memengaruhi di suatu tempat. Ekosistem tersusun atas dua kelompok komponen (Gambar 1.21).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **Komponen biotik** adalah semua makhluk hidup: tumbuhan, hewan, manusia, jamur, dan mikroorganisme.
- **Komponen abiotik** adalah semua faktor tak hidup: **cahaya matahari** (sumber energi bagi fotosintesis), **suhu** (mengatur kecepatan reaksi di dalam tubuh), **air** (pelarut dan bahan fotosintesis), **tanah** (tempat tumbuh dan sumber mineral), **udara** termasuk kadar O_2 dan CO_2, **kelembapan**, **pH** (derajat keasaman), dan **salinitas** (kadar garam) pada perairan.



Gambar 1.21 Komponen biotik dan abiotik di sebuah ekosistem sawah di Kebumen, Jawa Tengah, saat musim tanam. Bakteri dan jamur pengurai di lumpur juga komponen biotik, walaupun tidak terlihat. Sumber: DARMAS SB, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; label ditambahkan.

Kedua komponen saling memengaruhi ke dua arah. Abiotik memengaruhi biotik: padi hanya tumbuh baik bila cukup air dan cahaya; ikan mati bila kadar oksigen terlarut di air terlalu rendah. Biotik juga memengaruhi abiotik: hutan membuat udara di bawahnya lebih sejuk dan lembap, akar pohon menahan tanah dari erosi, dan cacing tanah menggemburkan tanah. Karena hubungan dua arah ini, perubahan satu komponen sering menjalar ke komponen lain.

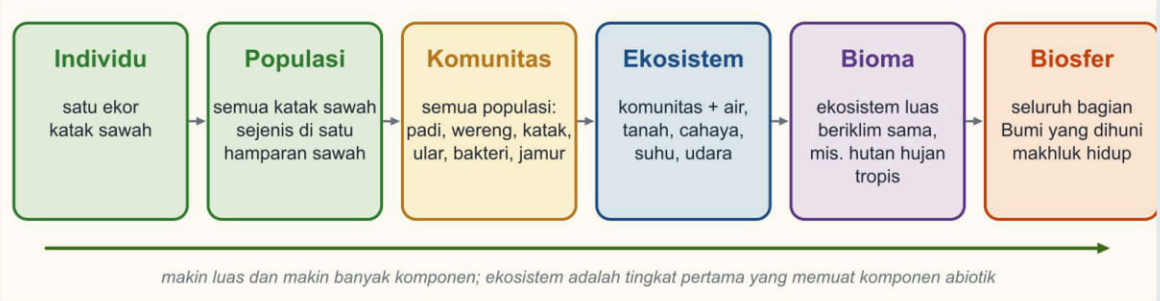
Setiap jenis makhluk hidup mempunyai **kisaran toleransi**, yaitu rentang nilai faktor abiotik (misalnya suhu atau salinitas) yang masih dapat ia tahan. Di luar kisaran itu, makhluk tersebut tertekan, berhenti tumbuh, atau mati. Kisaran ini berbeda-beda antarspesies. Inilah alasan perubahan lingkungan yang sama dapat menguntungkan satu spesies tetapi merugikan spesies lain (bagian 7).

2. Tingkat organisasi: dari individu sampai biosfer

Ahli ekologi mempelajari makhluk hidup pada beberapa tingkat organisasi (Gambar 1.22):

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Individu**: satu makhluk hidup, misalnya seekor katak sawah.
2. **Populasi**: kumpulan individu **sejenis** yang hidup di tempat dan waktu yang sama, misalnya semua katak sawah di satu hamparan sawah.
3. **Komunitas**: kumpulan **semua populasi** berbagai jenis di satu tempat, misalnya padi, rumput, wereng, katak, ular, bakteri, dan jamur di sawah itu.
4. **Ekosistem**: komunitas **ditambah** komponen abiotiknya.
5. **Bioma**: kumpulan ekosistem yang luas dengan iklim dan vegetasi khas yang sama, misalnya hutan hujan tropis, savana, atau gurun.
6. **Biosfer**: seluruh bagian Bumi yang dihuni makhluk hidup, dari dasar laut sampai lapisan udara bawah.



Gambar 1.22 Tingkat organisasi kehidupan yang dipelajari ekologi, dengan contoh dari sawah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dua istilah lain sering dipakai. **Habitat** adalah tempat hidup suatu makhluk, misalnya habitat katak sawah adalah sawah dan parit yang lembap. **Relung** (nisia) adalah peran atau "pekerjaan" makhluk itu di ekosistem: apa yang dimakannya, kapan ia aktif, dan siapa pemangsanya. Dua spesies dapat mempunyai habitat yang sama, tetapi bila relungnya terlalu mirip, keduanya akan bersaing.

Populasi dapat bertambah atau berkurang. Jumlah individu naik bila **kelahiran** dan **imigrasi** (individu datang dari luar) lebih besar daripada **kematian** dan **emigrasi** (individu pergi). Populasi tidak dapat naik terus, karena makanan, air, dan tempat berlindung terbatas. Jumlah individu maksimum yang dapat didukung oleh sumber daya di suatu habitat disebut **daya dukung** lingkungan. Hilangnya mangsa, rusaknya habitat, atau perburuan menurunkan daya dukung. Naik-turun kecil dari tahun ke tahun adalah hal biasa walaupun populasi secara umum stabil.

3. Produsen, konsumen, pengurai, serta rantai dan jaring makanan

Berdasarkan cara memperoleh makanan, komponen biotik dibagi menjadi tiga peran.

- **Produsen** membuat makanannya sendiri dari zat anorganik. Sebagian besar produsen melakukan **fotosintesis**: memakai energi cahaya untuk mengubah CO_2 dan air menjadi glukosa, dan melepaskan O_2. Tumbuhan hijau, alga, dan fitoplankton (tumbuhan renik di perairan) adalah produsen. Makhluk seperti ini disebut **autotrof**.
- **Konsumen** tidak dapat membuat makanan sendiri; ia memakan makhluk lain (**heterotrof**). **Konsumen I** (herbivor) memakan produsen, misalnya wereng, belalang, dan tikus. **Konsumen II** memakan konsumen I, misalnya laba-laba dan katak. **Konsumen III** memakan

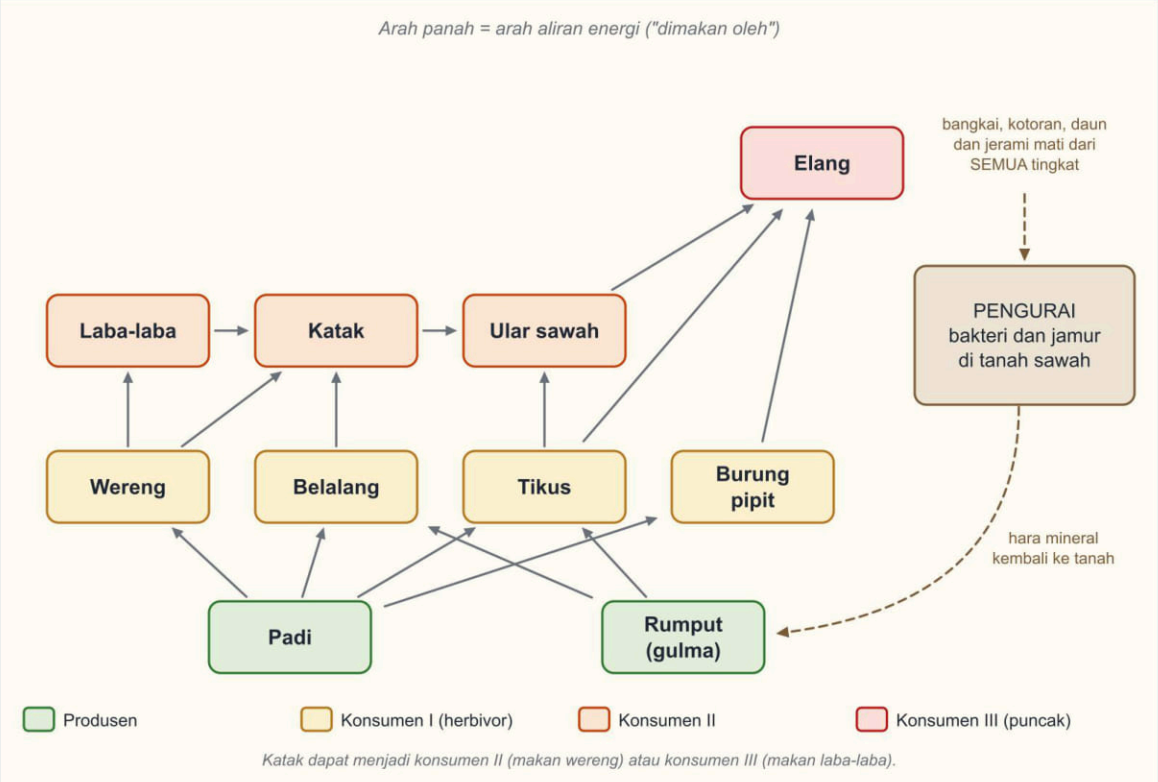
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

konsumen II, misalnya ular. Konsumen di ujung rantai yang tidak dimangsa hewan lain disebut **konsumen puncak**, misalnya elang. Hewan yang memakan tumbuhan sekaligus hewan disebut **omnivor**.

- **Pengurai** (dekomposer), yaitu bakteri dan jamur, menguraikan bangkai, kotoran, dan sisa makhluk hidup menjadi zat anorganik sederhana: CO_2, air, dan mineral. Mineral itu kembali ke tanah dan dipakai lagi oleh produsen. Hewan pemakan sisa organik seperti cacing tanah dan rayap disebut **detritivor**; mereka mencacah sisa organik sehingga pengurai bekerja lebih cepat.

Peristiwa makan dan dimakan dengan urutan tertentu disebut **rantai makanan**, misalnya padi → tikus → ular → elang. Setiap posisi dalam rantai disebut **tingkat trofik**: produsen adalah tingkat trofik I, konsumen I tingkat trofik II, dan seterusnya. Tanda panah ditulis dari yang dimakan ke yang memakan, karena panah menunjukkan **arah aliran energi**.

Di alam, satu hewan jarang memakan hanya satu jenis makanan. Tikus memakan padi dan biji rumput; elang memakan ular, tikus, dan burung. Rantai-rantai makanan saling bersilangan membentuk **jaring makanan** (Gambar 1.23). Satu hewan dapat menempati lebih dari satu tingkat trofik: katak menjadi konsumen II ketika memakan wereng, tetapi menjadi konsumen III ketika memakan laba-laba.



Gambar 1.23 Sebagian jaring makanan di sawah. Panah menunjukkan arah aliran energi dari yang dimakan ke yang memakan. Pengurai menerima sisa dari semua tingkat dan mengembalikan hara ke tanah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Jaring makanan yang rumit membuat ekosistem lebih **stabil**. Bila satu jenis mangsa berkurang, pemangsa dapat beralih ke mangsa lain. Sebaliknya, ekosistem dengan jaring makanan sederhana, seperti lahan yang hanya ditanami satu jenis tanaman (monokultur), lebih mudah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

terguncang: hilangnya satu jenis dapat langsung memicu ledakan atau kepunahan jenis lain.

4. Aliran energi dan piramida ekologi

Hampir semua energi di ekosistem berasal dari **cahaya matahari**. Produsen menangkap sebagian kecil cahaya yang jatuh padanya dan menyimpannya sebagai energi kimia di dalam zat organik. Energi itu kemudian berpindah ke konsumen melalui makanan. Namun, di setiap tingkat trofik sebagian besar energi **tidak** sampai ke tingkat berikutnya, karena:

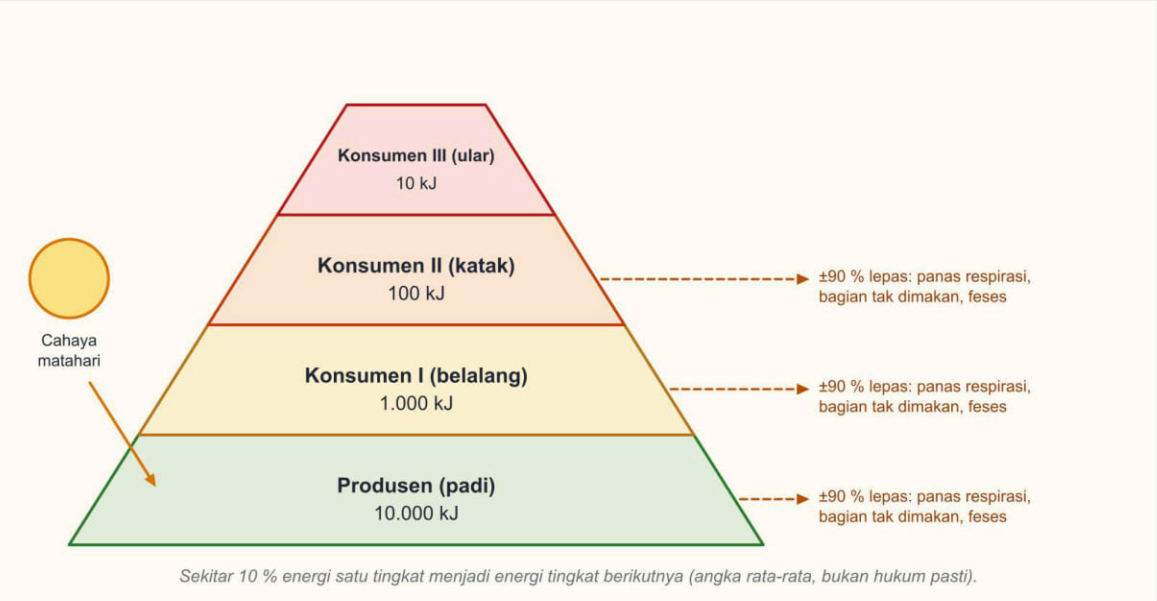
1. sebagian tubuh makhluk di suatu tingkat **tidak dimakan** (akar, batang keras, tulang, bulu), atau mati dan menjadi makanan pengurai;
2. sebagian yang dimakan **tidak dicerna** dan keluar sebagai **feses**;
3. sebagian besar yang diserap tubuh dipakai untuk **respirasi** (bernapas, bergerak, menjaga suhu tubuh), dan energinya akhirnya lepas sebagai **panas**;
4. hanya sisa yang kecil yang tersimpan menjadi tubuh baru (tumbuh dan berkembang biak), dan bagian inilah yang dapat dimakan tingkat berikutnya.

Rata-rata hanya sekitar **10 %** energi pada satu tingkat menjadi energi pada tingkat berikutnya; sekitar 90 % lainnya keluar dari rantai. Angka 10 % ini adalah **perkiraan umum**, bukan hukum pasti: pada kenyataannya efisiensinya berkisar sekitar 5–20 %, tergantung jenis makhluknya. Bila soal memberi data, hitung efisiensinya dari data itu:

Efisiensi transfer energi = (energi tingkat trofik berikutnya ÷ energi tingkat trofik sebelumnya) × 100 %

Karena energi terus berkurang, bila setiap tingkat digambar sebagai balok yang lebarnya sesuai energinya, terbentuk **piramida energi** yang selalu runcing ke atas (Gambar 1.24). Inilah alasan rantai makanan jarang lebih dari empat atau lima tingkat: energi yang tersisa di tingkat atas tidak cukup untuk menghidupi tingkat berikutnya. Itu juga sebabnya jumlah elang di suatu kawasan jauh lebih sedikit daripada jumlah tikus, dan jumlah tikus jauh lebih sedikit daripada jumlah rumpun padi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.24 Piramida energi sebuah rantai makanan sawah. Di setiap tingkat, sekitar 90 % energi lepas sebagai panas respirasi, bagian yang tidak dimakan, dan feses. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Aliran energi bersifat **satu arah**: energi masuk sebagai cahaya dan keluar sebagai panas, dan panas itu tidak dapat dipakai lagi oleh produsen. Karena itu ekosistem memerlukan pasokan cahaya matahari terus-menerus. Selain piramida energi, ahli ekologi juga menggambar **piramida jumlah** (banyaknya individu) dan **piramida biomassa** (massa makhluk hidup per satuan luas). Kedua piramida ini biasanya juga runcing ke atas, tetapi pada keadaan tertentu bentuknya dapat terbalik. Misalnya, satu pohon mangga dapat menghidupi ratusan ulat, sehingga piramida jumlahnya terbalik. Piramida **energi** tidak pernah terbalik.

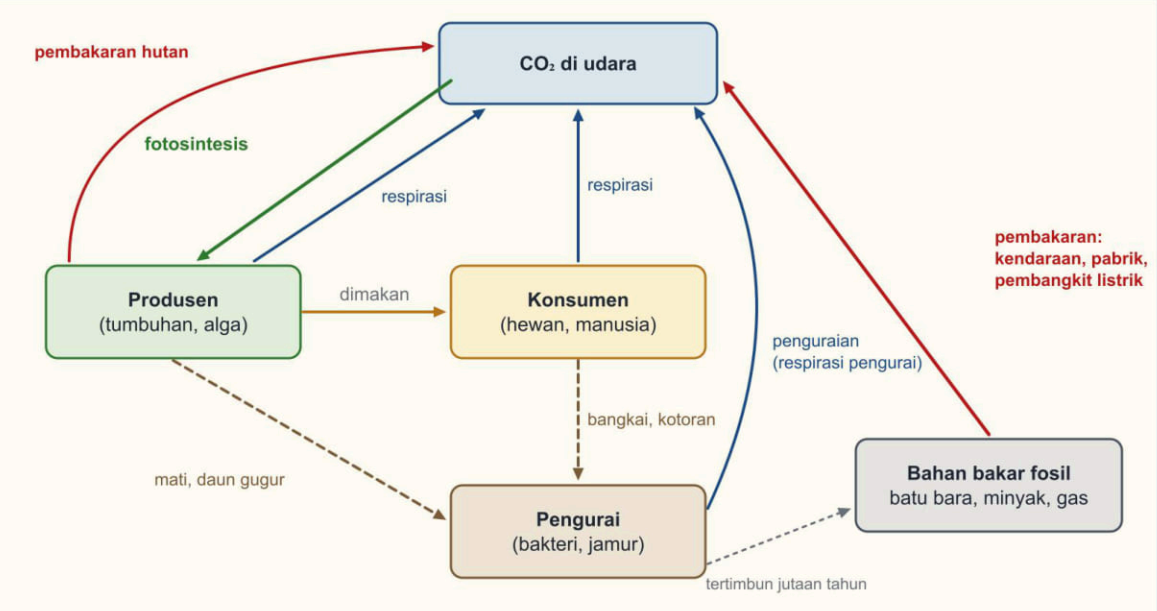
5. Daur materi: contoh daur karbon

Berbeda dengan energi, **materi** (unsur-unsur seperti karbon, nitrogen, dan fosfor) **tidak hilang**, melainkan **berputar** di antara komponen biotik dan abiotik. Atom karbon di tubuhmu hari ini mungkin dulu adalah bagian dari daun padi, dan sebelumnya bagian dari CO_2 di udara. Daur karbon berlangsung sebagai berikut (Gambar 1.25):

1. **Fotosintesis.** Produsen mengambil CO_2 dari udara (atau dari air, bagi alga) dan mengubahnya menjadi zat organik seperti glukosa, pati, dan selulosa.
2. **Makan-memakan.** Karbon dalam zat organik berpindah ke konsumen ketika produsen dimakan, lalu ke konsumen berikutnya.
3. **Respirasi.** Produsen, konsumen, dan pengurai memecah zat organik untuk memperoleh energi dan melepaskan CO_2 kembali ke udara.
4. **Penguraian.** Bangkai, kotoran, dan daun gugur diuraikan oleh bakteri dan jamur; karbonnya kembali ke udara sebagai CO_2.
5. **Penyimpanan jangka panjang.** Sebagian sisa makhluk hidup yang tertimbun jutaan tahun tanpa terurai sempurna berubah menjadi **bahan bakar fosil** (batu bara, minyak bumi, gas alam). Laut juga melarutkan dan menyimpan banyak CO_2.
6. **Pembakaran.** Pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan, pabrik, dan pembangkit

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

listrik, serta pembakaran hutan, melepaskan karbon yang tersimpan ke udara sebagai CO_2 dalam waktu singkat.



Gambar 1.25 Daur karbon: karbon berputar antara udara, produsen, konsumen, pengurai, dan bahan bakar fosil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Selama ribuan tahun, CO_2 yang diserap dan dilepaskan kira-kira seimbang. Sejak manusia membakar bahan bakar fosil dalam jumlah besar dan membuka hutan, pelepasan CO_2 jauh melebihi penyerapannya, sehingga kadar CO_2 di udara terus naik dan kini sudah lebih dari 400 bagian per sejuta (ppm). CO_2 termasuk **gas rumah kaca**: ia menahan panas di atmosfer, sehingga suhu rata-rata Bumi naik. Unsur lain juga berdaur dengan pola serupa; daur nitrogen, misalnya, bergantung pada bakteri pengikat nitrogen, bakteri nitrifikasi, dan bakteri pengurai yang kamu pelajari di sub bab 1.3.

6. Interaksi antarspesies

Makhluk hidup di suatu komunitas saling berinteraksi. Cara paling jelas untuk menentukan jenis interaksi adalah menilai **untung-rugi kedua pihak**: tanda **+** berarti diuntungkan, **–** berarti dirugikan, dan **0** berarti tidak terpengaruh (Gambar 1.26).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.26 Lima jenis interaksi antarspesies berdasarkan untung-rugi kedua pihak, beserta contohnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Interaksi	Pihak 1	Pihak 2	Ciri yang dapat diamati
Mutualisme	+	+	keduanya tumbuh atau bertahan lebih baik bila bersama
Komensalisme	+	0	pihak 2 sama saja keadaannya, ada atau tanpa pihak 1
Parasitisme	+	−	parasit mengambil makanan dari tubuh inang yang masih hidup; inang melemah
Predasi	+	−	pemangsa membunuh lalu memakan mangsanya
Kompetisi	−	−	keduanya memperebutkan sumber daya yang sama dan terbatas

Beberapa hal perlu diperhatikan.

- **Mutualisme** dapat sangat erat sampai kedua pihak tidak dapat hidup terpisah, misalnya *Rhizobium* dengan kacang-kacangan (sub bab 1.3), atau alga simbion dengan hewan karang (bagian 7).
- **Komensalisme** menuntut bukti bahwa pihak kedua benar-benar **tidak dirugikan**. Contohnya burung kuntul yang mengikuti kerbau membajak sawah: kuntul memangsa serangga yang beterbangan karena terusik langkah kerbau, sedangkan kerbau tidak untung maupun rugi.
- **Parasitisme** dan **predasi** sama-sama +/−, tetapi berbeda caranya. Pemangsa membunuh mangsanya, biasanya dengan cepat. **Parasit tidak harus membunuh inangnya**; parasit justru membutuhkan inangnya tetap hidup sebagai sumber makanan dan tempat tinggal. Parasit yang hidup di luar tubuh inang disebut **ektoparasit** (misalnya kutu dan caplak), sedangkan yang hidup di dalam tubuh disebut **endoparasit** (misalnya cacing pita dan cacing gelang). Tumbuhan juga ada yang parasit; akarnya yang khusus (**haustorium**) menembus jaringan pengangkut inang untuk menyerap air, mineral, atau zat makanan.
- **Kompetisi** dapat terjadi antara spesies yang berbeda (**interspesifik**, misalnya padi dan gulma memperebutkan hara, air, dan cahaya) maupun di antara individu sejenis (**intraspesifik**, misalnya sesama tikus memperebutkan makanan saat populasinya padat).

Jadi, jangan menentukan interaksi dari kesan "menempel", "hidup berdekatan", atau "terlihat berbahaya". Tentukan dari **apa yang diambil** dan **siapa yang dirugikan**, sebaiknya dengan bukti pengamatan atau data.

Selain interaksi antarspesies, ada juga interaksi antara komponen biotik dan abiotik, misalnya tumbuhan yang tumbuh condong ke arah cahaya, atau hewan gurun yang aktif pada malam hari ketika suhu lebih rendah.

7. Perubahan faktor abiotik: kenaikan CO_2, suhu, dan pemutihan karang

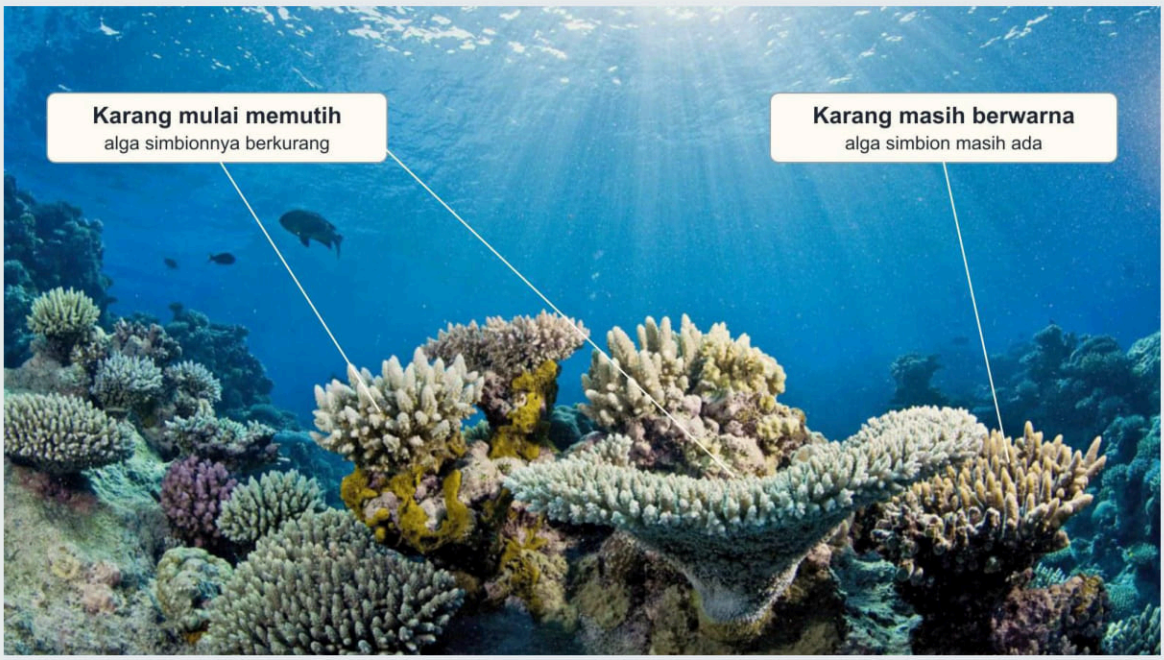
Ketika faktor abiotik berubah, **tidak semua spesies menanggapi dengan cara yang sama**, karena kisaran toleransinya berbeda (bagian 1). Kenaikan CO_2, misalnya, menambah bahan baku fotosintesis. Spesies yang mampu memanfaatkannya dapat tumbuh lebih cepat dan lebih rimbun, sedangkan spesies lain tidak memperoleh keuntungan yang sama, atau justru kalah bersaing dengan tetangganya yang tumbuh makin rimbun. Akibatnya **komposisi spesies**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

berubah: ada yang bertambah, ada yang berkurang atau hilang. Hal yang sama berlaku untuk kenaikan suhu dan kekeringan.

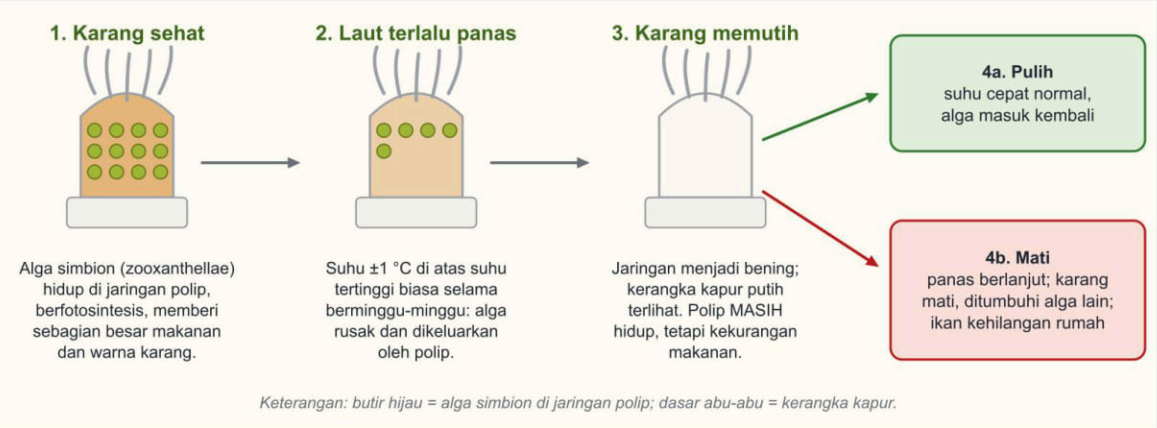
Contoh yang sangat jelas adalah **pemutihan karang** (*coral bleaching*). Terumbu karang dibangun oleh hewan kecil bernama **polip karang**, kerabat ubur-ubur, yang membuat kerangka dari kapur (kalsium karbonat). Di dalam jaringan polip hidup jutaan **alga simbion** bersel satu yang disebut **zooxanthellae**. Hubungannya **mutualisme**: alga mendapat tempat yang terlindung, CO_2, dan zat hara dari sisa metabolisme polip; sebagai imbalannya, alga berfotosintesis dan memberikan sebagian besar hasil fotosintesisnya (gula) kepada polip. Alga ini juga yang memberi warna cokelat, hijau, atau keemasan pada karang. Prosesnya (Gambar 1.27 dan 1.118):

1. **Karang sehat.** (Tahap-tahap ini digambarkan pada Gambar 1.28.) Alga simbion hidup di jaringan polip dan memasok sebagian besar makanan karang.
2. **Laut terlalu panas.** Bila suhu air laut naik sekitar 1 °C di atas suhu tertinggi yang biasa dialami karang dan bertahan selama berminggu-minggu, sistem fotosintesis alga rusak dan menghasilkan zat yang berbahaya bagi jaringan polip. Polip pun mengeluarkan alga itu.
3. **Karang memutih.** Tanpa alga, jaringan polip menjadi bening, sehingga kerangka kapur putih di bawahnya terlihat. Karang yang memutih **masih hidup**, tetapi kehilangan sumber makanan utamanya dan mulai kelaparan.
4. **Pulih atau mati.** Bila suhu segera kembali normal, alga dapat masuk kembali dan karang pulih. Bila panas berlanjut terlalu lama, karang mati, kerangkanya ditumbuhi alga lain, dan lama-kelamaan terumbu rapuh.



Gambar 1.27 Terumbu karang dengan karang yang masih berwarna dan karang yang mulai memutih. Sumber: fotografer NOAA, Wikimedia Commons, domain publik; label ditambahkan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.28 Proses pemutihan karang akibat laut yang terlalu panas: hilangnya alga simbion membuat karang memutih dan kelaparan, lalu pulih atau mati. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kematian karang menjalar ke seluruh ekosistem terumbu. Ikan karang kehilangan tempat berlindung, tempat bertelur, dan sumber makanan; keanekaragaman hewan terumbu menurun; terumbu tidak lagi meredam ombak sehingga pantai lebih mudah terkikis; dan nelayan kehilangan tangkapan. Indonesia berada di kawasan **Segitiga Terumbu Karang** (*Coral Triangle*), wilayah dengan keanekaragaman karang tertinggi di dunia, sehingga pemutihan karang adalah masalah besar bagi laut Indonesia. Selain panas, karang juga rusak oleh sedimen dan limbah dari darat, penangkapan ikan dengan bom dan racun, serta air laut yang makin asam karena menyerap CO_2.

8. Spesies asing invasif

Spesies asing adalah spesies yang masuk ke suatu wilayah di luar daerah asalnya, biasanya dibawa manusia, sengaja atau tidak sengaja. Sebagian besar spesies asing tidak bertahan. Namun, sebagian menjadi **spesies invasif**: berkembang biak sangat cepat, menyebar luas, dan mengganggu ekosistem setempat. Mengapa bisa begitu?

1. Di tempat barunya, spesies itu sering **tidak membawa pemangsa, parasit, atau penyakit alaminya**, sehingga tidak ada yang mengendalikan jumlahnya.
2. Bila lingkungan baru cocok, ia **berkembang biak cepat** dan **mendominasi ruang, cahaya, air, dan hara**, sehingga spesies asli kalah bersaing.
3. Sebagian tumbuhan invasif mengeluarkan zat kimia yang menghambat pertumbuhan tumbuhan lain di sekitarnya. Peristiwa ini disebut **alelopati**.
4. Spesies asli tergeser, lalu hewan yang bergantung pada spesies asli itu (sebagai pakan, tempat bersarang, atau sumber nektar) ikut berkurang. Akibatnya **keanekaragaman hayati turun**, walaupun pada mulanya jumlah jenis di suatu tempat tampak bertambah satu.

Contoh di Indonesia: **keong mas** (*Pomacea*), siput dari Amerika Selatan yang awalnya didatangkan sebagai hewan peliharaan dan bahan pangan, kini menjadi hama yang memakan bibit padi muda. **Ikan sapu-sapu**, juga dari Amerika Selatan, kini mendominasi banyak sungai yang tercemar, misalnya di Jakarta, dan menggeser ikan asli. Di daratan, beberapa tumbuhan semak dan pohon asing yang dulu ditanam untuk hiasan atau penahan lahan kini menyebar menutupi padang rumput di taman nasional.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

9. Ekosistem khas Indonesia dan upaya pelestariannya

Indonesia mempunyai ekosistem yang sangat beragam: **hutan hujan tropis** di Sumatra, Kalimantan, dan Papua; **hutan mangrove** di pantai berlumpur yang melindungi pantai dari abrasi dan menjadi tempat pembesaran anak ikan, udang, dan kepiting; **terumbu karang** dan **padang lamun** di laut dangkal; **savana** di Nusa Tenggara dan Papua bagian selatan; danau dan sungai; serta ekosistem buatan seperti sawah, kebun, dan tambak. Setiap ekosistem menghadapi ancaman, yang sebagian besar berasal dari kegiatan manusia: pembukaan lahan, kebakaran hutan, perburuan, pencemaran, spesies invasif, dan perubahan iklim.

Upaya pelestarian yang tepat adalah upaya yang **menyasar penyebab**, bukan hanya meredakan gejala sesaat. Beberapa bentuknya:

- **Perlindungan kawasan**: taman nasional, cagar alam, dan kawasan konservasi perairan, termasuk zona larang tangkap yang memberi kesempatan populasi ikan pulih.
- **Pemulihan habitat**: menanam kembali mangrove, menanam karang buatan pada terumbu yang rusak, dan menghutankan kembali lahan kritis.
- **Pengendalian spesies invasif**: mencegah masuknya spesies asing, lalu mencabut atau menangkap individu yang sudah menyebar, sambil memulihkan spesies asli.
- **Pengendalian hayati**: memakai makhluk hidup untuk menekan hama, misalnya melepaskan tawon parasitoid *Trichogramma* yang meletakkan telurnya di dalam telur penggerek batang padi. Tujuannya menekan populasi hama sampai tidak merugikan, bukan memusnahkannya sama sekali.
- **Pengurangan pencemaran dan emisi**: mengolah limbah sebelum dibuang, memakai pupuk dan pestisida secukupnya, menghemat energi, dan mencegah kebakaran hutan.
- **Perlindungan pemangsa alami**: ular, burung pemangsa, katak, dan laba-laba adalah pengendali hama gratis bagi petani.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Berapa energi yang sampai ke elang?

Pada sebuah sawah, produsen (padi) menyimpan energi 100.000 kJ dalam satu musim. Rantai makanannya adalah padi → tikus → ular → elang. Dengan aturan 10 %, berapa energi yang sampai ke elang, dan ke mana sisanya pergi?

Data disusun untuk contoh.

1. Tentukan tingkat trofik: padi = I, tikus = II, ular = III, elang = IV. Dari tingkat I ke IV terjadi **tiga** kali perpindahan, bukan empat.
2. Tingkat II (tikus): 10 % × 100.000 kJ = 10.000 kJ.
3. Tingkat III (ular): 10 % × 10.000 kJ = 1.000 kJ.
4. Tingkat IV (elang): 10 % × 1.000 kJ = **100 kJ**. Cara singkat: $100.000 \times (0{,}1)^3 = 100$ kJ.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Telusuri sisanya: pada setiap perpindahan, sekitar 90 % energi lepas sebagai panas respirasi, tersimpan dalam bagian yang tidak dimakan, atau terbuang bersama feses lalu dipakai pengurai (bagian 4).

Jawaban: sekitar 100 kJ, yaitu hanya 0,1 % dari energi produsen. Inilah sebabnya populasi elang jauh lebih kecil daripada populasi tikus.

Contoh 2 — Ular sawah diburu habis

Pada 2027, warga sebuah desa memburu ular sawah besar-besaran untuk dijual kulitnya. Gunakan jaring makanan pada Gambar 1.23 untuk menelusuri akibatnya pada tikus, padi, katak, dan elang.

Kasus disusun untuk contoh.

1. Letakkan ular di jaring: ular memakan tikus dan katak, dan dimakan elang.
2. Tikus: pemangsa utamanya hilang, sehingga kematian tikus berkurang. Tikus berkembang biak cepat, jadi populasinya **naik**.
3. Padi: tikus yang makin banyak memakan lebih banyak padi, sehingga panen **turun**.
4. Katak: pemangsanya berkurang, sehingga populasi katak dapat **naik**; akibatnya wereng dan belalang yang dimakan katak bisa berkurang. Ini menunjukkan bahwa satu perubahan dapat menjalar ke beberapa arah sekaligus.
5. Elang: kehilangan satu sumber makanan (ular), tetapi dapat beralih memakan tikus yang melimpah. Karena jaringnya bercabang, elang tidak langsung kelaparan, tetapi jumlah elang di kawasan itu tetap terbatas oleh energi yang tersedia.
6. Pilih solusi yang menyasar penyebab: menghentikan perburuan ular dan memulihkan populasinya, bukan menebar racun tikus besar-besaran yang dapat ikut meracuni katak, ular, dan elang.

Kesimpulan: hilangnya ular menaikkan populasi tikus dan menurunkan hasil padi; akibat pada katak dan elang lebih rumit karena jaring makanan memberi jalan lain. Solusinya adalah melindungi pemangsa alami.

Contoh 3 — Menentukan jenis interaksi dari pengamatan

Tentukan jenis interaksi pada tiga pasangan berikut dan berikan alasannya:

- (a) Ikan badut hidup di antara tentakel anemon laut. Lendir pada kulit ikan badut membuatnya tidak tersengat. Ikan badut mengusir ikan yang suka memakan anemon, dan sisa makanan serta kotorannya menjadi zat hara bagi anemon.
- (b) Ikan remora menempel pada tubuh ikan hiu dengan alat isap di kepalanya. Remora ikut terbawa ke mana-mana dan memakan sisa mangsa hiu. Hiu tetap berenang dan berburu seperti biasa.
- (c) Tali putri, tumbuhan kuning yang hampir tidak berdaun hijau, melilit tanaman pagar. Akar isapnya menembus batang tanaman pagar dan menyerap zat makanan. Tanaman pagar yang dililit banyak tali putri menguning dan pertumbuhannya terhambat.

1. Untuk setiap pasangan, tulis apa yang diperoleh dan apa yang hilang dari masing-masing pihak (bagian 6).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. (a) Ikan badut mendapat perlindungan dari pemangsa (+); anemon mendapat penjaga dan zat hara (+). Jenisnya: **mutualisme**.
3. (b) Remora mendapat tumpangan dan sisa makanan (+); hiu tidak kehilangan apa-apa dan tidak mendapat apa-apa (0). Jenisnya: **komensalisme**.
4. (c) Tali putri mendapat zat makanan (+); tanaman pagar kehilangan zat makanan dan pertumbuhannya terhambat (−), tetapi tidak langsung dibunuh. Jenisnya: **parasitisme**, bukan predasi.

Jawaban: (a) mutualisme, (b) komensalisme, (c) parasitisme. Penentunya adalah untung-rugi yang teramati, bukan cara menempelnya.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

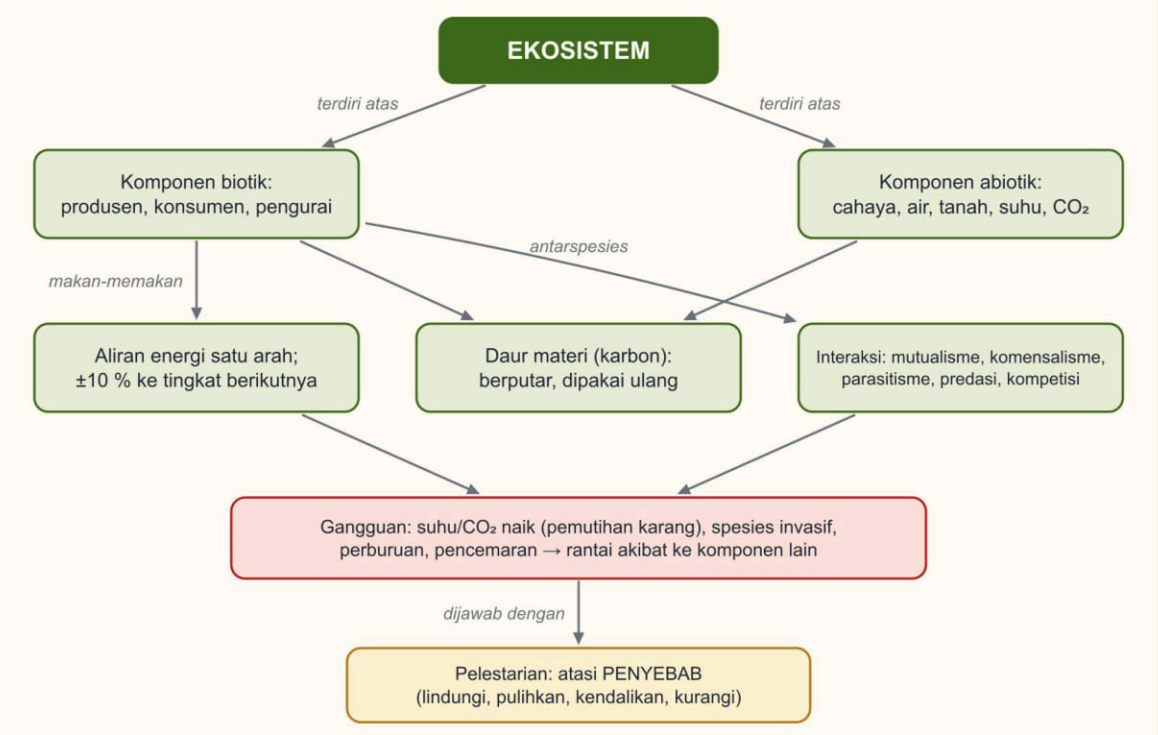
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Ekosistem = komponen biotik + abiotik yang saling memengaruhi; perubahan satu komponen menjalar ke komponen lain.
- Produsen membuat makanan dari cahaya; konsumen memakan makhluk lain; pengurai mengembalikan hara ke tanah.
- Energi mengalir satu arah dan berkurang sekitar 90 % di setiap tingkat trofik; materi berputar dalam daur.
- Jenis interaksi ditentukan dari untung-rugi kedua pihak: +/+, +/0, +/− (parasitisme, predasi), −/−.
- Perubahan abiotik (CO_2, suhu) tidak berdampak sama pada semua spesies; pemutihan karang = karang kehilangan alga simbionnya.
- Spesies invasif menurunkan keanekaragaman; solusi pelestarian yang tepat menyasar penyebab.

Bagan pada Gambar 1.29 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 1.29 Peta konsep ekosistem: komponen, aliran energi, daur materi, interaksi, gangguan, dan pelestarian. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal ekosistem:

1. **Temukan perubahan awalnya.** Apa yang berubah: faktor abiotik, spesies baru, atau hilangnya suatu spesies?
2. **Tulis rantai akibat minimal dua langkah.** Contoh: *tumbuhan asing mendominasi → rumput asli berkurang → hewan pemakan rumput kehilangan pakan.*
3. **Cocokkan rantai itu dengan data.** Apakah ada angka atau pengamatan di soal yang mendukung setiap langkah?
4. **Untuk soal interaksi**, buat tabel kecil untung-rugi kedua pihak berdasarkan teks, lalu cocokkan dengan tabel di bagian 6.
5. **Untuk diagram energi**, tentukan tingkat trofiknya, lalu tulis pembilang dan penyebut sebelum menghitung efisiensi.
6. **Untuk soal solusi**, pilih upaya yang memutus penyebab masalah di kasus itu, bukan yang hanya meredakan gejala.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Akibat yang terdengar positif.** "Spesies asing menambah keanekaragaman" atau "kenaikan CO_2 menguntungkan semua tumbuhan".
- **"Tidak berdampak."** Pilihan yang menyatakan perubahan tidak berpengaruh jarang didukung data yang justru menunjukkan perubahan.
- **Generalisasi "semua spesies sama".** Spesies berbeda kisaran toleransinya, sehingga tanggapannya berbeda.
- **Interaksi tertukar.** Parasitisme disebut komensalisme karena inangnya tidak langsung mati; kompetisi disebut predasi.
- **Efisiensi dihitung dari angka yang salah**, atau banyaknya perpindahan dihitung keliru (dari tingkat I ke IV hanya tiga kali perpindahan).
- **Tujuan solusi disalahpahami.** Pengendalian hayati tidak selalu bertujuan memusnahkan seluruh populasi hama atau vektor.

> Contoh salah tafsir: soal menyebut tumbuhan asing menutupi sepertiga padang rumput dan jumlah serangga penyerbuk turun. Seorang siswa memilih "tumbuhan asing menyediakan bunga baru sehingga penyerbuk bertambah", karena tumbuhan itu memang berbunga. Ia mengabaikan data penurunan penyerbuk yang tertulis jelas di soal.

● BEDAH SOAL ASLI

Tiga soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Semuanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Nomor 6 (tanaman asing di savana Taman Nasional Wasur, PG, 43 % benar). Teks memberi data dominasi tumbuhan asing atas rumput asli, hewan yang bergantung pada rumput itu, dan penurunan serangga penyerbuk. Kamu diminta memilih dampak ekologis utama.

- Konsep kunci: spesies asing invasif (bagian 8) dan rantai akibat antarkomponen (bagian 1).
- Langkah: tulis rantai *tumbuhan asing → rumput asli tergeser → fauna kehilangan pakan dan tempat hidup* → pilih pernyataan yang memuat rantai itu.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan yang menggambarkan dampak positif (menyuburkan tanah, menyediakan tempat bersarang, interaksi simbiotik) dan pilihan "tidak berdampak signifikan". Semuanya bertentangan dengan angka penurunan di teks.

Rujukan: soal nomor 6 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 7 (lintah di hutan hujan, PG, 37 % benar). Teks menyebut lintah bergantung pada makhluk lain dan menempel pada hewan maupun manusia. Kamu diminta menentukan cara lintah berinteraksi.

- Konsep kunci: tabel untung-rugi (bagian 6, Gambar 1.26).
- Langkah: tanyakan apa yang diambil lintah dari makhluk yang ditempelinya dan siapa yang dirugikan.
- Pengecoh yang dipasang: kompetisi (berebut makanan dengan inang), anggapan populer tentang manfaat lintah bagi darah, dan alasan perlindungan dari predator. Semuanya mengalihkan perhatian dari apa yang sebenarnya diambil lintah.

Rujukan: soal nomor 7 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 2 (kenaikan CO_2 di dataran tinggi, PG, 61 % benar). Teks menyebut kepadatan daun pinus meningkat, tetapi komposisi semak berubah karena tidak semua spesies dapat beradaptasi. Kamu diminta memilih dampak yang paling mungkin.

- Konsep kunci: spesies menanggapi perubahan abiotik secara berbeda (bagian 1 dan 7).
- Langkah: gabungkan dua fakta di teks, yaitu ada spesies yang tumbuh lebih rapat dan ada yang tergeser.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan yang menyamaratakan semua tumbuhan, baik terganggu semua maupun tidak berubah sama sekali.

Rujukan: soal nomor 2 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membandingkan jerami yang dibakar dengan jerami yang dibenamkan ke sawah. Perhatikan peran pengurai (bagian 3), perbedaan antara energi yang mengalir satu arah (bagian 4) dan materi yang berdaur (bagian 5, Gambar 1.25).

►. Setelah panen padi pada 2026, Pak Bowo membakar jerami di sawahnya agar lahan cepat bersih. Pak Tarno, tetangganya di Sragen, membenamkan jerami ke dalam lumpur sawah dan membiarkannya tiga minggu sebelum tanam. Setelah tiga musim, tanah sawah Pak Tarno lebih gembur dan kaya bahan organik, berisi lebih banyak cacing dan jamur, serta memerlukan pupuk kalium lebih sedikit. Di sawah Pak Bowo, sebagian besar karbon

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

jerami lepas ke udara dalam beberapa jam, dan sebagian abunya hanyut ke saluran air saat hujan.

Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat tentang perbedaan kedua cara tersebut adalah ....

A. pembakaran memusnahkan unsur hara di dalam jerami sehingga hara itu hilang dari daur dan tidak dapat dipakai lagi
B. jerami yang dibenamkan langsung diserap akar padi sebagai makanan sehingga padi tidak memerlukan pupuk tambahan
C. jerami yang dibenamkan menambah energi ekosistem sawah karena energinya dipakai ulang oleh padi musim berikutnya
D. pengurai merombak jerami perlahan sehingga hara kembali ke tanah dan sebagian karbonnya tertahan di tanah
E. cacing dan jamur memakan jerami sehingga seluruh karbon jerami tersimpan di tubuh mereka dan tidak kembali ke udara

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: materi berdaur, energi mengalir satu arah. Pengurai (bakteri dan jamur), dibantu detritivor seperti cacing, merombak sisa tumbuhan menjadi zat sederhana: mineral kembali ke tanah dan dapat diserap akar, sedangkan sebagian karbon dilepas sebagai CO_2 melalui respirasi dan sebagian lagi tertahan sementara sebagai bahan organik tanah. Pembakaran juga tidak memusnahkan atom-atom hara, tetapi memindahkannya dengan cepat: karbon menjadi CO_2 di udara, mineral tertinggal di abu yang mudah hanyut.

Langkah 1 – Bandingkan nasib karbon. Dibakar: hampir semuanya lepas ke udara dalam beberapa jam. Dibenamkan: dirombak perlahan; tanah menjadi kaya bahan organik.
Langkah 2 – Bandingkan nasib hara. Dibakar: hara di abu sebagian hanyut. Dibenamkan: hara dilepas pengurai ke tanah, sehingga pupuk kalium yang dibutuhkan berkurang.
Langkah 3 – Pilih penjelasan yang memakai konsep daur materi dengan benar.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan materi "musnah": unsur hara tidak hilang dari bumi; ia pindah ke abu dan udara, lalu sebagian terbawa air keluar dari sawah.
• B ✗ — Jebakan cara makan tumbuhan: akar menyerap air dan mineral hasil penguraian, bukan jerami sebagai zat organik; kebutuhan pupuk juga hanya berkurang, tidak hilang.
• C ✗ — Jebakan energi berdaur: energi tidak dipakai ulang. Energi di jerami dipakai pengurai dan akhirnya lepas sebagai panas; padi mendapat energi dari cahaya matahari.
• D ✓ — Sesuai peran pengurai dan data: hara kembali ke tanah, tanah kaya bahan organik.
• E ✗ — Jebakan lupa respirasi: cacing dan jamur bernapas dan melepaskan CO_2, sehingga sebagian karbon tetap kembali ke udara.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis rantai akibat minimal dua langkah sebelum memilih jawaban.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Beberapa tahun lalu, warga sebuah desa di pantai utara Jawa menebang sebagian besar hutan mangrove di depan desanya untuk dijadikan tambak udang. Pada 2026, garis pantai desa itu sudah mundur puluhan meter dan beberapa petak tambak terdepan rusak dihantam gelombang. Nelayan juga mengeluh bahwa ikan, udang, dan kepiting yang tertangkap di perairan dekat pantai makin sedikit. Pak Rasyid, ketua kelompok nelayan, lalu mengajak warga menanam kembali mangrove.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk kedua perubahan tersebut adalah ....

A. limbah pakan dari tambak membuat air laut keruh sehingga gelombang makin besar dan ikan menjauhi pantai
B. cahaya yang lebih banyak masuk ke laut membunuh fitoplankton sehingga ikan dan udang kekurangan makanan
C. tambak menarik banyak burung pemangsa ke pantai sehingga ikan dan udang di dekat pantai habis dimangsa
D. akar mangrove penahan lumpur dan peredam ombak hilang, begitu juga tempat asuhan ikan dan udang muda
E. mangrove yang hilang mengurangi oksigen hasil fotosintesis sehingga ikan dan udang di laut mati lemas

2. Pada musim tanam 2026, Pak Wahyu menyemprotkan insektisida ke seluruh kebun melonnya setiap pagi saat bunga sedang mekar untuk membasmi kutu daun. Bu Sri, tetangganya, hanya menyemprot pada sore hari dan hanya di bagian tanaman yang terserang kutu. Sejak itu lebah yang biasa hinggap di bunga melon hampir tidak terlihat lagi di kebun Pak Wahyu. Saat panen, tanaman Pak Wahyu tampak sehat, berdaun lebat, dan berbunga banyak, tetapi buahnya jauh lebih sedikit daripada buah di kebun Bu Sri.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk sedikitnya buah di kebun Pak Wahyu adalah ....

A. insektisida meracuni bakal buah melon sehingga bunga yang mekar gugur sebelum sempat dikunjungi lebah
B. kutu daun yang ikut terbunuh sebenarnya membantu penyerbukan sehingga banyak bunga melon tidak menjadi buah
C. pemangsa alami kutu daun ikut mati sehingga kutu daun berlipat ganda dan merusak calon buah melon
D. lebah menjauh karena bunga melon tidak menghasilkan nektar sehingga keduanya tidak saling bergantung
E. lebah ikut mati atau menjauh sehingga serbuk sari jarang sampai ke putik dan bunga tidak menjadi buah

3. Dalam tiga tahun, eceng gondok menutupi hampir seluruh permukaan sebuah danau kecil di Jawa Barat yang menerima limpasan pupuk dari sawah di sekitarnya. Pada 2027 murid mengukur bahwa air di bawah hamparan eceng gondok lebih gelap dan oksigen

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

terlarutnya lebih rendah daripada di bagian danau yang masih terbuka. Tumbuhan air yang hidup tenggelam di bawah permukaan hampir hilang, banyak bagian eceng gondok yang mati membusuk di dasar danau, dan hasil tangkapan ikan nelayan menurun tajam. *Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.*

Pernyataan yang tepat tentang keadaan danau tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Eceng gondok melepaskan oksigen hasil fotosintesisnya ke dalam air sehingga ikan semestinya bertambah.

☐ B. Hamparan eceng gondok menghalangi cahaya sehingga tumbuhan air yang tenggelam tidak dapat berfotosintesis.

☐ C. Penguraian bagian eceng gondok yang mati oleh bakteri ikut menghabiskan oksigen yang terlarut di air.

☐ D. Limpasan pupuk langsung meracuni ikan sehingga jumlah ikan turun tanpa melibatkan eceng gondok.

☐ E. Pupuk dari sawah menambah zat hara sehingga eceng gondok tumbuh cepat dan menutup permukaan danau.

4. Bunga durian mekar pada sore sampai malam hari dan menghasilkan banyak nektar. Setiap malam kelelawar pemakan nektar yang bersarang di sebuah gua kapur datang ke kebun durian. Saat kelelawar menjilat nektar, serbuk sari menempel di kepalanya lalu terbawa ke bunga durian lain. Pada 2026, gua itu ditambang untuk batu kapur sehingga koloni kelelawar menghilang. Dua musim kemudian, petani durian di sekitarnya melaporkan pohon tetap berbunga lebat, tetapi buah yang terbentuk jauh lebih sedikit. Lebah madu tetap banyak mengunjungi kebun pada siang hari.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk turunnya hasil durian adalah ....

A. penyerbuk utama bunga yang mekar malam berkurang sehingga banyak bunga tidak diserbuki walaupun bunganya lebat

B. kelelawar yang kehilangan gua beralih memakan buah durian muda sehingga buah rontok sebelum sempat matang di pohon

C. debu tambang kapur menutupi daun durian sehingga fotosintesis turun dan pohon tidak lagi mampu membentuk bunga

D. lebah madu yang bersaing dengan kelelawar menghabiskan nektar sehingga bunga durian gagal berkembang menjadi buah

E. hubungan kelelawar dan durian bersifat komensalisme sehingga hilangnya kelelawar hanya merugikan kelelawar itu

Kunci singkat: 1. D 2. E 3. B, C, E 4. A

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Bagaimana kamu membedakan parasitisme dari komensalisme, dan parasitisme dari predasi, dengan memakai data?
- Sebutkan tiga alasan energi berkurang dari satu tingkat trofik ke tingkat berikutnya, dan jelaskan mengapa materi tidak ikut habis.
- **Yang harus kuingat:** tulis rantai akibatnya, periksa setiap langkah dengan data, curigai pilihan yang terdengar positif tanpa bukti, dan pilih solusi yang menyasar penyebab.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-1.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 1

BIO-KB1

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 1 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-KB1

1. Di sebuah desa di Pulau Sumba, petani menanam beberapa varietas jagung lokal. Ada jagung berbiji putih yang pulen, jagung berbiji kuning yang cepat panen, dan jagung berbiji ungu yang tetap berbuah walaupun hujan sedikit. Semua varietas itu termasuk spesies yang sama, *Zea mays*. Para petani menyimpan benih ketiga varietas tersebut setiap musim. *Kasus disusun untuk latihan soal.*

Keanekaragaman yang dijaga petani dengan menyimpan benih ketiga varietas itu adalah keanekaragaman ....

A. tingkat spesies, karena setiap varietas jagung yang ditanam merupakan jenis tumbuhan yang berbeda
B. tingkat ekosistem, karena setiap varietas jagung memerlukan tempat tumbuh dan iklim yang berbeda
C. tingkat gen, karena perbedaan sifat biji dan ketahanan muncul di antara anggota satu spesies yang sama
D. tingkat spesies, karena jagung berbiji ungu yang tahan kering telah berubah menjadi spesies baru
E. tingkat ekosistem, karena ladang jagung milik petani merupakan satu kesatuan makhluk hidup dan lingkungan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Anoa dataran rendah (*Bubalus depressicornis*) hidup di hutan Sulawesi. Pembukaan lahan memecah hutan menjadi beberapa petak kecil yang dipisahkan kebun dan jalan raya. Di salah satu petak hanya tersisa sekitar 20 ekor anoa yang tidak dapat berpindah ke petak lain. Seorang peneliti memperkirakan bahwa dalam beberapa generasi, anak anoa di petak itu akan lebih sering lahir lemah dan mudah sakit walaupun makanan di petak tersebut cukup.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk perkiraan peneliti tersebut adalah ....

A. perkawinan antaranoa yang berkerabat dekat makin sering sehingga keragaman gen populasinya menurun
B. jumlah jenis tumbuhan di petak hutan berkurang sehingga anoa kehilangan sumber makanan yang beragam
C. anoa menyesuaikan diri dengan petak yang sempit sehingga tubuh dan daya tahan keturunannya mengecil
D. persaingan dengan anoa dari petak hutan lain meningkat sehingga anoa di petak itu kekurangan energi
E. suhu petak hutan naik karena dikelilingi kebun sehingga anoa kehilangan kemampuan berkembang biak

3. Di sebuah kabupaten di Kalimantan, hutan tempat hidup orangutan kalimantan (*Pongo pygmaeus*) dibuka untuk kebun kelapa sawit. Hutan yang tersisa menjadi beberapa petak yang dipisahkan kebun yang luas. Orangutan di satu petak tidak dapat lagi berpindah ke petak lain untuk mencari pohon buah dan pasangan kawin. Beberapa orangutan yang masuk ke kebun bahkan dianggap hama oleh pekerja.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Upaya pelestarian yang langsung menyasar penyebab utama masalah orangutan dalam kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memindahkan seluruh orangutan dari petak hutan ke kebun binatang di kota agar mudah diberi makan.
☐ B. Menanam kembali jalur hutan yang menghubungkan petak-petak hutan sehingga orangutan dapat berpindah.
☐ C. Melepas jenis kera lain dari daerah berbeda ke petak hutan agar keanekaragaman spesies di sana naik.
☐ D. Mempertahankan dan memulihkan hutan yang tersisa sebagai kawasan lindung yang tidak boleh dibuka lagi.
☐ E. Memberi pakan buah setiap hari di dalam petak hutan tanpa mengubah keadaan hutan yang tersisa.

4. Cucak rawa (*Pycnonotus zeylanicus*) adalah burung kicau yang suaranya merdu. Karena harganya mahal di pasar burung, cucak rawa terus ditangkap dari hutan dan tepi sungai di Sumatra dan Kalimantan. Kini burung ini sangat sulit ditemukan di alam, padahal hutan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tempat hidupnya di beberapa daerah masih ada. Jenis burung kicau lain yang tidak laku dijual masih mudah dijumpai di hutan yang sama.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Penyebab utama berkurangnya cucak rawa di alam adalah hilangnya hutan, karena hutan merupakan sumber makanannya.	○	○
Penangkapan berlebihan untuk diperdagangkan dapat menurunkan populasi suatu spesies walaupun habitatnya masih tersedia.	○	○
Melarang perdagangan dan menegakkan aturan penangkapan merupakan upaya yang menyasar penyebab dalam kasus ini.	○	○

5. Murid-murid sebuah SMA di Lampung mengamati burung di tiga lahan yang luasnya sama, masing-masing selama tiga pagi dengan cara yang sama. Hasilnya sebagai berikut.

Lahan	Jumlah jenis burung	Jumlah seluruh burung yang teramati
Hutan sekunder	21	96
Kebun campur (kopi, lada, pisang, pohon pelindung)	14	88
Kebun sawit satu jenis tanaman	5	104

Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling didukung data tersebut adalah ....

A. kebun sawit paling kaya keanekaragaman hayati karena jumlah seluruh burung yang teramati paling banyak
B. jumlah jenis burung di ketiga lahan hampir sama karena jumlah seluruh burung yang teramati juga hampir sama
C. kebun campur sama baiknya dengan hutan sekunder karena keduanya ditanami lebih dari satu jenis tumbuhan
D. luas lahan menentukan jumlah jenis burung karena lahan yang lebih luas menyediakan makanan lebih banyak
E. makin beragam tumbuhan di suatu lahan, makin banyak jenis burung yang dapat hidup di lahan tersebut

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Sebuah balai penelitian pertanian menyimpan ribuan contoh benih padi lokal dari berbagai daerah di Indonesia. Benih dikeringkan, dikemas, dan disimpan di ruang bersuhu rendah. Bila suatu varietas sudah tidak ditanam petani lagi, benihnya masih dapat diambil dari ruang penyimpanan itu untuk ditanam kembali.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat tentang upaya pelestarian tersebut adalah ....

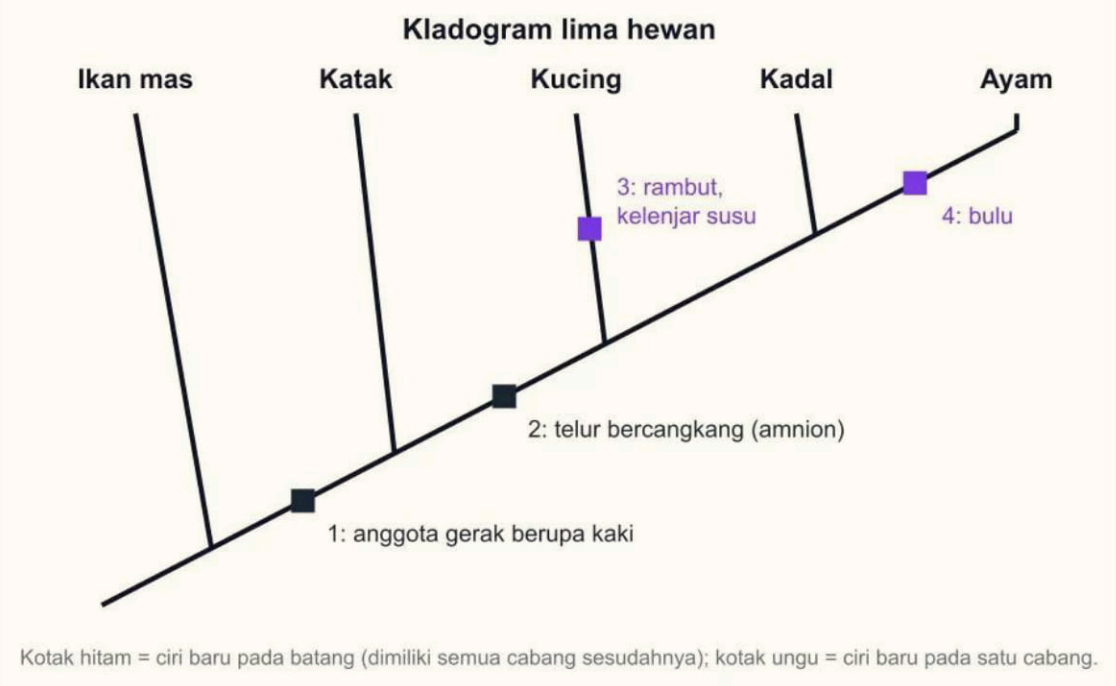
A. pelestarian in situ, karena benih padi lokal tetap disimpan di dalam wilayah negara Indonesia sendiri
B. pelestarian ex situ, karena varietas padi disimpan di luar habitatnya untuk menjaga keragaman gen
C. pelestarian in situ, karena benih padi yang disimpan dapat ditanam kembali di sawah tempat asalnya
D. pelestarian ex situ, karena tujuannya menambah jumlah spesies padi baru yang belum pernah ada
E. pelestarian in situ, karena penyimpanan benih menjaga seluruh ekosistem sawah tempat padi tumbuh

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Seorang murid menyusun kladogram lima hewan berdasarkan ciri-ciri struktur tubuh dan perkembangan embrionya, seperti pada gambar. Temannya berpendapat, "Kucing pasti berkerabat lebih dekat dengan ayam daripada kadal dengan ayam, karena kucing dan ayam sama-sama berdarah panas."
Kladogram disederhanakan untuk latihan soal.

Tanggapan yang paling tepat terhadap pendapat teman murid tersebut berdasarkan kladogram adalah ....



A. tidak tepat, karena kadal dan ayam memiliki nenek moyang bersama yang lebih baru daripada nenek moyang bersama kucing dan ayam
B. tepat, karena hewan berdarah panas selalu berasal dari satu nenek moyang bersama yang tidak dimiliki oleh hewan berdarah dingin
C. tidak tepat, karena kucing paling dekat dengan katak sebab keduanya sama-sama memiliki anggota gerak berupa kaki pada batang 1
D. tepat, karena kucing dan ayam sama-sama memiliki ciri baru pada cabangnya masing-masing, yaitu rambut dan bulu pada tubuhnya
E. tidak tepat, karena kadal dan ayam sama-sama bertelur sehingga keduanya berada pada cabang yang sama dengan ikan mas dan katak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

8. Seorang murid mencatat beberapa ciri empat hewan yang ia temukan di sekitar sungai dekat sekolah.

Ciri	Ikan lele	Katak sawah	Ular air	Biawak
Bertulang belakang	ya	ya	ya	ya
Kulit bersisik kering	tidak	tidak	ya	ya
Telur bercangkang diletakkan di darat	tidak	tidak	ya	ya
Bernapas dengan paru-paru saat dewasa	tidak	ya	ya	ya
Hidup sebagian besar di air	ya	sebagian	ya	sebagian

Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	**Benar**	**Salah**
Ular air lebih berkerabat dengan biawak daripada dengan ikan lele, karena ular air dan biawak sama-sama memiliki kulit bersisik kering dan telur bercangkang.	○	○
Ular air seharusnya dikelompokkan bersama ikan lele, karena keduanya hidup sebagian besar di air.	○	○
Katak sawah lebih berkerabat dengan ikan lele daripada dengan biawak, karena katak hidup sebagian di air.	○	○

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

9. Seorang murid menemukan seekor hewan kecil di bawah pot tanaman. Tubuhnya beruas dan terbagi menjadi dua bagian, kakinya beruas berjumlah empat pasang, dan tidak bersayap. Ia memakai kunci determinasi pada gambar untuk mengenali hewan tersebut.

Urutan langkah kunci determinasi dan hasil identifikasi yang tepat adalah ....

Kunci determinasi beberapa hewan di kebun sekolah

1a	Tubuh beruas, kaki beruas	ke 2
1b	Tubuh tidak beruas, tanpa kaki	**Siput**
2a	Kaki 3 pasang	ke 3
2b	Kaki 4 pasang atau lebih	ke 4
3a	Memiliki 2 pasang sayap bersisik	**Kupu-kupu**
3b	Tidak bersayap	**Semut**
4a	Kaki 4 pasang, tubuh 2 bagian	**Laba-laba**
4b	Kaki sangat banyak, tubuh panjang beruas-ruas	**Kaki seribu**

A. 1a → 2a → 3b, sehingga hewan itu adalah semut karena tidak memiliki sayap
B. 1b, sehingga hewan itu adalah siput karena tubuhnya terbagi menjadi bagian
C. 1a → 2b → 4b, sehingga hewan itu adalah kaki seribu karena kakinya banyak
D. 1a → 2b → 4a, sehingga hewan itu adalah laba-laba berkaki empat pasang
E. 1a → 2a → 3a, sehingga hewan itu adalah kupu-kupu yang belum bersayap penuh

10. Kelelawar buah dan burung pipit sama-sama terbang dengan sayap. Sayap kelelawar berupa selaput kulit yang terbentang di antara tulang jari yang sangat panjang, sedangkan sayap burung tersusun atas bulu yang melekat pada tulang lengan dan tulang jari yang menyatu. Kelelawar memiliki rambut, melahirkan anak, dan menyusui; burung berbulu dan bertelur. Lengan manusia, sayap kelelawar, dan sayap burung sama-sama tersusun atas tulang lengan atas, dua tulang lengan bawah, tulang pergelangan, dan tulang jari.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Karena sama-sama memiliki sayap untuk terbang, kelelawar dan burung pipit seharusnya dikelompokkan dalam satu kelas yang sama.	○	○
Susunan tulang sayap kelelawar dan sayap burung yang sama dengan lengan manusia menunjukkan bahwa ketiganya berasal dari nenek moyang bersama yang jauh.	○	○
Rambut dan kelenjar susu pada kelelawar menunjukkan bahwa kelelawar lebih berkerabat dengan burung pipit daripada dengan kucing.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

11. Di sebuah taman wisata alam di Bengkulu, papan informasi memuat tiga tumbuhan berbunga besar yang hidup di sana: *Rafflesia arnoldii*, *Rafflesia gadutensis*, dan *Amorphophallus titanum* (bunga bangkai raksasa). Seorang pengunjung menyimpulkan bahwa *Amorphophallus titanum* pasti paling dekat kekerabatannya dengan *Rafflesia arnoldii* karena keduanya sama-sama berbunga sangat besar dan berbau busuk.

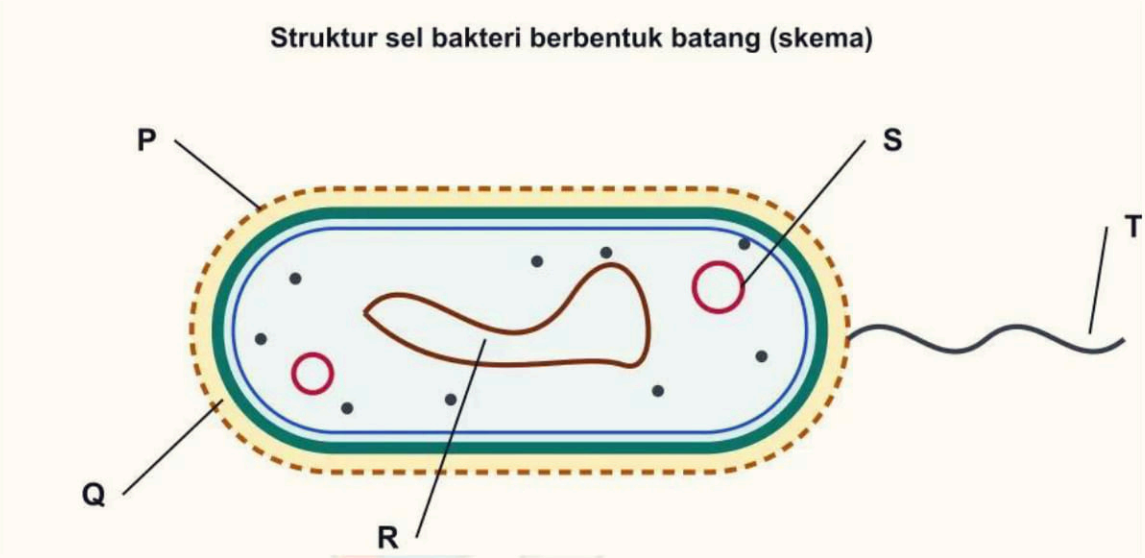
Penilaian yang tepat terhadap kesimpulan pengunjung itu adalah ....

A. tepat, karena tumbuhan yang ukuran dan bau bunganya mirip pasti termasuk dalam satu genus yang sama
B. kurang tepat, karena nama genus yang sama menunjukkan *R. arnoldii* lebih dekat ke *R. gadutensis*
C. tepat, karena nama spesies *titanum* dan *arnoldii* menunjukkan keduanya berada dalam satu famili
D. kurang tepat, karena tumbuhan yang hidup di taman wisata yang sama selalu berasal dari genus berbeda
E. kurang tepat, karena kekerabatan hanya dapat ditentukan dari habitat dan daerah sebaran tumbuhannya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Gambar menunjukkan skema sel bakteri *Escherichia coli*. Di sebuah rumah sakit, *E. coli* penyebab infeksi saluran kemih yang semula dapat dibunuh antibiotik X menjadi kebal terhadap antibiotik itu. Pemeriksaan menunjukkan bahwa sel tersebut menjadi kebal setelah menerima materi genetik dari bakteri lain yang sudah kebal melalui kontak langsung antarsel, tanpa membelah lebih dulu.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Bagian berlabel yang paling mungkin dipindahkan dari bakteri pemberi dan membawa gen kebal tersebut adalah ....



A. P, lapisan lendir di luar dinding sel yang menahan antibiotik agar tidak dapat masuk ke dalam sel
B. Q, dinding sel yang menebal karena berulang kali terpapar sehingga antibiotik tidak menembusnya
C. R, kromosom utama yang disalin seluruhnya lalu menggantikan kromosom milik bakteri penerima
D. S, molekul DNA kecil berbentuk cincin yang dapat disalin dan dipindahkan ke sel bakteri lain
E. T, alat gerak yang membawa bakteri pergi menjauh dari bagian tubuh yang mengandung antibiotik

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

13. Seorang peternak ayam pedaging mencampurkan antibiotik dosis rendah ke dalam pakan setiap hari selama bertahun-tahun agar ayamnya cepat besar dan jarang sakit. Pemeriksaan pada 2027 menunjukkan bahwa bakteri *Salmonella* dari kandangnya tidak lagi mati oleh antibiotik tersebut, padahal bakteri dari peternakan lain yang tidak memakai antibiotik dalam pakan masih dapat dibunuh.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat untuk menjelaskan kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Bakteri di kandang itu menjadi kebal karena setiap sel belajar menyesuaikan diri setelah berulang kali terpapar antibiotik.
☐ B. Antibiotik dosis rendah membunuh bakteri yang peka, sedangkan bakteri yang memiliki gen kebal bertahan dan membelah.
☐ C. Gen kebal yang dibawa plasmid dapat berpindah ke bakteri lain sehingga jumlah bakteri kebal bertambah lebih cepat.
☐ D. Menaikkan dosis antibiotik yang sama setiap tahun akan menghilangkan sifat kebal itu dari populasi bakteri untuk selamanya.
☐ E. Penggunaan antibiotik terus-menerus menjadi faktor seleksi sehingga proporsi bakteri kebal dalam populasi kandang meningkat.

14. Petugas laboratorium sebuah puskesmas mewarnai bakteri dari dua pasien dengan pewarnaan Gram. Bakteri dari pasien P tampak ungu, sedangkan bakteri dari pasien Q tampak merah muda. Kedua pasien mula-mula diberi antibiotik yang bekerja merusak pembentukan lapisan peptidoglikan dinding sel. Pasien P membaik, tetapi infeksi pasien Q tidak banyak berkurang.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan hasil pengobatan tersebut adalah ....

A. bakteri pasien Q bersifat Gram positif sehingga lapisan peptidoglikannya terlalu tebal untuk dirusak
B. bakteri pasien P tidak memiliki dinding sel sehingga antibiotik dapat langsung masuk dan membunuhnya
C. bakteri pasien Q bersifat Gram negatif yang dilindungi membran luar sehingga antibiotik sulit masuk
D. bakteri pasien P telah menerima plasmid kebal sehingga hanya bakteri pasien Q yang tetap peka terhadap obat
E. bakteri pasien Q menghasilkan racun yang lebih kuat sehingga kerusakan dindingnya tidak berpengaruh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

15. Kelompok murid membuat yogurt. Tiga gelas berisi susu yang sama masing-masing ditambah satu sendok biang yogurt (berisi bakteri asam laktat), ditutup, lalu disimpan pada suhu berbeda selama 8 jam. Hasilnya ditunjukkan pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk hasil percobaan tersebut adalah ....



A. gelas 1 tetap cair karena bakteri asam laktat mati pada suhu rendah dan tidak dapat hidup kembali
B. gelas 3 tetap cair karena suhu tinggi mempercepat pembelahan bakteri sehingga asam cepat habis
C. gelas 2 mengental karena suhu hangat membuat protein susu menggumpal tanpa peran bakteri
D. ketiga gelas berbeda karena jumlah biang yogurt yang ditambahkan pada tiap gelas tidak sama
E. gelas 2 mengental karena pada suhu hangat bakteri aktif mengubah gula susu menjadi asam laktat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Seorang petani di Grobogan menanam kedelai pada musim kemarau dan jagung pada musim hujan berikutnya di lahan yang sama. Ia memperhatikan bahwa jagung yang ditanam setelah kedelai tumbuh lebih subur daripada jagung di lahan tetangga yang ditanami jagung terus-menerus, walaupun keduanya diberi pupuk urea dalam jumlah sama. Saat mencabut akar kedelai, ia melihat banyak bintil kecil berwarna kemerahan di dalamnya.

Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk pengamatan petani tersebut adalah ....

A. bintil akar kedelai berisi jamur yang menguraikan pupuk urea sehingga nitrogennya tidak hilang
B. bakteri di bintil akar kedelai mengikat nitrogen dari udara sehingga tanah menjadi lebih subur
C. akar kedelai menyerap seluruh hama tanah sehingga jagung yang ditanam sesudahnya terbebas dari hama
D. bakteri di bintil akar kedelai bersifat parasit sehingga hanya tanaman jagung yang memperoleh manfaat
E. kedelai menghasilkan oksigen lebih banyak di dalam tanah sehingga akar jagung bernapas lebih baik

17. Dulu di beberapa daerah di Jawa Tengah pernah terjadi keracunan setelah warga memakan tempe bongkrek, yaitu tempe yang dibuat dari ampas kelapa. Keracunan terjadi bila selama pembuatan tempe tumbuh bakteri tertentu yang menghasilkan racun. Racun tersebut tahan panas. Seorang warga berpendapat, "Tempe bongkrek yang tercemar akan aman dimakan asalkan digoreng sampai matang, karena bakterinya pasti mati."

Penilaian yang paling tepat terhadap pendapat warga itu adalah ....

A. tepat, karena bakteri yang mati saat digoreng tidak dapat lagi berkembang biak di dalam tubuh
B. tepat, karena racun bakteri hanya terbentuk di dalam usus manusia setelah tempe dimakan
C. kurang tepat, karena menggoreng justru membuat bakteri membelah lebih cepat di dalam tempe
D. kurang tepat, karena racun yang sudah terbentuk tetap ada walau bakterinya mati saat dimasak
E. kurang tepat, karena tempe bongkrek selalu beracun walaupun tidak tercemar bakteri apa pun

18. Murid menghitung jumlah sel bakteri dalam 1 mL kuah sayur yang dibiarkan di meja pada suhu ruang.

Waktu sejak dimasak (menit)	0	30	60	90	120
Jumlah sel bakteri	500	1.000	2.000	4.000	8.000

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

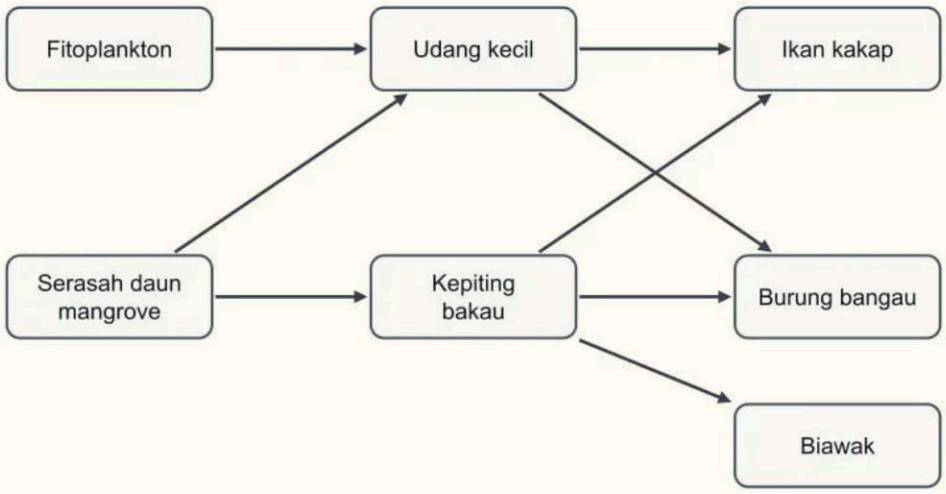
Bila keadaan tetap sama, jumlah sel bakteri pada menit ke-180 adalah ....

A. 12.000 sel, karena jumlah bakteri bertambah 2.000 sel setiap 30 menit
B. 16.000 sel, karena jumlah bakteri menjadi dua kali lipat setiap 60 menit
C. 32.000 sel, karena jumlah bakteri menjadi dua kali lipat setiap 30 menit
D. 24.000 sel, karena jumlah bakteri bertambah 8.000 sel setiap 30 menit
E. 64.000 sel, karena jumlah bakteri menjadi tiga kali lipat setiap 60 menit

19. Gambar menunjukkan jaring makanan sederhana di sebuah hutan mangrove di pesisir Sumatra. Selama beberapa tahun, kepiting bakau di kawasan itu ditangkap besar-besaran untuk dijual ke restoran, sehingga jumlahnya tinggal sedikit.
Jaring makanan disederhanakan untuk latihan soal.

Dampak yang paling mungkin terjadi pada jaring makanan tersebut adalah ....

Jaring makanan sederhana di hutan mangrove



Arah panah: dari yang dimakan ke yang memakan.

A. jumlah fitoplankton turun karena kepiting bakau adalah konsumen utama fitoplankton di jaring makanan ini
B. jumlah ikan kakap naik karena ikan kakap tidak lagi harus bersaing dengan kepiting dalam memakan udang
C. biawak tidak terpengaruh karena biawak tetap dapat memakan serasah daun mangrove sebagai pengganti
D. jumlah burung bangau naik karena kepiting bakau yang tersisa lebih mudah ditangkap oleh burung bangau
E. biawak kehilangan satu-satunya mangsa, sedangkan bangau dan kakap makin bergantung pada udang kecil

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

20. Sekolah membuat lubang biopori dan bak kompos untuk sampah daun dan sisa makanan kantin. Setelah beberapa minggu, sampah di bak kompos berubah menjadi bahan gembur berwarna gelap. Di dalamnya ditemukan cacing tanah, jamur berbenang putih, dan banyak bakteri. Kompos itu kemudian dipakai untuk memupuk tanaman sayur di kebun sekolah. *Kasus disusun untuk latihan soal.*

Peran jamur dan bakteri dalam bak kompos tersebut adalah ....

A. pengurai, yang menguraikan sisa makhluk hidup menjadi zat sederhana yang dapat diserap tumbuhan
B. produsen, yang membuat makanan sendiri dari sampah daun dengan bantuan cahaya matahari langsung
C. konsumen tingkat satu, yang memakan tumbuhan hidup di kebun sayur milik sekolah tersebut
D. parasit, yang mengambil makanan dari tanaman sayur sehingga tanaman menjadi lebih subur
E. predator, yang memangsa cacing tanah sehingga sampah daun lebih cepat menjadi kompos

21. Keong mas (*Pomacea canaliculata*) berasal dari Amerika Selatan dan masuk ke Indonesia sebagai hewan peliharaan. Keong yang lepas ke sawah berkembang biak sangat cepat dan memakan batang padi yang masih muda, sehingga petani harus menyulam (menanam ulang) bibit. Di sawah, hampir tidak ada hewan asli yang memangsa telur dan keong mas dewasa. Sejumlah petani kemudian menggembalakan itik di sawah setelah panen, dan jumlah keong mas di petak itu berkurang pada musim tanam berikutnya.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

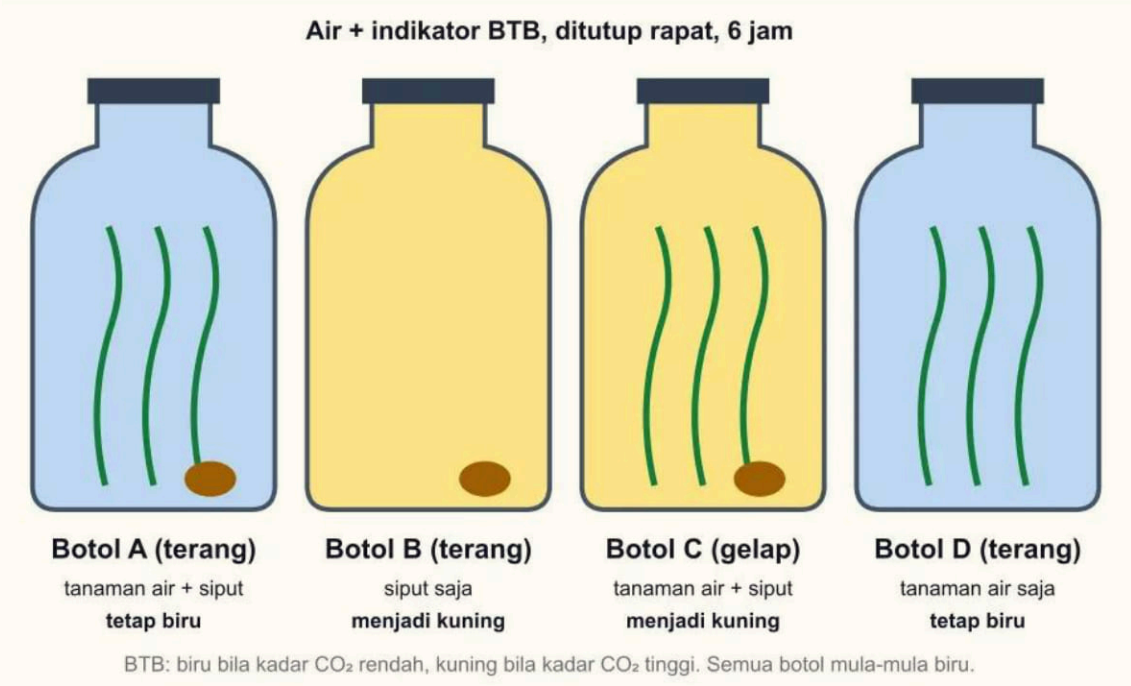
Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Keong mas mudah meledak jumlahnya di sawah karena di habitat barunya hampir tidak ada predator yang menekan populasinya.	○	○
Karena keong mas menambah jumlah jenis hewan di sawah, kehadirannya pasti meningkatkan kestabilan ekosistem sawah.	○	○
Itik yang memakan keong mas berperan sebagai predator sehingga cara ini termasuk pengendalian hayati.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

22. Murid mengisi empat botol dengan air kolam yang sama dan beberapa tetes indikator BTB (bromtimol biru). Isi dan tempat penyimpanan tiap botol berbeda, lalu botol ditutup rapat selama 6 jam. Warna air pada akhir percobaan ditunjukkan pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat dari hasil percobaan tersebut adalah ....



A. siput tidak menghasilkan CO_2 sama sekali karena air di botol A yang berisi siput tetap berwarna biru
B. tanaman air menghasilkan CO_2 di tempat terang karena air di botol D tetap berwarna biru
C. di tempat terang, tanaman air memakai CO_2 yang dihasilkan siput sehingga kadarnya tetap rendah
D. di tempat gelap, siput berhenti bernapas sehingga CO_2 di botol C hanya berasal dari tanaman
E. cahaya mengubah warna indikator BTB secara langsung sehingga botol terang tetap berwarna biru

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Petani jeruk di Kalimantan Barat membiarkan semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) bersarang di pohon jeruknya. Semut membuat sarang dari daun jeruk yang direkatkan, lalu memburu ulat dan kepik yang menyerang buah jeruk. Petani mencatat bahwa buah dari pohon yang dihuni semut rangrang lebih sedikit yang rusak daripada buah dari pohon tanpa semut, sedangkan pertumbuhan pohon tetap baik.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Jenis interaksi antara semut rangrang dan pohon jeruk, serta antara semut rangrang dan ulat, berturut-turut adalah ....

A. parasitisme, karena semut memakai daun jeruk; dan kompetisi, karena semut dan ulat sama-sama hidup di pohon
B. komensalisme, karena pohon jeruk tidak mendapat apa pun; dan mutualisme, karena ulat menjadi makanan semut
C. mutualisme, karena keduanya mendapat makanan dari buah jeruk; dan predasi, karena semut memangsa ulat
D. mutualisme, karena semut mendapat sarang dan pohon terlindungi; dan predasi, karena semut memangsa ulat
E. komensalisme, karena semut hanya menumpang; dan parasitisme, karena semut mengambil makanan dari tubuh ulat

24. Karang pembentuk terumbu hidup bersama alga kecil bernama zooxantela yang tinggal di dalam jaringan karang. Alga berfotosintesis dan memberikan sebagian besar hasil fotosintesisnya kepada karang, sedangkan karang memberi alga tempat tinggal yang terlindung serta CO_2 dan zat sisa yang dibutuhkan alga. Warna karang berasal dari alga ini. Bila suhu laut naik di atas batas biasanya selama beberapa minggu, alga keluar dari jaringan karang, karang tampak putih, dan bila keadaan itu berlangsung lama, karang dapat mati.

Pernyataan yang tepat berdasarkan informasi tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Hubungan karang dan zooxantela termasuk mutualisme karena keduanya memperoleh keuntungan.
☐ B. Karang memutih karena suhu tinggi langsung mematikan seluruh sel karang dalam beberapa jam.
☐ C. Bila suhu laut kembali normal, karang yang sudah lama memutih pasti pulih kembali sepenuhnya.
☐ D. Karang yang ditinggalkan alga kehilangan sumber makanan utamanya sehingga lama-kelamaan dapat mati.
☐ E. Kenaikan suhu laut sebagai faktor abiotik dapat mengubah interaksi antarmakhluk hidup di terumbu karang.

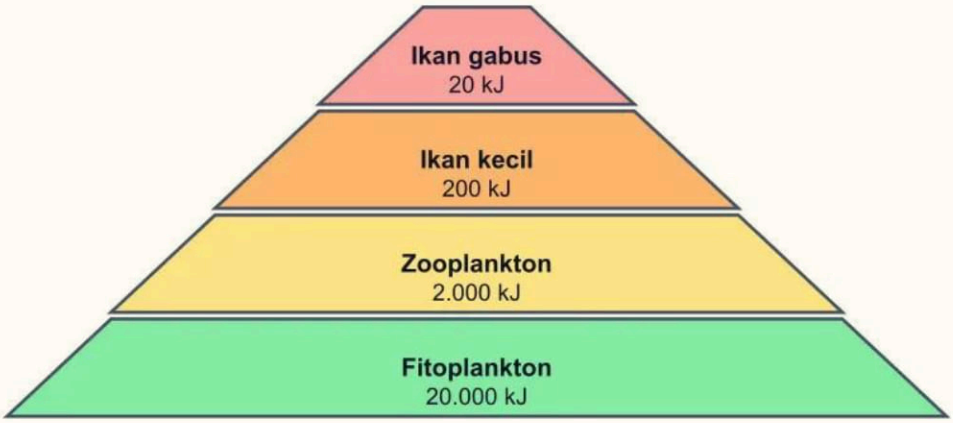
25. Gambar menunjukkan piramida energi pada sebuah danau. Seorang murid bertanya mengapa di danau itu jumlah ikan gabus (pemangsa puncak) jauh lebih sedikit daripada

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

ikan kecil.
Data disusun untuk latihan soal.

Jawaban yang paling tepat untuk pertanyaan murid tersebut adalah ....

Piramida energi di sebuah danau (kJ per m² per tahun)



Tingkat trofik I (bawah) sampai IV (atas)

A. ikan gabus memakan fitoplankton secara langsung sehingga energinya sudah cukup dengan jumlah sedikit
B. hanya sekitar 10 % energi berpindah ke tingkat berikutnya sehingga energi ikan gabus paling kecil
C. energi bertambah sepuluh kali lipat di setiap tingkat sehingga ikan gabus tidak perlu makan banyak
D. sebagian besar energi ikan kecil disimpan sebagai lemak sehingga seluruhnya berpindah ke ikan gabus
E. ikan gabus hidup lebih lama daripada ikan kecil sehingga jumlahnya otomatis lebih sedikit di danau

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya	1, 2, 3, 4, 5, 6	___ / 6	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.2 · Prinsip klasifikasi dan kunci determinasi	7, 8, 9, 10, 11	___ / 5	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	___ / 7	Ulangi hlm. 40
Sub bab 1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 7	Ulangi hlm. 62

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bab 2 · Sel dan Metabolisme

BIO-B2

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menentukan faktor yang memengaruhi kerja enzim dari data percobaan
- menelusuri tahap respirasi seluler dan memprediksi akibat bila satu tahap dihambat
- menjelaskan faktor yang memengaruhi fotosintesis dari hasil percobaan

Peta bab

Sub bab	Judul
2.1	Organel metabolisme dan kerja enzim
2.2	Respirasi seluler dan fermentasi
2.3	Fotosintesis dan kemosintesis

Bab 2 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-B2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim

BIO-2.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis proses metabolisme dan peran enzim**, dengan batasan: katabolisme, anabolisme, serta sifat dan cara kerja enzim. Sub bab ini membahas dua dasarnya: **di mana** metabolisme berlangsung (mitokondria dan kloroplas) dan **bagaimana** enzim mengatur kecepatannya.

Soal asli 2025 menguji enzim lewat percobaan murid dengan tiga tabung reaksi; 42 % peserta menjawab benar. Banyak peserta yang salah memilih faktor yang memang disebut jelas di soal, padahal faktor itu dibuat **sama** di semua tabung.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan katabolisme dan anabolisme serta menjelaskan peran ATP di antara keduanya;
- menghubungkan bagian mitokondria dan kloroplas dengan tahap metabolisme yang berlangsung di sana;
- menjelaskan cara kerja enzim dan memprediksi pengaruh suhu, pH, konsentrasi substrat, konsentrasi enzim, dan inhibitor terhadap laju reaksi;
- menentukan faktor yang diselidiki dalam sebuah percobaan enzim.

◆ KONSEP INTI

Di dalam setiap sel tubuhmu, ribuan reaksi kimia berlangsung setiap detik. Glukosa dipecah untuk mendapat energi, protein baru disusun dari asam amino, zat racun diuraikan, dan zat sisa disiapkan untuk dibuang. Seluruh reaksi kimia di dalam makhluk hidup itu disebut **metabolisme**. Metabolisme tidak berlangsung sembarangan. Setiap reaksi terjadi di tempat tertentu di dalam sel, dan hampir setiap reaksi dipercepat oleh **enzim** yang khusus untuk reaksi itu. Sub bab ini membahas keduanya: tempat (organel) dan pengaturnya (enzim). Keduanya menjadi dasar untuk memahami respirasi seluler (sub bab 2.2) dan fotosintesis (sub bab 2.3).

1. Metabolisme: katabolisme dan anabolisme

Reaksi metabolisme dibagi menjadi dua kelompok besar.

- **Katabolisme** adalah reaksi **pemecahan** molekul besar yang kompleks menjadi molekul kecil yang sederhana. Katabolisme **melepaskan energi**. Contoh utamanya adalah respirasi seluler: glukosa dipecah menjadi CO_2 dan air, dan energinya ditangkap sel.
- **Anabolisme** adalah reaksi **penyusunan** molekul kompleks dari molekul sederhana. Anabolisme **memerlukan energi**. Contohnya fotosintesis (menyusun glukosa dari CO_2 dan air), sintesis protein dari asam amino, dan pembentukan glikogen di hati.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Ciri	Katabolisme	Anabolisme
Arah reaksi	molekul besar → molekul kecil	molekul kecil → molekul besar
Energi	dilepaskan	diperlukan
Contoh	respirasi seluler, fermentasi, pencernaan	fotosintesis, kemosintesis, sintesis protein

Energi dari katabolisme tidak langsung dipakai, tetapi lebih dulu disimpan dalam molekul **ATP** (adenosin trifosfat). ATP tersusun atas basa adenin, gula ribosa, dan tiga gugus fosfat. Ikatan antara gugus fosfat kedua dan ketiga menyimpan energi yang mudah dilepas. Bila gugus fosfat terakhir dilepas, ATP berubah menjadi **ADP** (adenosin difosfat) dan energinya dipakai untuk bekerja: kontraksi otot, pengangkutan zat melintasi membran, penghantaran impuls saraf, dan reaksi anabolisme. ADP lalu diisi ulang menjadi ATP dengan energi dari katabolisme. Karena berpindah tangan terus-menerus seperti uang, ATP sering dijuluki **"mata uang energi" sel**.

Selain ATP, metabolisme memakai molekul **pembawa elektron**, terutama **NAD^+** dan **FAD** (pada respirasi) serta **$NADP^+$** (pada fotosintesis). Molekul ini menerima elektron dan hidrogen dari satu reaksi (berubah menjadi NADH, $FADH_2$, atau NADPH), lalu menyerahkannya ke reaksi lain. Kamu akan bertemu lagi dengan mereka di sub bab 2.2 dan 2.3.

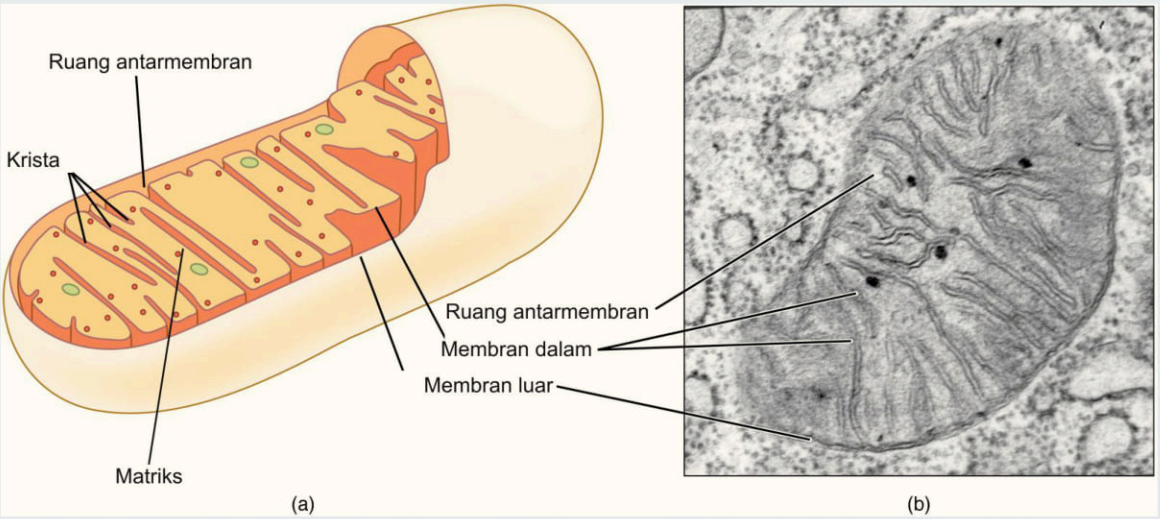
2. Mitokondria: tempat respirasi aerob

Mitokondria adalah organel tempat sebagian besar ATP sel dibentuk melalui respirasi aerob. Bentuknya umumnya lonjong seperti kapsul, panjangnya sekitar 1–10 mikrometer. Jumlahnya dalam satu sel sangat beragam dan mengikuti kebutuhan energi sel itu: sel otot jantung, sel hati, dan sel saraf memiliki ratusan sampai ribuan mitokondria, sedangkan sel darah merah dewasa tidak memiliki mitokondria sama sekali.

Perhatikan Gambar 2.1. Mitokondria dibungkus **dua lapis membran**, dan setiap bagiannya punya tugas sendiri:

- **Membran luar** halus dan cukup mudah dilalui molekul kecil. Membran ini membatasi mitokondria dari sitoplasma.
- **Membran dalam** berlipat-lipat ke arah dalam. Lipatannya disebut **krista**. Pada membran dalam tertanam protein-protein **rantai transpor elektron** dan enzim **ATP sintase**, pembuat ATP. Lipatan krista memperluas permukaan membran dalam, sehingga jumlah protein pembuat ATP yang dapat dimuat jauh lebih banyak. Sel yang sangat aktif, seperti sel otot jantung, memiliki krista yang rapat.
- **Ruang antarmembran** adalah celah sempit di antara membran luar dan membran dalam. Di ruang ini ion H^+ dikumpulkan sebelum mengalir kembali melalui ATP sintase.
- **Matriks** adalah cairan kental di bagian paling dalam. Matriks berisi enzim-enzim untuk **dekarboksilasi oksidatif** dan **siklus Krebs**, serta DNA dan ribosom milik mitokondria sendiri.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.1 (a) Struktur mitokondria yang dibelah, memperlihatkan dua lapis membran, krista, ruang antarmembran, dan matriks. (b) Mitokondria difoto dengan mikroskop elektron transmisi; garis-garis gelap di dalamnya adalah krista. Sumber: OpenStax (Anatomy and Physiology), Wikimedia Commons, CC BY 4.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Satu hal penting perlu diingat sejak awal: tahap pertama respirasi, yaitu **glikolisis**, **tidak** berlangsung di mitokondria, melainkan di **sitoplasma**. Glikolisis memecah glukosa menjadi asam piruvat. Piruvat inilah yang kemudian masuk ke mitokondria untuk diolah lebih lanjut.

Bila mitokondria rusak, sel kekurangan ATP. Sel yang paling cepat terkena adalah sel yang paling boros energi: sel saraf, sel otot jantung, dan sel otot rangka. Itulah sebabnya gangguan mitokondria sering tampak sebagai otot lemah, cepat lelah, atau gangguan saraf.

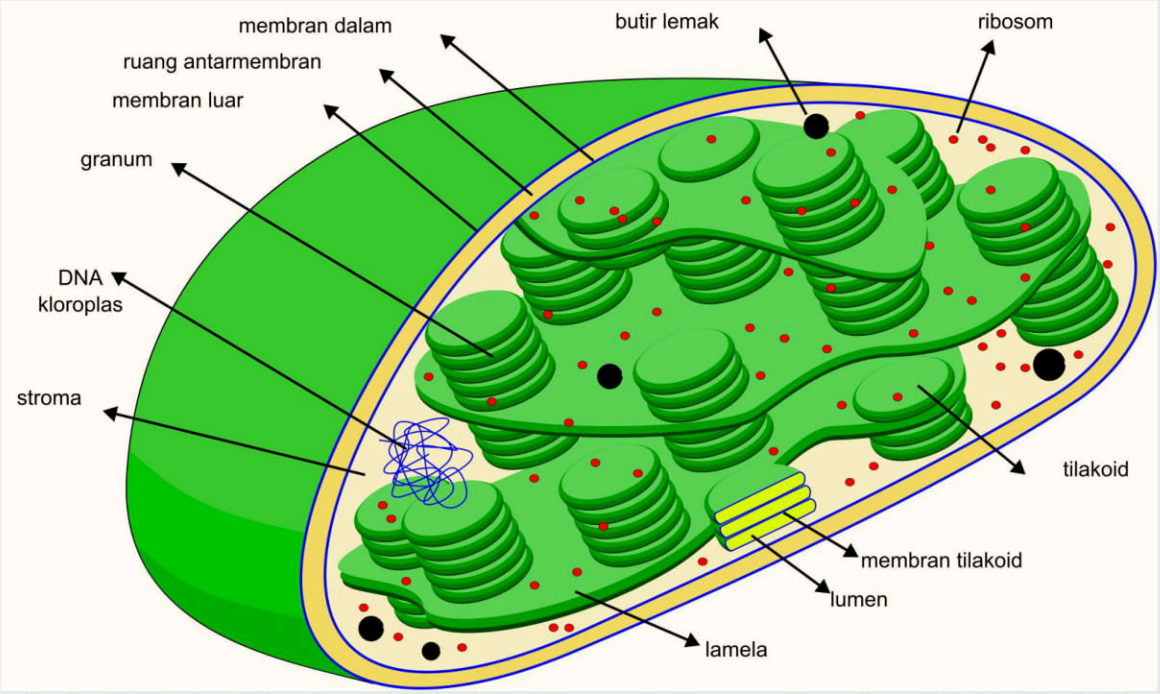
3. Kloroplas: tempat fotosintesis

Kloroplas adalah organel tempat fotosintesis. Kloroplas termasuk kelompok **plastida** dan hanya dimiliki tumbuhan dan alga. Pada daun, kloroplas paling banyak terdapat di sel-sel **mesofil**, yaitu jaringan di antara lapisan epidermis atas dan bawah. Satu sel mesofil dapat berisi puluhan kloroplas yang berbentuk seperti lensa.

Gambar 2.2 memperlihatkan bagian-bagian kloroplas:

- **Membran luar** dan **membran dalam**: kloroplas juga bermembran ganda, dengan ruang antarmembran di antaranya.
- **Tilakoid**: kantong-kantong pipih bermembran di dalam kloroplas. Pada **membran tilakoid** tertanam pigmen **klorofil**, rantai transpor elektron, dan ATP sintase. Di sinilah **reaksi terang** berlangsung: cahaya diserap, air dipecah, O_2 dilepaskan, serta ATP dan NADPH dibentuk. Rongga di dalam tilakoid disebut **lumen**.
- **Granum** (jamak: grana): tumpukan tilakoid yang menyerupai tumpukan koin. Tumpukan ini memperluas permukaan membran penangkap cahaya.
- **Lamela**: tilakoid yang memanjang dan menghubungkan satu granum dengan granum lain.
- **Stroma**: cairan di sekitar tilakoid, di dalam membran dalam. Stroma berisi enzim-enzim **siklus Calvin**, termasuk enzim **rubisko** yang mengikat CO_2, serta DNA dan ribosom milik kloroplas sendiri.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.2 Struktur kloroplas yang dibelah. Reaksi terang berlangsung di membran tilakoid; siklus Calvin berlangsung di stroma. Sumber: Miguelsierra (diterjemahkan oleh Sentausa), Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; beberapa label disesuaikan.

Mitokondria dan kloroplas memiliki banyak kemiripan, seperti terlihat pada tabel berikut.

Ciri	Mitokondria	Kloroplas
Dimiliki oleh	hampir semua sel eukariota (hewan, tumbuhan, jamur)	sel tumbuhan dan alga yang berwarna hijau
Proses utama	respirasi aerob (katabolisme)	fotosintesis (anabolisme)
Membran tempat ATP dibentuk	membran dalam (krista)	membran tilakoid
Cairan berisi enzim	matriks: siklus Krebs	stroma: siklus Calvin
Ion H^+ dikumpulkan di	ruang antarmembran	lumen tilakoid
DNA dan ribosom sendiri	ada	ada

Perhatikan bahwa sel tumbuhan memiliki **keduanya**. Tumbuhan tidak hanya berfotosintesis; tumbuhan juga bernapas siang dan malam di mitokondria, sama seperti hewan.

Pengayaan: kemiripan mitokondria dan kloroplas dengan bakteri (DNA berbentuk lingkaran, ribosom kecil, membran ganda) menjadi dasar **teori endosimbiosis**: kedua organel ini diduga berasal dari bakteri yang dahulu ditelan sel lain dan kemudian hidup menetap di dalamnya.

4. Enzim: katalis yang terbuat dari protein

Reaksi kimia baru dapat berlangsung bila molekul-molekulnya mendapat dorongan energi awal yang disebut **energi aktivasi**. Bayangkan kamu harus mendorong batu melewati sebuah bukit sebelum batu itu dapat menggelinding sendiri ke lembah. Bukit itu adalah energi aktivasi. Di

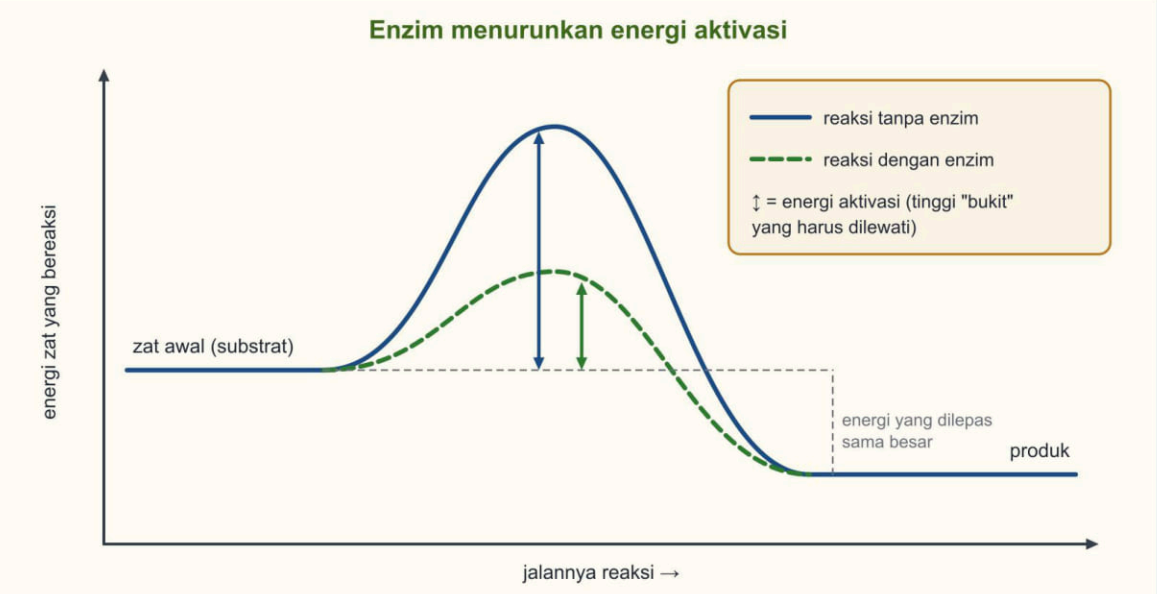
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

laboratorium, energi aktivasi biasanya dipenuhi dengan memanaskan zat. Sel tidak dapat melakukan itu, karena suhu tinggi merusak sel.

Enzim adalah **biokatalisator**, yaitu zat yang mempercepat reaksi di dalam makhluk hidup dengan cara **menurunkan energi aktivasi** (Gambar 2.3). Bukitnya dibuat lebih rendah, sehingga reaksi dapat berlangsung cepat pada suhu tubuh. Enzim memiliki sifat-sifat berikut:

1. **Sebagian besar enzim adalah protein.** Karena itu kerja enzim dipengaruhi oleh segala sesuatu yang dapat mengubah bentuk protein, seperti suhu dan pH.
2. **Enzim tidak ikut habis.** Setelah reaksi selesai, enzim kembali seperti semula dan dapat dipakai lagi berkali-kali. Karena itu enzim cukup dibutuhkan dalam jumlah sedikit.
3. **Enzim tidak mengubah hasil akhir reaksi.** Enzim hanya mempercepat tercapainya hasil itu. Jumlah produk akhir tetap ditentukan oleh jumlah bahan (substrat).
4. **Enzim bersifat spesifik.** Satu jenis enzim umumnya hanya bekerja pada satu jenis substrat atau satu jenis reaksi. Amilase memecah amilum, tetapi tidak memecah protein.
5. **Banyak reaksi enzim dapat berbalik arah** (reversibel), bergantung pada jumlah zat di kedua sisi reaksi.

Zat yang diubah oleh enzim disebut **substrat**, dan zat yang dihasilkan disebut **produk**. Nama enzim umumnya diberi akhiran *-ase* dan sering menyebut substratnya: amilase (substrat amilum), lipase (lipid), protease (protein), sukrase (sukrosa), dan katalase (menguraikan hidrogen peroksida, H_2O_2, zat beracun hasil metabolisme, menjadi air dan oksigen).



Gambar 2.3 Energi aktivasi reaksi tanpa enzim dan dengan enzim. Enzim menurunkan "bukit" energi, tetapi tidak mengubah energi zat awal maupun produk. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Banyak enzim tidak dapat bekerja sendirian. Bagian protein enzim disebut **apoenzim**, dan bagian bukan protein yang membantunya disebut **kofaktor**. Gabungan keduanya yang siap bekerja disebut **holoenzim**. Kofaktor dapat berupa:

- **ion logam**, misalnya Mg^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{2+}, dan Cu^{2+}; itulah sebabnya tubuh memerlukan mineral walaupun dalam jumlah kecil;
- **koenzim**, yaitu molekul organik kecil yang banyak di antaranya dibuat dari **vitamin**, terutama vitamin B. Misalnya, NAD^{+} dibuat dari niasin (vitamin B3) dan FAD dibuat dari riboflavin (vitamin B2).

Kekurangan vitamin B berarti kekurangan koenzim, sehingga enzim-enzim metabolisme energi bekerja lambat. Contoh nyata di Indonesia adalah **beri-beri**, penyakit akibat kekurangan vitamin B1 (tiamin) yang dahulu banyak menyerang orang yang hanya makan beras sosoh putih. Penderitanya lemah, kesemutan, dan dapat mengalami gangguan jantung.

5. Cara kerja enzim: sisi aktif dan dua model

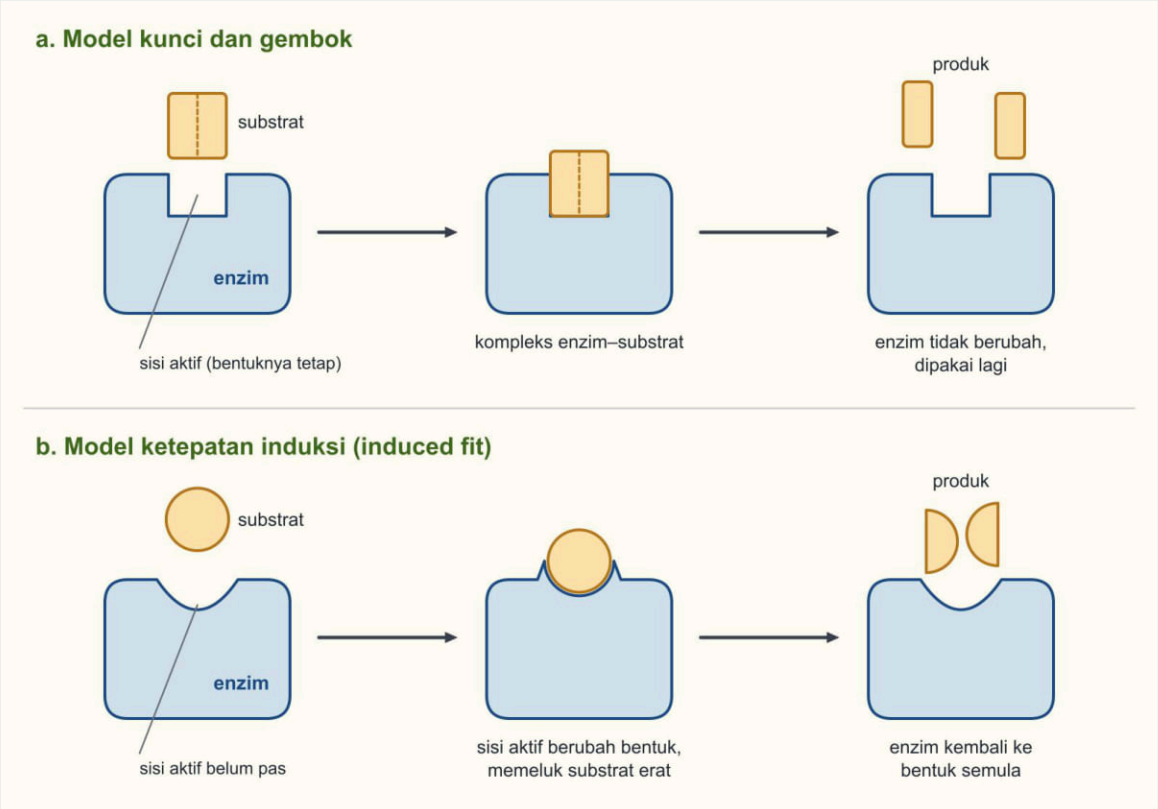
Setiap enzim memiliki bagian berbentuk lekukan atau celah yang disebut **sisi aktif**. Di sisi aktif inilah substrat menempel. Urutan kerja enzim adalah sebagai berikut:

1. Substrat bertemu enzim dan masuk ke sisi aktif yang bentuknya sesuai.
2. Terbentuk **kompleks enzim–substrat**. Sisi aktif menekan, meregangkan, atau mendekatkan bagian-bagian substrat sehingga ikatan lebih mudah putus atau terbentuk.
3. Substrat berubah menjadi produk.
4. Produk dilepaskan, dan enzim kembali seperti semula, siap menerima substrat berikutnya.

Para ilmuwan menjelaskan kecocokan enzim dan substrat dengan dua model (Gambar 2.4):

- **Model kunci dan gembok** (Emil Fischer, 1894). Sisi aktif enzim berbentuk kaku dan tepat sesuai bentuk substrat, seperti gembok yang hanya dapat dibuka satu anak kunci. Model ini menjelaskan mengapa enzim sangat spesifik.
- **Model ketepatan induksi** (*induced fit*, Daniel Koshland, 1958). Sisi aktif tidak kaku. Ketika substrat mendekat, sisi aktif **berubah bentuk sedikit** sehingga memeluk substrat dengan lebih erat, seperti sarung tangan yang menyesuaikan diri dengan bentuk tangan. Model ini lebih sesuai dengan pengamatan modern dan menjelaskan mengapa sebagian enzim dapat bekerja pada beberapa substrat yang mirip.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.4 Dua model kerja enzim. Pada kedua model, enzim keluar dari reaksi tanpa berubah dan dapat dipakai lagi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kedua model sepakat pada satu hal penting: **bentuk sisi aktif menentukan kerja enzim**. Apa pun yang mengubah bentuk sisi aktif akan mengubah kerja enzim. Gagasan inilah yang menjelaskan semua faktor pada bagian berikutnya.

6. Faktor yang memengaruhi kerja enzim

Kecepatan reaksi yang dipercepat enzim disebut **laju reaksi**, misalnya banyaknya produk yang terbentuk per menit. Ada lima faktor utama yang memengaruhinya.

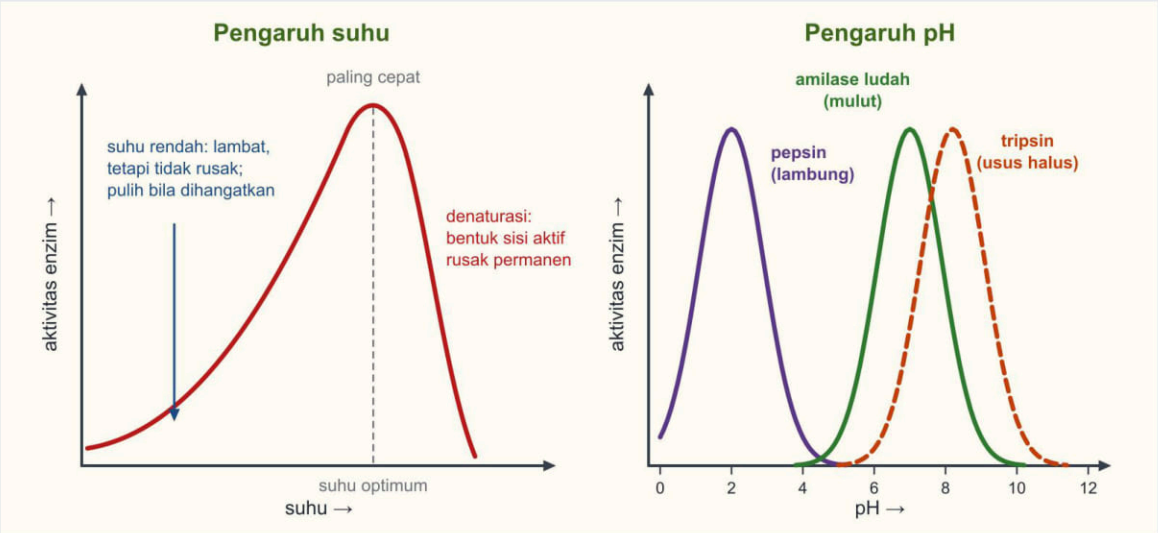
a. Suhu. Perhatikan Gambar 2.5 bagian kiri. Pada suhu rendah, molekul enzim dan substrat bergerak lambat dan jarang bertabrakan, sehingga reaksi lambat. Bila suhu dinaikkan, gerakan molekul makin cepat dan laju reaksi naik, sampai mencapai **suhu optimum**, yaitu suhu ketika enzim bekerja paling cepat. Enzim tubuh manusia umumnya optimum pada sekitar 37 °C. Di atas suhu optimum, laju reaksi **turun tajam**. Getaran molekul yang terlalu kuat memutus ikatan-ikatan lemah yang menjaga bentuk tiga dimensi protein. Bentuk sisi aktif rusak, dan substrat tidak dapat lagi menempel. Kerusakan bentuk protein ini disebut **denaturasi**, dan umumnya **permanen**: enzim tidak pulih walaupun didinginkan kembali, sama seperti putih telur yang sudah direbus tidak dapat kembali bening.

Suhu rendah berbeda akibatnya. Pada suhu rendah enzim hanya **tidak aktif sementara**; bentuknya tidak rusak. Bila dihangatkan kembali ke suhu optimum, enzim bekerja normal lagi. Prinsip ini dipakai sehari-hari: makanan di lemari pendingin lebih awet karena enzim bakteri dan enzim makanan itu sendiri bekerja sangat lambat. Sebaliknya, sayuran yang akan dibekukan biasanya direbus sebentar (diblansir) lebih dulu supaya enzim di dalamnya terdenaturasi dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

warna serta rasanya tidak berubah selama disimpan.

Suhu optimum bergantung pada asal enzim. Enzim dari bakteri yang hidup di sumber air panas dapat bekerja optimum pada suhu di atas 70 °C, sedangkan enzim dari ikan laut dingin optimum pada suhu yang jauh lebih rendah. Demam yang sangat tinggi berbahaya bagi manusia, antara lain karena enzim-enzim tubuh mulai bekerja tidak normal.



Gambar 2.5 Kurva konsep aktivitas enzim terhadap suhu (kiri) dan pH (kanan). Setiap enzim mempunyai suhu optimum dan pH optimum sendiri; kurva ini menunjukkan pola, bukan data pengukuran. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

b. pH. Sisi aktif enzim mengandung bagian-bagian yang bermuatan listrik. Muatan ini membantu substrat menempel. Bila keasaman (pH) berubah, muatan itu ikut berubah, sehingga substrat sulit menempel dan aktivitas enzim turun. Pada pH yang sangat jauh dari optimumnya, enzim bahkan terdenaturasi. Karena itu setiap enzim memiliki **pH optimum**, dan pH optimum itu biasanya sesuai dengan tempat enzim bekerja (Gambar 2.5 kanan):

Enzim	Tempat bekerja	pH tempat itu	pH optimum enzim
Amilase ludah (ptialin)	rongga mulut	sekitar netral	sekitar 7
Pepsin	lambung	sangat asam (HCl)	sekitar 2
Tripsin, lipase pankreas	usus halus	sedikit basa	sekitar 8

Jadi tidak ada satu pH yang "terbaik untuk semua enzim". Pepsin justru bekerja paling baik pada keasaman yang akan merusak sebagian besar enzim lain.

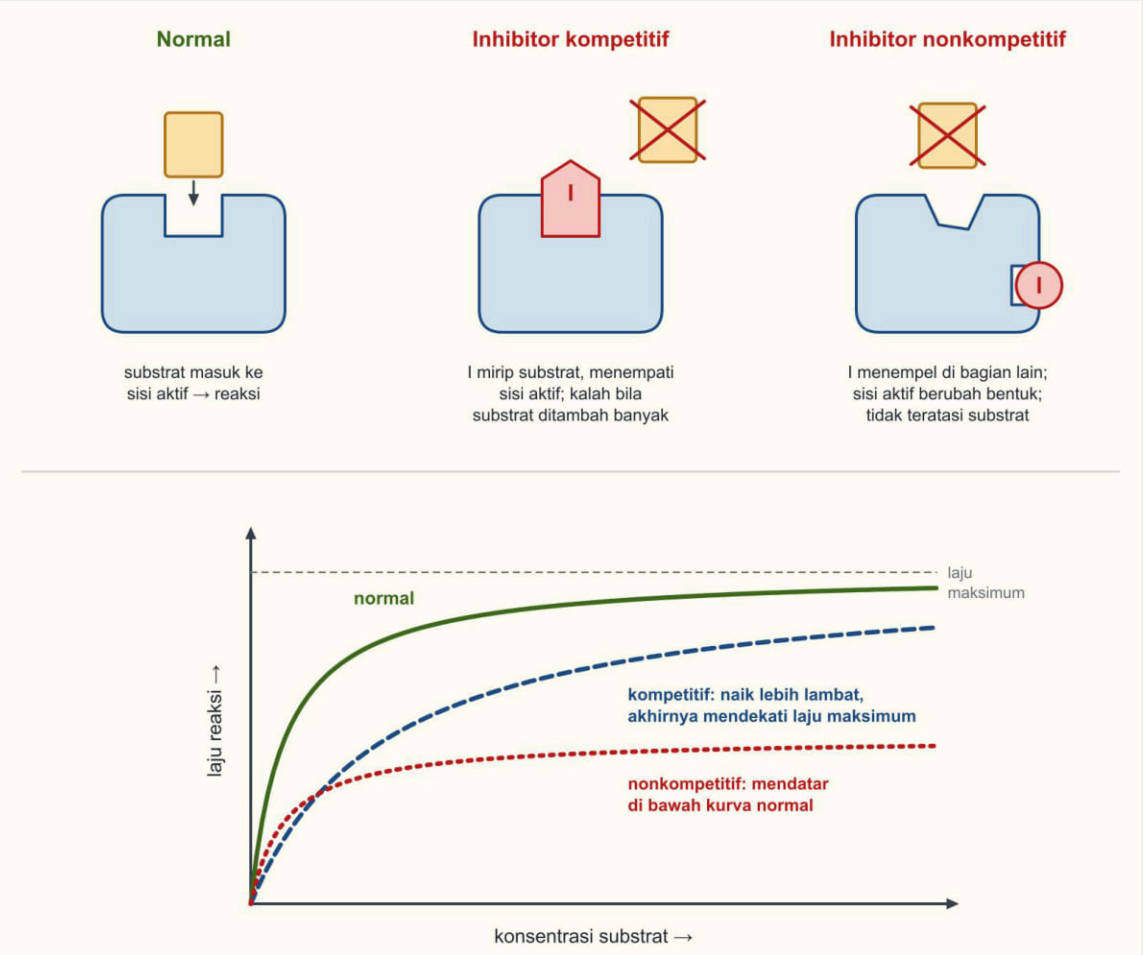
c. Konsentrasi substrat. Bila jumlah enzim tetap dan substrat ditambah sedikit demi sedikit, laju reaksi mula-mula naik, karena makin banyak sisi aktif yang terisi. Pada konsentrasi substrat tertentu, kurva **mendatar**. Semua sisi aktif sudah sibuk bekerja; enzim sudah **jenuh**. Menambah substrat lagi tidak mempercepat reaksi. Bayangkan sebuah toko dengan tiga kasir. Bila pembeli sedikit, menambah pembeli menambah jumlah pembeli yang dilayani per menit. Bila ketiga kasir sudah terus sibuk, menambah pembeli hanya memperpanjang antrean.

d. Konsentrasi enzim. Selama substrat tersedia cukup banyak, menambah enzim mempercepat reaksi, seperti membuka kasir baru. Akan tetapi, ingat sifat ketiga enzim: **jumlah produk akhir** tetap ditentukan oleh jumlah substrat. Enzim yang lebih banyak hanya membuat produk itu tercapai lebih cepat.

e. Inhibitor (penghambat). Inhibitor adalah zat yang menurunkan aktivitas enzim. Ada dua jenis utama (Gambar 2.6):

- **Inhibitor kompetitif** bentuknya **mirip substrat**, sehingga dapat menempel di **sisi aktif** dan bersaing (berkompetisi) dengan substrat. Selama inhibitor menempati sisi aktif, substrat tidak dapat masuk. Persaingan ini dapat dimenangkan substrat bila jumlah substrat **ditambah banyak**: makin banyak substrat, makin kecil peluang inhibitor menempati sisi aktif. Pada grafik, kurva dengan inhibitor kompetitif naik lebih lambat, tetapi pada substrat sangat tinggi akhirnya mendekati laju maksimum normal.
- **Inhibitor nonkompetitif** menempel di **bagian lain** enzim, bukan di sisi aktif. Tempelan itu mengubah bentuk enzim sehingga sisi aktif tidak lagi berfungsi baik. Karena inhibitor tidak bersaing di sisi aktif, menambah substrat **tidak** menghilangkan hambatannya. Pada grafik, kurva dengan inhibitor nonkompetitif mendatar **di bawah** kurva normal.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.6 Inhibitor kompetitif bersaing di sisi aktif; inhibitor nonkompetitif menempel di bagian lain dan mengubah bentuk sisi aktif. Bawah: kurva konsep laju reaksi terhadap konsentrasi substrat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Inhibitor ada di sekitar kita. Banyak obat bekerja sebagai inhibitor enzim milik bakteri atau enzim tubuh yang terlalu aktif. Banyak racun juga bekerja sebagai inhibitor. Ion logam berat seperti timbal dapat menempel pada bagian enzim di luar sisi aktif dan merusak bentuknya; inilah salah satu alasan pencemaran logam berat berbahaya bagi kesehatan. Sel sendiri juga memakai inhibitor untuk mengatur metabolisme: bila produk akhir suatu jalur sudah cukup banyak, produk itu dapat menghambat enzim pertama di jalur tersebut, sehingga sel tidak membuang bahan dan energi untuk membuat produk yang berlebih.

7. Menyelidiki enzim dengan percobaan

Pengaruh setiap faktor di atas diketahui dari percobaan. Agar hasil percobaan dapat dipercaya, peneliti mengubah **hanya satu faktor** dan menjaga faktor lain tetap sama. Ada tiga jenis variabel:

- **Variabel bebas**: faktor yang **sengaja dibuat berbeda** antartabung, misalnya suhu, pH, atau jumlah enzim. Inilah faktor yang diselidiki pengaruhnya.
- **Variabel terikat**: hasil yang diukur dan berubah karena variabel bebas, misalnya banyaknya gelembung gas, kejernihan larutan, atau waktu sampai substrat habis.
- **Variabel kontrol**: faktor yang **dibuat sama** di semua tabung, misalnya jumlah substrat,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

waktu, dan suhu ruang. Faktor ini dijaga sama justru supaya **tidak** menjadi penyebab perbedaan hasil.

Sering ada pula **tabung kontrol**, misalnya tabung berisi substrat tanpa enzim. Tabung ini menunjukkan apa yang terjadi bila enzim tidak bekerja, sehingga perubahan pada tabung lain dapat dipastikan berasal dari enzim.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Katalase hati ayam pada empat suhu

Pada 2026, Rina dan kelompoknya menguji enzim katalase. Mereka memasukkan 1 g potongan hati ayam segar ke empat tabung yang masing-masing sudah disimpan 10 menit pada suhu berbeda, lalu menambahkan 5 mL larutan H_2O_2 3 % ke setiap tabung. Tinggi buih (gelembung O_2) diukur setelah 2 menit: 5 °C → 1,0 cm; 25 °C → 2,5 cm; 37 °C → 4,0 cm; 80 °C → 0 cm. *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.* Tentukan variabelnya dan jelaskan hasilnya.

1. Cari yang **dibuat berbeda** antartabung: hanya suhu. Jadi **variabel bebas** = suhu.
2. Cari yang **diukur**: tinggi buih, yang menunjukkan banyaknya O_2 hasil penguraian H_2O_2. Jadi **variabel terikat** = tinggi buih (laju kerja katalase).
3. Cari yang **dibuat sama**: massa hati, volume dan kadar H_2O_2, serta lama pengamatan. Itulah **variabel kontrol**.
4. Jelaskan polanya dengan Gambar 2.5. Dari 5 °C sampai 37 °C, buih makin tinggi karena gerakan molekul makin cepat dan tabrakan enzim–substrat makin sering. Di antara suhu yang diuji, 37 °C memberi hasil tertinggi.
5. Jelaskan tabung 80 °C: buih tidak terbentuk sama sekali. Katalase terdenaturasi, bentuk sisi aktifnya rusak, sehingga H_2O_2 tidak diuraikan.
6. Batasi kesimpulan: suhu optimum yang tepat belum dapat ditentukan, karena suhu di antara 37 °C dan 80 °C tidak diuji.

Kesimpulan: suhu memengaruhi kerja katalase; laju naik sampai sekitar 37 °C (tertinggi di antara suhu yang diuji) dan hilang pada 80 °C karena enzim terdenaturasi.

Contoh 2 — Kapsul enzim yang bersalut tahan asam

Pak Hendra mengalami gangguan pankreas sehingga pankreasnya tidak cukup mengeluarkan enzim pencernaan. Dokter memberinya kapsul berisi enzim lipase dan protease dari pankreas hewan, dengan pesan: "Telan utuh, jangan dikunyah atau dibuka." Kapsul itu dilapisi salut yang tidak larut dalam asam, tetapi larut pada pH sedikit basa. *Tokoh fiktif.* Mengapa kapsul dibuat seperti itu?

1. Tentukan tempat enzim seharusnya bekerja: enzim pankreas bekerja di **usus halus**, yang sedikit basa (pH sekitar 8). pH optimum enzim itu sesuai dengan tempatnya.
2. Telusuri perjalanan kapsul: sebelum sampai di usus halus, kapsul melewati **lambung** yang sangat asam (pH sekitar 2).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Hubungkan dengan sifat enzim: pH 2 jauh dari pH optimum enzim pankreas. Muatan di sisi aktif berubah, dan pada keasaman sekuat itu enzim terdenaturasi. Enzim yang sudah rusak tidak pulih walaupun kemudian sampai di usus.
4. Jelaskan fungsi salut: salut tetap utuh di lambung yang asam, lalu larut di usus halus yang sedikit basa. Enzim baru keluar di tempat yang pH-nya sesuai.
5. Jelaskan pesan dokter: bila kapsul dikunyah atau dibuka, salutnya rusak dan enzim terpapar asam lambung.

Jawaban: salut tahan asam melindungi enzim pankreas dari denaturasi di lambung, sehingga enzim baru dilepas di usus halus yang pH-nya mendekati pH optimum enzim tersebut.

Contoh 3 — Obat yang meniru substrat

Bakteri membuat sendiri asam folat, zat yang dibutuhkannya untuk membuat DNA. Salah satu bahannya adalah zat bernama PABA, yang diubah oleh sebuah enzim bakteri. Obat golongan **sulfonamida** memiliki bentuk molekul yang sangat mirip dengan PABA. (a) Termasuk jenis inhibitor apakah sulfonamida? (b) Apa yang terjadi pada hambatan obat bila di sekitar bakteri tersedia PABA dalam jumlah sangat banyak? (c) Bandingkan dengan ion timbal yang merusak bentuk enzim dari luar sisi aktif.

1. Hubungkan bentuk dengan tempat menempel: obat yang mirip substrat dapat masuk ke **sisi aktif** dan bersaing dengan PABA. Jadi sulfonamida adalah **inhibitor kompetitif**.
2. Terapkan aturan persaingan: bila PABA sangat banyak, sisi aktif lebih sering ditempati PABA daripada obat. Hambatan obat **melemah**, dan enzim bakteri kembali bekerja mendekati laju normalnya.
3. Bandingkan dengan timbal: timbal tidak bersaing di sisi aktif, tetapi merusak bentuk enzim dari bagian lain. Menambah substrat tidak menolong; laju maksimum tetap rendah. Timbal bekerja sebagai **inhibitor nonkompetitif**.
4. Tambahkan satu pemahaman: sel manusia tidak membuat asam folat sendiri (kita mendapatkannya dari makanan), sehingga enzim yang dihambat obat ini tidak ada pada sel kita.

Jawaban: (a) kompetitif; (b) hambatannya berkurang karena PABA memenangkan persaingan di sisi aktif; (c) hambatan timbal tidak dapat diatasi dengan menambah substrat karena timbal bersifat nonkompetitif.

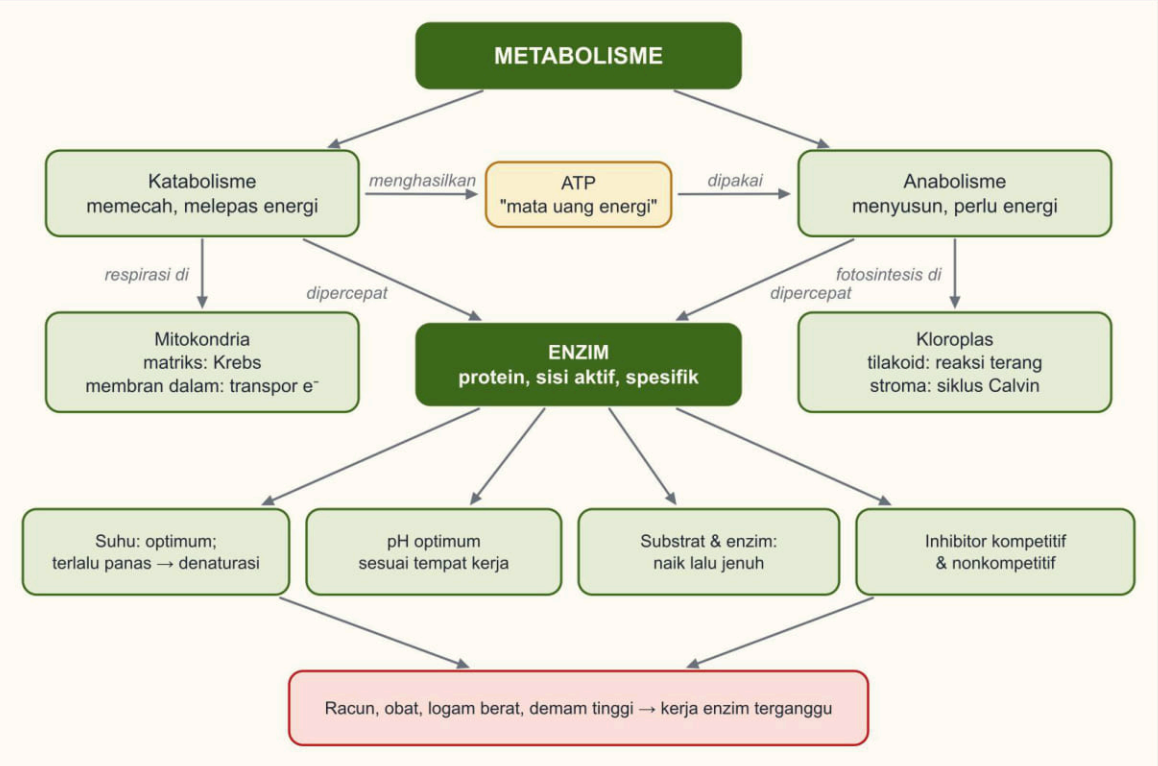
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Metabolisme = katabolisme (memecah, melepas energi) + anabolisme (menyusun, memerlukan energi); ATP menjadi penghubung keduanya.
- Mitokondria: matriks → siklus Krebs; membran dalam (krista) → transpor elektron dan ATP sintase. Glikolisis berlangsung di sitoplasma.
- Kloroplas: membran tilakoid → reaksi terang; stroma → siklus Calvin.
- Enzim = protein yang menurunkan energi aktivasi, spesifik, tidak habis, dan tidak menambah jumlah produk akhir.
- Bentuk sisi aktif menentukan kerja enzim: suhu terlalu tinggi dan pH ekstrem → denaturasi (permanen); suhu rendah → lambat sementara.
- Inhibitor kompetitif dapat dikalahkan dengan menambah substrat; inhibitor nonkompetitif tidak.
- Dalam percobaan, faktor yang diselidiki adalah faktor yang dibuat berbeda.

Gambar 2.7 merangkum hubungan antarkonsep itu dalam satu bagan.



Gambar 2.7 Peta konsep organel metabolisme dan kerja enzim. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab:

1. **Buat tabel perlakuan.** Tulis setiap tabung beserta perlakuannya, lalu lingkari kolom yang isinya berbeda. Itulah variabel bebas; kolom yang isinya sama adalah variabel kontrol.
2. **Baca grafik dari sumbunya.** Tentukan variabel pada sumbu mendatar dan tegak, lalu cari titik optimum atau titik jenuh. Bila ada beberapa kurva, bandingkan nilainya pada titik yang ditanyakan, bukan hanya puncaknya.
3. **Untuk soal suhu**, tanyakan apakah enzim pernah berada **di atas** suhu optimumnya. Bila pernah, kerusakannya tidak pulih walaupun didinginkan. Ingat juga bahwa suhu optimum bergantung pada asal enzim.
4. **Untuk soal inhibitor**, lihat ujung kanan grafik (substrat tinggi): apakah kurva dengan inhibitor kembali mendekati kurva normal (kompetitif) atau tetap mendatar di bawahnya (nonkompetitif)?
5. **Untuk soal organel**, cocokkan bagian berlabel dengan fungsinya (bagian 2 dan 3) sebelum memikirkan akibatnya. Tanyakan: tahap apa yang berlangsung di bagian itu, dan tahap apa yang berlangsung di luar organel?

Jebakan yang sering dipasang:

- **Variabel kontrol dikira penyebab.** Suhu inkubasi yang disebut dengan jelas sering dipilih, padahal sama di semua tabung.
- **"Didinginkan, lalu pulih."** Enzim yang sudah terdenaturasi oleh panas tidak kembali aktif.
- **Suhu rendah dikira merusak.** Lemari pendingin memperlambat enzim, tetapi tidak merusaknya.
- **Laju disamakan dengan hasil akhir.** Menambah enzim mempercepat reaksi, tetapi tidak menambah jumlah produk akhir bila substratnya sama.
- **Satu pH dianggap terbaik untuk semua enzim.** Pepsin, amilase ludah, dan tripsin memiliki pH optimum yang berbeda.
- **Glikolisis ditempatkan di mitokondria.**

> Contoh salah tafsir: dua tabung berisi pati yang sama banyak. Tabung A diberi 1 mL amilase, tabung B diberi 3 mL amilase, dan keduanya dijaga pada pH 7 dan suhu 37 °C. Pati di tabung B habis lebih cepat. Seorang siswa menyimpulkan "pH 7 adalah pH terbaik untuk amilase". Kesimpulan itu tidak dapat diambil dari percobaan ini, karena pH kedua tabung sama. Yang dibuktikan percobaan ini adalah pengaruh **jumlah enzim** terhadap laju reaksi.

• BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Nomor 4 (enzim protease dan putih telur, PG, 42 % benar). Tiga tabung berisi putih telur diberi perlakuan berbeda, lalu semuanya direndam dalam air bersuhu 37 °C selama 30 menit. Kejernihan larutan menunjukkan kerja enzim. Kamu diminta menentukan faktor utama yang memengaruhi kerja enzim.

- Konsep kunci: menyelidiki enzim dengan percobaan (bagian 7) dan faktor-faktor enzim (bagian 6, Gambar 2.5).
- Langkah: buat tabel perlakuan dari gambar → temukan **satu-satunya** hal yang berbeda antartabung → cocokkan dengan hasil kejernihan.
- Pengecoh yang dipasang: suhu dan waktu inkubasi, yang disebut jelas di teks tetapi dibuat sama; konsentrasi enzim dan jenis substrat, yang terdengar wajar tetapi tidak dibedakan antartabung.

Rujukan: soal nomor 4 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan data pembentukan gula oleh enzim selulase pada jumlah jerami yang berbeda. Perhatikan cara membaca titik ketika laju berhenti naik, lalu menghubungkannya dengan sisi aktif enzim yang sudah terisi semua (bagian 5 dan 6).

►. Kelompok murid sebuah SMA meneliti pembuatan gula dari jerami padi pada 2027. Setiap tabung berisi 1 mL larutan enzim selulase yang sama dan 100 mL larutan penyangga, pada suhu 50 °C dan pH 5, yaitu suhu dan pH optimum enzim itu. Jumlah jerami halus di setiap tabung berbeda. Gula yang terbentuk dalam 10 menit pertama diukur sebagai berikut.

Jerami halus (g)	2	4	6	8	10	12
Gula terbentuk (mg per 10 menit)	18	35	50	58	60	60

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan hasil pada 10–12 g jerami dan cara mempercepat pembentukan gula pada keadaan itu adalah ....

A. jerami berlebih menghambat kerja selulase, sehingga laju naik bila jerami dikurangi menjadi 8 g
B. semua sisi aktif selulase sudah terisi, sehingga laju naik bila jumlah selulase ditambah
C. jerami masih menjadi faktor pembatas, sehingga laju naik bila jerami ditambah menjadi 16 g
D. selulase mulai rusak oleh suhu 50 °C, sehingga laju naik bila suhu campuran diturunkan
E. selulase ikut terurai menjadi gula, sehingga laju 60 mg adalah batas yang tak terlampaui

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: enzim bekerja melalui **sisi aktif** yang berikatan dengan substrat. Bila substrat sedikit, menambah substrat mempercepat reaksi. Bila substrat sudah banyak, semua sisi aktif sibuk bekerja: enzim **jenuh** dan laju mendatar. Pada keadaan itu yang membatasi laju adalah **jumlah enzim**, bukan substrat. Enzim tidak ikut habis dalam reaksi.

Langkah 1 – Baca tren tabel. 2 → 8 g: gula naik (18 → 58 mg). 10 → 12 g: gula tetap 60 mg.
Langkah 2 – Tafsirkan bagian mendatar. Menambah jerami tidak lagi menambah gula → sisi aktif sudah terisi semua → selulase jenuh.
Langkah 3 – Pilih cara mempercepat. Faktor pembatasnya enzim → tambah jumlah selulase.
Cek ulang: suhu dan pH sudah optimum, jadi mengubah keduanya tidak akan mempercepat reaksi.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah baca tren: bila jerami menghambat enzim, laju pada 12 g akan turun, bukan tetap. Mengurangi jerami ke 8 g justru menurunkan laju (58 mg).
• B ✓ — Sesuai bagian tabel yang mendatar dan konsep enzim jenuh.
• C ✗ — Jebakan: data 10 g dan 12 g sama-sama 60 mg, membuktikan jerami tidak lagi membatasi.
• D ✗ — Jebakan tidak membaca stimulus: 50 °C adalah suhu optimum; enzim yang rusak juga tidak menghasilkan laju tetap 60 mg.
• E ✗ — Jebakan miskonsepsi: enzim tidak terurai atau habis dalam reaksi; ia dapat dipakai berulang kali.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis dulu faktor yang dibuat berbeda dan faktor yang dibuat sama.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Seorang murid menuang agar yang mengandung pati ke tiga cawan petri. Pada setiap cawan ia meletakkan dua belahan biji jagung dengan permukaan potongan menempel pada agar, sesuai keterangan pada gambar. Setelah 24 jam pada suhu ruang, belahan biji diangkat dan permukaan agar ditetesi larutan iodin. Iodin memberi warna biru-hitam bila bertemu pati. Hasilnya ditunjukkan pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat berdasarkan hasil percobaan tersebut adalah ....

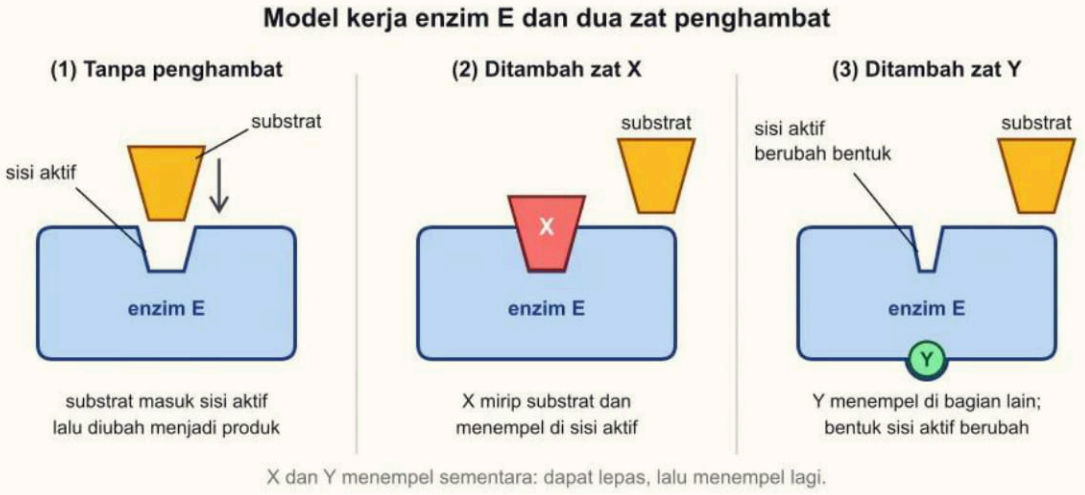


A. biji yang berkecambah merusak iodin sehingga agar di sekitar biji tidak dapat berubah warna
B. biji yang berkecambah menyerap butir pati utuh ke dalam selnya sehingga agar sekitarnya bening
C. perebusan menambah pati di dalam biji sehingga agar di sekitar biji cawan 2 tetap biru-hitam
D. biji kering mengandung lebih banyak enzim pengurai pati daripada biji yang sedang berkecambah
E. biji berkecambah melepas enzim yang menguraikan pati, dan enzim itu rusak bila biji direbus

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Gambar menunjukkan model kerja enzim E serta dua zat penghambat, X dan Y. Pada 2026, murid menyiapkan tiga tabung berisi enzim E dalam jumlah, suhu, dan pH yang sama. Tabung 1 tanpa penghambat, tabung 2 diberi zat X, dan tabung 3 diberi zat Y dalam jumlah sedikit. Laju reaksi tabung 2 dan tabung 3 sama-sama lebih rendah daripada tabung 1. Murid lalu menambahkan substrat ke ketiga tabung hingga jumlahnya sepuluh kali lipat. *Data disusun untuk latihan soal.*

Perkiraan hasil yang paling tepat setelah substrat ditambah adalah ....



A. laju tabung 2 tetap rendah, sedangkan laju tabung 3 mendekati tabung 1 karena Y menempel jauh dari sisi aktif

B. laju tabung 2 mendekati tabung 1, sedangkan tabung 3 tetap rendah karena bentuk sisi aktifnya sudah berubah

C. laju tabung 2 dan tabung 3 sama-sama mendekati tabung 1 karena substrat berlebih mengusir kedua penghambat

D. laju tabung 2 dan tabung 3 tetap sama rendahnya karena kedua zat penghambat sudah telanjur menempel di enzim

E. laju ketiga tabung justru menurun karena substrat yang terlalu banyak membuat sisi aktif enzim menjadi jenuh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Sejak SMP, Rani (16 tahun) sering kembung, mulas, dan diare sekitar satu jam setelah minum segelas susu sapi segar. Namun, ia tidak mengalami keluhan setelah makan yogurt yang dibuat dari susu yang sama dalam jumlah hampir sama. Pada 2026, dokter menjelaskan bahwa usus halus Rani menghasilkan sangat sedikit laktase, yaitu enzim yang memecah laktosa (gula susu) menjadi glukosa dan galaktosa. Laktosa yang tidak tercerna masuk ke usus besar dan difermentasi bakteri sehingga timbul gas. Selama pembuatan yogurt, bakteri yogurt memakai laktosa sebagai makanannya.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa yogurt tidak menimbulkan keluhan pada Rani adalah ....

A. asam pada yogurt mengaktifkan laktase di usus Rani sehingga enzim yang jumlahnya sedikit bekerja jauh lebih cepat
B. yogurt mengandung amilase dari bakteri sehingga laktosa dapat diuraikan oleh enzim lain di dalam usus halus Rani
C. protein susu pada yogurt sudah menggumpal sehingga usus Rani tidak lagi perlu mencerna laktosa yang ada di dalamnya
D. bakteri yogurt membunuh bakteri di usus besar Rani sehingga laktosa yang tersisa tidak lagi menghasilkan gas
E. sebagian besar laktosa sudah diurai bakteri yogurt sehingga laktosa yang sampai ke usus Rani jauh lebih sedikit

Kunci singkat: 1. E 2. B 3. E

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa enzim yang dipanaskan di atas suhu optimumnya tidak pulih ketika didinginkan, sedangkan enzim di lemari pendingin pulih ketika dihangatkan?
- Bagaimana cara membedakan inhibitor kompetitif dari nonkompetitif hanya dari grafik?
- **Yang harus kuingat:** bentuk sisi aktif menentukan kerja enzim; faktor yang diselidiki adalah faktor yang dibuat berbeda, dan faktor yang dibuat sama bukan jawabannya.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-2.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi

BIO-2.2

◎ APA YANG DIUJI

Respirasi seluler adalah bagian **katabolisme** yang paling sering diuji. Pada soal asli TKA 2025, dua soal menguji sub bab ini: satu memakai skema siklus respirasi (32 % benar) dan satu memakai kasus keracunan arsenik yang menghambat sebuah enzim (34 % benar). Keduanya tidak menanyakan nama tahap. Keduanya meminta kamu **menelusuri jalur**: zat apa yang masuk, zat apa yang keluar, dan apa yang terjadi bila satu langkah terhenti.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menelusuri glukosa melalui empat tahap respirasi aerob beserta tempat, masukan, dan hasilnya;
- menghitung ATP yang dihasilkan dari satu molekul glukosa dan menjelaskan peran oksigen;
- memprediksi zat yang menumpuk dan zat yang berkurang bila satu langkah dihambat;
- menjelaskan mengapa sel beralih ke fermentasi saat oksigen kurang, dan apa akibatnya;
- membaca data percobaan respirasi dan fermentasi (respirometer, balon pada botol ragi, kadar laktat).

◆ KONSEP INTI

Setiap gerakanmu memerlukan energi: jantung yang berdenyut, otot yang menegang saat kamu menulis, sel saraf yang mengirim pesan, bahkan sel yang sekadar memompa ion melintasi membrannya. Semua pekerjaan itu dibayar dengan **ATP** (lihat sub bab 2.1). Masalahnya, sel hanya menyimpan sedikit ATP, cukup untuk beberapa detik kerja. ATP harus terus dibuat ulang dari ADP dengan energi yang diambil dari makanan. Proses pengambilan energi itulah yang disebut **respirasi seluler**: pemecahan zat makanan, terutama glukosa, di dalam sel untuk membentuk ATP.

Jangan samakan respirasi seluler dengan **bernapas**. Bernapas adalah pertukaran gas di paru-paru: menghirup O_2 dan mengembuskan CO_2. Respirasi seluler terjadi di dalam setiap sel. Keduanya berhubungan erat: O_2 yang kamu hirup dipakai di mitokondria, dan CO_2 yang kamu embuskan dihasilkan oleh respirasi seluler. Respirasi aerob (memakai oksigen) dapat diringkas dengan persamaan:

$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ + energi (ATP dan panas)

Persamaan ini hanya ringkasan. Di dalam sel, glukosa tidak dibakar sekaligus seperti kertas yang terbakar, melainkan dipecah sedikit demi sedikit melalui puluhan reaksi yang masing-masing dipercepat enzim. Dengan cara bertahap itu, energinya dapat ditangkap dalam banyak molekul

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

ATP, bukan terbuang sebagai panas dan nyala api.

1. Pembawa elektron: NAD^+ dan FAD

Sebagian besar energi glukosa tersimpan dalam elektron-elektronnya. Ketika glukosa dipecah, atom hidrogen beserta elektronnya dilepaskan sedikit demi sedikit. Pelepasan elektron disebut **oksidasi**, dan penerimaan elektron disebut **reduksi**. Elektron itu tidak dibiarkan bebas, tetapi dijemput oleh molekul pembawa:

- **NAD^+** menerima dua elektron dan satu ion hidrogen, berubah menjadi **NADH**;
- **FAD** menerima dua elektron dan dua ion hidrogen, berubah menjadi **$FADH_2$**.

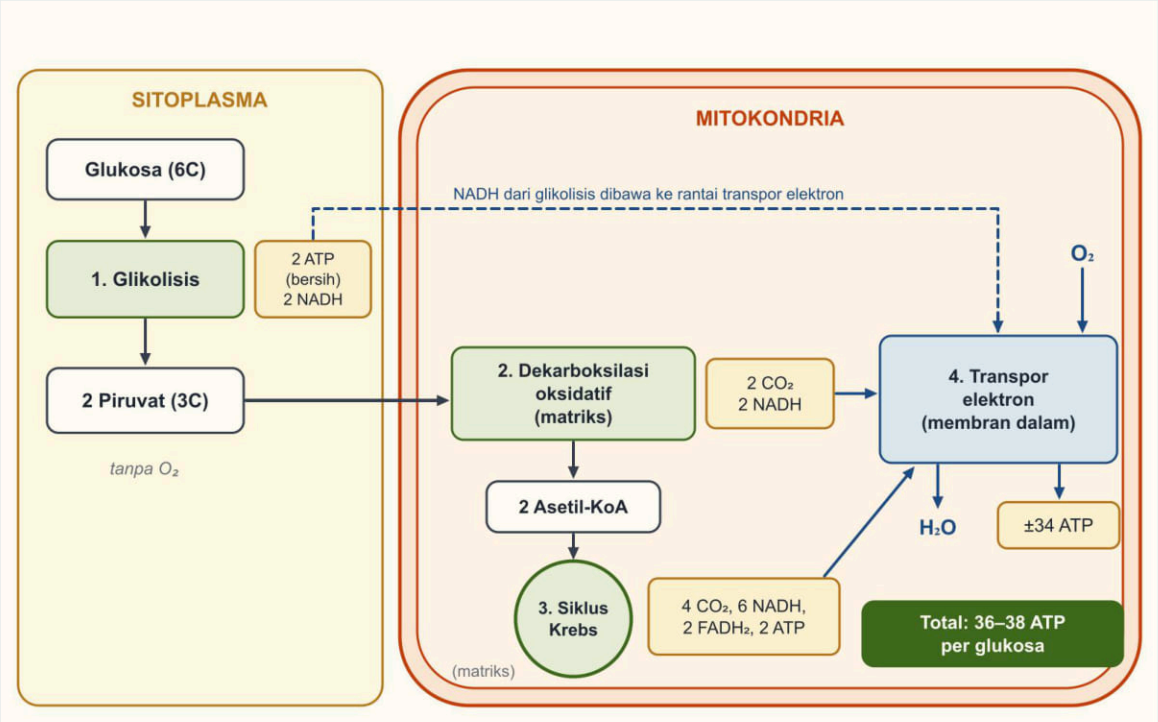
Bayangkan NADH dan $FADH_2$ sebagai taksi yang membawa penumpang berenergi tinggi (elektron) dari tempat glukosa dipecah ke "pembangkit listrik" sel, yaitu rantai transpor elektron di membran dalam mitokondria. Setelah menurunkan penumpangnya, taksi kembali kosong (NAD^+ dan FAD) dan siap menjemput lagi. Jumlah taksi di sel terbatas. Bila taksi tidak dapat menurunkan penumpang, tahap-tahap yang memerlukan taksi kosong ikut macet. Gagasan sederhana ini menjelaskan banyak hal pada bagian-bagian berikutnya.

2. Gambaran besar: empat tahap respirasi aerob

Respirasi aerob berlangsung dalam empat tahap berurutan (Gambar 2.8):

Tahap	Tempat	Masukan	Hasil penting (per glukosa)	Perlu O_2?
1. Glikolisis	sitoplasma	1 glukosa	2 piruvat, 2 ATP (bersih), 2 NADH	tidak
2. Dekarboksilasi oksidatif	matriks mitokondria	2 piruvat	2 asetil-KoA, 2 CO_2, 2 NADH	tidak langsung
3. Siklus Krebs	matriks mitokondria	2 asetil-KoA	4 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$, 2 ATP	tidak langsung
4. Transpor elektron	membran dalam mitokondria	10 NADH, 2 $FADH_2$, O_2	±34 ATP, H_2O	ya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.8 Empat tahap respirasi aerob dari satu molekul glukosa: tempat, masukan, dan hasilnya. Angka ATP mengikuti konvensi buku SMA. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

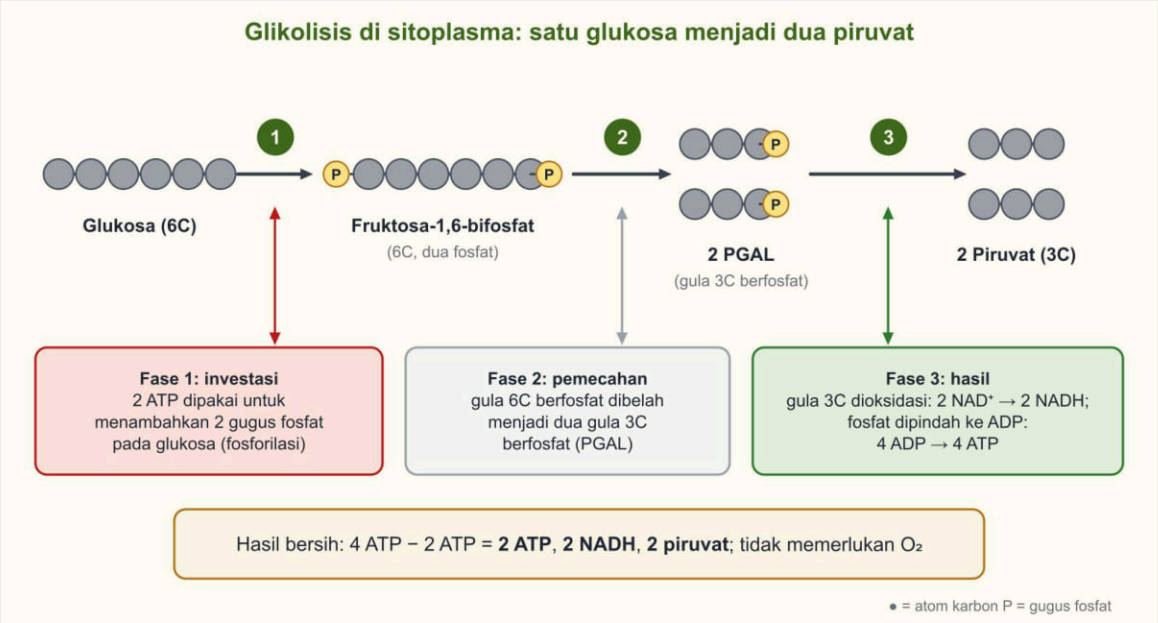
"Tidak langsung" berarti tahap 2 dan 3 tidak memakai O_2 dalam reaksinya, tetapi tetap berhenti bila O_2 tidak ada. Alasannya akan jelas di bagian 6.

3. Glikolisis: memecah glukosa menjadi dua piruvat

Glikolisis (*glyco* = gula, *lysis* = pemecahan) berlangsung di **sitoplasma** dan tidak memerlukan oksigen. Glikolisis mengubah satu molekul glukosa (6 atom karbon, ditulis 6C) menjadi dua molekul **asam piruvat** (3C). Prosesnya terdiri atas sepuluh reaksi berenzim, yang dapat diringkas menjadi tiga langkah (Gambar 2.9):

1. **Fase investasi energi.** Glukosa diberi dua gugus fosfat yang diambil dari **2 ATP**. Penambahan gugus fosfat pada gula ini disebut **fosforilasi**. Glukosa berubah menjadi fruktosa-1,6-bifosfat, molekul yang lebih tidak stabil dan siap dipecah. Sel seolah-olah "menanam modal" dua ATP lebih dulu.
2. **Pemecahan.** Fruktosa-1,6-bifosfat dipecah menjadi dua molekul gula 3C berfosfat (disebut PGAL atau gliseraldehida-3-fosfat).
3. **Fase hasil energi.** Setiap gula 3C dioksidasi: hidrogennya diserahkan ke NAD^+ sehingga terbentuk NADH. Gugus fosfat pada gula itu kemudian dipindahkan langsung ke ADP, membentuk ATP. Cara membuat ATP dengan memindahkan fosfat dari molekul bahan seperti ini disebut **fosforilasi tingkat substrat**. Dari dua gula 3C terbentuk **4 ATP** dan **2 NADH**, dan hasil akhirnya adalah **2 piruvat**.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.9 Glikolisis secara ringkas: 2 ATP dipakai di awal, 4 ATP dihasilkan di akhir, sehingga hasil bersihnya 2 ATP, 2 NADH, dan 2 piruvat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Hasil bersih glikolisis adalah 4 ATP − 2 ATP = **2 ATP**, ditambah 2 NADH. Energi yang diperoleh masih kecil; sebagian besar energi glukosa masih tersimpan dalam dua molekul piruvat. Glikolisis adalah jalur yang sangat tua dan dimiliki hampir semua makhluk hidup, dari bakteri sampai manusia. Sel darah merah, yang tidak memiliki mitokondria, hidup sepenuhnya dari ATP hasil glikolisis.

4. Dekarboksilasi oksidatif: jembatan menuju siklus Krebs

Bila oksigen tersedia, piruvat diangkut dari sitoplasma ke **matriks mitokondria**. Di sana setiap piruvat mengalami tiga perubahan sekaligus, yang dikerjakan oleh kompleks enzim **piruvat dehidrogenase**:

1. Satu atom karbon dilepas sebagai **CO_2** (pelepasan CO_2 ini disebut **dekarboksilasi**). Piruvat 3C menjadi gugus asetil 2C.
2. Gugus itu **dioksidasi**: elektronnya diserahkan ke NAD^+ sehingga terbentuk **NADH**.
3. Gugus asetil diikatkan pada **koenzim A** (molekul pembawa yang dibuat dari vitamin B5), membentuk **asetil-KoA**.

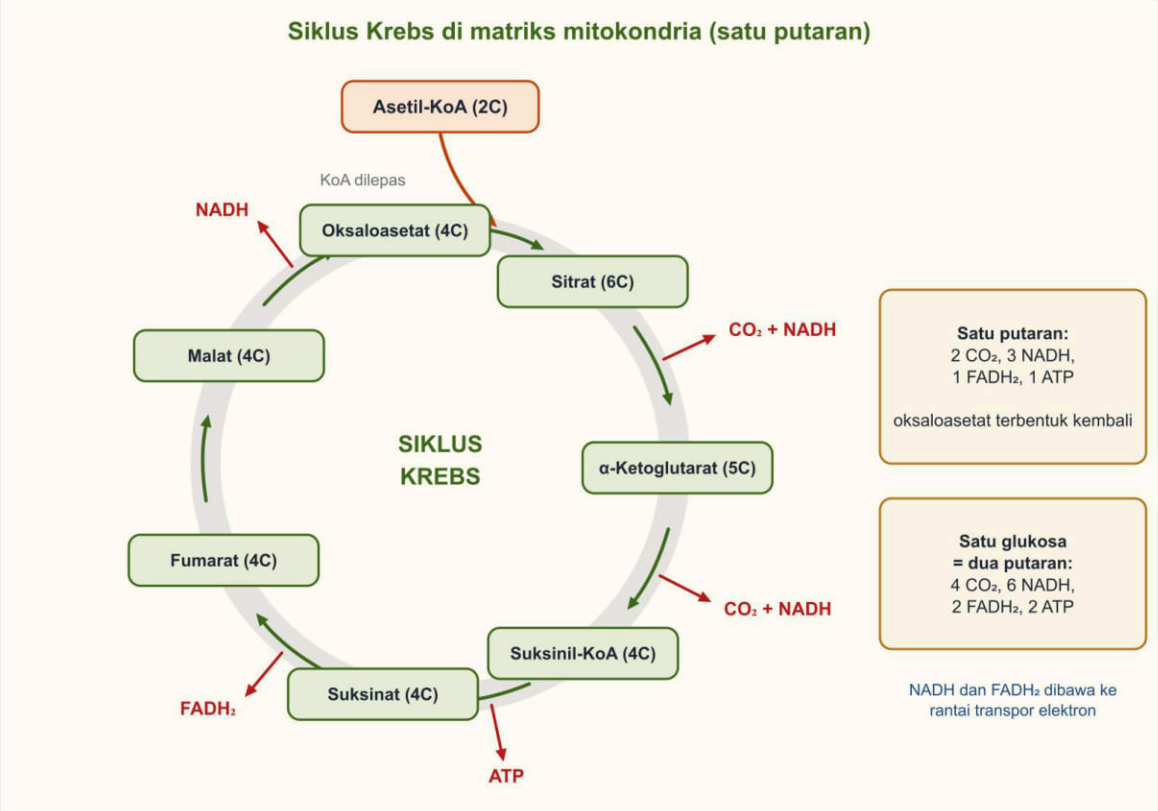
Karena satu glukosa menghasilkan dua piruvat, tahap ini menghasilkan **2 asetil-KoA, 2 CO_2, dan 2 NADH** per glukosa. Tahap ini sering disebut juga **reaksi antara** atau reaksi transisi, karena menghubungkan glikolisis dengan siklus Krebs. Asetil-KoA adalah "pintu masuk" siklus Krebs; tanpa asetil-KoA, siklus Krebs tidak mendapat bahan.

5. Siklus Krebs: membongkar asetil-KoA sampai habis

Siklus Krebs (disebut juga siklus asam sitrat, dinamai menurut Hans Krebs yang menemukannya) berlangsung di **matriks mitokondria**. Disebut siklus karena molekul yang mengawalinya terbentuk kembali di akhir. Satu putaran siklus berjalan sebagai berikut (Gambar 2.10):

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Asetil-KoA** (2C) bergabung dengan **oksaloasetat** (4C) membentuk **asam sitrat** (6C). Koenzim A dilepas dan dipakai lagi.
2. Sitrat diubah bentuknya, lalu dioksidasi dan melepas **CO_2** pertama; terbentuk molekul 5C (α-ketoglutarat) dan **NADH**.
3. Molekul 5C dioksidasi lagi dan melepas **CO_2** kedua; terbentuk molekul 4C dan **NADH**.
4. Molekul 4C itu menghasilkan satu **ATP** melalui fosforilasi tingkat substrat (pada sebagian sel berupa GTP yang setara ATP), dan berubah menjadi **suksinat**.
5. Suksinat dioksidasi menjadi **fumarat**; elektronnya diterima **FAD** sehingga terbentuk **$FADH_2$**.
6. Fumarat diubah menjadi **malat**, lalu malat dioksidasi menjadi **oksaloasetat**; elektronnya diterima NAD^+ sehingga terbentuk **NADH**.
7. Oksaloasetat yang terbentuk kembali siap menerima asetil-KoA berikutnya.



Gambar 2.10 Siklus Krebs secara ringkas. Satu putaran mengolah satu asetil-KoA; satu glukosa menghasilkan dua asetil-KoA, sehingga siklus berputar dua kali. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Satu putaran menghasilkan **2 CO_2, 3 NADH, 1 $FADH_2$, dan 1 ATP**. Karena satu glukosa menghasilkan dua asetil-KoA, siklus berputar **dua kali** per glukosa: **4 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$, dan 2 ATP**. Perhatikan bahwa pada akhir siklus Krebs, keenam atom karbon glukosa sudah keluar semuanya sebagai CO_2 (2 dari dekarboksilasi oksidatif + 4 dari siklus Krebs). CO_2 inilah yang dibawa darah ke paru-paru dan kamu embuskan. Akan tetapi, ATP yang terbentuk langsung masih sedikit. Energi glukosa kini sebagian besar tersimpan dalam NADH dan $FADH_2$.

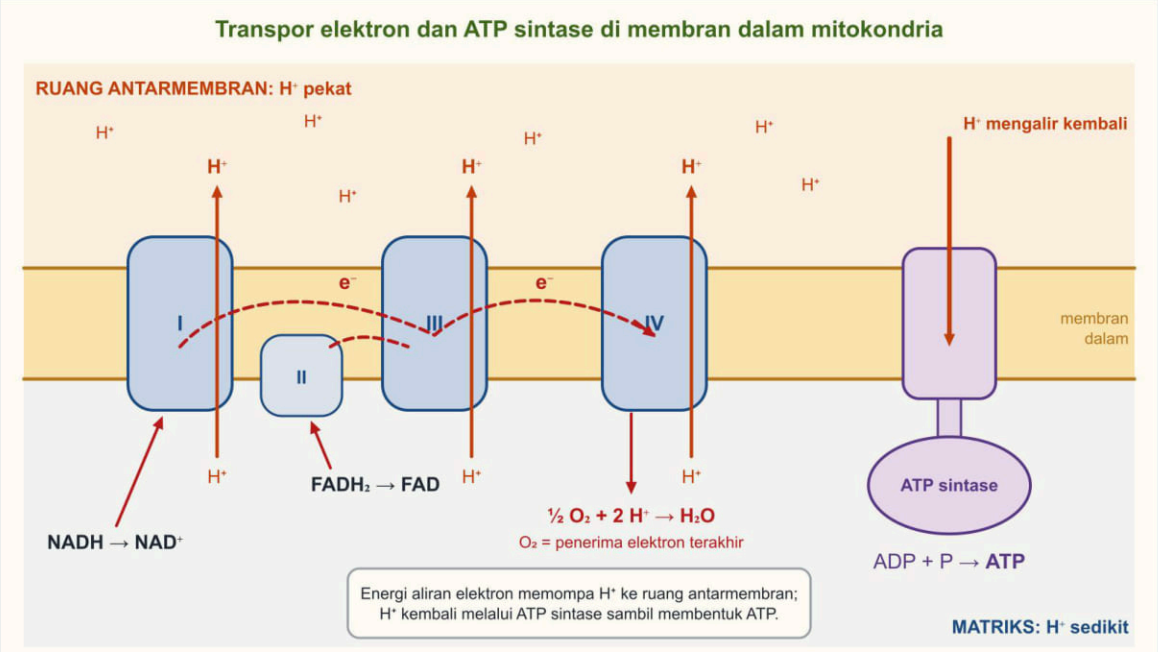
6. Transpor elektron: tempat sebagian besar ATP dibuat

Tahap terakhir berlangsung di **membran dalam mitokondria**, pada krista yang berlipat-lipat (lihat Gambar 2.1 di sub bab 2.1). Di membran ini tertanam serangkaian protein yang disebut

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

rantai transpor elektron, dan di sampingnya enzim **ATP sintase**. Prosesnya berjalan dalam urutan berikut (Gambar 2.11):

1. **NADH dan $FADH_2$ menyerahkan elektron** ke protein pertama rantai, lalu kembali menjadi NAD^+ dan FAD yang kosong. NADH menyerahkan elektronnya di awal rantai, sedangkan $FADH_2$ masuk sedikit lebih ke "hilir".
2. **Elektron mengalir** dari satu protein ke protein berikutnya, seperti bola yang menuruni anak tangga. Pada setiap anak tangga, sedikit energi dilepaskan.
3. **Energi itu dipakai untuk memompa ion H^+** dari matriks ke **ruang antarmembran**. Akibatnya, H^+ menumpuk di ruang antarmembran, jauh lebih pekat daripada di matriks. Perbedaan kepekatan ini disebut **gradien H^+**; ia menyimpan energi, seperti air yang ditampung di bendungan.
4. **H^+ mengalir kembali ke matriks melalui ATP sintase**, satu-satunya "pintu" yang tersedia. Aliran H^+ memutar bagian ATP sintase seperti air memutar turbin pembangkit listrik, dan putaran itu menggabungkan ADP dengan fosfat menjadi **ATP**. Pembentukan ATP dengan cara ini disebut **fosforilasi oksidatif**.
5. **Oksigen menerima elektron di ujung rantai.** Elektron yang sudah sampai di anak tangga terakhir diserahkan kepada O_2, yang sekaligus mengikat H^+ dan membentuk **air (H_2O)**. Oksigen adalah **penerima elektron terakhir**.



Gambar 2.11 Rantai transpor elektron dan ATP sintase di membran dalam mitokondria. Aliran elektron memompa H^+ ke ruang antarmembran; H^+ kembali ke matriks melalui ATP sintase sambil membentuk ATP. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kini terlihat mengapa oksigen begitu penting. Bila O_2 tidak ada, elektron tidak dapat diserahkan di ujung rantai. Rantai macet, seperti antrean kendaraan yang ujungnya ditutup. NADH tidak dapat lagi menurunkan elektronnya, sehingga NAD^+ kosong habis. Tanpa NAD^+, dekarboksilasi oksidatif dan siklus Krebs, yang memerlukan NAD^+, ikut berhenti. Itulah arti "tidak langsung" pada tabel di bagian 2. Kita bernapas sepanjang hidup justru untuk menyediakan penerima

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

elektron terakhir ini.

7. Berapa ATP dari satu glukosa?

Buku-buku SMA memakai patokan berikut untuk tahap transpor elektron:

- 1 NADH menghasilkan sekitar **3 ATP**;
- 1 $FADH_2$ menghasilkan sekitar **2 ATP** (lebih sedikit, karena elektronnya masuk lebih ke hilir dan memompa H^+ lebih sedikit).

Dari satu glukosa terbentuk 10 NADH (2 dari glikolisis, 2 dari dekarboksilasi oksidatif, 6 dari siklus Krebs) dan 2 $FADH_2$. Transpor elektron menghasilkan sekitar 10 × 3 + 2 × 2 = **34 ATP**. Ditambah 2 ATP dari glikolisis dan 2 ATP dari siklus Krebs, totalnya **38 ATP**. Pada sebagian sel, misalnya sel otot rangka dan sel otak, NADH hasil glikolisis tidak dapat masuk langsung ke mitokondria; elektronnya dipindahkan ke FAD sehingga setiap NADH itu hanya bernilai 2 ATP. Pada sel seperti ini totalnya **36 ATP**. Itulah sebabnya buku SMA menulis hasil respirasi aerob sebagai **36–38 ATP per glukosa**. Contoh 1 di bawah menghitungnya langkah demi langkah.

Pengayaan: pengukuran yang lebih baru menunjukkan bahwa satu NADH menghasilkan sekitar 2,5 ATP dan satu $FADH_2$ sekitar 1,5 ATP, sehingga totalnya sekitar 30–32 ATP per glukosa. Perbedaan ini muncul karena sebagian energi gradien H^+ dipakai untuk mengangkut bahan masuk dan keluar mitokondria. Bila soal memberikan angka patokan sendiri, pakailah angka dari soal.

Energi yang tersimpan dalam ATP hanya sekitar 40 % dari energi glukosa. Sisanya dilepaskan sebagai **panas**. Panas ini tidak sia-sia: panas respirasi itulah yang menjaga suhu tubuhmu tetap sekitar 37 °C.

8. Bila satu langkah dihambat

Respirasi adalah rangkaian langkah yang berurutan. Bayangkan jalur metabolisme sebagai jalan satu arah dengan beberapa gerbang. Bila satu gerbang ditutup oleh racun atau oleh kekurangan suatu zat:

1. Zat **sebelum** titik hambatan **menumpuk**, karena terus dibuat tetapi tidak dapat diteruskan.
2. Zat **sesudah** titik hambatan **berkurang**, karena pasokannya terhenti.
3. **ATP** dari tahap-tahap sesudah titik hambatan **turun**. Karena sebagian besar ATP dibuat di tahap terakhir, hambatan di mana pun pada jalur aerob membuat sel kekurangan ATP.
4. Sel sering **beralih ke jalur lain** yang masih terbuka. Bila jalur aerob terhambat, piruvat yang menumpuk dapat diubah menjadi asam laktat melalui fermentasi (bagian 9), sehingga kadar laktat meningkat.

Banyak racun bekerja dengan cara ini, dan aturan "sebelum menumpuk, sesudah berkurang" berlaku untuk semuanya. Cara menelusurinya selalu sama: letakkan titik hambatan pada Gambar 2.8, lalu lihat ke kiri dan ke kanan.

Ada pula zat yang **tidak menutup gerbang**, tetapi membuat membran dalam mitokondria **bocor** terhadap H^+. Zat semacam ini disebut **pemutus** (*uncoupler*). H^+ kembali ke matriks tanpa melewati ATP sintase, seperti air bendungan yang bocor tanpa memutar turbin. Rantai transpor

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

elektron tetap berjalan, bahkan lebih cepat, dan O_2 tetap dipakai, tetapi ATP yang terbentuk sedikit dan energinya terlepas sebagai panas.

9. Fermentasi: jalan pintas tanpa oksigen

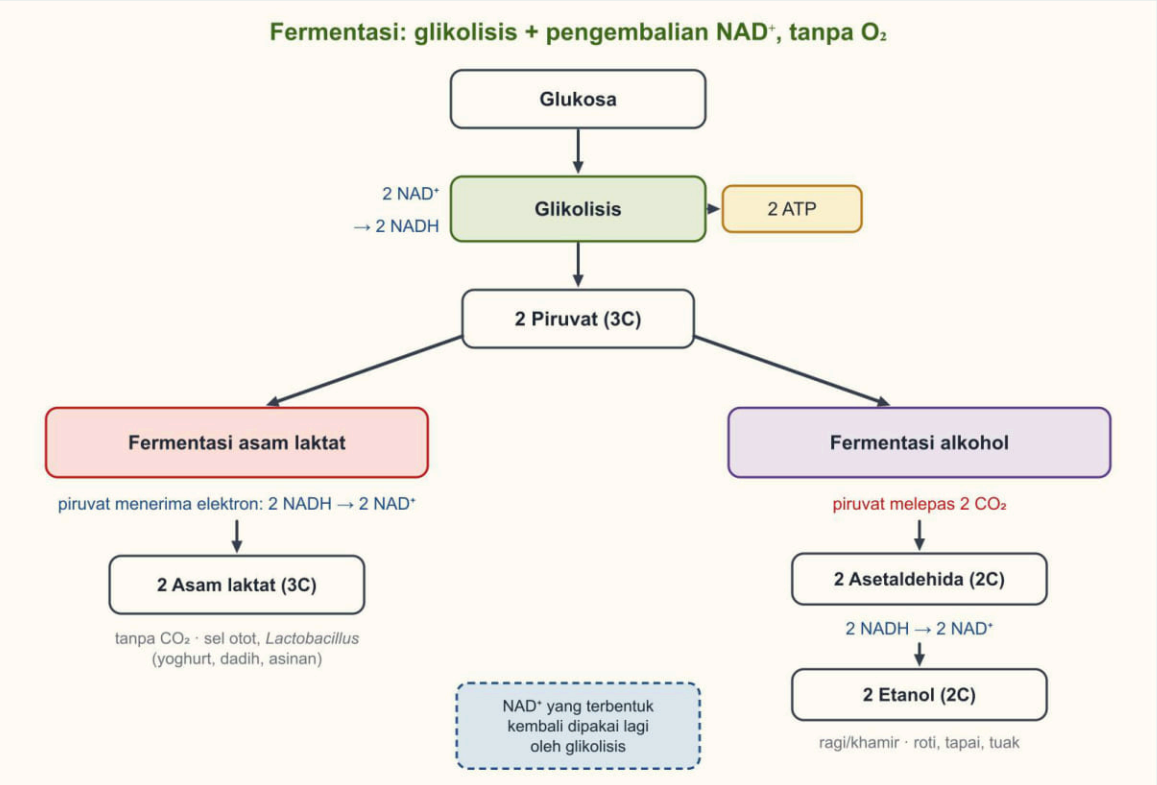
Apa yang terjadi bila oksigen tidak cukup, misalnya di otot yang bekerja sangat keras atau pada ragi di dalam wadah tertutup? Transpor elektron berhenti, dan siklus Krebs ikut berhenti. Glikolisis sebenarnya tidak memerlukan O_2 dan masih dapat menghasilkan 2 ATP. Masalahnya, glikolisis memerlukan **NAD^+** (langkah 3 pada bagian 3). Bila NADH tidak dapat menyerahkan elektronnya ke rantai transpor elektron, NAD^+ cepat habis dan glikolisis pun akan berhenti.

Fermentasi adalah jalan keluarnya. Pada fermentasi, piruvat sendiri (atau zat turunannya) dipakai sebagai penerima elektron dari NADH. NADH kembali menjadi NAD^+, sehingga glikolisis dapat terus berjalan dan menghasilkan 2 ATP per glukosa. Ada dua jenis fermentasi yang penting (Gambar 2.12):

1. **Fermentasi asam laktat.** Piruvat langsung menerima elektron dari NADH dan berubah menjadi **asam laktat** (3C). **Tidak ada CO_2 yang dilepaskan.** Fermentasi ini dilakukan oleh sel otot manusia ketika pasokan O_2 tidak mencukupi, dan oleh bakteri asam laktat (misalnya *Lactobacillus*) yang dipakai membuat yoghurt, dadih (susu kerbau fermentasi khas Sumatra Barat), dan asinan sayur. Asam laktat itulah yang membuat makanan ini terasa asam.
2. **Fermentasi alkohol.** Piruvat lebih dulu melepas **CO_2** dan berubah menjadi asetaldehida (2C). Asetaldehida kemudian menerima elektron dari NADH dan berubah menjadi **etanol** (alkohol). Fermentasi ini dilakukan oleh khamir atau ragi (misalnya *Saccharomyces cerevisiae*). CO_2-nya membuat adonan roti mengembang dan menimbulkan gelembung pada tuak; etanolnya memberi rasa dan aroma khas pada tapai dan menjadi bahan bioetanol.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.12 Kedua jenis fermentasi diawali glikolisis. Fermentasi tidak menghasilkan ATP tambahan; tugasnya mengembalikan NADH menjadi NAD⁺ agar glikolisis terus berjalan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Ciri	Respirasi aerob	Fermentasi asam laktat	Fermentasi alkohol
Perlu O_2	ya	tidak	tidak
Tempat	sitoplasma + mitokondria	sitoplasma	sitoplasma
Hasil akhir dari piruvat	CO_2 dan H_2O	asam laktat	etanol + CO_2
ATP per glukosa	36–38	2	2
Contoh pelaku	sel tubuh pada umumnya	sel otot saat O_2 kurang, *Lactobacillus*	ragi (khamir)

Akibat terpenting dari tabel ini: fermentasi hanya menghasilkan **2 ATP** per glukosa, kira-kira seperdelapan belas hasil respirasi aerob. Untuk mendapat ATP yang sama banyak, sel yang berfermentasi harus memakai glukosa **jauh lebih cepat**. Glukosa yang tersisa dalam etanol atau asam laktat juga masih menyimpan banyak energi yang belum dimanfaatkan.

Pada manusia, sel otot berfermentasi ketika kamu berlari cepat atau mengangkat beban berat, karena jantung dan paru-paru tidak sempat memasok O_2 secepat kebutuhan otot. Asam laktat yang terbentuk dibawa darah ke hati dan diubah kembali menjadi glukosa, suatu proses yang memerlukan energi dari respirasi aerob. Karena itu, setelah olahraga berat, kamu tetap bernapas cepat beberapa saat walaupun sudah berhenti bergerak: tubuh "membayar" kebutuhan O_2 tambahan yang disebut **utang oksigen**. Pegal yang muncul satu atau dua hari setelah olahraga, menurut penelitian, lebih banyak disebabkan oleh kerusakan kecil pada serabut otot daripada oleh asam laktat yang biasanya sudah dibersihkan dalam waktu sekitar satu jam.

Makhluk hidup berbeda-beda kebutuhannya terhadap oksigen. Manusia dan sebagian besar hewan adalah **aerob**: hanya dapat hidup lama dengan oksigen. Ragi adalah **anaerob fakultatif**: dapat bernapas aerob bila ada O_2 dan berfermentasi bila O_2 tidak ada. Sebagian bakteri, misalnya *Clostridium botulinum*, adalah **anaerob obligat** yang justru tumbuh di tempat tanpa oksigen, seperti makanan kaleng yang tidak diproses dengan benar. Kaleng yang menggembung adalah tanda bahaya: gas di dalamnya dapat berasal dari mikroba yang tumbuh tanpa oksigen.

10. Bahan bakar selain glukosa dan cara mengukur respirasi

Glukosa bukan satu-satunya bahan bakar. **Lemak** dipecah menjadi gliserol dan asam lemak; asam lemak dipotong-potong menjadi banyak asetil-KoA yang masuk ke siklus Krebs. Karena itu satu gram lemak menghasilkan energi kira-kira dua kali satu gram karbohidrat. **Protein** dipecah menjadi asam amino; gugus nitrogennya dibuang (di hati diubah menjadi urea), lalu sisa rangka karbonnya masuk ke jalur respirasi sebagai piruvat, asetil-KoA, atau zat antara siklus Krebs. Jadi semua bahan makanan bertemu di jalur yang sama.

Laju respirasi organisme kecil, seperti kecambah atau serangga, dapat diukur dengan **respirometer**. Organisme diletakkan dalam tabung tertutup yang dihubungkan dengan pipa

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kaca berskala berisi setetes cairan berwarna. Di dalam tabung diletakkan larutan **KOH** yang menyerap CO_2. Saat organisme bernapas, O_2 di tabung dipakai, sedangkan CO_2 yang dikeluarkan langsung diserap KOH. Volume gas di tabung berkurang, sehingga tetes berwarna bergeser ke arah tabung. Jadi pergeseran tetes pada tabung ber-KOH menunjukkan **banyaknya O_2 yang dipakai**. Bila tabung pembanding memakai air (tidak menyerap CO_2), pergeserannya menunjukkan selisih O_2 yang dipakai dan CO_2 yang dihasilkan. Perbandingan volume CO_2 yang dihasilkan dengan volume O_2 yang dipakai disebut **kuosien respirasi** (RQ). Nilainya bergantung pada bahan bakar yang dipecah, karena lemak memerlukan lebih banyak O_2 untuk setiap CO_2 yang dihasilkan. Nilai rujukannya biasanya diberikan di soal.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Menghitung ATP dari satu glukosa

Susunlah hasil setiap tahap respirasi aerob dari satu molekul glukosa, lalu hitung jumlah ATP-nya menurut patokan buku SMA (1 NADH ≈ 3 ATP, 1 $FADH_2$ ≈ 2 ATP).

1. Tulis hasil langsung setiap tahap (bagian 2–5):

Tahap	ATP langsung	NADH	$FADH_2$	CO_2
Glikolisis	2 (bersih)	2	0	0
Dekarboksilasi oksidatif	0	2	0	2
Siklus Krebs (2 putaran)	2	6	2	4
Jumlah	**4**	**10**	**2**	**6**

1. Ubah pembawa elektron menjadi ATP di tahap transpor elektron: 10 NADH × 3 = 30 ATP; 2 $FADH_2$ × 2 = 4 ATP; jumlah 34 ATP.
2. Tambahkan ATP langsung: 34 + 4 = **38 ATP**.
3. Periksa kewajaran: jumlah CO_2 = 6, sama dengan jumlah atom karbon glukosa. Artinya glukosa sudah teroksidasi sempurna.
4. Sesuaikan untuk sel otot rangka atau sel otak: 2 NADH glikolisis masing-masing hanya bernilai 2 ATP, sehingga 2 ATP hilang; totalnya 36 ATP.

Jawaban: satu glukosa menghasilkan 38 ATP (36 ATP pada sel yang memindahkan elektron NADH glikolisis ke FAD); sekitar 34 ATP di antaranya dibuat pada tahap transpor elektron.

Contoh 2 — Otot jantung yang kehilangan pasokan oksigen

Pak Darto mengalami serangan jantung: salah satu arteri koronernya tersumbat sehingga sebagian otot jantungnya tidak lagi mendapat darah beroksigen. *Tokoh fiktif.* Di sel-sel otot jantung yang terkena, tahap respirasi mana yang berhenti lebih dulu, zat apa yang menumpuk, dan mengapa sel itu cepat kekurangan ATP?

1. Tentukan titik hambatannya: yang hilang adalah **O_2**, penerima elektron terakhir. Jadi tahap yang pertama berhenti adalah **transpor elektron** di membran dalam mitokondria.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Telusuri ke belakang (zat sebelum titik hambatan): elektron tidak dapat diserahkan, sehingga **NADH dan $FADH_2$ menumpuk** dan NAD^+ serta FAD yang kosong berkurang.
3. Telusuri akibatnya pada tahap sebelumnya: tanpa NAD^+, **siklus Krebs dan dekarboksilasi oksidatif melambat lalu berhenti**. Piruvat dari glikolisis tidak lagi diolah di mitokondria.
4. Telusuri jalur yang masih terbuka: sel beralih ke **fermentasi asam laktat**. Piruvat diubah menjadi asam laktat, NAD^+ terbentuk kembali, dan glikolisis tetap berjalan. Asam laktat menumpuk dan membuat jaringan menjadi asam.
5. Hitung akibatnya pada ATP: sel kini hanya mendapat 2 ATP per glukosa, bukan 36–38. Otot jantung bekerja tanpa henti dan sangat boros ATP, sehingga persediaan ATP-nya cepat habis, kontraksinya melemah, dan bila berlangsung lama sel-selnya mati.

Kesimpulan: transpor elektron berhenti lebih dulu; NADH (dan, melalui fermentasi, asam laktat) menumpuk; ATP turun drastis karena tahap penghasil ATP terbanyak tidak berjalan. Itulah sebabnya serangan jantung harus ditangani secepat mungkin agar aliran darah pulih.

Contoh 3 — Legen yang berubah menjadi tuak

Nira aren yang baru disadap (legen) terasa manis karena mengandung banyak gula. Bila dibiarkan beberapa jam di udara yang hangat, nira itu berbuih, mulai berbau alkohol, dan rasanya tidak semanis semula. Para penyadap yang akan mengolah nira menjadi gula aren biasanya memberi sedikit kapur ke dalam bumbung penampung nira supaya nira tidak "basi". Jelaskan peristiwa ini.

1. Cari pelakunya: nira mudah tercemar ragi liar dari udara, bumbung, dan tangan. Ragi memakai gula nira sebagai bahan bakar.
2. Tentukan jalurnya: di dalam cairan yang tidak diaduk, oksigen terlarut cepat habis, sehingga ragi berfermentasi. Jenisnya **fermentasi alkohol**: gula → piruvat (glikolisis) → asetaldehida + **CO_2** → **etanol**.
3. Hubungkan dengan pengamatan: buih berasal dari CO_2; bau alkohol berasal dari etanol; rasa manis berkurang karena gula dipakai ragi. Nira yang hangat lebih cepat berubah karena enzim ragi bekerja lebih cepat mendekati suhu optimumnya.
4. Jelaskan peran kapur: kapur membuat nira bersifat basa. pH yang jauh dari pH optimum enzim-enzim ragi dan bakteri membuat mikroba itu sulit tumbuh dan berfermentasi, sehingga gula tetap utuh untuk dimasak menjadi gula aren.

Kesimpulan: legen berubah menjadi tuak karena ragi melakukan fermentasi alkohol yang menghasilkan etanol dan CO_2; kapur mencegahnya dengan menggeser pH menjauhi pH optimum enzim mikroba.

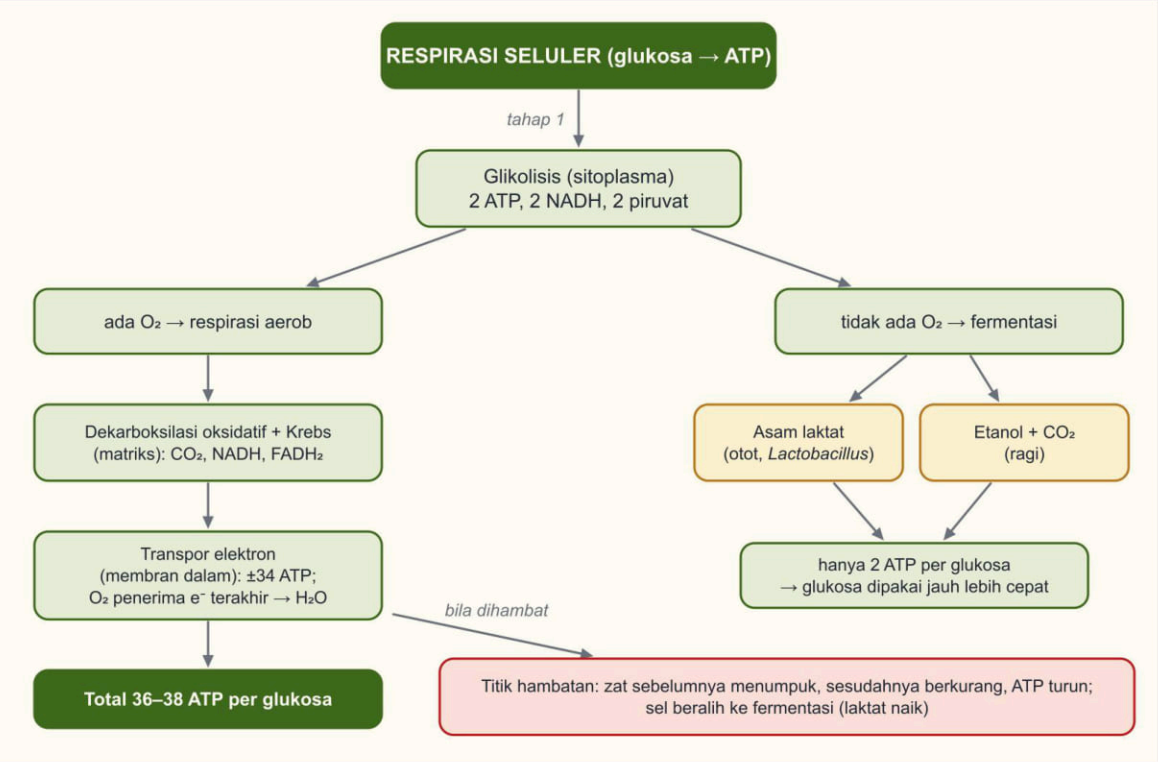
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Respirasi aerob = glikolisis (sitoplasma) → dekarboksilasi oksidatif → siklus Krebs (matriks) → transpor elektron (membran dalam).
- Glikolisis: glukosa → 2 piruvat, 2 ATP bersih, 2 NADH, tanpa O_2. Dekarboksilasi: 2 asetil-KoA, 2 CO_2, 2 NADH. Krebs: 4 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$, 2 ATP.
- Transpor elektron: elektron NADH/$FADH_2$ memompa H^+ ke ruang antarmembran; H^+ kembali melalui ATP sintase membentuk ±34 ATP; O_2 adalah penerima elektron terakhir dan menjadi H_2O.
- Total 36–38 ATP per glukosa menurut buku SMA (pengukuran baru ±30–32).
- Tanpa O_2: rantai macet → NAD^+ habis → Krebs berhenti → fermentasi mengembalikan NAD^+ agar glikolisis tetap memberi 2 ATP.
- Asam laktat (otot, *Lactobacillus*) tanpa CO_2; alkohol (ragi) dengan CO_2.
- Titik hambatan: zat sebelumnya menumpuk, zat sesudahnya berkurang, ATP turun.

Gambar 2.13 merangkum hubungan antarkonsep itu dalam satu bagan.



Gambar 2.13 Peta konsep respirasi seluler dan fermentasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab:

1. **Gambar jalurnya dengan panah.** Glukosa → piruvat → asetil-KoA → siklus Krebs → NADH dan $FADH_2$ → transpor elektron → ATP. Tulis tempat setiap tahap di bawah panahnya.
2. **Letakkan titik yang dibicarakan soal** pada gambar itu: tahap berlabel, enzim yang dihambat, atau zat yang ditambahkan. Pada skema, kenali tahap dari **zat yang masuk dan keluar** di sekitarnya, bukan dari bentuk gambarnya saja.
3. **Tentukan apa yang menumpuk dan apa yang berkurang** dengan aturan sebelum–sesudah (bagian 8).
4. **Untuk percobaan fermentasi**, tanyakan: apakah ada O_2, apakah ada gula, dan berapa suhunya? Ingat bahwa fermentasi dijalankan enzim.
5. **Untuk respirometer**, tanyakan dulu: gas apa yang diserap di tabung ini, dan gas apa yang ditunjukkan oleh gerakan tetes?
6. **Untuk hitungan ATP**, pakai angka patokan yang diberikan soal; bila tidak ada, pakai patokan buku SMA.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Arah penumpukan dibalik.** Zat sesudah titik hambatan dikatakan menumpuk.
- **Laktat dikira hasil siklus Krebs yang dipercepat.** Laktat bertambah ketika jalur aerob terhambat, bukan ketika jalur itu lebih cepat.
- **Ciri satu tahap dipasang pada tahap lain**, misalnya "glikolisis menambahkan oksigen" atau "asetil-KoA dibentuk di sitoplasma". Glikolisis tidak memakai O_2 sama sekali.
- **"Uncoupler menambah ATP."** Aliran H^+ yang lebih deras tanpa melewati ATP sintase justru mengurangi ATP.
- **Fermentasi ragi disamakan dengan otot.** Otot tidak menghasilkan alkohol, dan fermentasi asam laktat tidak menghasilkan CO_2.
- **Suhu tinggi dikira selalu mempercepat fermentasi.** Di atas suhu optimum, enzim ragi terdenaturasi dan laju justru turun.

> Contoh salah tafsir: soal menyebut malonat menghambat enzim yang mengubah suksinat menjadi fumarat di siklus Krebs. Seorang siswa memilih "fumarat menumpuk karena tidak bisa diproses". Ia membalik arahnya. Fumarat berada **sesudah** titik hambatan, sehingga jumlahnya justru berkurang; yang menumpuk adalah suksinat.

● BEDAH SOAL ASLI

Dua soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Keduanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Nomor 5 (skema siklus respirasi seluler, PG, 32 % benar). Sebuah skema menunjukkan rangkaian respirasi, dan satu tahap diberi label A. Kamu diminta memilih proses yang terjadi pada tahap A.

- Konsep kunci: urutan dan ciri setiap tahap (bagian 2–6, Gambar 2.8–2.11).
- Langkah: tentukan dulu tahap A dari **letaknya di skema** dan zat yang masuk serta keluar di sekitarnya → baru cocokkan dengan pilihan.
- Pengecoh yang dipasang: setiap pilihan menggambarkan proses yang benar-benar ada dalam respirasi, tetapi milik tahap lain, misalnya penggabungan dengan oksaloasetat, pelepasan elektron dari NADH dan $FADH_2$, atau oksidasi suksinat. Ada pula pilihan yang memasukkan unsur keliru, seperti "penambahan gugus oksigen" pada glikolisis.

Rujukan: soal nomor 5 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 12 (arsenik dan piruvat dehidrogenase, PG, 34 % benar). Arsenik menghambat enzim yang mengubah piruvat menjadi asetil-KoA. Kamu diminta memilih dampak langsungnya terhadap metabolisme sel.

- Konsep kunci: aturan sebelum–sesudah titik hambatan (bagian 8) dan dekarboksilasi oksidatif (bagian 4).
- Langkah: letakkan titik hambatan di antara piruvat dan asetil-KoA → tentukan yang menumpuk, yang berkurang, dan pengaruhnya pada pembentukan ATP.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan yang menumpukkan zat **sesudah** titik hambatan; pilihan yang menyebut siklus Krebs atau fosforilasi oksidatif justru dipercepat. Pilihan-pilihan ini memakai istilah yang benar dengan arah yang terbalik.

Rujukan: soal nomor 12 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

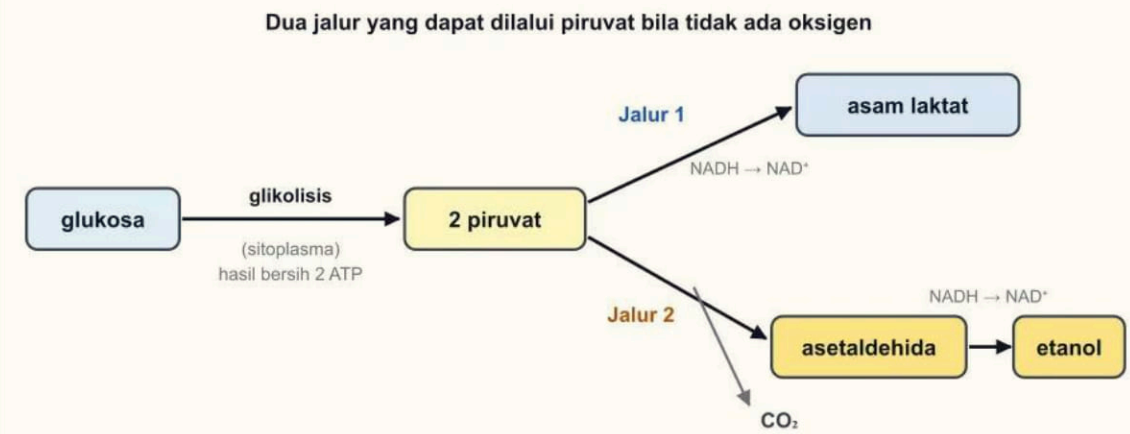
BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan dua jalur yang dapat dilalui piruvat bila tidak ada oksigen. Perhatikan cara hasil percobaan (ada atau tidak ada gas) dicocokkan dengan hasil setiap jalur fermentasi (bagian 9, Gambar 2.12).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Gambar menunjukkan dua jalur yang dapat dilalui piruvat bila tidak ada oksigen. Seorang murid menyiapkan dua botol yang mulutnya ditutup balon. Botol P berisi susu dan biang yoghurt (bakteri asam laktat), sedangkan botol Q berisi larutan gula dan ragi roti. Keduanya didiamkan pada suhu 32 °C selama sehari. Balon pada botol Q mengembang dan isinya berbau alkohol, sedangkan balon pada botol P tetap kempis walaupun susunya menjadi kental dan asam.
Data disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang paling tepat untuk menjelaskan hasil tersebut adalah ....



A. P menjalankan jalur 1 yang tidak melepas CO_2, sedangkan Q menjalankan jalur 2 yang melepas CO_2
B. P menjalankan jalur 2 tetapi CO_2-nya larut dalam susu, sedangkan Q menjalankan jalur 1 saja
C. P tidak berfermentasi karena susu masih berisi O_2, sedangkan Q menjalankan jalur 2 yang melepas CO_2
D. P dan Q sama-sama menjalankan jalur 1, tetapi gas pada Q berasal dari respirasi aerob ragi
E. P dan Q sama-sama menjalankan jalur 2, tetapi bakteri di P memakai lagi CO_2 yang dilepasnya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: tanpa oksigen, piruvat hasil glikolisis diubah melalui **fermentasi**. Pada **fermentasi asam laktat** (jalur 1), piruvat langsung menjadi asam laktat tanpa melepas CO_2; jalur ini dipakai bakteri asam laktat. Pada **fermentasi alkohol** (jalur 2), piruvat melepas CO_2 menjadi asetaldehida, lalu menjadi etanol; jalur ini dipakai ragi. Kedua jalur mengubah NADH kembali menjadi NAD^+ agar glikolisis dapat terus berjalan.

Langkah 1 – Baca gambar. Jalur 1: piruvat → asam laktat, tanpa CO_2. Jalur 2: piruvat → asetaldehida + CO_2 → etanol.
Langkah 2 – Cocokkan dengan botol. P: susu menjadi asam, balon kempis → hasil asam tanpa gas → jalur 1. Q: balon mengembang (gas) dan berbau alkohol → CO_2 + etanol → jalur 2.
Langkah 3 – Periksa jenis organisme. Bakteri asam laktat (P) dan ragi (Q) sesuai dengan jalur masing-masing.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai gambar dan hasil kedua botol.
• B ✗ — Jebakan tertukar jalur: jalur 2 menghasilkan etanol, padahal yang berbau alkohol adalah Q, bukan P.
• C ✗ — Jebakan: susu yang menjadi asam membuktikan P berfermentasi.
• D ✗ — Jebakan: bau alkohol menunjukkan Q menjalankan jalur 2; jalur 1 tidak menghasilkan alkohol.
• E ✗ — Jebakan: bakteri asam laktat tidak memakai CO_2, dan susu P tidak berbau alkohol.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, gambar jalur pendeknya dan tandai titik yang dibicarakan soal.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Pada 2026, Bu Ningsih membuat tapai ketan. Ketan kukus yang sudah dingin ditaburi ragi, lalu dibungkus rapat dengan daun pisang. Setelah dua hari, tapai terasa manis dan sedikit beralkohol. Sebagian tapai kemudian ia pindahkan ke wadah terbuka di dapur. Seminggu kemudian tapai di wadah terbuka menjadi sangat masam dan berbau cuka, sedangkan tapai yang tetap terbungkus rapat belum masam. Ragi tapai berisi jamur yang menguraikan pati menjadi gula dan khamir yang memfermentasi gula. Bakteri asam asetat dari udara dapat mengubah alkohol menjadi asam asetat (cuka) bila tersedia oksigen.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Rasa manis pada hari-hari awal berasal dari pati ketan yang diuraikan menjadi gula sebelum gula itu difermentasi.	○	○
Tapai yang tetap terbungkus rapat belum masam karena bakteri asam asetat memerlukan gula, bukan alkohol, sebagai bahannya.	○	○
Bau alkohol pada tapai yang terbungkus rapat menunjukkan bahwa khamir melakukan respirasi aerob yang menghasilkan banyak ATP.	○	○

2. Pak Dedi membudidayakan jamur tiram dalam kantong plastik (baglog) berisi serbuk kayu, dedak, dan air yang sudah ditanami bibit jamur. Mulut baglog diberi cincin dan hanya disumbat kapas sehingga udara masih dapat keluar-masuk. Pada 2026, seorang pekerja baru menutup puluhan baglog dengan plastik dan karet sampai kedap udara. Semua baglog disimpan di ruang yang sama. Sebulan kemudian, benang-benang jamur di baglog yang kedap tumbuh sangat sedikit, sedangkan baglog lain sudah putih penuh dan mulai mengeluarkan jamur.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan tersebut adalah ....

A. jamur memerlukan oksigen untuk respirasi aerob sehingga energi untuk tumbuh kurang di baglog kedap
B. jamur memerlukan karbon dioksida untuk fotosintesis sehingga pertumbuhannya terhenti di baglog kedap
C. jamur di baglog kedap beralih ke fermentasi yang menghasilkan lebih banyak ATP sehingga cepat mati
D. jamur di baglog kedap kekurangan air karena air di serbuk kayu habis dipakai dalam respirasi aerob
E. jamur di baglog kedap tidak mendapat nitrogen dari udara sehingga tidak mampu membentuk proteinnya

3. Pada 2026, pelatih atletik sebuah SMA di Bandung mengukur kadar asam laktat dalam darah seorang atlet sesaat setelah ia melakukan setiap kegiatan selama 10 menit. Di antara

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dua kegiatan, atlet beristirahat sampai kadar asam laktatnya kembali seperti semula. Hasilnya sebagai berikut.

Kegiatan (10 menit)	Denyut jantung (kali/menit)	Asam laktat darah (mmol/L)
Duduk istirahat	68	1,0
Jalan cepat	105	1,2
Lari sedang	150	2,1
Lari cepat	185	9,5

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk lonjakan kadar asam laktat saat lari cepat adalah ....

A. otot berhenti melakukan respirasi aerob sama sekali sehingga seluruh ATP otot hanya dihasilkan melalui fermentasi
B. jantung yang berdenyut cepat menghasilkan asam laktat sehingga makin cepat denyutnya makin tinggi kadar asam laktat
C. pasokan O_2 tidak lagi mencukupi kebutuhan otot sehingga sebagian piruvat diubah menjadi asam laktat oleh sel otot
D. asam laktat dibentuk di mitokondria otot ketika siklus Krebs berjalan terlalu cepat karena glukosa sangat melimpah
E. otot mengubah asam laktat menjadi glukosa saat lari cepat sehingga asam laktat tertimbun di dalam darah atlet

Kunci singkat: 1. 1B 2S 3S 2. A 3. C

✔ PERIKSA DIRI

- Bila suatu racun menghentikan rantai transpor elektron, mengapa siklus Krebs ikut melambat?
- Mengapa sel yang berfermentasi memakai glukosa jauh lebih cepat daripada sel yang bernapas aerob?
- **Yang harus kuingat:** gambar jalurnya, tandai titik hambatannya; sebelum titik menumpuk, sesudah titik berkurang; tanpa O_2, hanya glikolisis plus fermentasi yang tersisa.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-2.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis

BIO-2.3

◎ APA YANG DIUJI

Fotosintesis adalah bagian **anabolisme** yang paling sering diuji: tumbuhan menyusun gula dari CO_2 dan air dengan energi cahaya. Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat percobaan klasik, yaitu daun yang sebagian ditutup aluminium foil lalu diuji dengan larutan iodium. Hanya 37 % peserta yang menjawab benar. Banyak peserta memilih faktor yang memang diperlukan untuk fotosintesis, tetapi **tidak dibedakan** dalam percobaan itu.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan reaksi terang dan siklus Calvin beserta tempat, masukan, hasil, dan hubungan keduanya;
- menentukan faktor pembatas dari grafik laju fotosintesis;
- menafsirkan percobaan fotosintesis (uji amilum, gelembung O_2, sebaran bakteri pada cahaya berwarna);
- membedakan fotosintesis dari kemosintesis dan menjelaskan peran keduanya sebagai produsen.

◆ KONSEP INTI

Nasi yang kamu makan, kayu bakar, minyak sawit, bahkan oksigen yang kamu hirup, semuanya berasal dari satu proses: **fotosintesis**. Fotosintesis adalah penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (CO_2 dan air) dengan memakai energi cahaya. Karena menyusun molekul besar dari molekul kecil dan memerlukan energi, fotosintesis termasuk **anabolisme**. Pelakunya adalah tumbuhan hijau, alga, dan sianobakteri. Mereka disebut **produsen** atau **autotrof** (*auto* = sendiri, *trof* = makan), karena membuat makanannya sendiri, sedangkan hewan, jamur, dan manusia adalah **heterotrof** yang bergantung pada zat organik buatan produsen. Persamaan umum fotosintesis adalah:

$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$ (dengan energi cahaya dan klorofil)

Persamaan ini tampak seperti kebalikan respirasi aerob (sub bab 2.2): respirasi memecah glukosa dengan O_2 menjadi CO_2 dan air, sedangkan fotosintesis menyusun glukosa dari CO_2 dan air sambil melepas O_2. Kedua proses itu membentuk daur yang menghubungkan tumbuhan dan hewan. Akan tetapi, jalur reaksinya sama sekali berbeda, dan berlangsung di organel yang berbeda.

1. Daun, kloroplas, dan pigmen

Daun adalah "pabrik" fotosintesis. Bahan-bahannya datang dari tiga arah:

- **air** diserap akar dari tanah dan diangkut ke daun melalui pembuluh **xilem**;

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **CO_2** masuk dari udara melalui **stomata**, yaitu celah-celah kecil yang kebanyakan terdapat di permukaan bawah daun. Melalui stomata pula O_2 keluar dan uap air menguap;
- **cahaya** ditangkap oleh pigmen di dalam kloroplas, terutama di sel-sel **mesofil** di bagian dalam daun.

Ingat kembali struktur kloroplas pada Gambar 2.2 (sub bab 2.1). Pigmen-pigmen penangkap cahaya tertanam di **membran tilakoid**. Pigmen utama adalah **klorofil a**, dibantu **klorofil b** dan **karotenoid** (pigmen kuning-jingga). Cahaya matahari yang tampak putih sebenarnya campuran banyak warna. Klorofil **paling banyak menyerap cahaya biru-ungu dan merah**, dan **paling sedikit menyerap cahaya hijau**. Cahaya hijau sebagian besar dipantulkan atau diteruskan, sehingga daun tampak hijau di mata kita. Cahaya yang diserap itulah yang dipakai untuk fotosintesis; karena itu laju fotosintesis paling tinggi di bawah cahaya biru-ungu dan merah, dan paling rendah di bawah cahaya hijau. Pada daun yang menguning menjelang gugur, klorofil dirombak lebih dulu, sehingga warna karotenoid yang tadinya tertutup menjadi tampak.

Fotosintesis berlangsung dalam dua tahap besar yang saling bergantung: **reaksi terang** di membran tilakoid dan **siklus Calvin** di stroma.

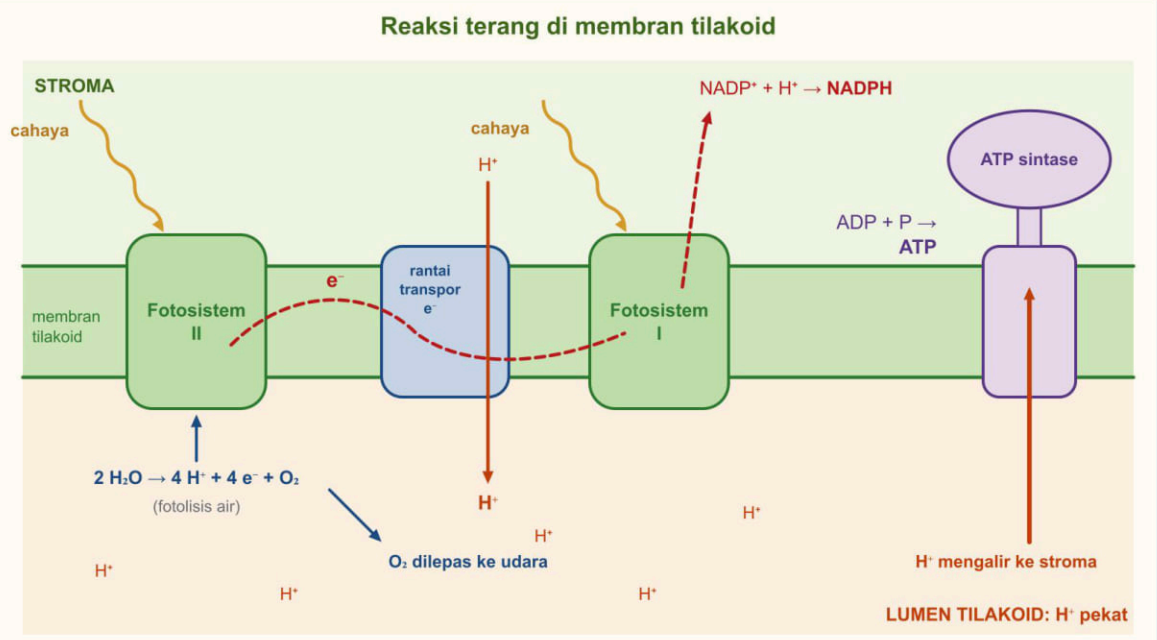
2. Reaksi terang: mengubah energi cahaya menjadi ATP dan NADPH

Reaksi terang berlangsung di **membran tilakoid** dan hanya berjalan bila ada cahaya. Pigmen-pigmen di membran tilakoid tersusun dalam dua kelompok penangkap cahaya yang disebut **fotosistem II** dan **fotosistem I** (dinamai menurut urutan penemuannya, bukan urutan kerjanya). Urutan kerjanya sebagai berikut (Gambar 2.14):

1. **Cahaya diserap fotosistem II.** Energi cahaya membuat elektron pada klorofil fotosistem II **tereksitasi**, yaitu naik ke tingkat energi tinggi, lalu dilepaskan ke rantai transpor elektron.
2. **Air dipecah untuk mengganti elektron yang hilang.** Pemecahan air oleh energi cahaya ini disebut **fotolisis air**: $2\ H_2O \rightarrow 4\ H^+ + 4$ elektron + **O_2**. Elektron mengisi kembali fotosistem II, ion H^+ tertinggal di lumen tilakoid, dan **O_2 dilepaskan** ke udara sebagai hasil samping. Jadi **O_2 hasil fotosintesis berasal dari air**, bukan dari CO_2. Hal ini dibuktikan dengan percobaan memakai air yang atom oksigennya diberi penanda (isotop ^{18}O): oksigen berpenanda muncul pada O_2 yang dilepaskan.
3. **Elektron mengalir melalui rantai transpor elektron** menuju fotosistem I. Energi yang dilepaskan sepanjang jalan dipakai untuk **memompa H^+ dari stroma ke lumen tilakoid**. H^+ makin pekat di lumen.
4. **Cahaya diserap fotosistem I.** Elektron dinaikkan lagi ke tingkat energi tinggi, lalu diserahkan kepada **$NADP^+$** bersama H^+, membentuk **NADPH**. NADPH adalah pembawa elektron berenergi tinggi yang akan dipakai di siklus Calvin.
5. **ATP dibentuk oleh ATP sintase.** H^+ yang menumpuk di lumen mengalir kembali ke stroma melalui ATP sintase, dan aliran itu menggabungkan ADP dengan fosfat menjadi **ATP**. Pembentukan ATP dengan energi cahaya ini disebut **fotofosforilasi**. Caranya sangat mirip dengan pembentukan ATP di membran dalam mitokondria (sub bab 2.2): gradien H^+ menggerakkan ATP sintase. Bedanya, di kloroplas energi untuk membangun gradien itu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

berasal dari cahaya.



Gambar 2.14 Reaksi terang di membran tilakoid. Cahaya menggerakkan elektron dari air ke $NADP^+$; aliran elektron memompa H^+ ke lumen, lalu H^+ kembali ke stroma melalui ATP sintase sambil membentuk ATP. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ringkasnya, reaksi terang **memerlukan** cahaya, air, $NADP^+$, dan ADP, lalu **menghasilkan** O_2, ATP, dan NADPH. Energi cahaya kini tersimpan dalam bentuk kimia yang dapat dipakai sel.

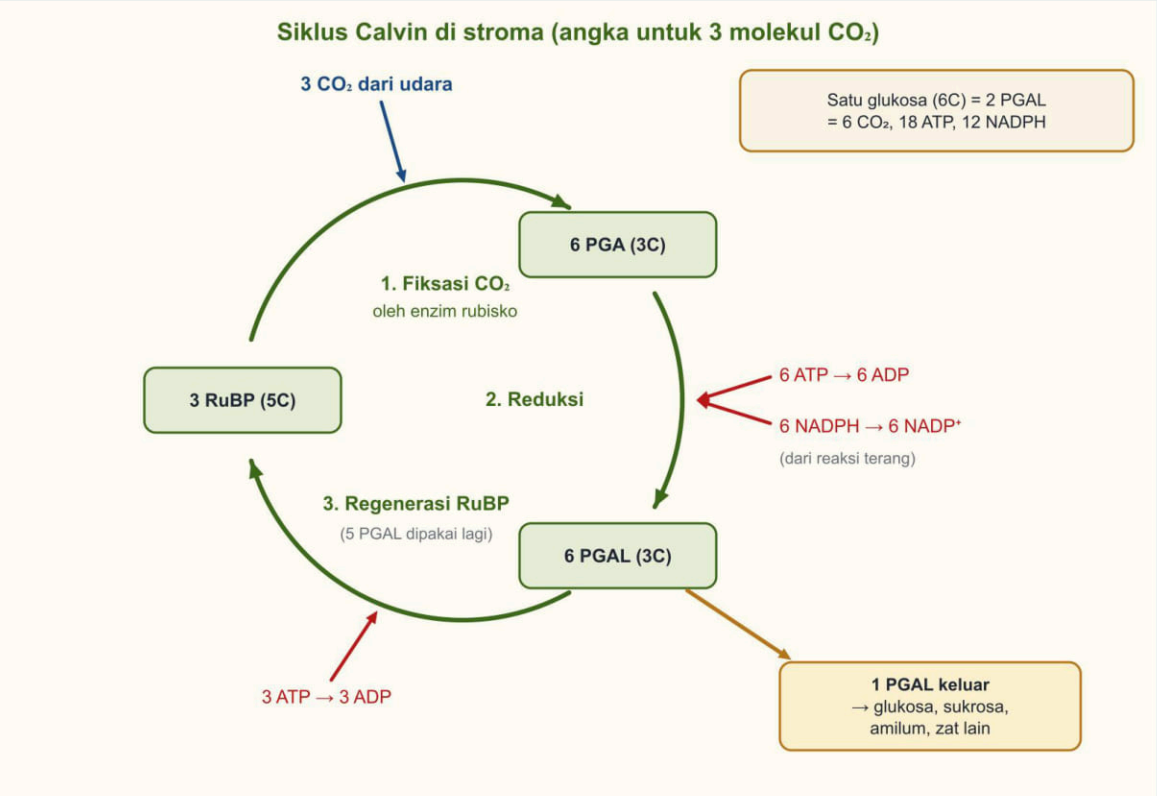
3. Siklus Calvin: menyusun gula dari CO_2

Siklus Calvin berlangsung di **stroma** dan dinamai menurut Melvin Calvin yang menelusurinya. Siklus ini memakai ATP dan NADPH dari reaksi terang untuk mengubah CO_2 menjadi gula. Siklus Calvin dahulu disebut "reaksi gelap", karena reaksinya sendiri tidak menyerap cahaya. Nama itu menyesatkan: siklus Calvin berjalan pada siang hari, bersamaan dengan reaksi terang, karena ia memerlukan pasokan ATP dan NADPH yang terus-menerus. Bila cahaya padam, ATP dan NADPH segera habis, dan langkah-langkah yang memerlukannya ikut terhenti.

Siklus Calvin terdiri atas tiga langkah (Gambar 2.15):

1. **Fiksasi CO_2.** Enzim **rubisko** mengikatkan CO_2 pada molekul penerima 5C yang disebut **RuBP** (ribulosa bifosfat). Molekul 6C yang terbentuk langsung terbelah menjadi dua molekul 3C yang disebut **PGA** (asam fosfogliserat). Rubisko adalah enzim yang bekerja lambat, sehingga tumbuhan membuatnya dalam jumlah sangat besar; rubisko dianggap protein yang paling melimpah di Bumi.
2. **Reduksi.** PGA diberi energi oleh **ATP** dan elektron oleh **NADPH**, sehingga berubah menjadi gula 3C yang disebut **PGAL** (fosfogliseraldehida, disebut juga G3P). Inilah langkah yang membutuhkan hasil reaksi terang paling banyak.
3. **Regenerasi RuBP.** Sebagian besar PGAL disusun ulang, dengan memakai ATP lagi, menjadi RuBP. RuBP yang terbentuk kembali siap mengikat CO_2 berikutnya, sehingga siklus terus berputar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.15 Siklus Calvin di stroma: fiksasi CO_2 oleh rubisko, reduksi PGA menjadi PGAL dengan ATP dan NADPH, dan regenerasi RuBP. Angka untuk 3 molekul CO_2. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Setiap kali siklus mengikat **3 CO_2**, terbentuk 6 PGAL; lima di antaranya dipakai untuk membentuk kembali 3 RuBP, dan hanya **1 PGAL** yang keluar sebagai hasil bersih. Untuk membuat satu glukosa (6C) diperlukan 2 PGAL, berarti 6 CO_2 yang diikat, ditambah 18 ATP dan 12 NADPH dari reaksi terang. PGAL yang keluar dari siklus dipakai untuk membuat glukosa dan sukrosa (gula yang diangkut ke seluruh tubuh tumbuhan melalui floem), disimpan sebagai **amilum** (pati) di kloroplas dan di organ penyimpan seperti umbi singkong dan biji padi, atau diubah menjadi selulosa, lemak, dan, dengan tambahan nitrogen dari tanah, asam amino.

Pengayaan: tumbuhan seperti padi dan kedelai disebut **tumbuhan C3**, karena hasil pertama fiksasi CO_2-nya adalah PGA (3C). Tumbuhan seperti jagung dan tebu adalah **tumbuhan C4**: CO_2 lebih dulu diikat menjadi senyawa 4C di sel lain, lalu dipekatkan di sekitar rubisko. Cara ini membuat tumbuhan C4 tetap efisien pada cuaca panas dan terik ketika stomatanya agak menutup.

4. Hubungan reaksi terang dan siklus Calvin

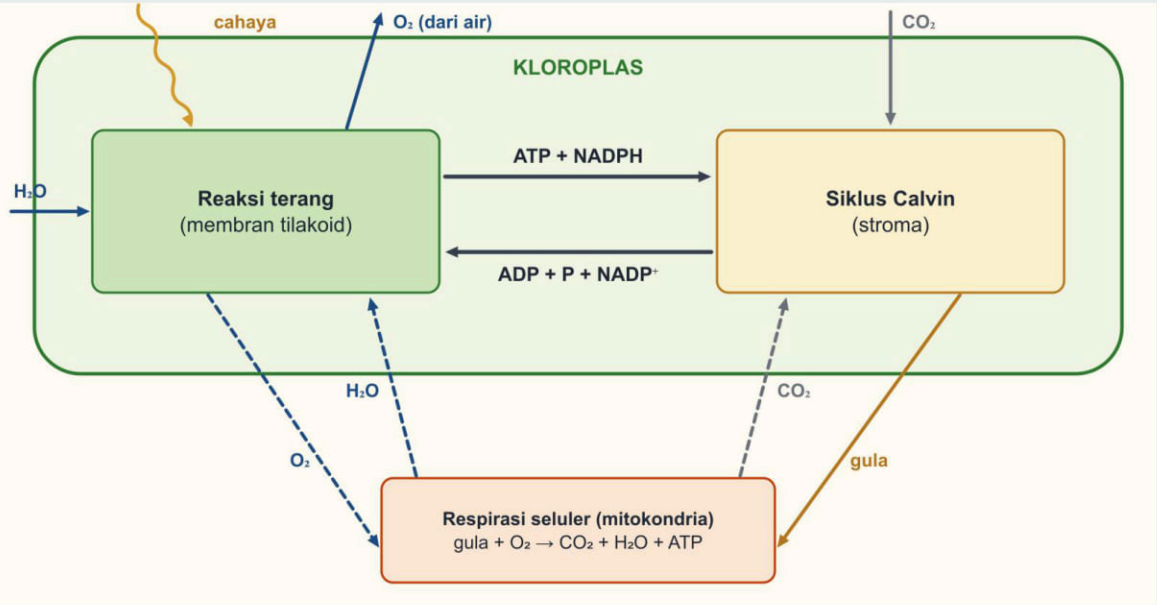
Kedua tahap fotosintesis saling bergantung, seperti dua bagian pabrik yang saling mengirim barang (Gambar 2.16):

- reaksi terang mengirim **ATP dan NADPH** ke siklus Calvin;
- siklus Calvin mengembalikan **ADP, fosfat, dan $NADP^+$** yang sudah kosong ke reaksi terang untuk diisi ulang.

Ciri	Reaksi terang	Siklus Calvin
Tempat	membran tilakoid	stroma

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Memerlukan	cahaya, H_2O, ADP, $NADP^+$	CO_2, ATP, NADPH, RuBP
Menghasilkan	O_2, ATP, NADPH	gula (PGAL → glukosa, amilum), ADP, $NADP^+$
Bila cahaya padam	langsung berhenti	berhenti setelah ATP dan NADPH habis
Bila CO_2 habis	lambat laun melambat karena ADP dan $NADP^+$ tidak dikembalikan	berhenti karena tidak ada CO_2 untuk diikat



Gambar 2.16 Reaksi terang dan siklus Calvin saling mengirim bahan di dalam kloroplas; bersama mitokondria, keduanya membentuk daur antara fotosintesis dan respirasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Tumbuhan juga bernapas di mitokondria, siang dan malam, sama seperti hewan. Gula hasil fotosintesis sebagian dipakai sendiri untuk respirasi. Pada siang hari yang terang, laju fotosintesis jauh melebihi laju respirasi, sehingga tumbuhan menyerap CO_2 dan melepas O_2 secara bersih. Pada malam hari hanya respirasi yang berjalan, sehingga tumbuhan melepas CO_2. Pada cahaya redup tertentu, laju kedua proses sama besar, sehingga tidak ada pertukaran gas bersih; intensitas cahaya ini disebut **titik kompensasi cahaya**. Tumbuhan hanya dapat tumbuh bila dalam sehari ia cukup lama berada di atas titik kompensasinya.

5. Faktor yang memengaruhi laju fotosintesis

Laju fotosintesis dapat diukur dari banyaknya O_2 yang dilepaskan, CO_2 yang diserap, atau gula yang terbentuk per satuan waktu. Laju itu dipengaruhi beberapa faktor:

- **Intensitas cahaya.** Makin terang, makin banyak elektron yang digerakkan di reaksi terang, sampai batas tertentu. Cahaya yang terlalu kuat dapat merusak pigmen.
- **Kadar CO_2.** CO_2 adalah bahan siklus Calvin. Kadar CO_2 udara saat ini sekitar 0,04 %, sehingga pada siang yang terang CO_2 sering menjadi pembatas.
- **Suhu.** Reaksi siklus Calvin dijalankan enzim, sehingga laju naik sampai suhu optimum lalu turun karena enzim mulai terdenaturasi (ingat sub bab 2.1).

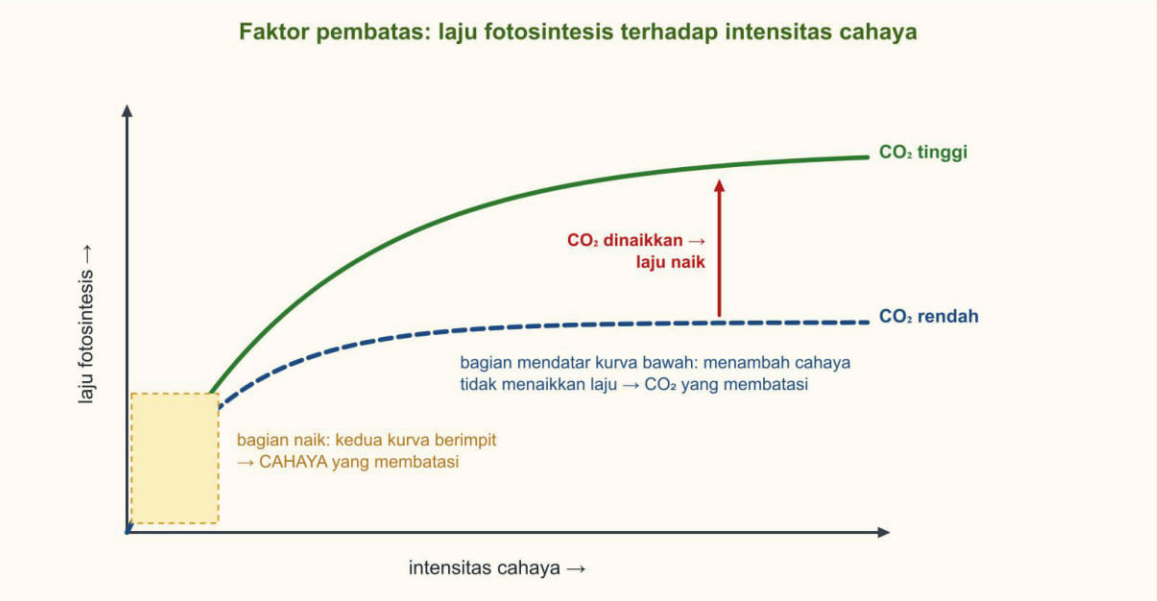
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **Air.** Kekurangan air jarang membatasi secara langsung sebagai bahan, tetapi membuat tumbuhan **menutup stomatanya** untuk mengurangi penguapan. Stomata yang menutup juga menghalangi CO_2 masuk.
- **Klorofil dan unsur hara.** Klorofil memerlukan unsur magnesium dan nitrogen. Tumbuhan yang kekurangan unsur ini daunnya menguning (**klorosis**) dan laju fotosintesisnya turun.

Bila beberapa faktor bekerja sekaligus, laju fotosintesis ditentukan oleh faktor yang **berada pada tingkat paling rendah** dibandingkan kebutuhannya. Faktor itu disebut **faktor pembatas** (asas Blackman). Bayangkan sebuah dapur katering yang memasak nasi kotak. Dapur punya banyak juru masak, tetapi hanya dua kompor. Menambah juru masak tidak mempercepat produksi; yang membatasi adalah kompornya. Baru setelah kompor ditambah, juru masak tambahan berguna.

Gambar 2.17 memperlihatkan kurva konsep laju fotosintesis terhadap intensitas cahaya pada dua kadar CO_2. Cara membacanya:

1. Pada **bagian kurva yang naik**, laju bertambah bila cahaya ditambah. Di bagian ini **cahaya** adalah faktor pembatas. Perhatikan bahwa kedua kurva hampir berimpit di bagian ini: menambah CO_2 tidak banyak menolong bila cahayanya masih kurang.
2. Pada **bagian kurva yang mendatar**, menambah cahaya tidak lagi menaikkan laju. Cahaya sudah berlebih, dan **faktor lain** yang kini membatasi.
3. Untuk mengetahui faktor lain itu, bandingkan dua kurva yang **hanya berbeda satu faktor**. Kurva dengan CO_2 tinggi mendatar pada laju yang lebih tinggi; berarti pada bagian mendatar kurva bawah, **CO_2** adalah pembatasnya.



Gambar 2.17 Kurva konsep laju fotosintesis terhadap intensitas cahaya pada kadar CO_2 rendah dan tinggi (suhu sama). Kurva ini menunjukkan pola, bukan data pengukuran. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Petani memanfaatkan prinsip ini. Di rumah kaca, kadar CO_2 dapat dinaikkan atau lampu ditambahkan, tetapi keduanya hanya menguntungkan bila memang faktor itulah yang membatasi. Pada lahan terbuka, penyiraman yang cukup menjaga stomata tetap terbuka

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sehingga CO_2 dapat masuk.

6. Percobaan-percobaan yang membuktikan fotosintesis

Bagaimana kita tahu semua ini? Beberapa percobaan klasik masih sering diulang di laboratorium sekolah (Gambar 2.18).

Percobaan Ingenhousz: fotosintesis melepas O_2. Pada 1779, Jan Ingenhousz menunjukkan bahwa tumbuhan air mengeluarkan gelembung gas bila disinari, dan tidak mengeluarkannya dalam gelap. Percobaannya dapat diulang dengan *Hydrilla*, tumbuhan air yang mudah didapat di kolam dan toko akuarium:

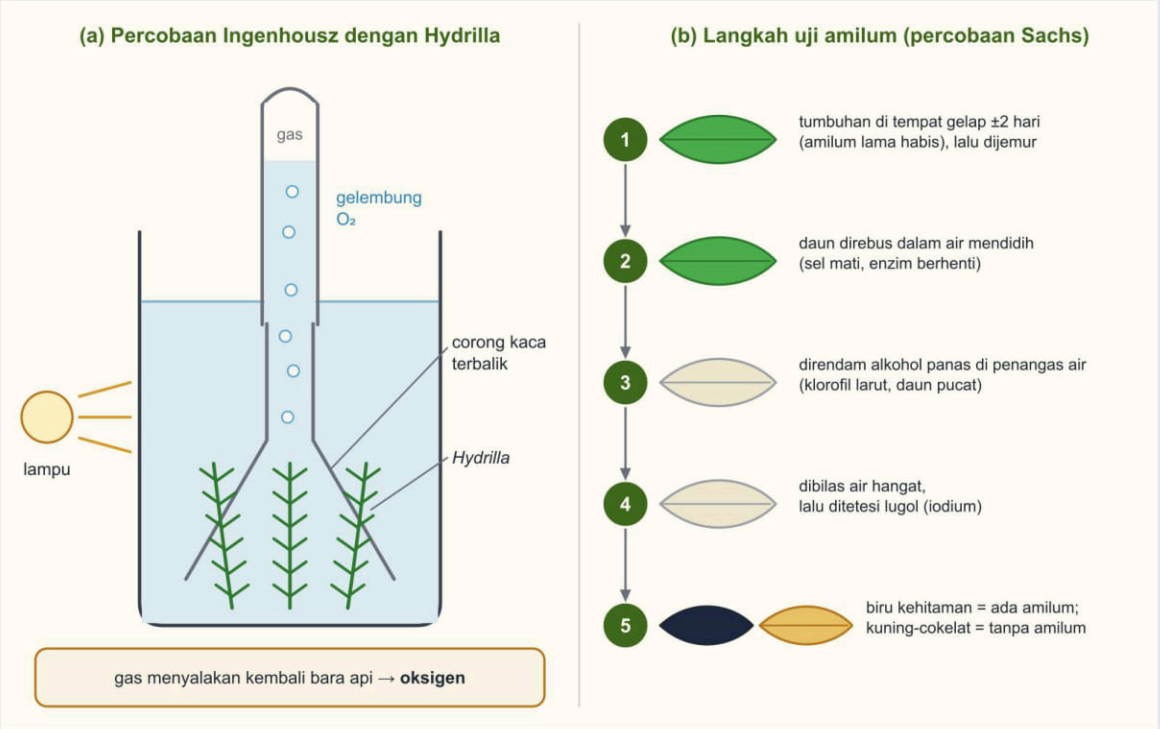
1. Beberapa batang *Hydrilla* dimasukkan ke dalam gelas kimia berisi air, lalu ditutup corong kaca terbalik.
2. Tabung reaksi berisi penuh air dipasang terbalik di ujung corong untuk menampung gas.
3. Gelas diletakkan di bawah cahaya matahari atau lampu. Gelembung gas muncul dari potongan batang dan terkumpul di puncak tabung.
4. Gas yang terkumpul diuji dengan **bara api** (lidi yang membara). Bila bara menyala kembali, gas itu adalah **oksigen**.

Banyaknya gelembung per menit dapat dipakai sebagai ukuran laju fotosintesis. Dengan mengubah jarak lampu, warna cahaya, atau menambah sedikit natrium bikarbonat (sumber CO_2) ke dalam air, kamu dapat menyelidiki faktor-faktor pada bagian 5, asalkan hanya satu faktor yang diubah setiap kali.

Percobaan Sachs: fotosintesis menghasilkan amilum. Julius von Sachs (abad ke-19) menunjukkan bahwa daun yang terkena cahaya membentuk amilum. Langkah uji amilum pada daun:

1. **Tumbuhan disimpan di tempat gelap** sekitar dua hari, supaya amilum lama di daunnya habis dipakai. Langkah ini menjamin bahwa amilum yang nanti ditemukan adalah amilum baru.
2. Tumbuhan **dijemur** beberapa jam, sesuai rancangan percobaan.
3. Daun dipetik lalu **direbus** dalam air mendidih beberapa menit untuk mematikan sel dan menghentikan kerja enzim.
4. Daun **direndam dalam alkohol panas** (dipanaskan dalam penangas air, bukan langsung di atas api) untuk **melarutkan klorofil**. Daun menjadi pucat, sehingga perubahan warna pada langkah berikutnya mudah terlihat.
5. Daun dibilas air hangat supaya lunak, lalu **ditetesi larutan iodium (lugol)**.
6. Bagian yang mengandung amilum berubah menjadi **biru kehitaman**. Bagian tanpa amilum tetap berwarna kuning kecokelatan, yaitu warna lugol itu sendiri.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.18 (a) Percobaan Ingenhousz dengan Hydrilla: gas yang terkumpul menyalakan kembali bara api, berarti oksigen. (b) Langkah uji amilum pada daun (percobaan Sachs). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kedua percobaan ini membuktikan hal yang berbeda. Gelembung gas membuktikan **O_2 dilepaskan**; warna biru kehitaman membuktikan **amilum terbentuk**. Dalam setiap percobaan, yang dibuktikan pengaruhnya adalah faktor yang **dibuat berbeda** antarbagian atau antartabung. Misalnya, bila satu daun sebagian disinari dan sebagian tidak, sedangkan klorofil, udara, dan suhunya sama, yang diuji adalah pengaruh cahaya. Bila seluruh daun disinari tetapi sebagian daun tidak berklorofil, yang diuji adalah pengaruh klorofil (lihat Contoh 1).

7. Kemosintesis: produsen tanpa cahaya

Tidak semua produsen memakai cahaya. Sebagian bakteri menyusun zat organik dari CO_2 dengan energi yang diperoleh dari **oksidasi zat anorganik**. Proses ini disebut **kemosintesis**, dan pelakunya disebut **kemoautotrof**. Langkahnya:

1. Bakteri mengoksidasi zat anorganik di lingkungannya, misalnya hidrogen sulfida (H_2S), amonia atau amonium, nitrit, atau ion besi(II). Oksidasi ini melepaskan energi.
2. Energi itu dipakai untuk membentuk ATP dan pembawa elektron berenergi tinggi.
3. ATP dan pembawa elektron itu dipakai untuk mengikat CO_2 menjadi gula, pada banyak bakteri melalui siklus Calvin yang sama dengan pada tumbuhan.

Beberapa contoh kemosintesis:

Bakteri	Zat yang dioksidasi	Hasil oksidasi	Peran
Bakteri belerang	H_2S	belerang atau sulfat	produsen di sekitar ventilasi hidrotermal laut dalam

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Nitrosomonas	amonia (NH_3) atau amonium (NH_4^+)	nitrit (NO_2^-)	tahap pertama nitrifikasi di tanah dan air
Nitrobacter	nitrit (NO_2^-)	nitrat (NO_3^-)	tahap kedua nitrifikasi
Bakteri besi	ion besi(II) (Fe^{2+})	ion besi(III) (Fe^{3+})	membentuk endapan karat di perairan

Di dasar laut yang sangat dalam, cahaya matahari tidak pernah sampai. Namun di sekitar **ventilasi hidrotermal**, celah di dasar laut yang menyemburkan air panas kaya H_2S, hidup komunitas cacing, kerang, dan udang yang padat. Produsennya adalah bakteri kemosintetik. Di daratan, bakteri nitrifikasi menjaga kesuburan tanah, karena nitrat yang dihasilkannya adalah bentuk nitrogen yang mudah diserap akar.

Perhatikan bedanya dengan pengurai. Bakteri pengurai memakai zat organik yang sudah ada (bangkai, sampah) sebagai sumber energi dan karbon, sehingga termasuk **heterotrof**. Bakteri kemosintetik membuat zat organik **baru** dari CO_2, sehingga termasuk **produsen**.

Ciri	Fotosintesis	Kemosintesis	Penguraian (heterotrof)
Sumber energi	cahaya	oksidasi zat anorganik	zat organik yang sudah ada
Sumber karbon	CO_2	CO_2	zat organik
Peran dalam ekosistem	produsen	produsen	pengurai/konsumen
Contoh	tumbuhan, alga, sianobakteri	bakteri belerang, bakteri nitrifikasi	jamur, bakteri pembusuk

NEXT LEVEL STUDY

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Daun lili paris yang belang

Daun lili paris berwarna hijau di bagian tengah dan putih di bagian tepi. Bagian putih tidak mengandung klorofil. Pada 2027, Bima menyimpan pot lili paris di lemari gelap selama dua hari, lalu menjemurnya enam jam. Sehelai daun kemudian diuji amilum. *Tokoh fiktif.* Bagian mana yang berwarna biru kehitaman, dan apa yang dibuktikan percobaan ini?

1. Jelaskan alasan penyimpanan di tempat gelap: amilum lama di daun habis dipakai, sehingga amilum yang nanti ditemukan pasti dibuat selama penjemuran.
2. Bandingkan bagian hijau dan bagian putih: keduanya berada pada daun yang sama, mendapat cahaya yang sama, udara (CO_2) yang sama, suhu yang sama, dan air dari batang yang sama. Satu-satunya perbedaan adalah **ada atau tidaknya klorofil**.
3. Ramalkan hasilnya: bagian hijau berklorofil dapat menangkap cahaya, menjalankan reaksi terang dan siklus Calvin, lalu menyimpan gulanya sebagai amilum, sehingga berwarna **biru**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kehitaman. Bagian putih tidak dapat menangkap cahaya, tidak membentuk amilum, dan tetap **kuning kecokelatan** (warna lugol).

4. Tarik kesimpulan dari faktor yang berbeda: percobaan ini membuktikan bahwa **klorofil diperlukan** untuk fotosintesis. Percobaan ini tidak menguji pengaruh cahaya, karena cahaya sama di kedua bagian.

Jawaban: bagian hijau berwarna biru kehitaman, bagian putih tidak; yang dibuktikan adalah perlunya klorofil.

Contoh 2 — Selada hidroponik di rumah kaca

Pada 2026, sebuah kebun hidroponik selada di rumah kaca mengukur laju fotosintesis (dari penyerapan CO_2) pada siang hari. Dengan lampu biasa, lajunya 20 satuan. Setelah lampu tambahan dipasang sehingga cahaya dua kali lebih terang, lajunya tetap 20 satuan. Kemudian kadar CO_2 di rumah kaca dinaikkan dari 0,04 % menjadi 0,08 % tanpa mengubah cahaya dan suhu; lajunya naik menjadi 31 satuan. *Data disusun untuk contoh.* Faktor apa yang membatasi laju pada keadaan awal, dan apakah lampu tambahan itu bermanfaat?

1. Lihat pengaruh lampu: cahaya digandakan, tetapi laju tidak berubah. Pada keadaan itu tanaman berada di **bagian kurva yang mendatar** (Gambar 2.17); cahaya sudah tidak membatasi.
2. Lihat pengaruh CO_2: hanya CO_2 yang diubah, dan laju naik nyata. Berarti pada keadaan awal **CO_2 adalah faktor pembatas**.
3. Nilai lampu tambahan: pada keadaan awal lampu itu tidak menaikkan laju, jadi biayanya terbuang. Setelah CO_2 dinaikkan, faktor pembatas dapat berpindah; untuk tahu apakah cahaya kini membatasi, percobaan lampu harus diulang pada kadar CO_2 yang baru.
4. Ingat batasnya: suhu juga harus tetap sesuai, karena siklus Calvin dijalankan enzim.

Jawaban: pada keadaan awal CO_2 yang membatasi laju fotosintesis; menambah lampu tidak bermanfaat sebelum kadar CO_2 dinaikkan.

Contoh 3 — Bakteri di saringan akuarium

Raka baru mengisi akuarium dan langsung memasukkan banyak ikan. *Tokoh fiktif.* Dalam beberapa hari air berbau dan beberapa ikan mati. Penjual ikan menjelaskan bahwa kotoran ikan menghasilkan amonia yang beracun, dan bahwa saringan akuarium baru "matang" setelah beberapa minggu, ketika bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* sudah tumbuh di dalamnya. Saringan itu berada di dalam kotak yang gelap. Apa peran bakteri itu, dan dari mana energi serta karbonnya?

1. Tentukan apa yang dikerjakan bakteri: *Nitrosomonas* mengoksidasi amonia menjadi nitrit, lalu *Nitrobacter* mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Nitrat jauh kurang beracun bagi ikan, sehingga air menjadi aman.
2. Tentukan sumber energinya: energi diperoleh dari **oksidasi zat anorganik** (amonia dan nitrit), bukan dari cahaya. Itulah sebabnya bakteri dapat hidup di kotak saringan yang gelap.
3. Tentukan sumber karbonnya: bakteri ini menyusun zat organik tubuhnya dari **CO_2** yang terlarut di air.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Golongkan: energi dari zat anorganik + karbon dari CO_2 = **kemosintesis**; bakteri ini adalah **produsen** (kemoautotrof), bukan pengurai.
5. Jelaskan kematian ikan: pada akuarium baru, populasi bakteri nitrifikasi masih sangat kecil, sehingga amonia dari kotoran ikan menumpuk lebih cepat daripada yang dapat dioksidasi.

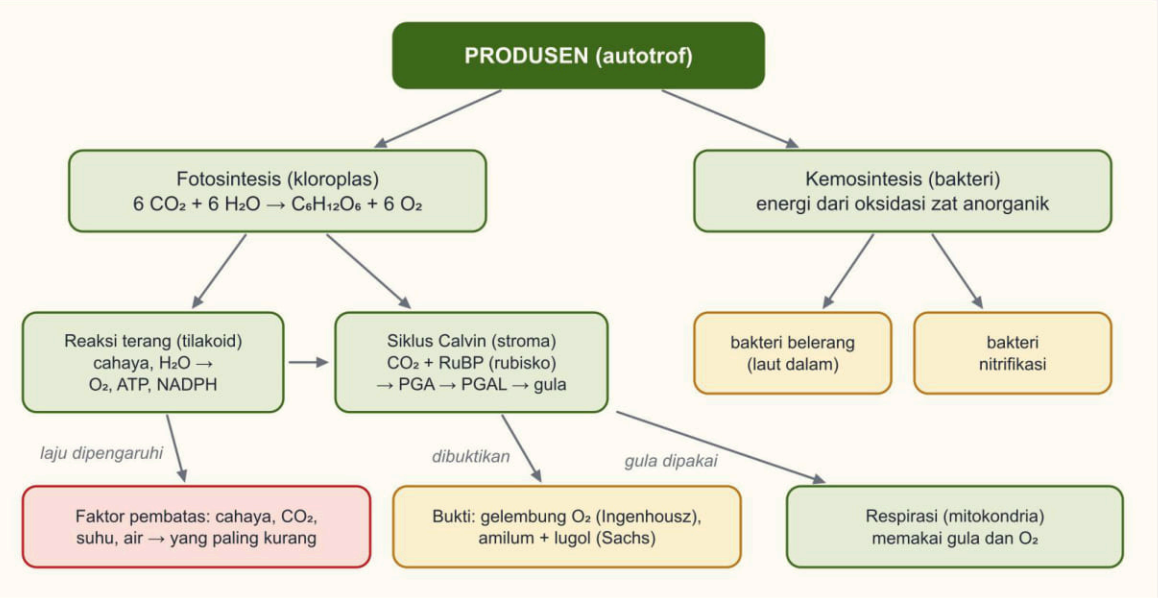
Kesimpulan: bakteri nitrifikasi di saringan adalah kemoautotrof yang mendapat energi dari oksidasi amonia dan nitrit serta karbon dari CO_2; ikan mati karena bakteri itu belum cukup banyak untuk menghabiskan amonia.

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Fotosintesis: $6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$, dengan cahaya dan klorofil; klorofil paling banyak menyerap biru-ungu dan merah.
- Reaksi terang (membran tilakoid): cahaya + fotolisis air → O_2 (dari air), ATP, NADPH.
- Siklus Calvin (stroma): rubisko mengikat CO_2 pada RuBP → PGA → (ATP + NADPH) → PGAL → glukosa/amilum; RuBP dibentuk kembali.
- Siklus Calvin bergantung pada ATP dan NADPH dari reaksi terang; tanpa cahaya, keduanya habis dan siklus berhenti.
- Faktor pembatas = faktor yang paling kurang; bagian kurva naik → faktor sumbu mendatar membatasi; bagian mendatar → faktor lain.
- Gelembung O_2 (Ingenhousz) dan uji amilum (Sachs) membuktikan hal yang berbeda; yang dibuktikan adalah faktor yang dibuat berbeda.
- Kemosintesis: energi dari oksidasi zat anorganik, karbon dari CO_2 → produsen tanpa cahaya.

Gambar 2.19 merangkum hubungan antarkonsep itu dalam satu bagan.



Gambar 2.19 Peta konsep fotosintesis dan kemosintesis. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab:

1. **Untuk soal percobaan**, buat tabel bagian atau tabung beserta perlakuannya, lalu lingkari yang berbeda. Itulah faktor yang dibuktikan. Tanyakan juga: hasil apa yang diukur, O_2 atau amilum?
2. **Untuk soal grafik**, tentukan dulu bagian kurva yang ditanyakan: naik atau mendatar. Lalu bandingkan dua kurva yang hanya berbeda satu faktor (bagian 5, Gambar 2.17).
3. **Untuk soal reaksi terang dan siklus Calvin**, tulis panah masukan dan hasil kedua tahap (Gambar 2.16), lalu telusuri akibat bila salah satu masukan dihentikan: zat yang dibuat sebelum langkah yang terhenti menumpuk, zat sesudahnya berkurang.
4. **Untuk soal cahaya berwarna**, ingat bahwa cahaya yang paling banyak diserap klorofil adalah yang paling efektif.
5. **Untuk soal ekosistem tanpa cahaya**, tanyakan dari mana energi dan karbonnya berasal.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Faktor penting tetapi tidak dibedakan.** Klorofil, suhu, atau CO_2 memang diperlukan, tetapi bila sama di semua bagian percobaan, faktor itu bukan yang dibuktikan.
- **"Klorofil menyerap paling banyak cahaya hijau."** Justru sebaliknya: hijau paling sedikit diserap.
- **Siklus Calvin dikira tidak dipengaruhi gelap.** Siklus Calvin tidak memakai cahaya secara langsung, tetapi berhenti bila ATP dan NADPH habis.
- **O_2 dikira berasal dari CO_2** atau dari siklus Calvin. O_2 yang dilepaskan fotosintesis berasal dari pemecahan air di reaksi terang.
- **Tumbuhan dikira tidak bernapas pada siang hari.** Respirasi berjalan terus; pada siang hari hanya tertutup oleh fotosintesis yang lebih cepat.
- **Bakteri kemosintetik disebut pengurai.**

> Contoh salah tafsir: pada grafik laju fotosintesis terhadap intensitas cahaya, kurva mendatar pada cahaya tinggi. Seorang siswa menyimpulkan "menambah cahaya masih akan menaikkan laju, hanya sedikit". Ia salah membaca bagian mendatar. Pada bagian itu, cahaya sudah tidak membatasi lagi; menambah cahaya tidak menaikkan laju, dan faktor lain yang harus ditambah.

• BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 15 (daun bertutup aluminium foil, PG, 37 % benar). Sebagian permukaan daun yang masih menempel di batang ditutup foil, lalu dijemur beberapa jam. Setelah direbus, dilarutkan klorofilnya, dan ditetesi lugol, bagian yang terbuka berwarna biru kehitaman, sedangkan bagian

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

yang tertutup tetap pucat. Kamu diminta menentukan faktor yang memengaruhi fotosintesis pada daun itu.

- Konsep kunci: percobaan Sachs dan uji amilum (bagian 6, Gambar 2.18).
- Langkah: bandingkan bagian terbuka dan tertutup → tanyakan apa yang **berbeda** di antara keduanya → pilih faktor itu.
- Pengecoh yang dipasang: ketersediaan klorofil, kadar CO_2, suhu, dan bentuk daun. Semuanya memengaruhi fotosintesis, tetapi kedua bagian daun itu sama-sama berklorofil, sama-sama bersentuhan dengan udara yang sama, berada pada suhu yang sama, dan berada pada daun yang sama.

Rujukan: soal nomor 15 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membandingkan laju fotosintesis jagung di petak kering dan petak yang disiram. Perhatikan cara menentukan faktor pembatas: cahaya justru bertambah, jadi yang membatasi harus dicari dari keadaan stomata dan pasokan CO_2 (bagian 5, Gambar 2.17).

►. Pada musim kemarau 2026, peneliti mengukur tanaman jagung di dua petak bersebelahan di sebuah lahan di Nusa Tenggara Timur. Petak K tidak disiram selama tiga minggu sehingga tanahnya kering, sedangkan petak L disiram cukup. Pada pukul 13.00 intensitas cahaya dua kali lipat pukul 09.00, dan suhu daun di kedua petak hampir sama. Di petak L, laju fotosintesis pukul 13.00 lebih tinggi daripada pukul 09.00. Di petak K laju itu justru lebih rendah, dan sebagian besar stomata daunnya menyempit.
Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk turunnya laju fotosintesis di petak K adalah ....

A. cahaya siang yang terlalu kuat merusak klorofil daun sehingga reaksi terang di dalam kloroplas terhenti
B. air sebagai bahan fotosintesis habis sehingga reaksi terang tidak lagi mendapat pasokan elektron
C. suhu siang yang tinggi merusak enzim siklus Calvin sehingga gula tidak dapat disusun dari CO_2
D. stomata menyempit untuk menghemat air sehingga CO_2 yang masuk berkurang dan siklus Calvin melambat
E. respirasi daun lebih cepat pada siang hari sehingga glukosa terpakai lebih cepat daripada dibentuk

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: laju fotosintesis dibatasi oleh faktor yang paling kurang (**faktor pembatas**): cahaya, CO_2, atau suhu. Kekurangan air jarang membatasi secara langsung sebagai bahan, tetapi membuat tumbuhan **menutup stomatanya** untuk mengurangi penguapan. Stomata yang menutup juga menghalangi **CO_2** masuk, sehingga siklus Calvin kekurangan bahan dan laju fotosintesis turun walaupun cahaya kuat.

Langkah 1 – Pakai petak L sebagai pembanding. Cahaya dan suhu daun sama di kedua petak. Di petak L cahaya siang menaikkan laju → cahaya dan suhu siang tidak merusak fotosintesis.
Langkah 2 – Cari yang berbeda di petak K. Tanah kering dan stomata menyempit.
Langkah 3 – Hubungkan. Stomata menyempit → CO_2 masuk sedikit → siklus Calvin melambat → laju turun.
Cek ulang: tanaman di petak K masih hidup dan masih berfotosintesis (lajunya turun, tidak nol), jadi airnya tidak habis sama sekali.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak memakai pembanding: cahaya yang sama justru menaikkan laju di petak L.
• B ✗ — Jebakan miskonsepsi: air hampir tidak pernah habis sebagai bahan; dampak utama kekeringan adalah stomata yang menutup.
• C ✗ — Jebakan: suhu daun di kedua petak hampir sama, padahal laju di petak L naik.
• D ✓ — Sesuai data stomata dan peran CO_2 dalam siklus Calvin.
• E ✗ — Jebakan benar tetapi tidak menjawab: respirasi tidak menurunkan laju pembentukan gula oleh fotosintesis, dan tidak menjelaskan beda petak K dan L.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis masukan dan hasil reaksi terang serta siklus Calvin bila soal menyinggungnya.

1. Kelompok tani di Ngawi menanam padi varietas yang sama di petak yang sama, dengan pupuk dan jarak tanam yang sama, pada dua musim tanam 2026. Sawah mereka beririgasi teknis sehingga air selalu cukup. Data rata-ratanya sebagai berikut.

Musim tanam	Lama penyinaran matahari (jam/hari)	Suhu rata-rata (°C)	Air sawah	Hasil gabah kering (ton/ha)
Musim hujan (Nov–Feb)	4,1	27	cukup	5,2
Musim kemarau (Mei–Agu)	7,8	28	cukup	6,9

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan hasil panen adalah ....

A. air hujan yang berlimpah membuat stomata daun menutup sehingga CO_2 yang masuk ke daun berkurang
B. suhu kemarau yang lebih tinggi 1 °C menjadi penyebab utama karena enzim fotosintesis jauh lebih cepat
C. padi lebih banyak berespirasi saat musim hujan sehingga gula yang dibentuk habis sebelum disimpan
D. lama penyinaran yang pendek saat mendung membatasi fotosintesis sehingga gula ke bulir lebih sedikit
E. air irigasi berkurang saat kemarau sehingga padi terdorong membentuk lebih banyak bulir untuk bertahan

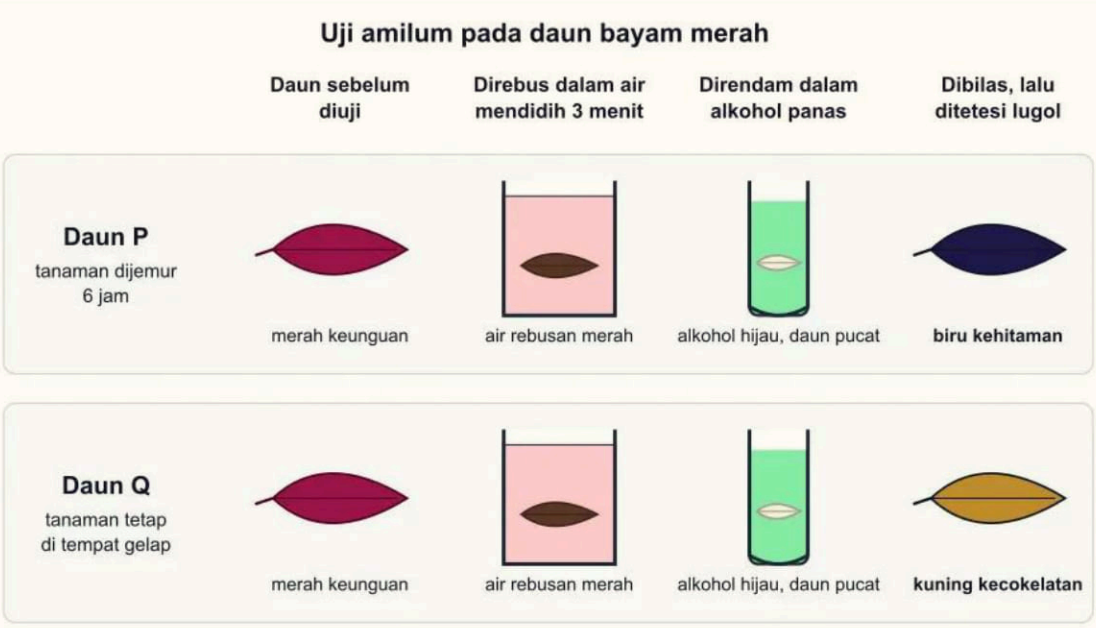
NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Pada 2026, Sinta ingin tahu apakah daun bayam merah, yang tidak tampak hijau, dapat berfotosintesis. Ia memakai dua tanaman bayam merah sejenis yang sebelumnya disimpan di tempat gelap selama dua hari. Tanaman P kemudian dijemur selama 6 jam, sedangkan tanaman Q tetap disimpan di tempat gelap. Selanjutnya, satu daun dari setiap tanaman diuji dengan langkah-langkah yang sama. Langkah dan hasil setiap tahap ditunjukkan pada gambar.

Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat dari percobaan Sinta adalah ....



Sebelum percobaan, kedua tanaman disimpan di tempat gelap selama 2 hari. Warna lugol sendiri kuning kecokelatan.

A. pigmen merah daun bayam menggantikan klorofil dalam menangkap cahaya sehingga amilum tetap terbentuk di daun P
B. daun bayam merah mengandung klorofil yang tertutup pigmen merah dan membentuk amilum bila mendapat cahaya
C. amilum di daun P berasal dari cadangan lama karena daun bayam merah tidak dapat membentuk amilum yang baru
D. perebusan dan perendaman dalam alkohol menghasilkan amilum sehingga daun P berwarna biru kehitaman oleh lugol
E. daun bayam merah berfotosintesis lebih cepat daripada bayam hijau karena pigmennya menyerap semua warna cahaya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Pada 2026, Pak Asep menanam tomat di dataran tinggi pada ketinggian sekitar 1.600 m. Di lahan terbuka, suhu siang hari hanya sekitar 17 °C walaupun cuaca cerah, air dan pupuk cukup, tetapi tanamannya tumbuh lambat. Ia lalu memasang rumah plastik bening yang ventilasinya dapat dibuka. Suhu siang di dalamnya naik menjadi sekitar 25 °C, cahaya yang masuk sedikit berkurang, dan ventilasi dibuka sehingga kadar CO_2 di dalam sama dengan udara luar. Sebulan kemudian, tomat di rumah plastik tumbuh jauh lebih cepat.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk hasil tersebut adalah ....

A. rumah plastik menambah intensitas cahaya yang diterima daun sehingga reaksi terang berlangsung lebih cepat
B. plastik menahan CO_2 hasil respirasi tanaman sehingga kadar CO_2 di dalam rumah plastik menjadi jauh lebih tinggi
C. suhu yang lebih tinggi membuat stomata menutup sehingga air tidak hilang dan fotosintesis berjalan lebih cepat
D. kenaikan suhu mempercepat respirasi sehingga energi untuk tumbuh berasal dari respirasi, bukan dari fotosintesis
E. suhu yang lebih hangat mendekatkan enzim siklus Calvin ke suhu optimumnya sehingga gula terbentuk lebih cepat

Kunci singkat: 1. D 2. B 3. E

✔ PERIKSA DIRI

- Bila lampu dimatikan, zat apa yang segera habis di kloroplas, dan langkah siklus Calvin mana yang ikut terhenti?
- Bagaimana menentukan faktor pembatas pada bagian kurva yang sudah mendatar?
- **Yang harus kuingat:** reaksi terang memberi ATP dan NADPH bagi siklus Calvin; faktor pembatas adalah yang paling kurang; faktor yang dibuktikan adalah yang dibuat berbeda.

Next Level Study
Educational Institutions

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-2.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 2

BIO-KB2

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 2 di LMS

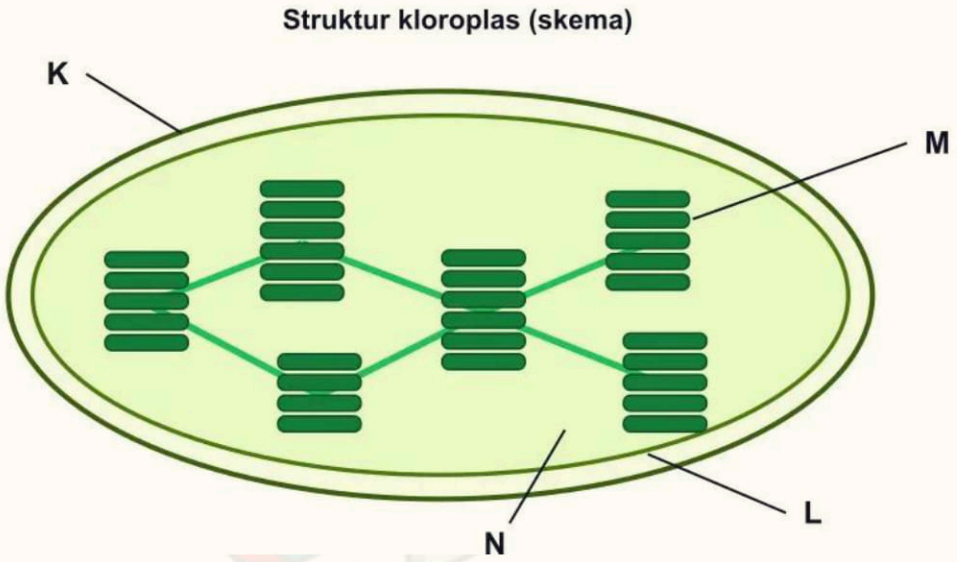
Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-KB2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Gambar menunjukkan skema kloroplas sel daun. Seorang petani menyemprotkan herbisida pada gulma di kebunnya. Herbisida itu bekerja dengan menghentikan aliran elektron pada membran tempat klorofil tertanam. Beberapa jam kemudian, daun gulma berhenti melepaskan O_2 dan tidak lagi membentuk gula, walaupun CO_2 dari udara tetap dapat masuk ke dalam daun.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Bagian berlabel yang langsung dihambat herbisida beserta alasan gula tidak lagi terbentuk adalah ....

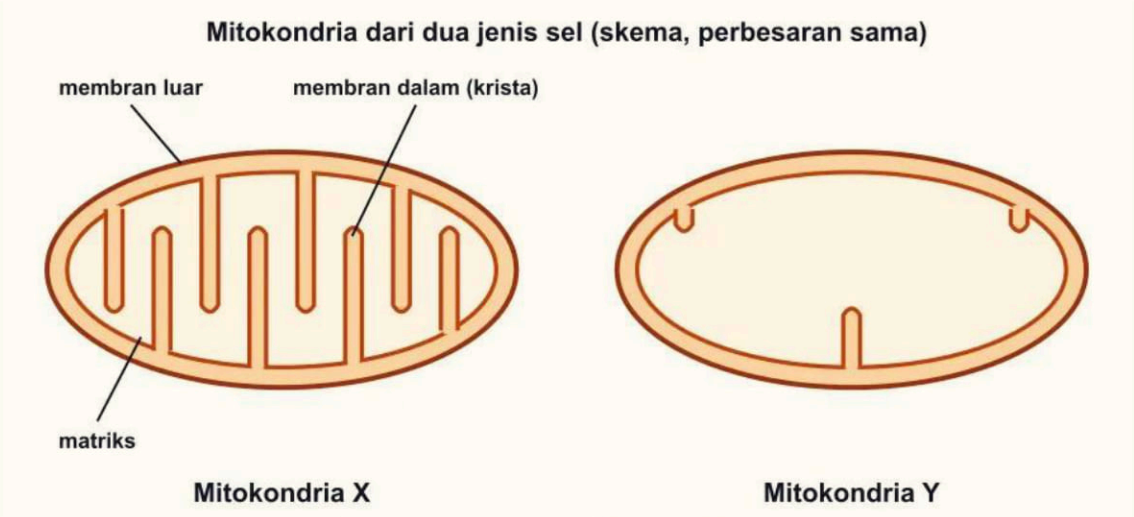


A. K, karena membran luar tidak lagi dapat dilalui CO_2 sehingga stroma tidak mendapat bahan baku untuk gula
B. N, karena enzim pengikat CO_2 di cairan itu rusak sehingga O_2 tidak dapat dilepaskan lagi dari daun gulma tersebut
C. M, karena reaksi terang terhenti sehingga ATP dan NADPH yang diperlukan untuk menyusun gula tidak tersedia
D. L, karena membran dalam berhenti memompa air ke tilakoid sehingga pemecahan air tidak dapat berlangsung
E. M, karena klorofil di bagian itu terurai menjadi gula sehingga daun tidak lagi mampu menyerap cahaya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Gambar menunjukkan skema mitokondria dari dua jenis sel manusia, yaitu sel otot jantung yang berkontraksi terus-menerus seumur hidup dan sel lemak yang terutama menyimpan cadangan lemak. Seorang murid menggambar keduanya dari foto mikroskop elektron dengan perbesaran yang sama, tetapi lupa mencatat asal masing-masing mitokondria. *Kasus disusun untuk latihan soal.*

Pasangan asal mitokondria beserta alasan yang paling tepat adalah ....



A. X dari sel lemak, karena krista yang rapat diperlukan untuk menyimpan cadangan lemak di dalam matriks
B. Y dari sel otot jantung, karena matriksnya yang lebih lapang membuat glikolisis berlangsung lebih cepat
C. Y dari sel lemak, karena membran luarnya lebih tebal sehingga lemak tidak bocor keluar ke sitoplasma
D. X dari sel otot jantung, karena kristanya yang rapat menjadi tempat glukosa dipecah menjadi piruvat
E. X dari sel otot jantung, karena kristanya yang rapat memperluas tempat pembentukan ATP dalam sel itu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Bu Rina menaruh pot sirih gading di kamar tidurnya. Tetangganya berkata bahwa tanaman di kamar tidur "mencuri oksigen" pada malam hari. Dina, anak Bu Rina yang duduk di kelas XI, lalu menjelaskan apa yang terjadi di dalam sel-sel daun sirih gading pada siang dan malam hari berdasarkan kerja dua organel penghasil energi pada sel tumbuhan, yaitu kloroplas dan mitokondria.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pada siang hari yang terang, mitokondria sel daun berhenti bekerja karena kebutuhan ATP sel sudah dipenuhi kloroplas.	○	○
Pada malam hari, sel-sel daun sirih gading tetap membentuk ATP melalui respirasi yang berlangsung di mitokondria.	○	○
Pada malam hari, tanaman itu melepaskan CO_2 karena hanya respirasi yang berlangsung, sedangkan fotosintesis berhenti.	○	○

4. Getah buah pepaya muda mengandung enzim papain yang menguraikan protein. Pada 2026, murid merendam tiga potong daging sapi yang sama ukuran dan jenisnya selama 2 jam pada suhu ruang (sekitar 28 °C). Hasilnya sebagai berikut.

Gelas	Isi gelas	Keadaan daging setelah 2 jam
P	50 mL larutan getah pepaya segar	sangat lunak, permukaannya berlendir
Q	50 mL larutan getah pepaya yang direbus 10 menit, lalu didinginkan sampai suhu ruang	tetap liat seperti semula
R	50 mL air	tetap liat seperti semula

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk hasil pada gelas Q adalah ....

A. papain di gelas Q masih terlalu dingin sehingga baru akan bekerja setelah larutannya dihangatkan kembali
B. perebusan merusak bentuk sisi aktif papain secara tetap sehingga tidak pulih walau sudah didinginkan
C. papain di gelas Q sudah habis terpakai selama direbus sehingga tidak tersisa enzim untuk mengurai daging
D. perebusan menguapkan air sehingga larutan papain menjadi terlalu pekat dan menghambat kerjanya sendiri
E. suhu ruang lebih rendah daripada suhu optimum enzim tumbuhan sehingga papain di gelas Q tidak bekerja

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Irisan apel cepat berubah cokelat karena sel yang terpotong melepaskan enzim pencokelatan yang bekerja bila bertemu oksigen udara. Seorang penjual salad buah di Malang mencoba empat cara: (1) irisan dicelup air perasan jeruk nipis yang sangat asam, (2) irisan dicelup air mendidih selama 2 menit lalu ditiriskan, (3) irisan disimpan di lemari es bersuhu 5 °C, dan (4) irisan dibiarkan di meja. Irisan pada cara 1–3 tetap putih lebih lama daripada cara 4.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat tentang kerja enzim pencokelatan pada kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Air jeruk nipis menggeser pH jauh dari pH optimum enzim sehingga muatan pada sisi aktifnya berubah.
☐ B. Enzim pada irisan dari lemari es sudah rusak permanen sehingga irisan tetap putih walau dibiarkan di meja.
☐ C. Air mendidih mendenaturasi enzim sehingga irisan tetap putih walaupun kemudian berada pada suhu ruang.
☐ D. Ketiga cara itu berhasil karena semuanya menghabiskan enzim pencokelatan yang ada di dalam sel buah.
☐ E. Irisan dari lemari es mulai berubah cokelat bila kemudian dibiarkan cukup lama pada suhu ruang di meja.

6. Dalam pelajaran biologi, Dimas membaca bahwa pati pada nasi dan selulosa pada serat sayuran sama-sama tersusun atas rangkaian glukosa. Bedanya, bentuk ikatan antarglukosa pada selulosa berbeda dengan bentuk ikatan pada pati. Glukosa dari nasi dapat diserap tubuh, sedangkan serat sayuran keluar bersama feses hampir utuh. Dimas lalu bertanya mengapa amilase di saluran pencernaannya tidak menguraikan selulosa.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk pertanyaan Dimas adalah ....

A. amilase sudah habis terpakai untuk menguraikan pati pada nasi sehingga tidak tersisa untuk selulosa
B. selulosa bukan karbohidrat sehingga tidak dapat menjadi substrat bagi enzim mana pun di dalam tubuh
C. suhu tubuh terlalu rendah bagi amilase untuk memutus ikatan yang lebih kuat pada serat sayuran itu
D. bentuk sisi aktif amilase hanya cocok dengan ikatan pada pati sehingga selulosa tidak dapat menempel
E. pH usus halus yang sedikit basa merusak amilase sebelum enzim itu sempat bertemu dengan serat sayuran

7. Sebuah pabrik di Lampung membuat sirup glukosa dari tepung tapioka (pati singkong). Dalam satu tangki, 1.000 kg pati diuraikan oleh enzim pada suhu dan pH optimumnya. Dengan dosis enzim yang biasa, pati habis terurai dalam 8 jam. Pada rapat tahun 2026,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

seorang manajer mengusulkan agar dosis enzim digandakan supaya setiap tangki menghasilkan glukosa dua kali lebih banyak.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Tanggapan yang paling tepat terhadap usul manajer tersebut adalah ....

A. tepat, karena makin banyak enzim yang ditambahkan, makin banyak glukosa yang terbentuk dari satu tangki
B. kurang tepat, karena enzim yang terlalu banyak saling bersaing sehingga penguraian pati berhenti total
C. tepat, karena enzim ikut berubah menjadi glukosa setelah bekerja sehingga glukosa di tangki bertambah
D. kurang tepat, karena dosis enzim yang besar menurunkan pH tangki sehingga semua enzim terdenaturasi
E. kurang tepat, karena tambahan enzim hanya mempercepat penguraian, sedangkan jumlah glukosa tetap sama

8. Kumbang bubuk merusak beras di gudang karena mencerna pati dengan enzim amilase. Pada 2027, peneliti menguji dua ekstrak tumbuhan, P dan Q, sebagai penghambat amilase kumbang itu. Laju penguraian pati diukur pada kadar pati rendah dan tinggi, dengan jumlah enzim, suhu, dan pH yang sama. Hasilnya sebagai berikut (satuan: mg pati terurai per menit).

Kadar pati	Tanpa ekstrak	Dengan ekstrak P	Dengan ekstrak Q
rendah	20	9	10
tinggi	60	57	30

Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat tentang cara kerja kedua ekstrak adalah ....

A. Q bersaing dengan pati di sisi aktif, sedangkan P menempel di bagian lain enzim dan mengubah bentuknya
B. P dan Q sama-sama bersaing dengan pati di sisi aktif karena keduanya menurunkan laju pada kadar pati rendah
C. P bersaing dengan pati di sisi aktif, sedangkan Q menempel di bagian lain enzim dan mengubah bentuknya
D. P lebih kuat daripada Q sebagai penghambat amilase karena laju dengan P paling kecil pada pati rendah
E. P dan Q sama-sama merusak enzim secara permanen karena laju dengan keduanya lebih kecil dari kontrol

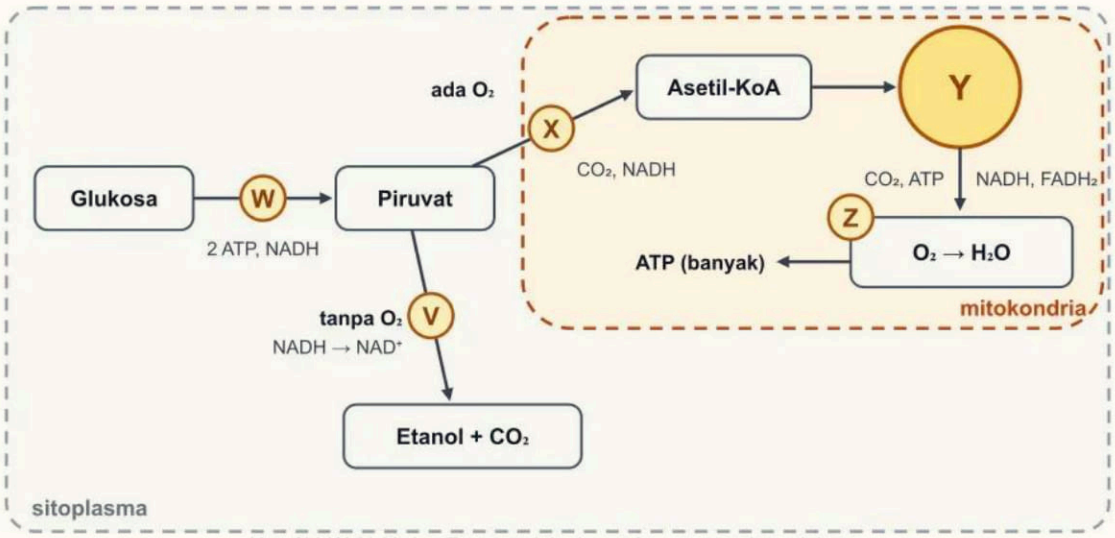
9. Sebuah pabrik bioetanol di Jawa Timur memfermentasi tetes tebu dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Pada jam-jam pertama, tangki diberi udara agar ragi cepat berkembang biak. Setelah itu tangki ditutup rapat sehingga oksigen di dalamnya habis, dan sejak saat itu etanol mulai terkumpul. Gambar menunjukkan skema jalur pemecahan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

glukosa di sel ragi.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Setelah tangki ditutup rapat, tahap berlabel yang tetap berlangsung di sel ragi beserta alasannya adalah ....

Skema jalur pemecahan glukosa di sel ragi



Huruf V, W, X, Y, dan Z menandai tahap-tahap pemecahan glukosa.

A. W dan V, karena V mengubah NADH kembali menjadi NAD^+ yang diperlukan W untuk terus memecah glukosa
B. W, X, dan Y, karena ketiga tahap itu tidak memakai O_2 secara langsung dalam reaksi-reaksi kimianya
C. V saja, karena tanpa O_2 glukosa tidak dapat lagi dipecah menjadi piruvat di dalam sitoplasma sel ragi
D. Y dan Z, karena etanol dapat menggantikan O_2 sebagai penerima elektron terakhir di dalam mitokondria
E. W, Y, dan V, karena tahap Y tetap berputar untuk menyediakan CO_2 yang menggelembung di dalam tangki

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Pada musim hujan 2026, seorang petani di Karawang menumpuk gabah yang baru dipanen dan masih basah di dalam karung selama tiga hari karena belum dapat menjemurnya. Ketika karung dibuka, bagian dalam tumpukan terasa hangat. Setelah sama-sama dikeringkan, gabah itu ternyata sedikit lebih ringan daripada gabah dari panen yang sama yang langsung dijemur.
Kasus disusun untuk latihan soal.

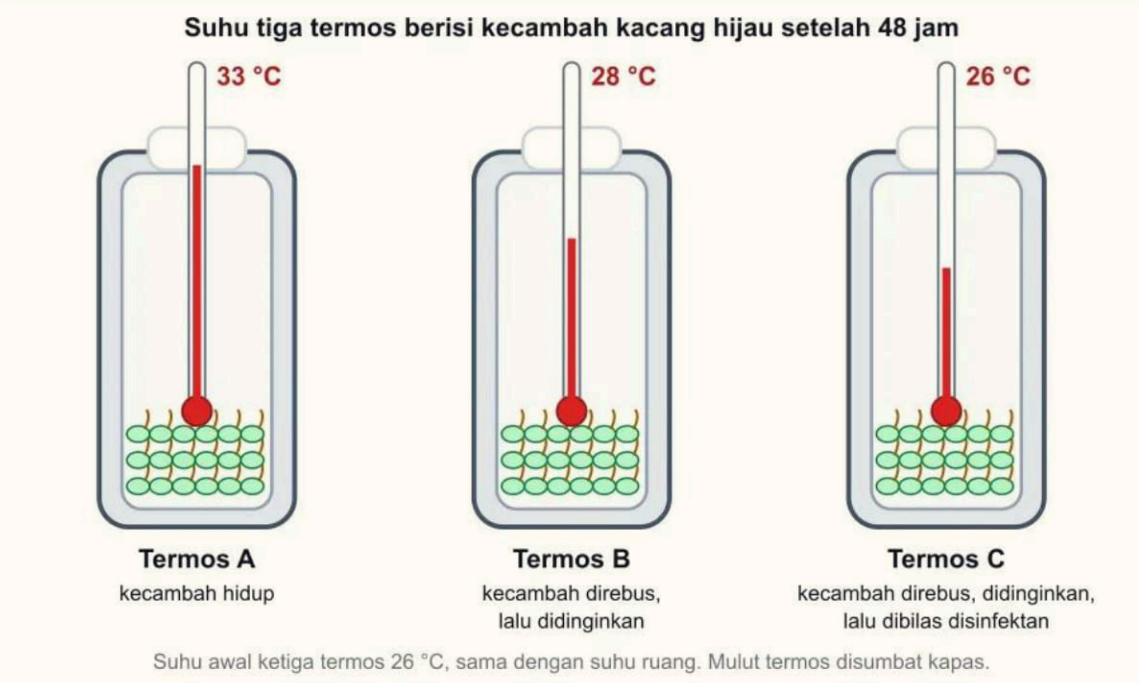
Penjelasan yang paling tepat untuk kedua pengamatan tersebut adalah ....

A. gabah basah menyerap panas dari luar karung sehingga airnya menguap dan berat gabah itu berkurang
B. sel biji gabah tetap bernapas dan memecah cadangan pati menjadi CO_2 dan air sambil melepas panas
C. gabah basah menyusun pati baru dari air sehingga reaksi penyusunan itu melepaskan panas ke tumpukan
D. air pada gabah bereaksi dengan serat karung sehingga timbul panas dan sebagian kulit gabah terlarut
E. biji gabah di dalam tumpukan berhenti bernapas karena kekurangan oksigen sehingga panasnya tertahan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

11. Murid mengisi tiga termos dengan kecambah kacang hijau yang sama banyaknya, memasang termometer, lalu menyumbat mulut termos dengan kapas. Perlakuan pada kecambah dan suhu setelah 48 jam ditunjukkan pada gambar. Disinfektan adalah zat pembunuh mikroba.
Data disusun untuk latihan soal.

Suhu termos B ternyata naik walaupun kecambahnya sudah mati. Penjelasan yang paling tepat untuk hal ini adalah ....



A. kecambah yang direbus masih bernapas sedikit karena enzim respirasinya pulih kembali setelah didinginkan
B. panas sisa perebusan masih tersimpan di dalam termos sehingga suhu B tetap lebih tinggi dari suhu ruang
C. disinfektan pada termos C menyerap panas dari kecambah sehingga suhu B tampak lebih tinggi daripada C
D. mikroba yang tumbuh pada kecambah mati bernapas dan melepas panas, terlihat dari perbandingan B dan C
E. kecambah yang mati melepaskan panas karena pati di dalamnya terurai dengan sendirinya tanpa enzim

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Seorang eksportir di Indramayu menyimpan mangga di ruang pendingin yang kadar O_2-nya diturunkan menjadi sekitar 3 % (udara biasa sekitar 21 %). Dengan cara ini mangga tetap segar dan manis lebih lama. Pada 2027, kadar O_2 di salah satu ruang tidak sengaja turun hampir 0 % selama beberapa hari. Mangga di ruang itu tidak membusuk, tetapi berbau seperti alkohol dan rasanya berubah.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat untuk menjelaskan kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Mangga yang sudah dipetik berhenti bernapas sehingga kadar O_2 ruang penyimpanan tidak memengaruhi gulanya.
☐ B. Kadar O_2 sekitar 3 % memperlambat respirasi aerob sehingga gula di dalam daging buah lebih lambat terpakai.
☐ C. Tanpa O_2, sel buah beralih ke fermentasi alkohol sehingga etanol menumpuk dan aroma buah berubah.
☐ D. Pada kadar O_2 hampir 0 %, mitokondria sel buah memakai etanol sebagai penerima elektron terakhirnya.
☐ E. Fermentasi hanya menghasilkan sedikit ATP sehingga sel buah memecah gulanya lebih cepat untuk bertahan.

13. Selama 2026, Pak Yusuf menjalani program olahraga dan pengaturan makan sehingga lemak tubuhnya berkurang 8 kg. Ia bertanya kepada anaknya, seorang murid SMA, "Ke mana sebenarnya lemak itu pergi?" Anaknya ingat pelajaran bahwa lemak dipecah menjadi gliserol dan asam lemak; asam lemak dipotong-potong menjadi asetil-KoA yang masuk ke siklus Krebs, lalu elektron-elektronnya diserahkan ke rantai transpor elektron.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Jawaban yang paling tepat untuk pertanyaan Pak Yusuf adalah sebagian besar atom penyusun lemak itu ....

A. diubah seluruhnya menjadi energi panas sehingga tidak ada lagi zat yang tersisa dari lemak tersebut
B. dikeluarkan melalui keringat dalam bentuk lemak cair yang menguap dari kulit ketika ia berolahraga
C. keluar dari tubuh terutama sebagai CO_2 yang diembuskan melalui paru-paru, sebagian kecil sebagai air
D. diubah menjadi otot baru selama berolahraga sehingga massa tubuhnya hanya berpindah dari lemak ke otot
E. dibuang melalui feses karena lemak yang sudah dipecah tidak dapat lagi diserap kembali oleh usus halus

14. Pada 2026, Nadia membuat dua adonan roti dengan bahan dan takaran yang sama: tepung, gula, ragi instan, dan air. Pada adonan pertama ia melarutkan ragi dengan air hangat (sekitar 35 °C), sedangkan pada adonan kedua ia memakai air yang baru mendidih. Setelah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kedua adonan didiamkan 1 jam di dalam wadah tertutup, adonan pertama mengembang dua kali lipat, sedangkan adonan kedua tidak mengembang sama sekali.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Adonan pertama mengembang karena ragi memfermentasi gula dan melepaskan gas CO_2 yang terperangkap di dalam adonan.	○	○
Adonan kedua tidak mengembang karena air mendidih menghabiskan gula sehingga ragi tidak memiliki bahan bakar.	○	○
Bila adonan kedua didiamkan lebih lama di tempat hangat, adonan itu akhirnya akan mengembang seperti adonan pertama.	○	○

15. Dalam diskusi kelas tentang respirasi seluler, tiga murid menyampaikan pendapat tentang nasib oksigen (O_2) yang mereka hirup dan asal karbon dioksida (CO_2) yang mereka embuskan. Guru meminta murid lain menilai setiap pendapat dengan menelusuri tahap-tahap respirasi aerob dari glukosa sampai terbentuknya ATP.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pendapat berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Raka: atom karbon pada CO_2 yang kami embuskan berasal dari glukosa yang dipecah pada dekarboksilasi oksidatif dan siklus Krebs.	○	○
Sinta: O_2 yang kami hirup diubah menjadi CO_2 di dalam siklus Krebs, lalu CO_2 itu dibawa darah ke paru-paru.	○	○
Bayu: O_2 menerima elektron di ujung rantai transpor elektron, lalu bergabung dengan ion H^+ membentuk air.	○	○

16. Pada praktikum 2026, murid memasukkan ikan mas yang sama ukurannya ke dalam tiga akuarium kecil berisi air kolam yang sama, masing-masing satu ekor, pada suhu air yang berbeda. Setelah ikan tenang selama 10 menit, murid menghitung gerakan membuka-menutup tutup insang (operkulum) setiap menit sebanyak tiga kali ulangan. Hasilnya sebagai berikut.

Suhu air	Rata-rata gerakan tutup insang per menit
20 °C	52
25 °C	70
30 °C	96

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk hasil tersebut adalah ....

A. pada air yang lebih hangat, enzim respirasi sel ikan bekerja lebih cepat sehingga kebutuhan O_2 ikan naik
B. pada air yang lebih hangat, ikan kepanasan sehingga lebih sering membuka tutup insang untuk mendinginkan diri
C. pada air yang lebih dingin, ikan berhenti bernapas dengan insang dan beralih ke fermentasi asam laktat
D. pada air yang lebih hangat, kadar CO_2 air menurun sehingga ikan harus bernapas cepat untuk membuangnya
E. pada air yang lebih dingin, ikan lebih aktif berenang sehingga gerakan tutup insangnya justru berkurang

17. Sel darah merah dewasa manusia mengangkut O_2 dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh. Sel ini tidak memiliki inti dan tidak memiliki mitokondria. Seorang murid heran ketika membaca bahwa sel yang setiap saat membawa begitu banyak O_2 ternyata tetap memecah glukosa dan menghasilkan asam laktat, seperti sel otot yang sedang kekurangan O_2 saat lari cepat.
Kasus disusun untuk latihan soal.

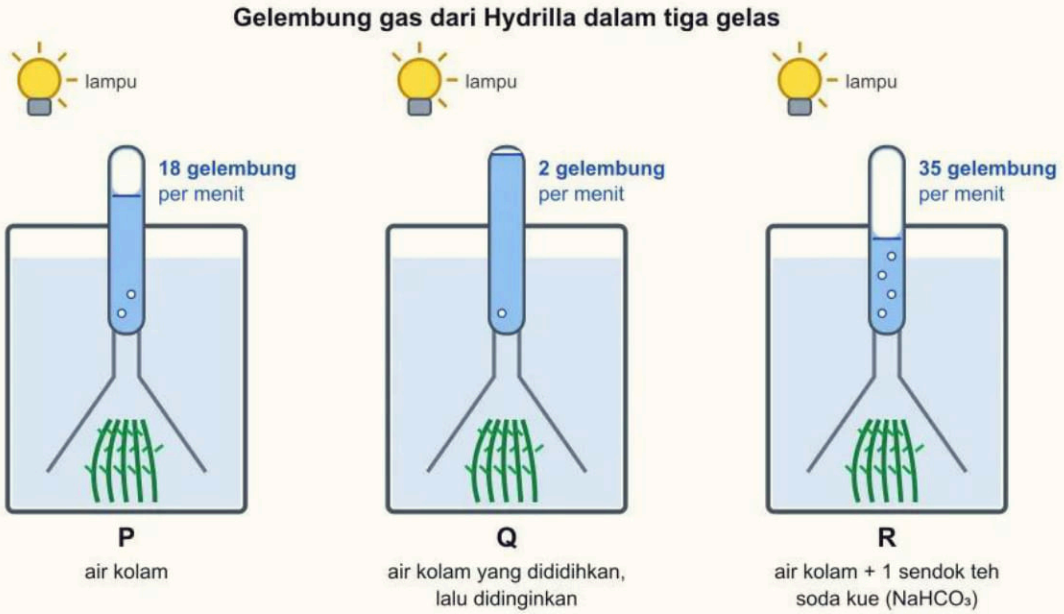
Penjelasan yang paling tepat untuk keheranan murid tersebut adalah ....

A. O_2 yang dibawa sel darah merah terikat pada hemoglobin sehingga tidak ada O_2 bebas untuk glikolisis
B. sel darah merah sengaja membuat asam laktat agar darah asam sehingga O_2 lebih mudah dilepas ke jaringan
C. glikolisis di sel darah merah memerlukan banyak O_2 sehingga O_2 yang dibawa habis sebelum tiba di jaringan
D. tanpa mitokondria, sel darah merah hanya dapat membentuk ATP lewat glikolisis yang diikuti fermentasi
E. asam laktat terbentuk karena sel darah merah memecah hemoglobin yang rusak saat O_2 dalam sel berlebihan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

18. Murid memasang tiga set percobaan dengan *Hydrilla* yang sama banyaknya, seperti pada gambar. Air di gelas Q lebih dulu dididihkan selama 10 menit lalu didinginkan, sedangkan air di gelas R ditambah soda kue yang di dalam air melepaskan CO_2. *Hydrilla* dimasukkan setelah semua air bersuhu 27 °C. Setelah 15 menit di bawah lampu, gelembung gas yang keluar dihitung setiap menit.
Data disusun untuk latihan soal.

Faktor yang diselidiki dan kesimpulan yang paling tepat dari percobaan tersebut adalah ....



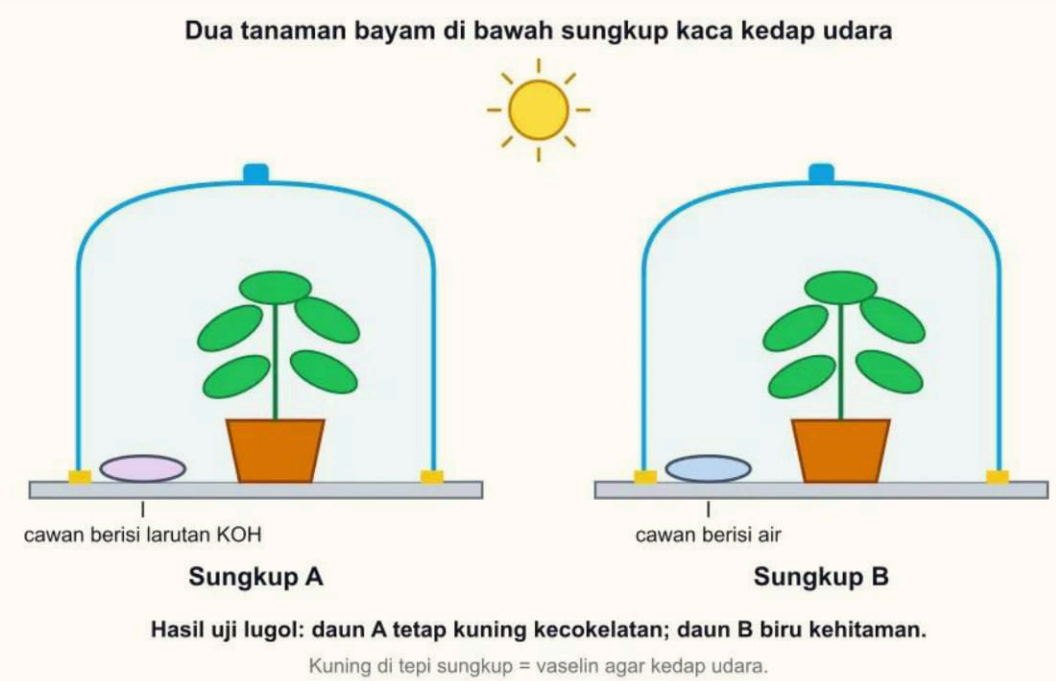
Suhu air ketiga gelas 27 °C; jenis dan jarak lampu sama.

A. suhu air, karena air di gelas Q pernah dididihkan sehingga enzim Hydrilla di dalamnya terdenaturasi
B. kadar CO_2 terlarut, karena gelembung makin banyak pada air yang makin kaya CO_2 bagi siklus Calvin
C. intensitas cahaya, karena gelembung gas hanya terbentuk bila Hydrilla mendapat cahaya dari lampu
D. kadar O_2 terlarut, karena air yang dididihkan kehilangan O_2 sehingga Hydrilla tidak dapat bernapas
E. jenis air, karena air kolam mengandung pupuk alami yang menyuburkan Hydrilla sehingga gelembungnya banyak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

19. Murid menyiapkan dua pot tanaman bayam yang sama dan menyimpannya di tempat gelap selama dua hari. Setiap tanaman kemudian ditutup sungkup kaca kedap udara seperti pada gambar. Sungkup A berisi cawan larutan KOH, zat yang menyerap CO_2 dari udara, sedangkan sungkup B berisi cawan air. Kedua tanaman dijemur 6 jam, lalu satu daun dari tiap tanaman diuji amilum dengan larutan lugol.
Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Hasil uji lugol: daun A tetap kuning kecokelatan; daun B biru kehitaman.

Kuning di tepi sungkup = vaselin agar kedap udara.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

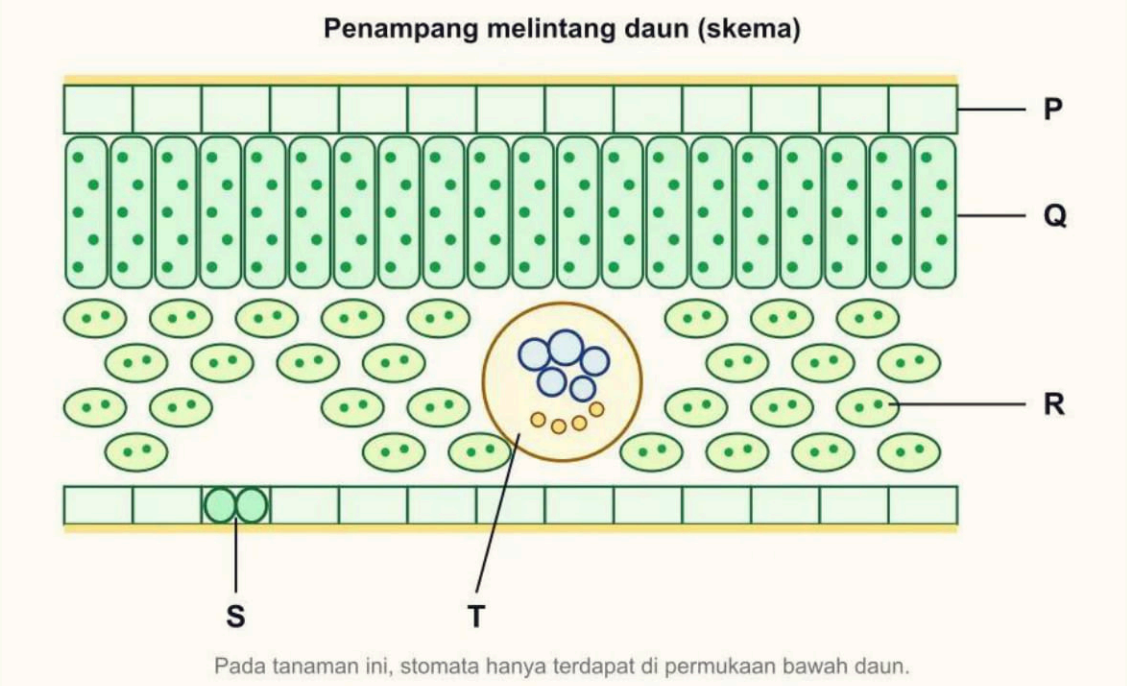
Pernyataan	Benar	Salah
KOH menyerap CO_2 di sungkup A sehingga siklus Calvin di stroma daun A tidak mendapat bahan untuk menyusun gula.	○	○
Sungkup B berisi cawan air dipasang agar perbedaan hasil kedua daun hanya dapat disebabkan oleh perbedaan kadar CO_2.	○	○
Daun A tidak membentuk amilum karena cahaya matahari tidak dapat menembus sungkup kaca yang menutupi tanaman.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

20. Seorang murid mengoleskan vaselin, yaitu lapisan lemak bening yang tidak dapat dilalui udara, pada tiga daun sebatang tanaman kacang tanah: daun 1 pada permukaan atas, daun 2 pada permukaan bawah, dan daun 3 tidak dioles. Tanaman disimpan di tempat gelap dua hari, dijemur 6 jam, lalu ketiga daun diuji dengan lugol. Daun 1 dan daun 3 berwarna biru kehitaman, sedangkan daun 2 tetap kuning kecokelatan. Gambar menunjukkan penampang daun tanaman itu.

Data disusun untuk latihan soal.

Bagian berlabel yang tertutup vaselin pada daun 2 sehingga amilum tidak terbentuk, beserta alasannya, adalah ....



A. P, karena lapisan sel terluar daun merupakan tempat utama penyerapan cahaya untuk reaksi terang

B. Q, karena sel-sel berkloroplas di bagian atas daun tidak lagi mendapat air dari permukaan daun

C. S, karena celah di permukaan bawah tertutup sehingga CO_2 dari udara tidak dapat masuk ke daun

D. T, karena pembuluh angkut tertekan lapisan vaselin sehingga hasil fotosintesis tidak terangkut

E. R, karena ruang antarsel bagian bawah daun terisi vaselin sehingga O_2 tidak dapat dilepaskan

21. Di lereng sebuah gunung api di Jawa, air dari mata air panas yang berbau belerang karena mengandung hidrogen sulfida (H_2S) mengalir melalui terowongan batu yang gelap. Pada 2026, peneliti menemukan lapisan putih berlendir di dasar terowongan itu. Lapisan tersebut ternyata kumpulan bakteri yang menyusun zat organik tubuhnya dari CO_2 terlarut dengan energi dari reaksi H_2S dengan O_2 menjadi belerang. Lapisan bakteri itu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dimakan larva serangga dan siput kecil.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat tentang bakteri tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Bakteri itu berperan sebagai pengurai karena hidup di air kotor yang berbau belerang di terowongan.
☐ B. Bakteri itu termasuk produsen karena membentuk zat organik baru dari CO_2 yang terlarut dalam air.
☐ C. Bakteri itu memerlukan cahaya, tetapi cukup memakai cahaya redup yang masuk dari mulut terowongan.
☐ D. Energi untuk menyusun zat organik diperoleh bakteri itu dari oksidasi zat anorganik, yaitu H_2S.
☐ E. Larva dan siput di terowongan itu memperoleh energi yang awalnya ditangkap dari cahaya matahari.

22. Seorang peternak lele di Boyolali memberi pakan berlebihan sehingga air kolamnya kaya zat hara dan berwarna hijau pekat oleh fitoplankton. Pada siang hari yang cerah, ikan tampak sehat. Namun, beberapa kali ikan terlihat megap-megap di permukaan air menjelang subuh. Pada suatu pagi setelah dua hari mendung tebal, banyak ikan ditemukan mati, padahal suhu air tidak banyak berubah.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk kejadian tersebut adalah ....

A. fitoplankton melepaskan CO_2 beracun pada siang hari sehingga ikan baru tampak sakit menjelang subuh
B. fitoplankton berhenti bernapas pada malam hari sehingga O_2 yang tersisa di kolam diserap oleh lumpur
C. pakan yang berlebihan diubah fitoplankton menjadi O_2 pada malam hari sehingga ikan keracunan oksigen
D. suhu air pada siang hari terlalu tinggi sehingga enzim respirasi ikan rusak dan ikan baru mati keesokan paginya
E. tanpa cahaya cukup, fitoplankton hampir tidak berfotosintesis, tetapi fitoplankton dan ikan tetap bernapas

23. Sebuah kebun sayur dalam ruangan di Bandung menanam pakcoy di rak bertingkat dengan lampu LED. Pada 2027, pengelola membandingkan pertumbuhan pakcoy di bawah LED berwarna berbeda selama 3 minggu. Jumlah cahaya yang sampai ke daun, suhu, air, dan larutan nutrisinya dibuat sama. Hasilnya sebagai berikut.

Warna LED	Rata-rata massa pakcoy (gram per tanaman)
merah	92
biru	85
hijau	38

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk rendahnya massa pakcoy di bawah LED hijau adalah ....

A. cahaya hijau terlalu kuat bagi daun sehingga merusak klorofil dan menghentikan reaksi terang pakcoy
B. cahaya hijau paling sedikit diserap klorofil sehingga energi cahaya yang dipakai reaksi terang terkecil
C. cahaya hijau hanya dipakai pada siklus Calvin, sedangkan reaksi terang memerlukan cahaya merah dan biru
D. daun pakcoy yang hijau menyerap seluruh cahaya hijau sehingga daunnya menjadi terlalu panas untuk tumbuh
E. cahaya hijau membuat pakcoy bernapas lebih cepat sehingga gula hasil fotosintesisnya cepat habis terpakai

24. Pada 2026, sebuah kantor di Jakarta menaruh pot tanaman hias di lorong tanpa jendela yang hanya diterangi lampu redup. Tanaman itu disiram dan dipupuk secara teratur, dan suhu lorong nyaman. Setelah beberapa bulan, tanaman tidak bertambah tinggi; daun barunya kecil dan pucat, lalu tanaman makin kurus. Tanaman sejenis yang diletakkan di dekat jendela yang terang tumbuh subur.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk keadaan tanaman di lorong adalah ....

A. gula yang dibentuk fotosintesis pada cahaya redup tidak lebih banyak daripada gula yang dipakai respirasi
B. tanaman di lorong tidak bernapas karena lampu redup tidak cukup untuk menjalankan respirasi di mitokondria
C. lampu redup membuat stomata menutup sehingga air siraman tidak dapat masuk ke daun dan tanaman itu layu
D. pupuk yang diberikan tidak dapat diserap akar karena penyerapan unsur hara hanya terjadi saat terang
E. cahaya lampu redup sama sekali tidak mengandung warna yang dapat diserap klorofil di daun tanaman itu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

25. Seorang petani sawi di lahan berpasir dekat pantai melihat daun-daun tua tanamannya menguning, sedangkan tanaman sawi di lahan sebelah yang dipupuk lengkap tetap hijau tua. Tanaman yang menguning juga tumbuh lebih lambat walaupun mendapat sinar matahari dan air yang sama banyaknya. Hasil uji tanah menunjukkan bahwa lahan berpasir itu sangat kekurangan unsur magnesium (Mg) dan nitrogen (N).
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk lambatnya pertumbuhan sawi yang menguning adalah ....

A. tanpa cukup Mg dan N, klorofil yang terbentuk berkurang sehingga cahaya yang ditangkap untuk fotosintesis berkurang
B. daun yang menguning menyerap lebih banyak cahaya kuning sehingga suhu daun naik dan enzim fotosintesisnya rusak
C. tanpa cukup Mg dan N, stomata tidak dapat terbuka sehingga air dari tanah berpasir tidak dapat masuk ke dalam daun sawi
D. daun yang menguning berhenti bernapas sehingga energi untuk menyerap air dan unsur hara dari tanah tidak tersedia
E. tanah berpasir terlalu panas sehingga reaksi terang terhenti, walaupun klorofil di daun sawi tetap terbentuk utuh

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	___ / 8	Ulangi hlm. 101
Sub bab 2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17	___ / 9	Ulangi hlm. 120
Sub bab 2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 8	Ulangi hlm. 139

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bab 3 · Proses pada Makhluk Hidup

BIO-B3

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menghubungkan gejala dan hasil pemeriksaan dengan gangguan pada sistem sirkulasi, respirasi, dan ekskresi
- menjelaskan keterkaitan antarsistem dalam menjaga keseimbangan tubuh (homeostasis)
- menganalisis mekanisme kerja saraf, hormon, dan sistem imun dari kasus nyata
- menghubungkan struktur dan hormon reproduksi dengan gangguan kesuburan dan kehamilan

Peta bab

Sub bab	Judul
3.1	Sistem sirkulasi
3.2	Sistem respirasi
3.3	Sistem ekskresi dan homeostasis
3.4	Sistem saraf
3.5	Sistem hormon
3.6	Sistem imun
3.7	Sistem reproduksi

Bab 3 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-B3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.1 · Sistem sirkulasi

BIO-3.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem sirkulasi dan fungsinya**, dengan catatan khusus: *keterkaitan antarsistem*. Sistem sirkulasi paling banyak muncul di soal asli TKA 2025, yaitu tiga soal: komponen darah dari gambar (40 % benar), pembekuan darah (54 %), dan kebiasaan yang berkaitan dengan hasil pemeriksaan kolesterol (72 %). Contoh soal resmi Pusmendik juga memakai tabel hasil pemeriksaan darah lengkap.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan struktur jantung, pembuluh darah, dan darah beserta fungsi tiap bagiannya;
- menelusuri aliran darah melalui jantung, peredaran kecil, dan peredaran besar;
- menelusuri urutan pembekuan darah dan akibat bila satu mata rantainya kurang;
- membaca hasil pemeriksaan darah terhadap nilai rujukan dan menghubungkannya dengan gaya hidup.

◆ KONSEP INTI

Setiap sel di tubuhmu membutuhkan oksigen dan zat makanan, dan setiap sel menghasilkan zat sisa yang harus dibuang. Sel di ujung jari kakimu tidak dapat mengambil oksigen sendiri dari udara; ia bergantung pada darah yang datang kepadanya. **Sistem sirkulasi** (sistem peredaran darah) adalah jaringan pengangkutan tubuh. Ia terdiri atas tiga bagian: **jantung** sebagai pompa, **pembuluh darah** sebagai saluran, dan **darah** sebagai cairan pengangkut. Ketiganya bekerja sama dengan sistem lain: darah mengambil oksigen di paru-paru, menyerap zat makanan di usus, membawa zat sisa ke ginjal, mengedarkan hormon, dan membawa sel-sel pertahanan tubuh. Karena itu gangguan sirkulasi hampir selalu terlihat juga pada sistem lain, misalnya sesak napas, bengkak, atau mudah lelah.

1. Jantung: struktur sebuah pompa ganda

Jantung kira-kira sebesar kepalan tanganmu, terletak di rongga dada di antara kedua paru-paru, agak condong ke kiri. Dindingnya tersusun atas **otot jantung** yang bekerja terus-menerus tanpa kita sadari. Jantung dibungkus selaput berlapis yang disebut **perikardium**; di antara lapisannya ada sedikit cairan yang mengurangi gesekan saat jantung berdenyut. Otot jantung sendiri mendapat darah dari **pembuluh koroner** yang melingkari permukaan jantung.

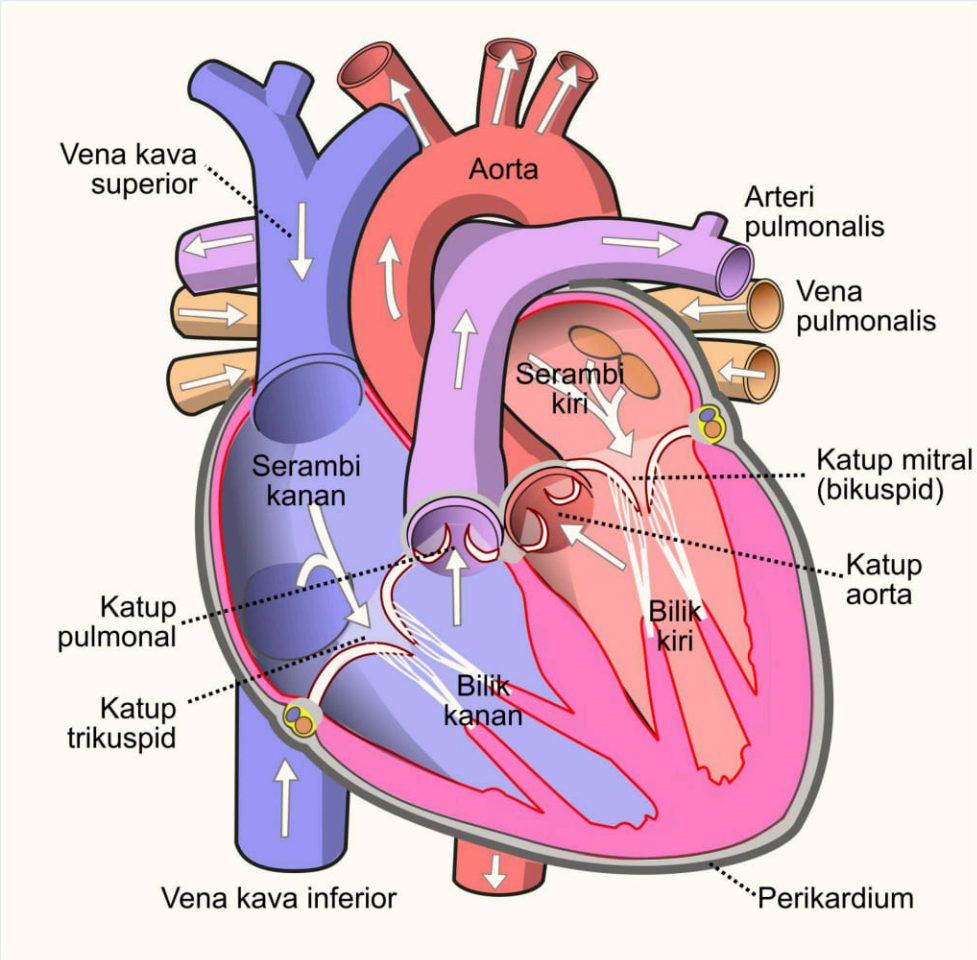
Perhatikan Gambar 3.1. Jantung manusia mempunyai **empat ruang**:

- **Serambi kanan** (atrium kanan) menerima darah miskin oksigen dari seluruh tubuh melalui **vena kava superior** (dari tubuh bagian atas) dan **vena kava inferior** (dari tubuh bagian

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bawah).

- **Bilik kanan** (ventrikel kanan) memompa darah itu ke paru-paru melalui **arteri pulmonalis**.
- **Serambi kiri** menerima darah kaya oksigen dari paru-paru melalui **vena pulmonalis**.
- **Bilik kiri** memompa darah kaya oksigen ke seluruh tubuh melalui **aorta**, pembuluh darah terbesar.



Gambar 3.1 Penampang jantung manusia: empat ruang, empat katup, dan pembuluh besar. Panah putih menunjukkan arah aliran darah. Sumber: Wapcaplet, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Sisi kanan dan sisi kiri jantung dipisahkan oleh dinding yang disebut **sekat** (septum). Pada jantung yang normal, darah dari sisi kanan tidak pernah bercampur dengan darah dari sisi kiri. Itulah sebabnya jantung disebut **pompa ganda**: sisi kanan memompa ke paru-paru, sisi kiri memompa ke seluruh tubuh, dan keduanya berdenyut bersamaan.

Dinding keempat ruang itu tidak sama tebal. Serambi berdinding tipis karena hanya mendorong darah ke bilik di bawahnya. Bilik berdinding lebih tebal, dan **dinding bilik kiri paling tebal**, kira-kira tiga kali dinding bilik kanan. Alasannya: bilik kiri harus mendorong darah melalui ribuan kilometer pembuluh di seluruh tubuh, sedangkan bilik kanan hanya mendorong darah ke paru-paru yang letaknya dekat. Otot yang bekerja lebih berat menjadi lebih tebal, dan tekanan darah yang dihasilkan bilik kiri jauh lebih tinggi daripada bilik kanan.

Aliran darah di jantung diatur oleh **empat katup**:

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Katup	Letak	Mencegah darah kembali ke
Trikuspid (tiga daun)	antara serambi kanan dan bilik kanan	serambi kanan
Bikuspid atau mitral (dua daun)	antara serambi kiri dan bilik kiri	serambi kiri
Pulmonal (semilunar)	pangkal arteri pulmonalis	bilik kanan
Aorta (semilunar)	pangkal aorta	bilik kiri

Katup bekerja **pasif**, seperti pintu yang hanya bisa didorong ke satu arah. Katup terbuka bila tekanan darah di belakangnya lebih tinggi, dan tertutup bila tekanan di depannya lebih tinggi. Katup trikuspid dan mitral diikat oleh tali-tali halus (korda tendinea) ke otot di dinding bilik, sehingga daun katup tidak terbalik ke arah serambi saat bilik berkontraksi.

2. Bagaimana jantung memompa: siklus jantung

Satu kali denyut jantung disebut satu **siklus jantung**. Pada orang dewasa yang beristirahat, jantung berdenyut sekitar 60–100 kali per menit. Setiap siklus terdiri atas fase kontraksi (**sistol**) dan fase relaksasi (**diastol**). Urutannya:

1. **Pengisian.** Seluruh jantung relaksasi. Darah dari vena kava dan vena pulmonalis mengalir ke serambi, lalu sebagian besar langsung turun ke bilik melalui katup trikuspid dan mitral yang terbuka.
2. **Serambi berkontraksi** (sistol serambi) dan mendorong sisa darahnya ke bilik. Bilik kini penuh.
3. **Bilik mulai berkontraksi.** Tekanan di bilik naik melebihi tekanan di serambi, sehingga katup trikuspid dan mitral menutup. Penutupan inilah yang terdengar sebagai bunyi jantung pertama, "lub".
4. **Darah dipompa keluar.** Ketika tekanan bilik melebihi tekanan di arteri, katup pulmonal dan katup aorta terbuka. Darah mengalir ke arteri pulmonalis dan aorta.
5. **Bilik relaksasi.** Tekanan bilik turun di bawah tekanan arteri, katup pulmonal dan aorta menutup (bunyi kedua, "dub"), lalu siklus kembali ke langkah 1.

Siapa yang memerintahkan jantung berdenyut? Di dinding serambi kanan ada sekelompok sel khusus yang disebut **nodus sinoatrial (nodus SA)**, sering dijuluki "pacu jantung alami". Nodus SA menghasilkan sinyal listrik secara teratur. Sinyal itu menyebar ke kedua serambi, tertahan sebentar di **nodus atrioventrikular (nodus AV)** agar serambi selesai mengosongkan isinya, lalu diteruskan ke seluruh dinding bilik. Saraf dan hormon (misalnya adrenalin) hanya mempercepat atau memperlambat irama ini; jantung tetap berdenyut walaupun saraf ke jantung terputus.

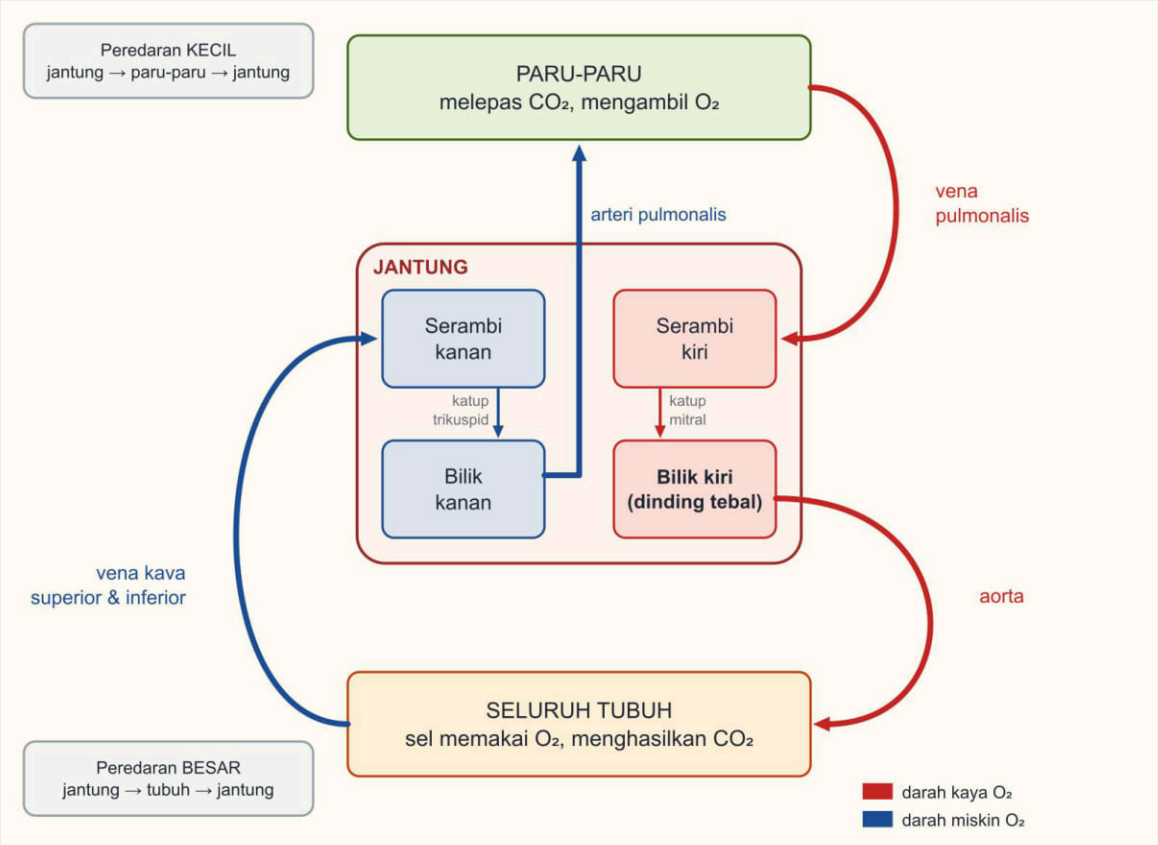
Banyaknya darah yang dipompa satu bilik setiap menit disebut **curah jantung**. Curah jantung = volume darah sekali pompa × frekuensi denyut. Saat kamu berolahraga, kedua angka itu naik sehingga otot mendapat lebih banyak oksigen.

3. Dua jalur peredaran darah

Karena jantung adalah pompa ganda, darah manusia beredar melalui dua jalur. Manusia

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

memiliki **peredaran darah ganda dan tertutup**: ganda karena dalam satu kali beredar ke seluruh tubuh, darah melewati jantung dua kali; tertutup karena darah selalu berada di dalam pembuluh.



Gambar 3.2 Peredaran darah kecil (jantung–paru-paru–jantung) dan peredaran darah besar (jantung–seluruh tubuh–jantung). Warna merah = darah kaya O_2, biru = darah miskin O_2. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

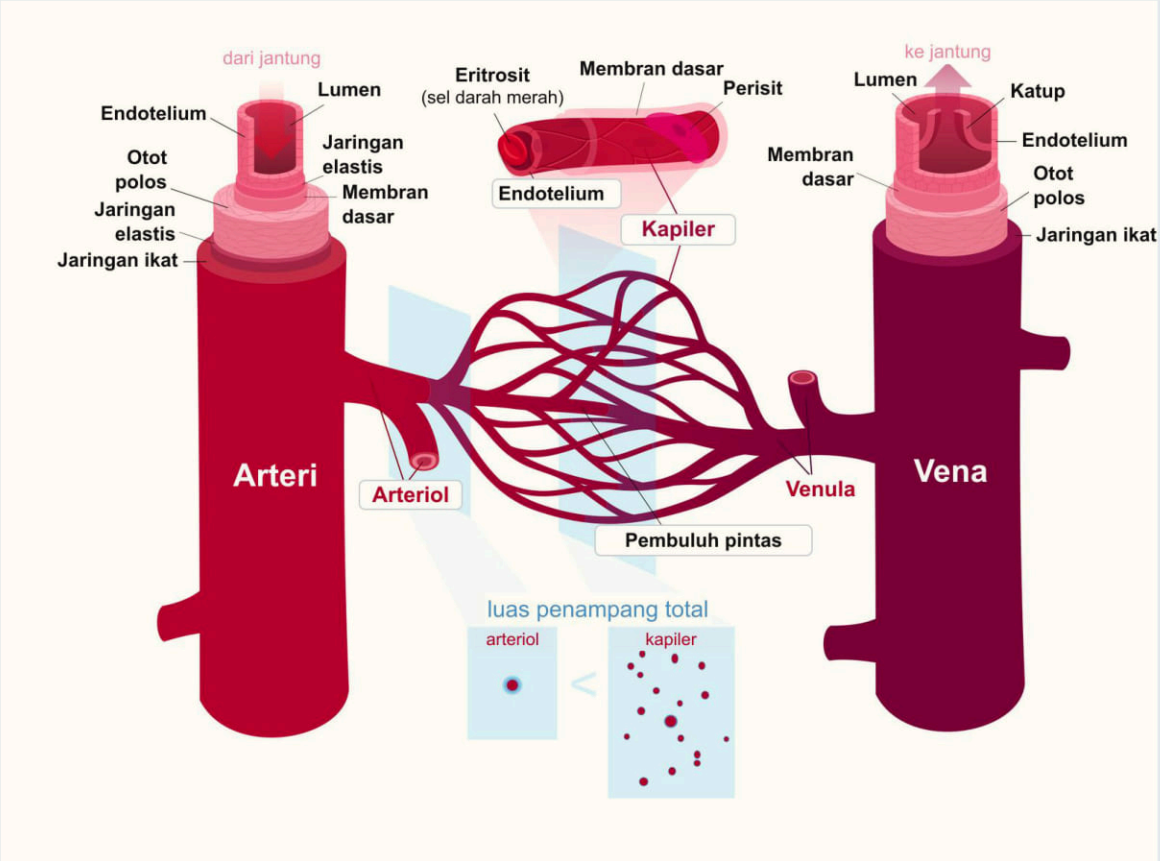
- **Peredaran darah kecil (pulmonal):** bilik kanan → arteri pulmonalis → kapiler paru-paru (darah melepas CO_2 dan mengambil O_2) → vena pulmonalis → serambi kiri.
- **Peredaran darah besar (sistemik):** bilik kiri → aorta → arteri → kapiler di seluruh jaringan tubuh (darah melepas O_2 dan zat makanan, mengambil CO_2 dan zat sisa) → vena → vena kava → serambi kanan.

Perhatikan satu hal yang sering membingungkan. Nama **arteri** dan **vena** tidak ditentukan oleh kandungan oksigennya, tetapi oleh **arah aliran**: arteri membawa darah *keluar dari* jantung, vena membawa darah *menuju* jantung. Karena itu arteri pulmonalis justru berisi darah miskin oksigen, dan vena pulmonalis berisi darah kaya oksigen (lihat Gambar 3.2).

4. Pembuluh darah: arteri, kapiler, dan vena

Gambar 3.3 memperlihatkan tiga jenis pembuluh darah dan hubungan di antaranya. Dari aorta, arteri bercabang menjadi arteri yang makin kecil, lalu **arteriol**, lalu **kapiler**. Kapiler-kapiler bergabung menjadi **venula**, venula bergabung menjadi vena, dan akhirnya vena kava.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.3 Struktur arteri, jaring kapiler, dan vena. Dinding arteri dan vena berlapis tiga; dinding kapiler hanya selapis sel (endotelium). Perhatikan katup di dalam vena. Sumber: RWhitwam, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; dipotong, label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Dinding arteri dan vena tersusun atas tiga lapisan: lapisan dalam berupa **endotelium** yang licin, lapisan tengah berupa **otot polos** dan jaringan elastis, serta lapisan luar berupa **jaringan ikat**. Perbedaannya mengikuti tugas masing-masing:

Ciri	Arteri	Kapiler	Vena
Arah aliran	dari jantung	menghubungkan arteriol dan venula	menuju jantung
Dinding	tebal, berotot, elastis	satu lapis sel	lebih tipis, kurang elastis
Tekanan darah	tinggi, berdenyut	rendah	paling rendah
Katup	tidak ada (kecuali pangkal aorta dan arteri pulmonalis)	tidak ada	ada, terutama di tungkai dan lengan
Tugas utama	menyalurkan darah bertekanan tinggi	pertukaran zat dengan jaringan	mengembalikan darah ke jantung

Arteri berdinding tebal dan elastis karena menahan tekanan tinggi dari setiap denyut jantung. Dindingnya meregang saat darah dipompa masuk, lalu mengerut kembali sehingga aliran darah tetap terdorong di antara dua denyut. Regangan inilah yang kamu rasakan sebagai **denyut nadi** di pergelangan tangan atau leher. Tekanan darah yang diukur di lengan ditulis dua angka, misalnya 120/80 mmHg: angka atas adalah tekanan saat bilik berkontraksi (sistolik), angka bawah tekanan saat bilik relaksasi (diastolik).

Kapiler adalah pembuluh tersempit; garis tengahnya hanya cukup dilalui sel darah merah satu per satu. Dindingnya hanya selapis sel endotelium sehingga zat mudah berpindah antara darah dan cairan jaringan. Jumlah kapiler sangat banyak sehingga luas penampang totalnya jauh lebih besar daripada arteriol (bagian bawah Gambar 3.3). Akibatnya darah mengalir paling lambat di kapiler, dan waktu yang lambat itu memberi kesempatan bagi pertukaran zat.

Vena menerima darah yang tekanannya sudah sangat rendah. Bagaimana darah dari kaki dapat naik ke jantung melawan gravitasi? Ada dua bantuan. Pertama, **katup vena** hanya membuka ke arah jantung, sehingga darah tidak dapat turun kembali. Kedua, **otot rangka** di sekitar vena menekan vena setiap kali kamu berjalan atau menggerakkan kaki, sehingga darah terdorong ke atas melewati katup berikutnya. Itulah sebabnya kaki mudah bengkak bila seseorang terlalu lama berdiri diam, dan katup vena yang rusak membuat vena melebar dan berkelok-kelok (**varises**).

5. Pertukaran zat di kapiler

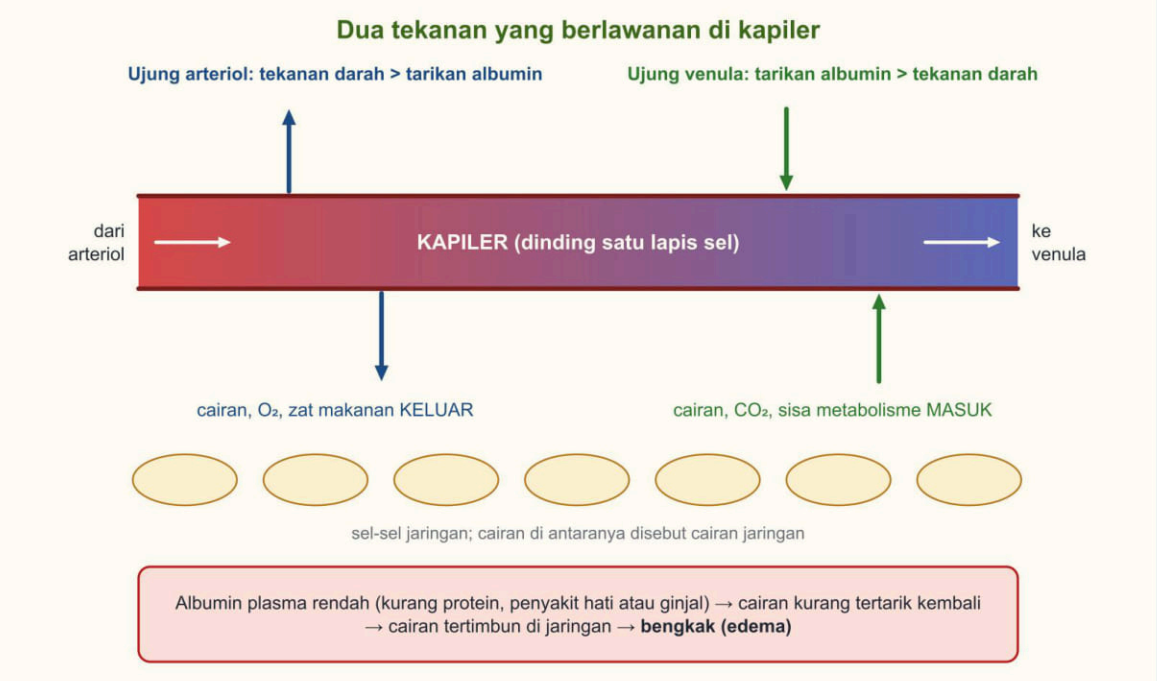
Di kapiler, dua tekanan bekerja berlawanan arah (Gambar 3.4):

1. **Tekanan darah** (tekanan hidrostatik) mendorong cairan **keluar** dari kapiler ke jaringan. Tekanan ini paling besar di ujung kapiler yang dekat arteriol.
2. **Tekanan osmotik protein plasma**, terutama **albumin**, menarik cairan **masuk** kembali ke kapiler. Protein plasma terlalu besar untuk keluar dari kapiler, sehingga ia tetap di dalam

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

darah dan "menahan" air.

Di ujung arteriol, tekanan darah lebih besar daripada tarikan albumin, sehingga cairan berisi oksigen, glukosa, asam amino, dan zat lain keluar membasahi sel-sel. Sepanjang kapiler tekanan darah turun. Di ujung venula, tarikan albumin lebih besar, sehingga cairan yang membawa CO_2 dan sisa metabolisme masuk kembali ke kapiler. Sebagian kecil cairan yang tertinggal di jaringan diangkut kembali oleh pembuluh limfa.



Gambar 3.4 Dua tekanan yang berlawanan menentukan arah perpindahan cairan di kapiler. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bila keseimbangan ini terganggu, cairan tertimbun di jaringan dan bagian tubuh tampak bengkak. Keadaan ini disebut **edema**. Penyebabnya bisa dari dua sisi: tekanan darah di kapiler terlalu tinggi (misalnya darah terbendung karena jantung lemah), atau tarikan albumin terlalu rendah (misalnya karena kekurangan protein berat, penyakit hati yang tidak mampu membuat albumin, atau penyakit ginjal yang membocorkan albumin ke urine).

6. Darah: plasma dan sel-sel darah

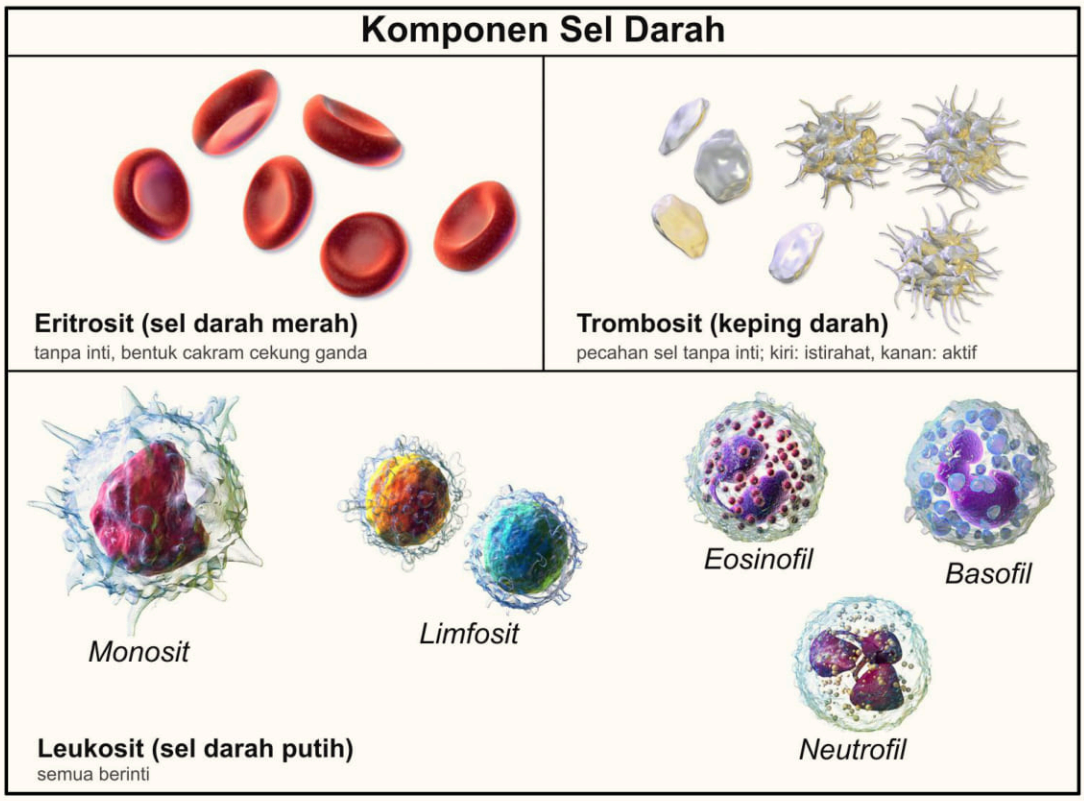
Tubuh orang dewasa berisi sekitar 4,5–5,5 liter darah. Bila darah diberi zat antibeku lalu diputar dalam tabung, darah terpisah menjadi dua bagian. Bagian atas yang kekuningan adalah **plasma** (sekitar 55 % volume). Bagian bawah yang merah adalah **sel-sel darah** (sekitar 45 %).

Plasma sebagian besar berupa air (sekitar 90 %). Di dalamnya terlarut **protein plasma** (albumin yang menjaga tekanan osmotik, fibrinogen untuk pembekuan, dan antibodi untuk pertahanan), zat makanan (glukosa, asam amino, lemak), garam mineral, hormon, serta zat sisa seperti urea dan CO_2 (sebagian besar dalam bentuk ion bikarbonat). Plasma tanpa fibrinogen disebut **serum**.

Sel-sel darah dibentuk di **sumsum tulang merah**, terutama di tulang pipih dan ujung tulang panjang. Gambar 3.5 memperlihatkan bentuknya, dan Gambar 3.6 memperlihatkan bagaimana

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sel-sel itu tampak di bawah mikroskop.



Gambar 3.5 Tiga kelompok sel darah: eritrosit, trombosit, dan lima jenis leukosit. Sumber: BruceBlaus (Blausen Medical), Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Eritrosit (sel darah merah) berbentuk cakram yang cekung pada kedua sisinya (bikonkaf) dan **tidak berinti**. Bentuk cekung memperluas permukaan untuk menyerap oksigen, dan tidak adanya inti memberi ruang bagi sebanyak mungkin **hemoglobin**, protein berwarna merah yang mengandung **zat besi**. Satu molekul hemoglobin dapat mengikat empat molekul O_2 menjadi oksihemoglobin. Eritrosit juga lentur sehingga dapat melipat diri melewati kapiler yang sempit. Jumlahnya sekitar 4,5–5,5 juta sel per mikroliter darah, dan umurnya sekitar 120 hari. Eritrosit tua dirombak di limpa dan hati; zat besinya dipakai lagi, sedangkan sisa hemoglobinnya diubah menjadi pigmen empedu (bilirubin). Bila kadar oksigen darah rendah, ginjal mengeluarkan hormon **eritropoietin** yang memerintahkan sumsum tulang membuat eritrosit lebih banyak.

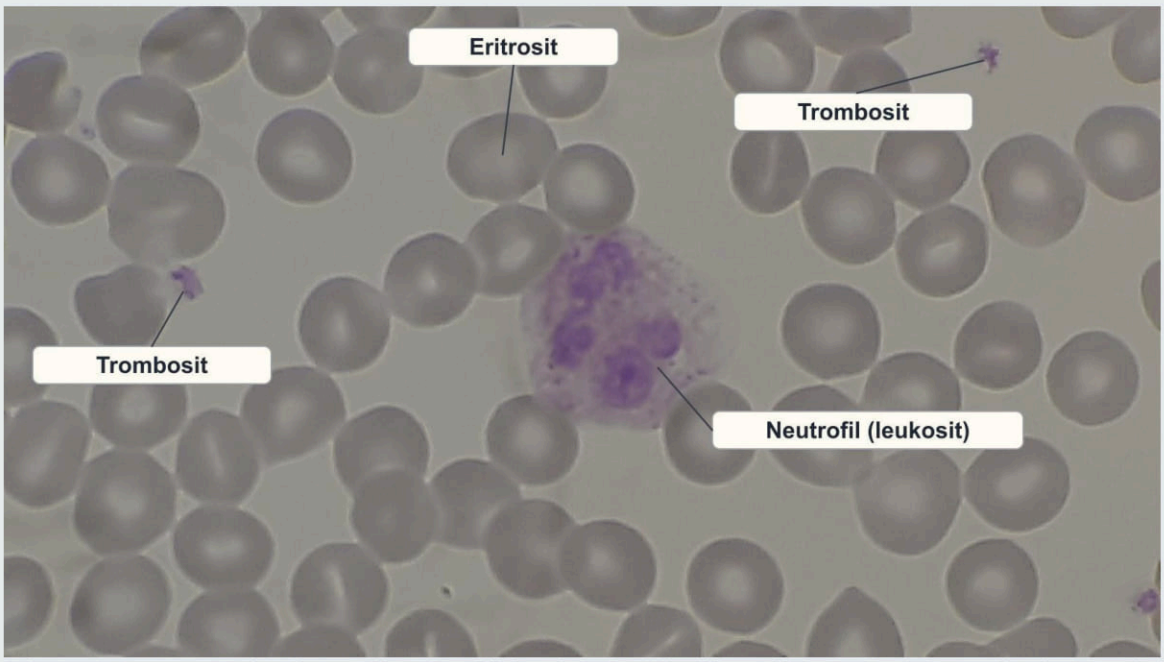
Leukosit (sel darah putih) berinti, berukuran lebih besar daripada eritrosit, tidak berwarna, dan jumlahnya jauh lebih sedikit (sekitar 4.000–10.000 sel per mikroliter). Leukosit dapat bergerak sendiri dan menembus dinding kapiler menuju tempat infeksi. Leukosit dibagi menjadi dua kelompok:

Kelompok	Jenis	Ciri	Tugas utama
Granulosit (sitoplasma bergranula)	Neutrofil	paling banyak; inti bergelambir 3–5	memakan (fagositosis) bakteri; banyak bertambah saat infeksi bakteri

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

	Eosinofil	granula berwarna merah	melawan cacing parasit; meningkat pada alergi
	Basofil	granula biru tua; paling sedikit	melepaskan histamin (radang, alergi) dan heparin (antibeku)
Agranulosit (tanpa granula jelas)	Limfosit	inti besar, bulat	kekebalan spesifik: sel B membuat antibodi, sel T menyerang sel terinfeksi
	Monosit	sel terbesar; inti seperti ginjal	berubah menjadi makrofag yang memakan kuman dan sel mati

Trombosit (keping darah) sebenarnya bukan sel utuh, melainkan **pecahan sel** besar di sumsum tulang. Ukurannya paling kecil, bentuknya tidak beraturan, dan **tidak berinti**. Jumlahnya sekitar 150.000–400.000 keping per mikroliter, umurnya sekitar 8–10 hari. Trombosit yang beristirahat berbentuk lonjong; ketika menyentuh dinding pembuluh yang luka, ia menjadi aktif, menjulurkan tonjolan, dan saling melekat (lihat Gambar 3.5).



Gambar 3.6 Foto apusan darah yang diwarnai, dilihat dengan mikroskop cahaya. Eritrosit tampak sebagai cakram pucat tanpa inti; neutrofil berinti bergelambir berwarna ungu; trombosit berupa bintik ungu kecil. Sumber: Ajay Kumar Chaurasiya, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; label ditambahkan.

Cara cepat membedakan ketiganya: **ada inti → leukosit; tanpa inti dan berupa cakram besar → eritrosit; tanpa inti dan berupa keping kecil tak beraturan → trombosit.** Eritrosit dan trombosit sama-sama tidak berinti dan sama-sama dibuat di sumsum tulang, tetapi bentuk dan tugasnya berbeda.

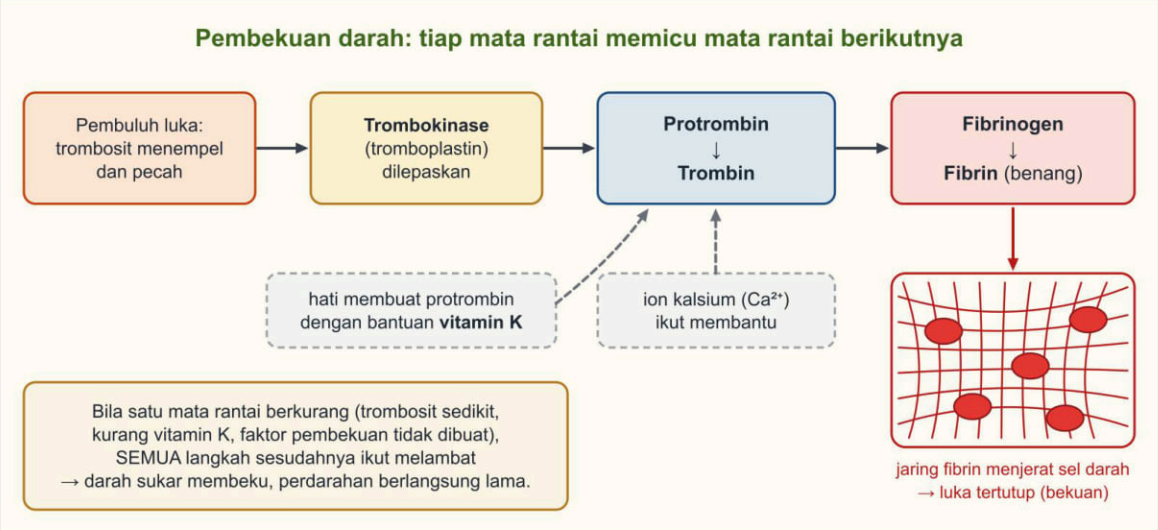
7. Pembekuan darah

Ketika pembuluh darah terluka, tubuh harus segera menutup kebocoran itu. Pertama, pembuluh yang luka menyempit sehingga aliran darah ke luka berkurang. Kedua, trombosit menempel pada dinding yang luka dan membentuk sumbat sementara. Ketiga, terbentuk **bekuan** yang kuat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

melalui rangkaian reaksi berikut (Gambar 3.7):

1. Trombosit yang pecah dan jaringan yang rusak melepaskan enzim **trombokinase** (disebut juga tromboplastin).
2. Trombokinase, dengan bantuan **ion kalsium (Ca^{2+})**, mengubah **protrombin** menjadi **trombin**. Protrombin adalah protein plasma yang dibuat di **hati**, dan pembuatannya membutuhkan **vitamin K**.
3. Trombin mengubah **fibrinogen** (protein plasma yang larut) menjadi **fibrin**, berupa benang-benang yang tidak larut.
4. Benang fibrin membentuk jaring yang menjerat sel-sel darah. Jaring ini mengerut, menjadi bekuan, dan menutup luka.



Gambar 3.7 Pembekuan darah berlangsung sebagai rantai reaksi. Vitamin K dan ion kalsium adalah pembantu, bukan bahan yang berubah menjadi fibrin. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Karena berupa rantai, kekurangan satu mata rantai memperlambat **semua langkah sesudahnya**. Bila trombokinase sedikit, protrombin lambat diubah menjadi trombin, sehingga fibrin juga lambat terbentuk. Bila vitamin K kurang (misalnya pada bayi baru lahir, yang karena itu mendapat suntikan vitamin K), protrombin yang tersedia sedikit. Pada **hemofilia**, kelainan menurun yang lebih banyak dialami laki-laki, salah satu faktor pembekuan tidak dibuat, sehingga luka kecil pun dapat berdarah lama. Sebaliknya, darah tidak membeku di dalam pembuluh yang sehat karena dinding pembuluh licin dan darah mengandung zat antibeku alami seperti heparin.

8. Golongan darah dan transfusi

Permukaan eritrosit membawa protein penanda yang disebut **antigen**. Pada sistem **ABO**, ada dua antigen: A dan B. Plasma seseorang membawa **antibodi** (aglutinin) terhadap antigen yang *tidak* ia miliki.

Golongan	Antigen pada eritrosit	Antibodi dalam plasma
A	A	anti-B
B	B	anti-A

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

AB	A dan B	tidak ada
O	tidak ada	anti-A dan anti-B

Selain itu ada **sistem Rhesus**: orang yang eritrositnya membawa antigen Rh disebut **Rh^+**, yang tidak membawanya **Rh^-**. Orang Rh^- baru membentuk antibodi anti-Rh setelah terpapar darah Rh^+. Sebagian besar orang Indonesia bergolongan Rh^+.

Bila antigen pada eritrosit donor bertemu antibodi yang cocok di plasma penerima, eritrosit donor **menggumpal** (aglutinasi) dan pecah. Gumpalan dapat menyumbat pembuluh kecil dan merusak ginjal. Maka prinsip transfusi sel darah merah adalah: **antigen pada eritrosit donor tidak boleh dikenali oleh antibodi penerima.** Golongan darah ditentukan dengan meneteskan darah pada serum uji anti-A, anti-B, dan anti-D (anti-Rh): serum yang membuat darah menggumpal menunjukkan antigen yang dimiliki darah itu. Dalam praktik, rumah sakit selalu mengutamakan darah yang golongannya sama persis dan melakukan uji silang lebih dulu.

9. Gangguan sistem sirkulasi dan gaya hidup

Banyak gangguan sirkulasi dapat dipahami dengan pola **struktur rusak → fungsi terganggu → gejala**:

- **Anemia**: kadar hemoglobin di bawah normal (sekitar 13–17 g/dL pada laki-laki dewasa dan 12–15 g/dL pada perempuan). Pengangkutan oksigen berkurang, sehingga penderita pucat, mudah lelah, pusing, dan sulit berkonsentrasi. Penyebab tersering adalah kekurangan zat besi, misalnya karena asupan kurang atau kehilangan darah saat menstruasi. Karena itu pemerintah memberikan tablet tambah darah bagi remaja putri dan ibu hamil.
- **Aterosklerosis**: lemak, terutama kolesterol yang dibawa **LDL** ("kolesterol jahat"), mengendap di dinding arteri bersama sel radang dan kalsium membentuk plak. Arteri menjadi sempit dan kaku. Bila terjadi di arteri koroner, otot jantung kekurangan oksigen dan timbul nyeri dada; sumbatan total menyebabkan serangan jantung. Bila terjadi di pembuluh otak, dapat menyebabkan stroke. **HDL** justru membawa kolesterol kembali ke hati, sehingga kadar HDL yang cukup menguntungkan.
- **Hipertensi** (tekanan darah tinggi, umumnya 140/90 mmHg atau lebih): jantung harus memompa lebih kuat, dinding bilik kiri menebal, dan pembuluh darah lama-kelamaan rusak. Hipertensi sering tanpa gejala, tetapi dapat menimbulkan sakit kepala dan rasa berat di tengkuk.
- **Kelainan sekat dan katup**: lubang pada sekat atau katup yang bocor membuat darah mengalir ke arah yang salah. Ingat aturan dasarnya: darah selalu mengalir **dari tekanan tinggi ke tekanan rendah**. Jantung harus bekerja lebih berat, dan penderita mudah lelah atau sesak.
- **Varises** (katup vena rusak), **hemofilia** (pembekuan lambat), dan **leukemia** (sel darah putih abnormal berlipat ganda tak terkendali di sumsum tulang sehingga pembentukan sel darah lain terdesak).

Penyakit jantung dan stroke termasuk penyebab kematian terbanyak di Indonesia, dan banyak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

faktor risikonya berasal dari kebiasaan: makanan tinggi lemak jenuh dan garam, merokok, kurang bergerak, kegemukan, stres berkepanjangan, dan kurang tidur. Kebiasaan sebaliknya, seperti olahraga teratur, makan sayur dan buah, serta tidak merokok, **menurunkan** risiko.

Keterkaitan antarsistem. Sistem sirkulasi menjadi penghubung semua sistem. Bersama sistem respirasi ia menukar O_2 dan CO_2; bersama sistem pencernaan ia mengangkut zat makanan (hati menjadi "gerbang" pertama darah dari usus); bersama sistem ekskresi ia membawa urea ke ginjal; bersama sistem hormon ia mengedarkan hormon; dan bersama sistem imun ia membawa leukosit serta antibodi ke tempat infeksi. Kekurangan oksigen akibat gangguan napas, misalnya, memaksa jantung berdenyut lebih cepat.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Katup mitral yang bocor

Seorang pasien memiliki katup mitral yang tidak dapat menutup rapat. Ke mana sebagian darah mengalir ketika bilik kiri berkontraksi, dan mengapa pasien mudah sesak napas?

1. Letakkan katupnya: katup mitral berada di antara serambi kiri dan bilik kiri (Gambar 3.1). Saat bilik kiri berkontraksi, katup ini seharusnya menutup.
2. Bandingkan tekanan: saat kontraksi, tekanan bilik kiri jauh lebih tinggi daripada serambi kiri. Darah mengalir dari tekanan tinggi ke rendah, jadi sebagian darah **kembali ke serambi kiri**, bukan seluruhnya ke aorta.
3. Telusuri akibatnya ke belakang: serambi kiri menerima darah dari vena pulmonalis. Bila serambi kiri penuh oleh darah yang kembali, darah dari paru-paru terbendung. Tekanan di kapiler paru-paru naik, cairan merembes ke jaringan paru (ingat Gambar 3.4), dan pasien sesak.
4. Telusuri akibatnya ke depan: darah yang sampai ke aorta berkurang, sehingga jaringan tubuh kurang oksigen dan pasien mudah lelah.

Jawaban: sebagian darah kembali ke serambi kiri; bendungan ke paru-paru menyebabkan sesak, dan berkurangnya aliran ke aorta menyebabkan mudah lelah.

Contoh 2 — Membaca hasil pemeriksaan darah

Dina, siswi kelas XII, sering pusing dan cepat lelah saat upacara. Hasil pemeriksaan darahnya (nilai rujukan dalam kurung): hemoglobin 9,8 g/dL (12–15); leukosit 7.200/µL (4.000–10.000); trombosit 260.000/µL (150.000–400.000). *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Bandingkan setiap nilai dengan rujukannya. Leukosit dan trombosit berada di dalam rentang normal, jadi **bukan** petunjuk. Hanya hemoglobin yang di bawah normal.
2. Hubungkan dengan fungsi: hemoglobin mengikat oksigen. Hemoglobin rendah berarti darah mengangkut lebih sedikit oksigen ke otak dan otot.
3. Hubungkan dengan gejala: kurang oksigen di otak → pusing; di otot → cepat lelah. Jantung berusaha mengimbangi dengan berdenyut lebih cepat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Cari penyebab yang masuk akal: remaja putri kehilangan zat besi setiap menstruasi; bila asupan zat besi kurang, pembentukan hemoglobin terganggu.

Kesimpulan: Dina mengalami anemia; petunjuk satu-satunya adalah hemoglobin, dan nilai yang normal tidak perlu ditafsirkan sebagai kelainan.

Contoh 3 — Sel darah merah dan plasma dari donor golongan O

Sel darah merah golongan O sering dijuluki "donor universal". Mengapa **plasma** dari donor golongan O justru tidak boleh diberikan kepada penerima golongan A?

1. Tulis apa yang dibawa tiap bagian darah donor O. Eritrositnya tidak membawa antigen A maupun B. Plasmanya membawa **anti-A dan anti-B** (lihat tabel golongan darah).
2. Bila yang ditransfusikan sel darah merah O, tidak ada antigen A atau B yang dapat dikenali antibodi penerima, jadi eritrosit donor tidak menggumpal. Inilah asal julukan "universal".
3. Bila yang ditransfusikan plasma O, yang masuk adalah antibodinya. Penerima golongan A mempunyai antigen A pada eritrositnya sendiri. Anti-A dari plasma donor bertemu antigen A itu, sehingga **eritrosit penerima** yang menggumpal.
4. Simpulkan aturannya: yang dinilai selalu pasangan antigen dan antibodi yang akan bertemu. Pada transfusi sel darah merah, perhatikan antigen donor; pada transfusi plasma, perhatikan antibodi donor.

Jawaban: plasma golongan O membawa anti-A yang akan menggumpalkan eritrosit penerima golongan A; julukan "universal" hanya berlaku untuk sel darah merah, dan rumah sakit tetap mengutamakan golongan yang sama.

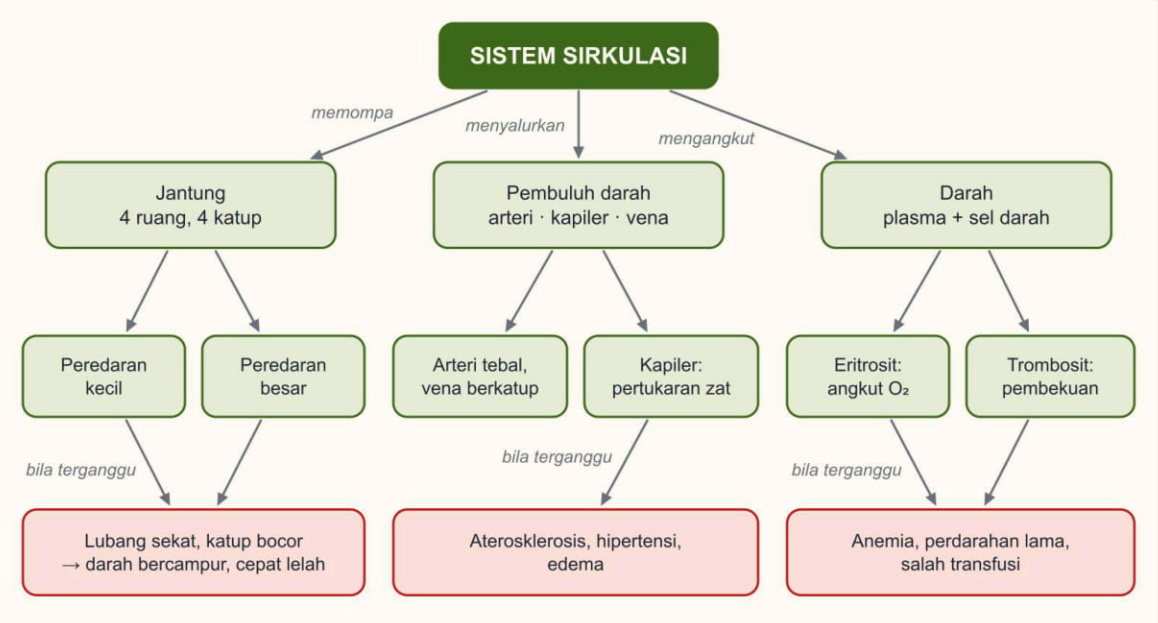
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Jantung = pompa ganda: sisi kanan ke paru-paru, sisi kiri ke seluruh tubuh; dinding bilik kiri paling tebal; empat katup bekerja pasif dan mencegah aliran balik.
- Arteri = menjauhi jantung, vena = menuju jantung, bukan soal kaya atau miskin oksigen.
- Kapiler berdinding selapis sel; arah cairan ditentukan oleh tekanan darah (keluar) melawan tarikan albumin (masuk).
- Eritrosit: tanpa inti, hemoglobin, angkut O_2. Leukosit: berinti, pertahanan. Trombosit: keping tanpa inti, pembekuan.
- Pembekuan = rantai: trombokinase → protrombin menjadi trombin → fibrinogen menjadi fibrin; vitamin K dan Ca^{2+} hanya pembantu.
- Transfusi: antigen donor tidak boleh bertemu antibodi penerima.

Bagan pada Gambar 3.8 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 3.8 Peta konsep sistem sirkulasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sistem sirkulasi:

1. **Kenali strukturnya dulu**: komponen darah dari ada atau tidaknya inti, ukuran, dan bentuk; ruang jantung dan katup dari letaknya; atau nilai yang menyimpang dari tabel pemeriksaan.
2. **Tulis fungsinya** sebelum membaca opsi.
3. **Telusuri akibatnya** bila struktur itu berkurang, rusak, atau bocor. Untuk aliran darah, selalu bandingkan tekanan: darah mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.
4. **Untuk rantai pembekuan**, letakkan zat yang terganggu di rantai, lalu semua langkah sesudahnya ikut melambat.
5. **Untuk tabel pemeriksaan**, hanya nilai di luar rentang rujukan yang menjadi petunjuk. Untuk pertanyaan tentang kebiasaan, tanyakan: kebiasaan ini menaikkan risiko atau menurunkannya?
6. **Periksa keterkaitan antarsistem**: gangguan sirkulasi sering tampak sebagai sesak napas, bengkak, atau mudah lelah.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Mata rantai pembekuan ditukar**, misalnya "vitamin K diubah menjadi fibrin" atau "fibrinogen mengalirkan darah".
- **Eritrosit dan trombosit tertukar.** Keduanya tidak berinti, tetapi bentuk dan tugasnya berbeda. Opsi yang benar untuk satu komponen saja sering dipasang pada soal "persamaan dua komponen".
- **Arah aliran dibalik**: darah dikatakan mengalir dari bilik kanan ke bilik kiri melalui lubang sekat, padahal tekanan bilik kiri lebih tinggi.
- **Arteri disamakan dengan "darah kaya oksigen"**: arteri pulmonalis berisi darah miskin oksigen.
- **Nilai normal dianggap kelainan.** Hasil di dalam rentang rujukan bukan petunjuk.
- **Kebiasaan sehat dipilih sebagai penyebab.** Kegiatan yang menurunkan risiko tidak menjelaskan nilai yang buruk.
- **"Donor universal" dipakai tanpa memeriksa Rhesus.** Golongan O Rh^+ tetap membawa antigen Rh.

> Contoh salah tafsir: hasil pemeriksaan seseorang menunjukkan leukosit 9.000 sel/µL (rujukan 4.000–10.000) dan hemoglobin 9 g/dL (rujukan 13–17). Seorang siswa menyimpulkan orang itu "sedang infeksi berat karena leukositnya hampir 10.000". Ia membaca angka yang masih normal sebagai kelainan dan melewatkan petunjuk sebenarnya, yaitu hemoglobin yang rendah.

● BEDAH SOAL ASLI

Tiga soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Semuanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Nomor 8 (komponen darah dari gambar, PG, 40 % benar). Gambar memperlihatkan tiga komponen darah berlabel A, B, dan C. Kamu diminta memilih **persamaan** B dan C.

- Konsep kunci: ciri tiga kelompok sel darah (bagian 6, Gambar 3.5 dan 3.6).
- Langkah: kenali A, B, dan C dari inti, ukuran, dan bentuknya → tulis ciri dan tugas keduanya → cari ciri yang dimiliki **keduanya**, bukan hanya salah satu.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan yang benar untuk satu komponen saja, misalnya "mengangkut oksigen" atau "berinti dan melawan patogen".

Rujukan: soal nomor 8 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 9 (kekurangan trombokinase, Benar/Salah, 54 % benar). Jari seorang murid tergores. Kamu diminta menilai tiga pernyataan tentang akibatnya bila produksi trombokinase berkurang.

- Konsep kunci: rantai pembekuan darah (bagian 7, Gambar 3.7).
- Langkah: letakkan trombokinase di rantai → tentukan langkah-langkah sesudahnya yang ikut melambat → nilai setiap pernyataan.
- Pengecoh yang dipasang: pernyataan yang menyebut zat yang memang terlibat (vitamin K, fibrin, fibrinogen), tetapi dengan hubungan yang keliru atau arah akibat yang terbalik.

Rujukan: soal nomor 9 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 13 (kebiasaan dan hasil pemeriksaan kolesterol, Sesuai/Tidak Sesuai, 72 % benar). Seorang pria dengan keluhan kepala, tengkuk, dan dada memiliki hasil laboratorium lemak darah yang tidak normal. Kamu diminta menilai kebiasaan mana yang sesuai dengan kondisinya.

- Konsep kunci: gangguan sirkulasi dan gaya hidup (bagian 9).
- Langkah: tandai nilai yang menyimpang → nilai setiap kebiasaan: apakah kebiasaan itu **menaikkan** risiko, atau justru menurunkannya?
- Pengecoh yang dipasang: kebiasaan sehat yang ditulis seakan menjadi penyebab nilai yang buruk.

Rujukan: soal nomor 13 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

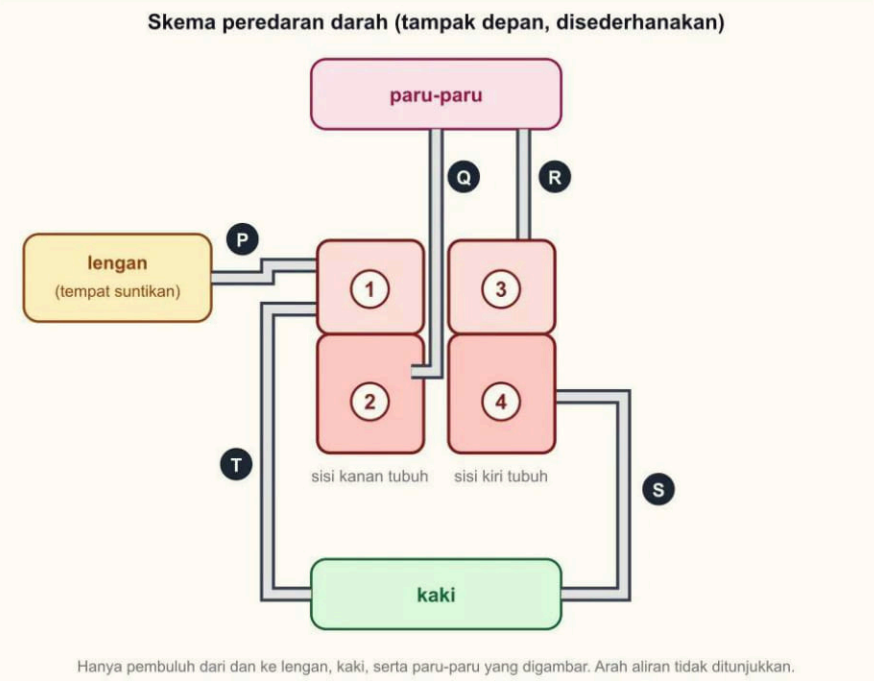
BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan skema peredaran darah dengan ruang jantung bernomor dan pembuluh berhuruf. Perhatikan cara menelusuri jalan obat yang masuk lewat vena lengan: darah melewati peredaran kecil lebih dulu sebelum masuk peredaran besar (bagian 1 dan 3, Gambar 3.1 dan 3.2).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Gambar menunjukkan skema peredaran darah dengan ruang jantung bernomor 1–4 dan pembuluh berhuruf P–T. Pada 2026, Pak Agus dirawat karena luka bernanah di telapak kakinya. Perawat memasukkan antibiotik melalui infus di pembuluh balik (vena) lengannya. Dokter menjelaskan bahwa obat itu harus beredar melalui jantung terlebih dahulu sebelum dapat mencapai luka di kaki.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Jalur yang dilalui obat dari lengan sampai ke kaki adalah ....



A. masuk ruang 3, ke paru-paru dari ruang 4 melalui S, kembali ke ruang 1 melalui P, lalu ke kaki melalui Q
B. masuk ruang 1, ke paru-paru dari ruang 2 melalui Q, kembali ke ruang 3 melalui R, lalu ke kaki melalui S
C. masuk ruang 1, ke paru-paru dari ruang 2 melalui R, kembali ke ruang 3 melalui Q, lalu ke kaki melalui S
D. masuk ruang 2, ke paru-paru dari ruang 1 melalui Q, kembali ke ruang 4 melalui R, lalu menuju kaki melalui S
E. masuk ruang 1, ke paru-paru dari ruang 2 melalui Q, kembali ke ruang 3 melalui R, lalu ke kaki melalui T

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: darah dari tubuh kembali ke jantung melalui **vena kava** ke **serambi kanan**, turun ke **bilik kanan**, lalu dipompa melalui **arteri pulmonalis** ke paru-paru (**peredaran darah kecil**). Dari paru-paru darah kembali melalui **vena pulmonalis** ke **serambi kiri**, turun ke **bilik kiri**, lalu dipompa melalui **aorta** ke seluruh tubuh (**peredaran darah besar**). Pada gambar tampak depan, sisi kanan tubuh berada di sebelah kiri gambar.

Langkah 1 – Kenali ruang. Ruang 1 menerima pembuluh dari lengan (P) dan kaki (T) → serambi kanan. Ruang 2 di bawahnya → bilik kanan. Ruang 3 menerima pembuluh dari paru-paru (R) → serambi kiri. Ruang 4 → bilik kiri.
Langkah 2 – Kenali pembuluh. Q keluar dari ruang 2 ke paru-paru (arteri pulmonalis); R dari paru-paru ke ruang 3 (vena pulmonalis); S keluar dari ruang 4 ke kaki (aorta); T dari kaki ke ruang 1 (vena kava bawah).
Langkah 3 – Telusuri obat. Vena lengan → P → ruang 1 → ruang 2 → Q → paru-paru → R → ruang 3 → ruang 4 → S → kaki.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan sisi tertukar: darah dari vena tubuh masuk ke serambi kanan (ruang 1), bukan serambi kiri.
• B ✓ — Sesuai urutan peredaran kecil lalu peredaran besar.
• C ✗ — Jebakan pembuluh tertukar: Q yang keluar dari ruang 2 ke paru-paru, sedangkan R membawa darah kembali dari paru-paru.
• D ✗ — Jebakan serambi–bilik tertukar: darah masuk jantung melalui serambi (ruang 1), bukan bilik.
• E ✗ — Jebakan: T adalah pembuluh balik dari kaki ke jantung; darah menuju kaki melalui S.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

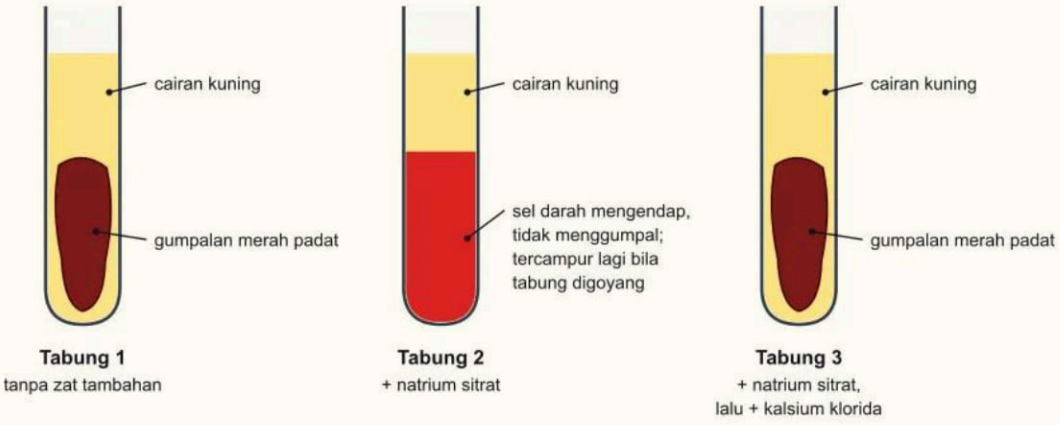
Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk soal aliran darah, gambar dulu jalurnya dengan panah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Petugas laboratorium sebuah rumah sakit mengambil darah seorang donor sehat dan membaginya ke tiga tabung kaca seperti pada gambar. Tabung 1 tidak diberi zat apa pun. Tabung 2 diberi natrium sitrat, zat yang mengikat ion kalsium di dalam plasma sehingga ion itu tidak dapat dipakai. Tabung 3 diberi natrium sitrat, lalu ditambah larutan kalsium klorida berlebih. Ketiga tabung kemudian didiamkan selama 2 jam.
Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat berdasarkan hasil pada gambar adalah ....

Keadaan ketiga tabung setelah didiamkan 2 jam pada suhu ruang



A. natrium sitrat merusak trombosit sehingga darah tidak dapat membeku walaupun diberi kalsium lagi
B. cairan kuning pada tabung 1 dan tabung 2 sama karena keduanya masih mengandung fibrinogen
C. ion kalsium dibutuhkan dalam rantai pembekuan sehingga darah yang kalsiumnya diikat tidak membeku
D. natrium sitrat mengubah fibrin kembali menjadi fibrinogen sehingga bekuan yang terbentuk larut lagi
E. kalsium klorida pada tabung 3 berubah menjadi benang fibrin sehingga darah dapat membeku kembali

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Ucok (3 tahun) tinggal di daerah yang lama dilanda gagal panen. Selama berbulan-bulan ia hanya makan bubur nasi encer, hampir tanpa lauk. Pada 2027 ia dibawa ke puskesmas karena perutnya buncit, kaki dan wajahnya bengkak, serta rambutnya kemerahan dan mudah rontok. Bila kakinya ditekan, bekas tekanannya lama hilang. Pemeriksaan menunjukkan kadar protein plasma, terutama albumin, sangat rendah, sedangkan jantung, ginjal, dan tekanan darahnya normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengenai bengkak pada tubuh Ucok adalah ....

A. jantung memompa darah terlalu kuat sehingga tekanan di dalam kapiler naik dan cairan terdorong keluar
B. ginjal menahan terlalu banyak garam sehingga volume darah naik dan pembuluh di kaki merembes
C. karbohidrat dari bubur nasi disimpan sebagai lemak di bawah kulit sehingga tubuh tampak gemuk
D. sel darah merah yang sedikit tidak mampu membawa cairan jaringan kembali ke jantung dan paru
E. tarikan protein plasma yang lemah membuat cairan yang keluar di kapiler tidak kembali ke pembuluh

3. Pada 2026, petugas puskesmas di sebuah desa di Nusa Tenggara Timur memeriksa Pak Yohanes (52 tahun). Tungkai kanannya membengkak besar dan kulitnya menebal sejak beberapa tahun lalu. Pemeriksaan darah yang diambil pada malam hari menemukan larva cacing filaria, cacing yang ditularkan melalui gigitan nyamuk. Dokter menjelaskan bahwa cacing dewasa hidup di pembuluh getah bening (limfa) di pangkal paha dan menyumbatnya. Jantung, pembuluh darah, dan kadar protein darah Pak Yohanes normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa tungkai Pak Yohanes membengkak adalah ....

A. cacing menyumbat vena di tungkai sehingga darah tidak dapat kembali ke jantung lalu menggenang di sana
B. protein darah dimakan cacing sehingga cairan tidak lagi tertarik kembali dari jaringan ke kapiler
C. jantung melemah karena infeksi cacing sehingga darah dari tungkai sulit dipompa kembali ke atas
D. cacing merusak sel darah merah di tungkai sehingga jaringannya kekurangan oksigen dan membengkak
E. cairan jaringan yang biasanya diangkut pembuluh limfa tidak dapat mengalir lalu menumpuk di tungkai

4. Pada 2027, Raka (15 tahun) dirawat karena demam berdarah dengue (DBD) hari ke-4. Hasil pemeriksaan darahnya menunjukkan jumlah trombosit 50.000/µL (normal 150.000–400.000/µL), sedangkan kadar hemoglobinnya tidak rendah. Di kulit lengan dan kakinya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

muncul bintik-bintik merah kecil yang tidak hilang bila kulit ditekan, dan ia sempat mimisan. Dokter melarang Raka disuntik ke dalam otot, dan meminta perawat menekan bekas tusukan jarum infus lebih lama dari biasanya.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Bintik merah di kulit Raka muncul karena eritrosit yang kekurangan hemoglobin pecah di dalam pembuluh darah kecil.	○	○
Bekas tusukan perlu ditekan lebih lama karena sumbat trombosit pada dinding pembuluh yang terluka lambat terbentuk.	○	○
Dengan trombosit yang sedikit, trombokinase yang dilepaskan pada luka juga sedikit sehingga pembentukan fibrin ikut lambat.	○	○

5. Pada 2026, tim kesehatan memeriksa darah pria dewasa sehat yang sejak lahir tinggal di Dataran Tinggi Dieng (sekitar 2.000 m di atas permukaan laut) dan di sebuah desa pesisir di Pekalongan. Semua peserta tidak merokok dan tidak kekurangan gizi.

Kelompok	Jumlah peserta	Hemoglobin (g/dL)	Eritrosit (juta/µL)	Denyut nadi istirahat (kali/menit)
Pesisir	40	14,2	4,9	72
Dieng	40	15,6	5,4	74

Nilai berupa rata-rata. Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan data tersebut adalah ....

A. kadar O_2 darah yang rendah dalam waktu lama memicu sumsum tulang membuat lebih banyak eritrosit pengangkut O_2
B. udara dingin pegunungan membuat darah kehilangan banyak plasma sehingga hemoglobin dan eritrosit per mikroliter tampak naik
C. jantung penduduk Dieng berdenyut jauh lebih cepat sehingga eritrosit lebih sering dibentuk ketika darah melewati paru-paru
D. udara pegunungan mengandung lebih banyak O_2 yang bersih sehingga hemoglobin mengikat lebih banyak O_2 lalu jumlahnya bertambah
E. paru-paru penduduk Dieng lebih besar sehingga O_2 yang masuk lebih banyak dan mendorong sumsum tulang membuat eritrosit

Kunci singkat: 1. C 2. E 3. E 4. 1S 2B 3B 5. A

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Tulis urutan aliran darah dari vena kava sampai aorta, lengkap dengan katup yang dilewati.
- Mengapa dinding bilik kiri jauh lebih tebal daripada dinding bilik kanan? Mengapa vena memerlukan katup, sedangkan arteri tidak?
- **Yang harus kuingat:** kenali struktur, tulis fungsinya, telusuri akibatnya; darah mengalir dari tekanan tinggi ke rendah; pada tabel pemeriksaan, hanya nilai yang menyimpang yang menjadi petunjuk.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-3.1

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.2 · Sistem respirasi

BIO-3.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem respirasi dan fungsinya**, dengan catatan *keterkaitan antarsistem*. Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat kasus seorang sopir truk yang mendengkur, sering terbangun terengah-engah, lalu mengalami kecelakaan karena tertidur sejenak; rekam jantungnya juga tidak teratur. Hanya 44 % peserta yang menjawab benar. Soal itu tidak menanyakan nama organ. Soal itu meminta kamu **merangkai sebab dan akibat** dari saluran napas ke darah, lalu ke jantung dan otak.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menelusuri jalan udara dari hidung sampai alveolus dan menjelaskan fungsi tiap bagian;
- menjelaskan mekanisme inspirasi dan ekspirasi dari perubahan volume dan tekanan rongga dada, serta membaca grafik volume paru;
- menelusuri pengangkutan O_2 dan CO_2 dalam darah serta pengendalian laju napas oleh kadar CO_2;
- menghubungkan gangguan pernapasan dengan akibatnya pada sistem lain, terutama sistem sirkulasi.

◆ KONSEP INTI

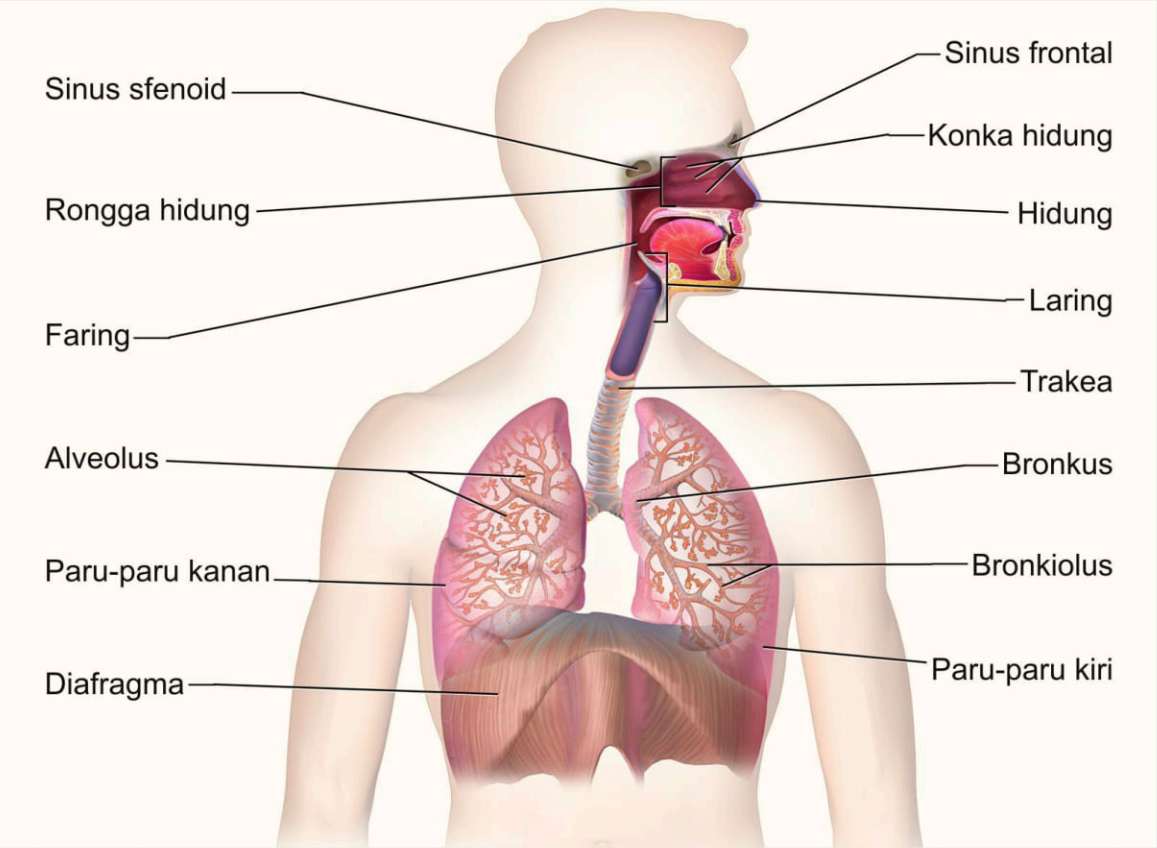
Kamu bernapas sekitar 12–20 kali setiap menit tanpa memikirkannya. Setiap tarikan napas membawa oksigen (O_2) yang dibutuhkan sel untuk **respirasi seluler**, yaitu pembakaran glukosa di mitokondria yang menghasilkan ATP (sub bab 2.2). Respirasi seluler juga menghasilkan karbon dioksida (CO_2) yang harus dibuang. **Sistem respirasi** (sistem pernapasan) bertugas memasukkan O_2 dari udara ke darah dan mengeluarkan CO_2 dari darah ke udara. Sistem ini tidak dapat bekerja sendiri. O_2 yang sudah masuk ke paru-paru baru berguna setelah diangkut darah ke seluruh tubuh oleh sistem sirkulasi (sub bab 3.1). Karena itu gangguan napas hampir selalu terasa juga di jantung, otak, dan otot.

Para ahli membedakan dua tahap pernapasan. **Pernapasan luar** (eksternal) adalah pertukaran gas antara udara di alveolus dan darah di kapiler paru-paru. **Pernapasan dalam** (internal) adalah pertukaran gas antara darah di kapiler jaringan dan sel-sel tubuh. Di antara keduanya, darah menjadi kendaraan pengangkut.

1. Saluran pernapasan: jalan udara dari hidung sampai alveolus

Perhatikan Gambar 3.9. Udara yang kamu hirup melewati bagian-bagian berikut secara berurutan: **hidung → faring → laring → trakea → bronkus → bronkiolus → alveolus**.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.9 Saluran pernapasan manusia dari hidung sampai paru-paru. Bronkiolus bercabang-cabang di dalam paru-paru dan berakhir pada gugusan alveolus. Sumber: BruceBlaus (Blausen Medical), Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

- **Hidung** adalah pintu masuk terbaik bagi udara. Rambut hidung dan **lendir** (mukus) menyaring debu dan kuman. Di dalam rongga hidung ada lipatan tulang yang disebut **konka**; lipatan ini memperluas permukaan sehingga udara sempat **dihangatkan** oleh pembuluh darah dan **dilembapkan** oleh lendir sebelum sampai ke paru-paru. Bernapas lewat mulut melewatkan semua penyaring ini.
- **Faring** (tekak) adalah persimpangan jalan napas dan jalan makanan. Dari faring, udara masuk ke laring di depan, sedangkan makanan masuk ke kerongkongan (esofagus) di belakang.
- **Laring** (pangkal tenggorok) berisi **pita suara** yang bergetar saat udara melewatinya sehingga kita dapat bersuara. Di atas laring ada **epiglotis**, katup tulang rawan yang menutup laring setiap kali kita menelan, sehingga makanan tidak masuk ke saluran napas.
- **Trakea** (batang tenggorok) diperkuat cincin-cincin **tulang rawan** berbentuk huruf C sehingga tidak kempis. Dindingnya dilapisi sel bersilia (berambut getar) dan sel penghasil lendir. Debu yang terjerat lendir didorong silia ke atas menuju faring, lalu tertelan atau dibatukkan.
- **Bronkus** adalah dua cabang trakea, satu ke paru-paru kanan dan satu ke paru-paru kiri. Di dalam paru-paru, bronkus bercabang terus menjadi saluran yang makin kecil.
- **Bronkiolus** adalah cabang terkecil. Dindingnya tidak bertulang rawan, tetapi berotot polos. Bila otot ini mengerut, saluran menyempit dan udara sukar lewat.

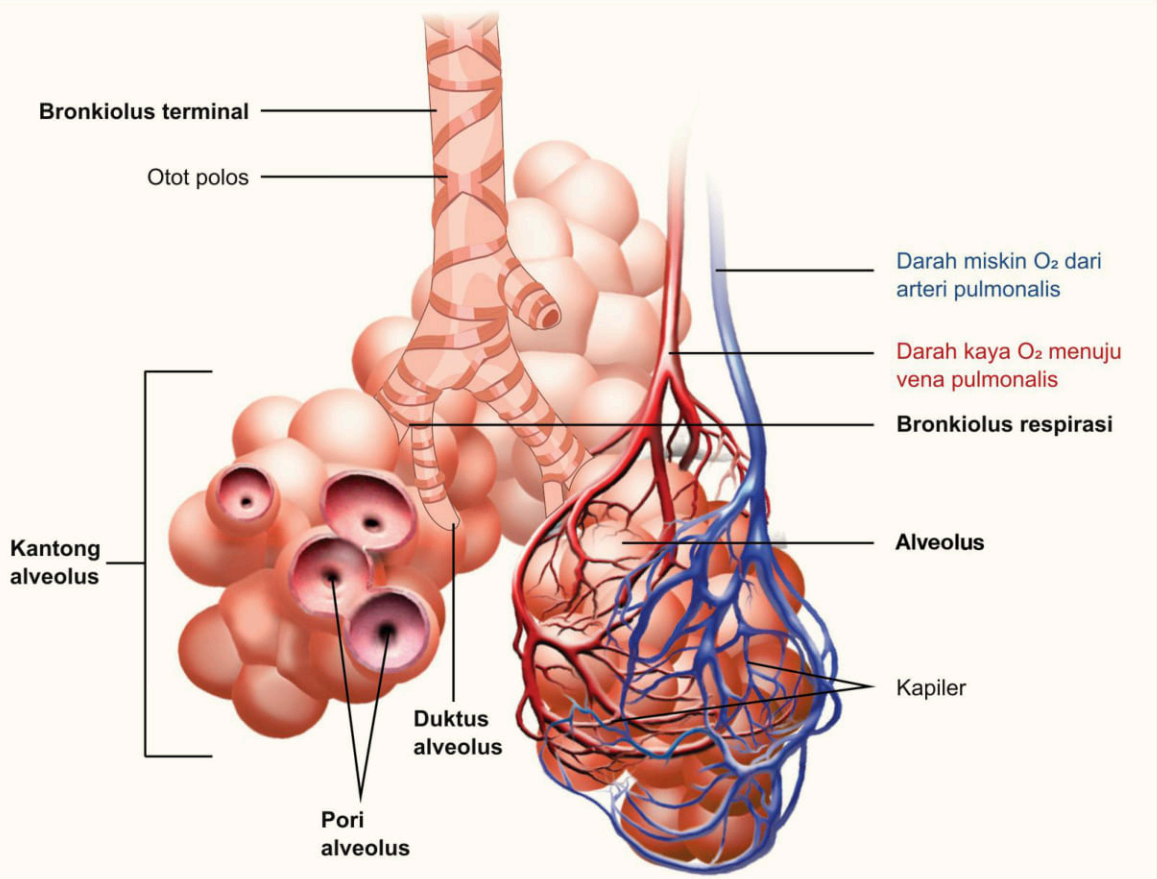
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **Alveolus** (jamak: alveoli) adalah gelembung udara di ujung bronkiolus. Di sinilah pertukaran gas terjadi.

Paru-paru sendiri adalah organ lunak berbentuk kerucut yang mengisi rongga dada. Paru-paru kanan terdiri atas tiga gelambir (lobus), paru-paru kiri hanya dua karena sebagian ruangnya dipakai jantung. Setiap paru-paru dibungkus selaput rangkap yang disebut **pleura**. Di antara kedua lapisan pleura ada cairan tipis yang membuat paru-paru dapat bergeser tanpa gesekan dan ikut mengembang mengikuti dinding dada. Di bawah paru-paru ada **diafragma**, otot lebar berbentuk kubah yang memisahkan rongga dada dari rongga perut.

2. Alveolus: tempat pertukaran gas

Paru-paru orang dewasa berisi ratusan juta alveolus. Bila seluruh dindingnya dibentangkan, luasnya sekitar 70 m^2, hampir seluas lapangan bulu tangkis. Gambar 3.10 memperlihatkan mengapa alveolus sangat cocok untuk pertukaran gas.



Gambar 3.10 Ujung bronkiolus, kantong alveolus, dan jaring kapiler yang membungkusnya. Darah miskin O_2 datang dari arteri pulmonalis (biru) dan pergi sebagai darah kaya O_2 menuju vena pulmonalis (merah). Sumber: OpenStax College, Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Ciri-ciri alveolus dan alasannya:

Ciri alveolus	Mengapa penting
jumlahnya sangat banyak, luas total besar	makin luas permukaan, makin banyak gas yang dapat berdifusi sekaligus
dinding hanya selapis sel yang sangat tipis	jarak tempuh gas sangat pendek
dibungkus jaring kapiler yang rapat	darah selalu mengalir mengambil O_2 dan membawa CO_2
permukaan dalam lembap	gas harus larut dulu dalam air sebelum menembus sel

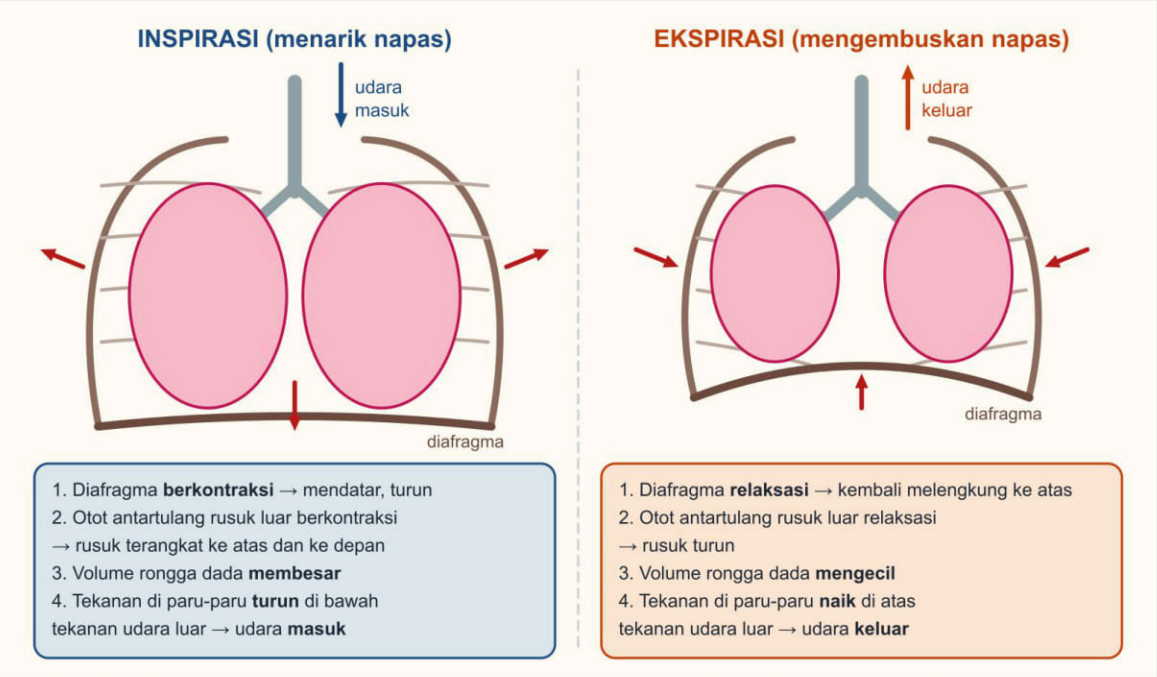
Gas berpindah secara **difusi**, yaitu bergerak sendiri dari tempat berkadar tinggi ke tempat berkadar rendah tanpa memerlukan energi. Kadar gas dalam campuran udara dinyatakan dengan **tekanan parsial**, ditulis pO_2 dan pCO_2. Di alveolus, pO_2 sekitar 100 mmHg, sedangkan darah yang datang dari jantung hanya sekitar 40 mmHg. Karena itu O_2 berdifusi **dari alveolus ke darah**. Sebaliknya pCO_2 darah yang datang sekitar 46 mmHg, sedangkan di alveolus sekitar 40 mmHg, sehingga CO_2 berdifusi **dari darah ke alveolus**. Udara segar yang terus masuk menjaga perbedaan ini tetap ada.

Kecepatan difusi ditentukan oleh tiga hal: **luas permukaan** (makin luas makin cepat), **perbedaan tekanan parsial** (makin besar makin cepat), dan **tebal dinding** yang harus ditembus (makin tebal makin lambat). Ketiga hal ini menjelaskan banyak gangguan paru-paru.

3. Mekanisme inspirasi dan ekspirasi

Paru-paru tidak berotot, jadi paru-paru tidak dapat mengembang sendiri. Udara masuk dan keluar karena **perbedaan tekanan**: udara selalu mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Tekanan di dalam paru-paru diubah dengan cara mengubah **volume rongga dada**. Hukumnya sederhana: bila volume ruang tertutup membesar, tekanannya turun; bila volume mengecil, tekanannya naik. Bandingkan kedua keadaan pada Gambar 3.11.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.11 Saat inspirasi, diafragma mendatar dan rusuk terangkat sehingga rongga dada membesar; saat ekspirasi, keduanya kembali sehingga rongga dada mengecil. Panah merah menunjukkan arah gerakan otot dan rusuk. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Inspirasi (menarik napas) berlangsung sebagai berikut:

1. **Diafragma berkontraksi.** Kubahnya mendatar dan turun ke arah perut.
2. **Otot antartulang rusuk luar berkontraksi.** Tulang rusuk terangkat ke atas dan ke depan.
3. Kedua gerakan itu membuat **volume rongga dada membesar**. Paru-paru, yang melekat pada dinding dada melalui pleura, ikut mengembang.
4. Karena volumenya membesar, **tekanan udara di dalam paru-paru turun** sedikit di bawah tekanan udara luar.
5. **Udara mengalir masuk** sampai tekanan di dalam sama dengan di luar.

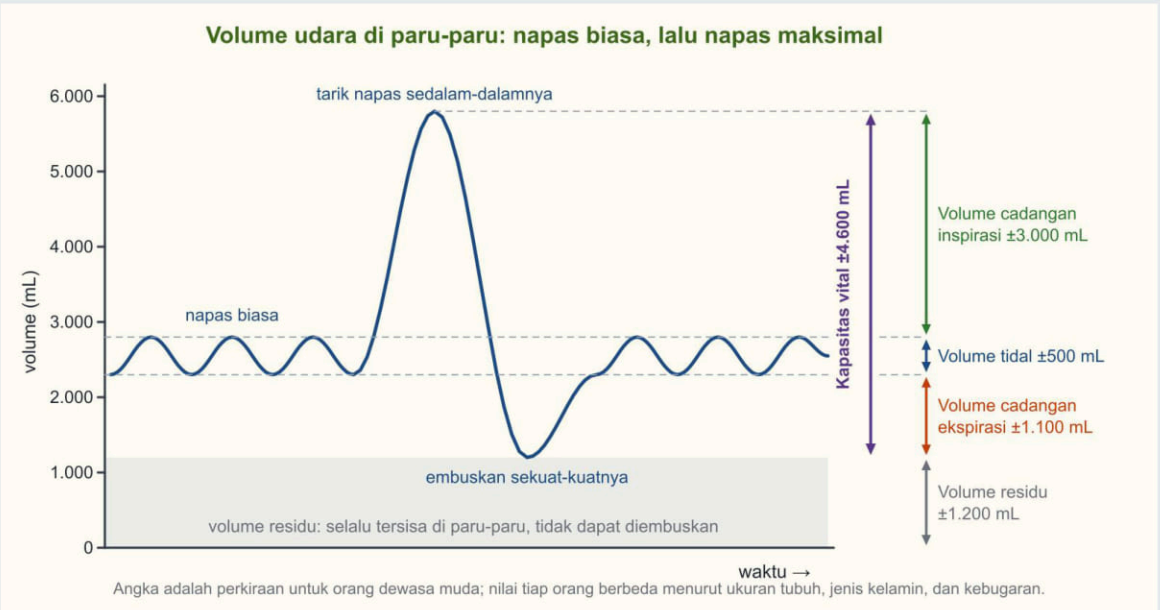
Ekspirasi (mengembuskan napas) saat bernapas tenang adalah kebalikannya dan terjadi hampir tanpa tenaga:

1. Diafragma dan otot antartulang rusuk luar **relaksasi**. Diafragma kembali melengkung ke atas, rusuk turun.
2. Jaringan paru-paru yang elastis mengerut kembali seperti balon yang dilepas.
3. **Volume rongga dada mengecil**, **tekanan di paru-paru naik** di atas tekanan udara luar.
4. **Udara mengalir keluar.**

Saat kamu meniup balon atau batuk, ekspirasi menjadi **paksa**: otot antartulang rusuk dalam dan otot perut berkontraksi sehingga udara terdorong keluar lebih kuat. Pernapasan yang terutama digerakkan otot antartulang rusuk disebut **pernapasan dada**, sedangkan yang terutama digerakkan diafragma disebut **pernapasan perut**. Keduanya biasanya berlangsung bersamaan.

4. Volume udara paru-paru

Banyaknya udara yang keluar-masuk paru-paru dapat diukur dengan alat **spirometer**. Hasilnya berupa grafik seperti Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Kurva konsep volume udara di paru-paru saat bernapas biasa, menarik napas sedalam-dalamnya, lalu mengembuskan sekuat-kuatnya. Angka adalah perkiraan untuk orang dewasa muda. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

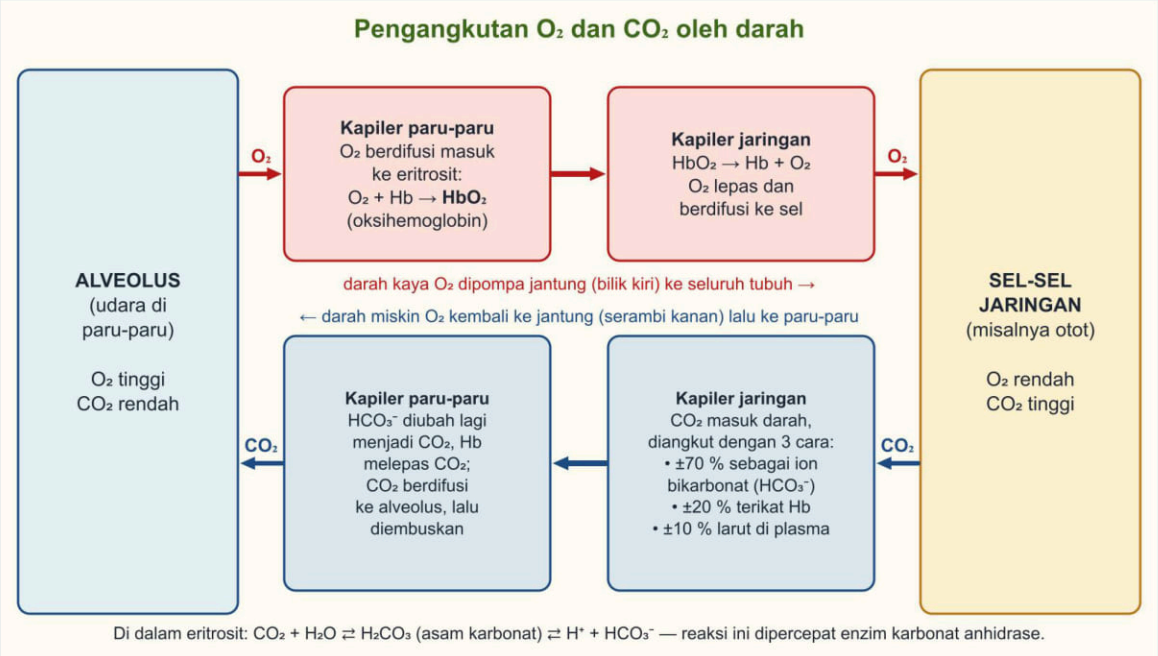
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Istilah	Arti	Perkiraan
Volume tidal	udara yang keluar-masuk pada napas biasa	±500 mL
Volume cadangan inspirasi	udara tambahan yang masih dapat dihirup sesudah inspirasi biasa	±3.000 mL
Volume cadangan ekspirasi	udara tambahan yang masih dapat diembuskan sesudah ekspirasi biasa	±1.100 mL
Volume residu	udara yang selalu tersisa sesudah ekspirasi sekuat-kuatnya	±1.200 mL
Kapasitas vital	volume tidal + cadangan inspirasi + cadangan ekspirasi	±4.600 mL
Kapasitas paru-paru total	kapasitas vital + volume residu	±5.800 mL

Volume residu tetap ada karena paru-paru tidak pernah kempis sepenuhnya. Udara ini tidak dapat diembuskan, sehingga spirometer tidak dapat mengukurnya. Selain itu, tidak semua udara tidal sampai ke alveolus. Sekitar 150 mL tertinggal di hidung, trakea, dan bronkus yang tidak ikut bertukar gas; bagian ini disebut **ruang rugi**. Karena itu napas yang dalam dan tenang lebih efisien daripada napas yang dangkal dan cepat. Kapasitas vital dipengaruhi ukuran tubuh, jenis kelamin, usia, dan kebugaran; perenang dan pemain alat musik tiup biasanya memiliki kapasitas vital yang lebih besar.

5. Pengangkutan O_2 dan CO_2 oleh darah

Gambar 3.13 merangkum perjalanan kedua gas.



Gambar 3.13 O_2 diangkut terutama oleh hemoglobin sebagai oksihemoglobin; CO_2 diangkut terutama sebagai ion bikarbonat di plasma. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pengangkutan O_2. O_2 sukar larut dalam plasma; hanya sekitar 2–3 % yang terlarut. Sebagian besar (sekitar 97 %) diikat **hemoglobin** (Hb) di dalam eritrosit. Ingat dari sub bab 3.1: satu molekul Hb dapat mengikat empat molekul O_2. Langkahnya:

1. Di kapiler paru-paru, pO_2 tinggi, sehingga O_2 berikatan dengan Hb membentuk **oksihemoglobin** (HbO_2). Darah menjadi merah terang.
2. Jantung memompa darah kaya O_2 ke seluruh tubuh.
3. Di kapiler jaringan, pO_2 rendah karena sel terus memakai O_2. HbO_2 melepaskan O_2, lalu O_2 berdifusi ke sel.

Ikatan Hb dengan O_2 tidak tetap. Ikatan itu **melemah** di jaringan yang sedang aktif bekerja, karena jaringan tersebut lebih hangat, lebih banyak CO_2, dan lebih asam. Akibatnya otot yang bekerja keras menerima lebih banyak O_2 daripada otot yang beristirahat. Pengaturan otomatis ini membuat O_2 dilepaskan paling banyak di tempat yang paling membutuhkannya.

Pengangkutan CO_2. CO_2 dari sel berdifusi ke darah dan diangkut dengan tiga cara:

1. **Sekitar 70 % sebagai ion bikarbonat (HCO_3^-).** Di dalam eritrosit, CO_2 bereaksi dengan air membentuk asam karbonat (H_2CO_3) dengan bantuan enzim **karbonat anhidrase**. Asam karbonat terurai menjadi H^+ dan HCO_3^-. Ion HCO_3^- keluar ke plasma dan dibawa ke paru-paru.
2. **Sekitar 20 % terikat pada hemoglobin** sebagai karbaminohemoglobin. CO_2 tidak menempel di tempat yang sama dengan O_2.
3. **Sekitar 10 % larut langsung dalam plasma.**

Di paru-paru, semua reaksi ini berbalik: HCO_3^- diubah kembali menjadi CO_2, lalu CO_2 berdifusi ke alveolus dan diembuskan. Karena CO_2 membentuk asam, kadar CO_2 dalam darah ikut menentukan **keasaman (pH) darah**: CO_2 menumpuk berarti darah lebih asam.

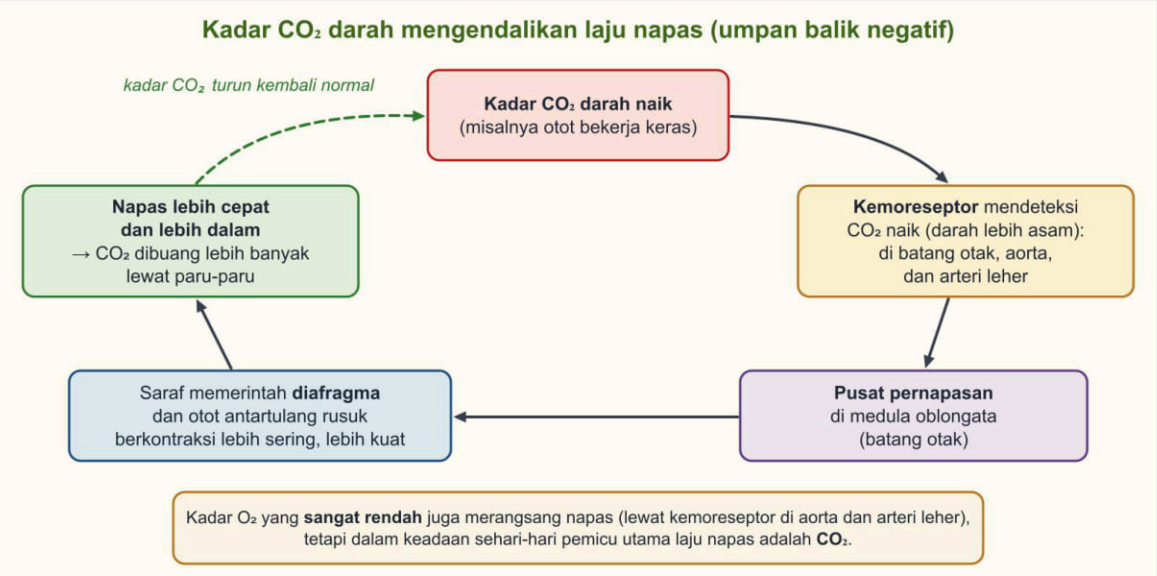
6. Pengendalian laju napas

Siapa yang mengatur cepat-lambatnya napas? Pusat pernapasan berada di **batang otak**, terutama di **medula oblongata**. Pusat ini mengirim impuls lewat saraf ke diafragma dan otot antartulang rusuk secara berirama, bahkan saat kamu tidur. Kamu memang dapat menahan napas sebentar dengan sengaja, tetapi pusat ini akhirnya mengambil alih kembali.

Isyarat terpenting bagi pusat pernapasan adalah **kadar CO_2 darah**, bukan kadar O_2. Sel-sel peka kimia yang disebut **kemoreseptor** di batang otak, serta di aorta dan arteri leher, terus memantau keadaan darah. Ikuti lingkarannya pada Gambar 3.14:

1. Otot yang bekerja keras menghasilkan banyak CO_2, sehingga **kadar CO_2 darah naik** dan darah menjadi lebih asam.
2. **Kemoreseptor mendeteksi** kenaikan itu dan mengirim impuls ke pusat pernapasan.
3. **Pusat pernapasan** memerintahkan otot pernapasan berkontraksi lebih sering dan lebih kuat.
4. **Napas menjadi lebih cepat dan lebih dalam**, sehingga lebih banyak CO_2 dibuang.
5. Kadar CO_2 turun kembali ke normal, dan rangsangan terhadap pusat pernapasan berkurang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.14 Kadar CO_2 darah mengendalikan laju napas melalui umpan balik negatif: hasil akhir (CO_2 turun) meredam rangsangan awal (CO_2 naik). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pengaturan seperti ini disebut **umpan balik negatif**, karena hasilnya melawan perubahan awal dan mengembalikan keadaan ke normal. Kadar O_2 yang sangat rendah juga dapat merangsang napas melalui kemoreseptor di aorta dan arteri leher, tetapi rangsangan ini baru kuat bila O_2 benar-benar turun jauh. Dalam keadaan sehari-hari, CO_2 adalah pemicu utama.

7. Keterkaitan dengan sistem sirkulasi dan sistem lain

Sistem respirasi dan sistem sirkulasi bekerja seperti pabrik dan armada truknya. Bila pasokan O_2 di paru-paru berkurang, tubuh mencoba mengimbangi dengan dua cara: napas dipercepat, dan **jantung berdenyut lebih cepat** agar darah yang membawa O_2 lebih sering melewati jaringan. Bila kekurangan O_2 terjadi berulang-ulang atau berlangsung lama, beban jantung meningkat dan iramanya dapat terganggu. Otak adalah organ yang paling peka terhadap kekurangan O_2: hanya dalam beberapa menit tanpa O_2, sel-sel otak mulai rusak. Kekurangan O_2 ringan sudah cukup membuat seseorang pusing, sulit berkonsentrasi, dan mengantuk.

Keterkaitan juga berjalan ke arah lain. Bila jantung lemah, darah terbendung di paru-paru, cairan merembes ke alveolus, dan penderita sesak napas (ingat Contoh 1 di sub bab 3.1). Di daerah dataran tinggi, udara lebih tipis sehingga pO_2 udara lebih rendah. Orang yang baru tiba bernapas lebih cepat. Bila ia tinggal beberapa minggu, ginjalnya membuat lebih banyak hormon eritropoietin sehingga jumlah eritrosit bertambah.

8. Gangguan sistem respirasi

Gunakan pola yang sama dengan sub bab 3.1: **struktur rusak → fungsi terganggu → gejala**.

- **Asma**: otot polos bronkiolus mengerut dan dindingnya membengkak serta berlendir, biasanya dipicu alergen (debu, bulu hewan, asap) atau udara dingin. Saluran menyempit sehingga udara sukar keluar-masuk; terdengar bunyi mengi. Obat pelega bekerja dengan mengendurkan otot polos bronkiolus.
- **Tuberkulosis (TBC)**: infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang menular lewat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

percikan dahak. Jaringan paru-paru rusak dan dapat berlubang, sehingga luas permukaan pertukaran gas berkurang. Gejalanya batuk lebih dari dua minggu, kadang berdarah, demam ringan, keringat malam, dan berat badan turun. Indonesia termasuk negara dengan jumlah kasus TBC terbanyak di dunia, dan pengobatannya harus diminum tuntas selama berbulan-bulan.

- **Pneumonia** (radang paru-paru): alveolus terisi cairan dan sel radang akibat infeksi. Dinding yang harus ditembus gas menjadi tebal dan basah, sehingga O_2 sukar masuk ke darah.
- **Bronkitis** dan kerusakan dinding alveolus pada perokok berat: asap rokok merusak silia dan dinding saluran napas. Lendir menumpuk, batuk menahun, dan bila dinding antaralveolus hancur, luas permukaan pertukaran gas berkurang.
- **Keracunan karbon monoksida (CO)**: CO dari asap kendaraan, pembakaran yang tidak sempurna, dan asap rokok terikat pada hemoglobin ratusan kali lebih kuat daripada O_2. Hb yang sudah ditempati CO tidak dapat mengangkut O_2.
- **Infeksi saluran pernapasan akut (ISPA)** dan iritasi akibat polusi udara: partikel debu yang sangat halus dapat lolos melewati penyaring hidung sampai ke saluran yang paling dalam.

Kebiasaan sehat melindungi sistem respirasi: tidak merokok dan menjauhi asap rokok, memakai masker di udara berdebu atau saat sakit, menjaga ventilasi rumah, dan berolahraga teratur agar otot pernapasan dan jantung terlatih.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Tersedak saat tertawa sambil makan

Bima tertawa terbahak-bahak sambil mengunyah kacang. Tiba-tiba ia terbatuk-batuk hebat dan wajahnya memerah. Mengapa hal ini dapat terjadi, dan mengapa batuk justru menolongnya? *Tokoh fiktif.*

1. Letakkan kejadiannya di saluran: faring adalah persimpangan jalan makanan (ke esofagus) dan jalan udara (ke laring). Saat menelan, epiglotis menutup laring (Gambar 3.9).
2. Tertawa berarti menarik dan mengembuskan napas dengan cepat. Selama itu laring harus terbuka, sehingga epiglotis tidak menutup dengan sempurna.
3. Akibatnya potongan kacang dapat masuk ke laring atau trakea, yaitu jalan udara.
4. Benda asing di saluran napas merangsang refleks batuk: otot perut dan otot antartulang rusuk dalam berkontraksi kuat (ekspirasi paksa), sehingga udara bertekanan tinggi menyembur keluar dan mendorong benda asing itu.

Kesimpulan: tersedak terjadi karena epiglotis tidak sempat menutup laring; batuk adalah ekspirasi paksa yang membersihkan saluran napas. Karena itu kita dianjurkan tidak berbicara atau tertawa sambil mengunyah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 2 — Tetap terengah-engah setelah lari selesai

Seusai lari 800 m dalam pelajaran olahraga, Sinta berhenti dan berdiri diam, tetapi napasnya tetap cepat dan dalam selama beberapa menit. Mengapa napasnya tidak langsung kembali normal begitu ia berhenti berlari? *Tokoh fiktif.*

1. Tentukan apa yang terjadi di otot selama lari: respirasi seluler berlangsung sangat cepat, sehingga banyak CO_2 dihasilkan. Sebagian otot juga melakukan fermentasi asam laktat karena O_2 tidak mencukupi (sub bab 2.2).
2. Hubungkan dengan darah: CO_2 dan asam laktat membuat darah lebih asam, dan CO_2 yang sudah menumpuk tidak hilang seketika saat lari berhenti.
3. Hubungkan dengan pengendali napas: kemoreseptor tetap mendeteksi CO_2 tinggi dan darah yang asam, sehingga pusat pernapasan di medula oblongata terus memerintahkan napas cepat dan dalam (Gambar 3.14).
4. Telusuri akhirnya: napas cepat membuang CO_2 dan memasok O_2 untuk mengolah kembali asam laktat. Setelah kadar CO_2 dan keasaman darah kembali normal, rangsangan berkurang dan napas melambat.

Kesimpulan: napas Sinta tetap cepat karena kadar CO_2 dan keasaman darahnya masih tinggi; laju napas mengikuti keadaan darah, bukan mengikuti apakah ia masih berlari atau sudah berhenti.

Contoh 3 — Serangan asma saat upacara

Pada upacara bendera tahun 2026, Dimas yang menderita asma tiba-tiba sesak, napasnya berbunyi mengi, dan jantungnya berdebar kencang. Telusuri hubungan antara saluran napas, darah, dan jantung pada kejadian ini. *Tokoh fiktif.*

1. Letakkan gangguannya: pada asma, otot polos bronkiolus mengerut dan dindingnya membengkak, sehingga saluran udara menyempit.
2. Akibat pada alveolus: udara segar yang sampai ke alveolus berkurang, dan udara lama sukar keluar. pO_2 di alveolus turun, pCO_2 cenderung naik.
3. Akibat pada darah: perbedaan pO_2 antara alveolus dan darah mengecil, sehingga O_2 yang berdifusi ke darah berkurang. Kadar O_2 darah turun.
4. Akibat pada sistem lain: tubuh mengimbangi dengan napas lebih cepat dan **jantung berdenyut lebih cepat** agar pengiriman O_2 ke jaringan tetap terjaga. Itulah sebabnya jantung Dimas berdebar.
5. Penanganan: obat pelega yang dihirup mengendurkan otot polos bronkiolus, sehingga saluran melebar kembali dan pertukaran gas pulih.

Kesimpulan: saluran menyempit → O_2 yang masuk ke darah berkurang → napas dan denyut jantung bertambah cepat. Rantai sebab-akibatnya berjalan dari saluran napas, ke darah, lalu ke jantung.

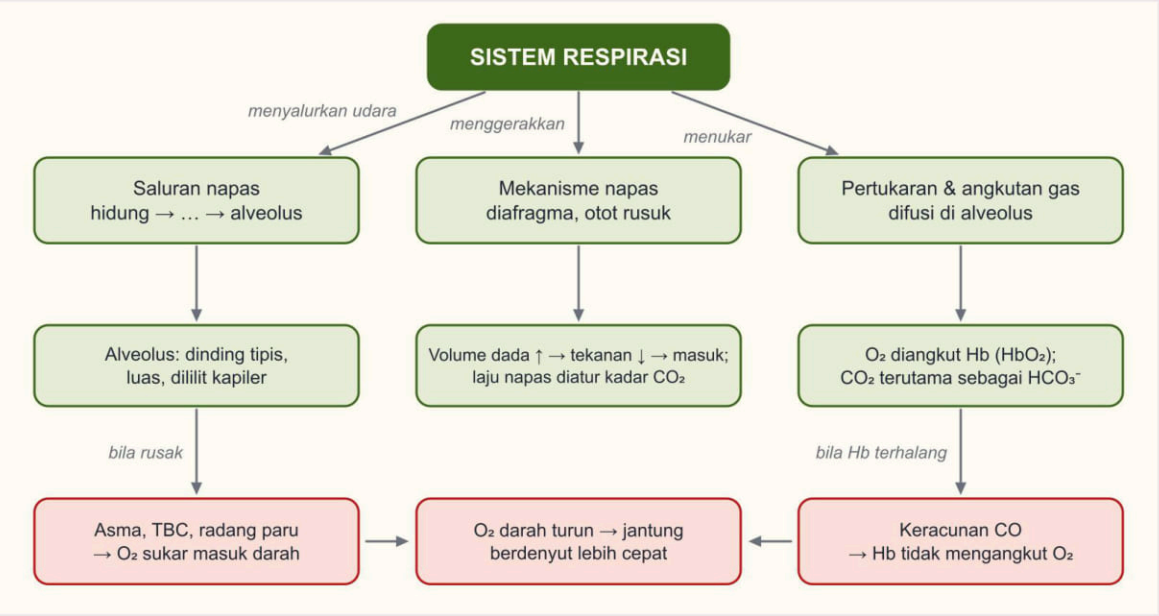
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Jalan udara: hidung → faring → laring → trakea → bronkus → bronkiolus → alveolus. Hidung menyaring, menghangatkan, dan melembapkan; epiglotis menutup laring saat menelan.
- Alveolus cocok untuk difusi gas: luas, dinding selapis sel, lembap, dililit kapiler. Gas selalu berdifusi dari tekanan parsial tinggi ke rendah.
- Inspirasi: diafragma dan otot antartulang rusuk luar berkontraksi → volume dada membesar → tekanan turun → udara masuk. Ekspirasi tenang adalah kebalikannya.
- Kapasitas vital = tidal + cadangan inspirasi + cadangan ekspirasi; volume residu tidak termasuk.
- O_2 diangkut terutama sebagai HbO_2; CO_2 terutama sebagai HCO_3^-. Jaringan aktif menerima O_2 lebih banyak.
- Pemicu utama laju napas adalah kenaikan CO_2 darah, dikendalikan pusat pernapasan di medula oblongata (umpan balik negatif).
- Gangguan napas menjalar ke darah, lalu ke jantung dan otak.

Bagan pada Gambar 3.15 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 3.15 Peta konsep sistem respirasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sistem respirasi:

1. **Tulis rantai sebab-akibat** dari saluran napas → kadar gas di alveolus → kadar gas dalam darah → organ yang terdampak (jantung, otak, otot).
2. **Periksa arah setiap panah.** Apakah O_2 naik atau turun? Apakah CO_2 naik atau turun? Apakah volume dada membesar atau mengecil, dan ke mana udara mengalir?
3. **Cocokkan dengan semua gejala** di soal. Rantai yang benar menjelaskan seluruh gejala, bukan hanya satu.
4. **Untuk grafik volume paru**, tulis dulu definisi volume yang ditanyakan, baru baca puncak dan lembah grafik, lalu jumlahkan.
5. **Untuk soal pengangkutan**, bedakan "udara yang masuk ke paru-paru" dengan "O_2 yang sampai ke jaringan". Gangguan pada Hb tidak mengurangi udara yang dihirup.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Sebab dan akibat dibalik**, misalnya gejala ditulis sebagai penyebab, atau gejala dikatakan "mencegah" gangguannya sendiri.
- **CO_2 dikira turun saat napas terganggu.** Bila pertukaran gas terhambat, CO_2 justru cenderung menumpuk.
- **O_2 dikira pemicu utama laju napas.** Pemicu utama sehari-hari adalah CO_2.
- **Paru-paru dikira mengembang sendiri dan menarik udara.** Paru-paru hanya mengikuti perubahan volume rongga dada.
- **Volume residu dimasukkan ke kapasitas vital**, atau kapasitas inspirasi (tidal + cadangan inspirasi) disamakan dengan volume cadangan inspirasi.
- **Gejala yang tidak cocok diabaikan.** Pilihan yang hanya menjelaskan satu gejala tetapi bertentangan dengan gejala lain bukan jawaban.

> Contoh salah tafsir: seseorang menahan napas selama 40 detik lalu bernapas sangat dalam. Seorang siswa menjelaskan, "napas dalam terjadi karena paru-paru kehabisan oksigen". Penjelasan yang lebih tepat: selama napas ditahan, **CO_2 menumpuk** di darah, dan kenaikan CO_2 itulah yang paling kuat merangsang pusat pernapasan.

● BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 11 (sopir truk dengan gangguan napas saat tidur, PG, 44 % benar). Saluran napas atas sopir itu tersumbat berulang kali saat tidur, ia mendengkur keras, sering terbangun terengah-engah, mengalami tidur sesaat saat menyetir, dan rekam jantungnya tidak teratur. Kamu diminta memilih hubungan gejala dengan komplikasinya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Konsep kunci: keterkaitan dengan sistem sirkulasi (bagian 7) dan pengangkutan O_2 (bagian 5, Gambar 3.13).
- Langkah: tulis rantai *saluran napas tersumbat → O_2 darah turun berulang → jantung terganggu; tidur terputus → kantuk* → pilih pilihan yang arah setiap panahnya sama.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan yang membalik sebab-akibat, menyebut saluran napas "tetap terbuka", atau mengaitkan gangguan jantung dengan CO_2 yang turun.

Rujukan: soal nomor 11 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas ibu hamil tua yang mudah sesak dan lebih banyak bernapas dada. Perhatikan cara gejala dihubungkan dengan gerak diafragma dan perubahan volume rongga dada (bagian 3, Gambar 3.11).

►. Bu Ratna sedang hamil 36 minggu pada 2026. Ia sering cepat merasa sesak, terutama ketika berbaring telentang atau setelah makan banyak, sehingga ia lebih nyaman tidur setengah duduk. Bidan memperhatikan bahwa saat Bu Ratna bernapas, dadanya yang terutama mengembang dan mengempis, sedangkan perutnya hampir tidak ikut bergerak. Paru-paru dan kadar hemoglobin Bu Ratna normal. Bidan menjelaskan bahwa keluhan seperti itu umum terjadi pada kehamilan tua dan akan berkurang setelah persalinan. *Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.*

Penjelasan yang paling tepat untuk keluhan Bu Ratna adalah ....

A. janin memakai sebagian besar oksigen ibu sehingga ibu harus bernapas dada agar oksigen cukup
B. rahim yang membesar menekan paru-paru secara langsung sehingga alveolus kempis dan tidak terisi
C. rahim yang membesar mendorong diafragma ke atas sehingga sulit turun dan rongga dada kurang lapang
D. otot antartulang rusuk melemah selama hamil sehingga ibu beralih ke pernapasan perut yang lebih lemah
E. posisi setengah duduk membuat diafragma terangkat ke atas sehingga paru-paru mendapat ruang lebih

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: pada **pernapasan perut**, diafragma berkontraksi dan turun sehingga rongga dada membesar, tekanan di paru-paru turun, dan udara masuk. Pada **pernapasan dada**, otot antartulang rusuk mengangkat tulang rusuk. Bila diafragma tidak dapat turun leluasa, pernapasan perut terbatas dan tubuh mengandalkan pernapasan dada.

Langkah 1 – Baca pengamatan. Yang bergerak terutama dada, perut hampir diam → pernapasan perut terbatas.
Langkah 2 – Cari penyebab mekanis. Rahim pada kehamilan 36 minggu sangat besar dan mendesak isi perut ke atas → diafragma terdorong ke atas dan sulit turun. Berbaring telentang dan perut penuh makanan menambah desakan; setengah duduk membuat isi perut turun sehingga diafragma lebih leluasa.
Langkah 3 – Cek data lain. Paru-paru dan hemoglobin normal → masalahnya bukan pada alveolus atau pengangkutan oksigen.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan benar tetapi tidak menjawab: kebutuhan oksigen memang naik, tetapi tidak menjelaskan mengapa perut hampir tidak bergerak dan mengapa keluhan bertambah saat telentang.
• B ✗ — Jebakan: rahim berada di rongga perut, terpisah dari paru-paru oleh diafragma; paru-paru juga normal.
• C ✓ — Sesuai pengamatan gerak napas dan pengaruh posisi tubuh.
• D ✗ — Jebakan terbalik: yang terbatas justru pernapasan perut, sedangkan pernapasan dada yang menonjol.
• E ✗ — Jebakan arah terbalik: posisi setengah duduk membantu karena isi perut turun sehingga diafragma dapat turun, bukan terangkat.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis rantai sebab-akibatnya dengan panah.

1. Dalam pelatihan PMR 2026, pelatih menjelaskan bahwa napas buatan dari mulut ke mulut dapat membantu korban yang berhenti bernapas. Sinta, seorang peserta, heran, "Bukankah udara yang kita embuskan sudah bekas pakai?" Pelatih lalu menunjukkan perkiraan susunan udara berikut.

Gas	Udara yang dihirup	Udara yang diembuskan
Oksigen (O_2)	21 %	16 %
Karbon dioksida (CO_2)	0,04 %	4 %
Nitrogen (N_2)	78 %	78 %

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif. Nilai dibulatkan.

Penjelasan yang paling tepat mengapa napas buatan tetap bermanfaat bagi korban adalah ....

A. udara embusan banyak mengandung CO_2 yang merangsang jantung korban agar berdenyut kembali
B. udara embusan masih mengandung sekitar 16 % O_2 karena hanya sebagian O_2 yang masuk ke darah
C. udara embusan banyak mengandung uap air yang membantu O_2 larut lebih cepat di paru korban
D. udara embusan mengandung O_2 sama dengan udara hirupan karena O_2 hanya dipakai saat sedang berlari
E. udara embusan lebih hangat sehingga paru-paru korban yang dingin dapat mengembang sendiri

2. Dina (16 tahun) sering pusing dan sangat terengah-engah setiap kali menaiki tangga ke kelasnya di lantai tiga, padahal teman-temannya tidak. Hasil pemeriksaan pada 2026: kadar hemoglobin 7 g/dL (normal untuk remaja putri 12–16 g/dL), paru-paru normal pada foto rontgen, dan alat oksimeter di jari menunjukkan bahwa 98 % hemoglobinnya sedang mengikat oksigen (normal 95–100 %). Dokter menyimpulkan bahwa Dina mengalami anemia karena kekurangan zat besi.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Angka 98 % pada oksimeter menunjukkan bahwa jumlah oksigen yang diangkut darah Dina sudah normal.	○	○
Walaupun pertukaran gas di alveolus normal, oksigen yang sampai ke otot berkurang karena hemoglobin pengangkutnya sedikit.	○	○
Bernapas lebih cepat dan dalam dapat memulihkan pasokan oksigen otot Dina sepenuhnya karena paru-parunya sehat.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Pada liburan 2026, Bima mendaki sebuah gunung setinggi sekitar 3.700 m. Persentase O_2 di udara puncak sama dengan di pantai, yaitu sekitar 21 %, tetapi tekanan udaranya hanya sekitar dua pertiga tekanan udara di permukaan laut. Setibanya di puncak, napas Bima lebih cepat, jantungnya berdebar, dan ia pusing. Alat pengukur di jarinya menunjukkan kadar O_2 darah (saturasi) 86 %, padahal di rumah 98 %. Setelah turun ke ketinggian 1.500 m, semua keluhannya hilang.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kadar O_2 darah Bima turun karena setiap tarikan napas membawa lebih sedikit molekul O_2 walaupun persentase O_2 udaranya sama.	○	○
Jantung yang berdebar membantu mengimbangi rendahnya O_2 karena darah lebih sering mengantar O_2 ke jaringan.	○	○
Napas Bima menjadi cepat terutama karena udara di puncak gunung mengandung jauh lebih banyak CO_2 daripada udara di pantai.	○	○

Kunci singkat: 1. B 2. 1S 2B 3S 3. 1B 2B 3S

✔ PERIKSA DIRI

- Jelaskan inspirasi dengan tiga kata kunci: volume, tekanan, aliran udara. Mengapa paru-paru dapat ikut mengembang padahal tidak berotot?
- Mengapa CO_2, bukan O_2, yang menjadi pemicu utama laju napas? Bagaimana sebagian besar CO_2 diangkut darah?
- **Yang harus kuingat:** gangguan napas selalu ditelusuri sampai ke darah dan organ lain; periksa arah setiap panah.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-3.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis

BIO-3.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem ekskresi dan fungsinya**, dengan catatan *keterkaitan antarsistem*. Ekskresi tidak hanya berarti membuang sisa. Ginjal, kulit, hati, dan paru-paru bersama-sama menjaga **homeostasis**, yaitu keadaan tubuh yang tetap stabil: kadar air, garam, suhu, dan zat sisa.

Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat kasus seorang kuli bangunan yang pingsan karena serangan panas setelah bekerja di bawah terik dan kurang minum; 46 % peserta menjawab benar. Contoh soal di bagian keterampilan proses juga memakai warna dan volume urine setelah olahraga.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan struktur ginjal dan nefron, lalu menelusuri pembentukan urine dalam tiga tahap;
- membaca data kadar zat di plasma, filtrat, dan urine;
- menjelaskan peran ADH dalam mengatur pekat-encernya urine;
- menjelaskan cara kulit membuang atau menahan panas, serta menghubungkan kerja ginjal, kulit, hati, dan paru-paru dengan sistem lain.

◆ KONSEP INTI

Setiap detik sel-sel tubuhmu menghasilkan zat sisa: CO_2 dari respirasi seluler, **amonia** dari penguraian protein, garam dan air yang berlebih, serta panas. Bila zat sisa ini menumpuk, sel akan keracunan dan enzim-enzimnya tidak dapat bekerja. **Ekskresi** adalah pengeluaran zat sisa metabolisme dari tubuh. Bedakan dengan dua istilah lain. **Defekasi** adalah pengeluaran feses; sebagian besar feses berupa sisa makanan yang tidak pernah masuk ke sel, jadi bukan hasil metabolisme. **Sekresi** adalah pengeluaran zat yang masih berguna, misalnya enzim pencernaan atau hormon. Ekskresi juga berperan dalam **homeostasis**. Ginjal tidak hanya membuang urea, tetapi juga menentukan berapa banyak air dan garam yang dipertahankan. Kulit tidak hanya mengeluarkan keringat, tetapi juga mengatur suhu tubuh. Kerja keduanya diatur oleh otak dan hormon, dan bahan bakunya dibawa oleh darah.

1. Alat-alat ekskresi manusia

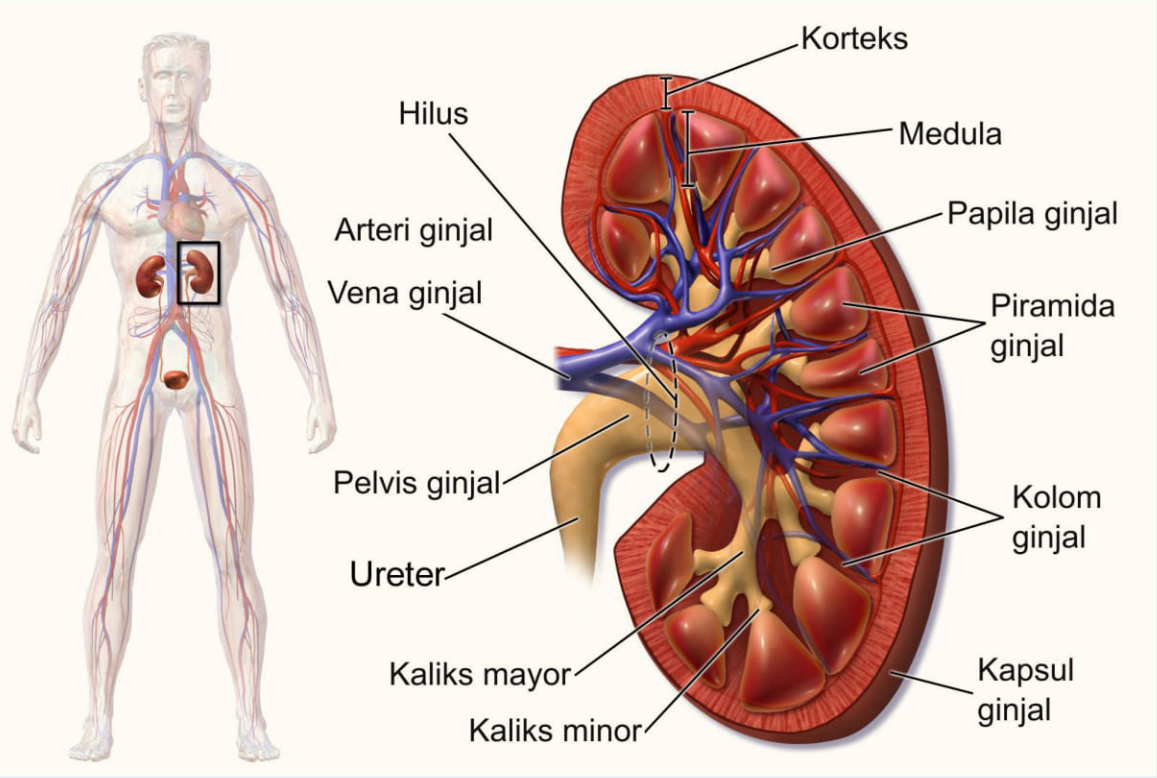
Alat ekskresi	Zat yang dikeluarkan	Keterangan
Ginjal	urine: air, urea, asam urat, kreatinin, garam berlebih, sisa obat	pengatur utama air dan garam tubuh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kulit	keringat: air, garam (terutama NaCl), sedikit urea	sekaligus pengatur suhu
Paru-paru	CO_2 dan uap air	lihat sub bab 3.2
Hati	empedu yang berisi bilirubin (sisa perombakan hemoglobin); membuat urea dari amonia	urea yang dibuat hati dibuang oleh ginjal

2. Ginjal: letak dan bagian-bagiannya

Manusia memiliki sepasang **ginjal** berbentuk seperti kacang merah, masing-masing kira-kira sebesar kepalan tangan. Ginjal terletak di dinding belakang rongga perut, di kiri dan kanan tulang belakang, setinggi pinggang. Ginjal kanan sedikit lebih rendah karena terdesak hati. Walaupun kecil, ginjal menerima sekitar seperlima darah yang dipompa jantung setiap menit, karena tugasnya memang menyaring darah.



Gambar 3.16 Letak ginjal di dalam tubuh (kiri) dan penampang membujur ginjal (kanan). Sumber: BruceBlaus (Blausen Medical), Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bila ginjal dibelah membujur (Gambar 3.16), tampak tiga daerah:

- **Korteks** (kulit ginjal), lapisan luar yang berbintik-bintik. Di sinilah sebagian besar alat penyaring berada.
- **Medula** (sumsum ginjal), bagian tengah yang tersusun atas **piramida ginjal** bergaris-garis. Garis-garis itu adalah saluran-saluran halus yang mengalirkan urine ke ujung piramida (papila).
- **Pelvis ginjal** (rongga ginjal), rongga penampung urine yang bersambung dengan **ureter**.

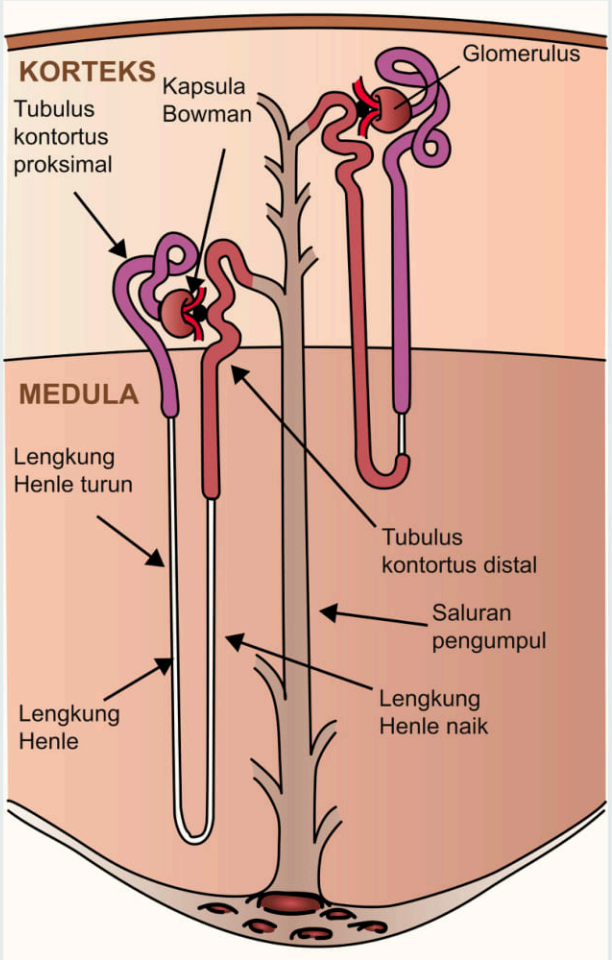
Darah masuk ke ginjal melalui **arteri ginjal** (arteri renalis) dan keluar melalui **vena ginjal** (vena renalis) dalam keadaan lebih bersih. Urine yang terbentuk mengalir melalui ureter ke **kandung kemih**, ditampung sementara, lalu dikeluarkan melalui **uretra**.

3. Nefron: satuan penyaring ginjal

Setiap ginjal berisi sekitar satu juta **nefron**, yaitu satuan terkecil yang membentuk urine. Perhatikan bagian-bagiannya pada Gambar 3.17, mengikuti arah aliran cairan:

1. **Glomerulus**: gulungan kapiler darah yang rapat di korteks. Darah masuk ke glomerulus melalui pembuluh yang lebar dan keluar melalui pembuluh yang lebih sempit, sehingga tekanan darah di dalam glomerulus tinggi.
2. **Kapsula Bowman**: mangkuk berdinding ganda yang membungkus glomerulus dan menampung cairan hasil saringan. Glomerulus dan kapsula Bowman bersama-sama disebut badan Malpighi.
3. **Tubulus kontortus proksimal**: saluran berkelok-kelok yang dekat dengan kapsula Bowman. Dindingnya tersusun atas sel-sel yang aktif menyerap kembali zat.
4. **Lengkung Henle**: saluran berbentuk huruf U yang menjulur ke medula, terdiri atas bagian turun dan bagian naik. Lengkung ini membuat cairan di sekitar medula sangat asin, sehingga air dapat ditarik keluar dari saluran di dekatnya.
5. **Tubulus kontortus distal**: saluran berkelok kedua di korteks.
6. **Saluran pengumpul**: menampung cairan dari banyak nefron, melewati medula, dan bermuara di papila.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.17 Dua nefron dan saluran pengumpulnya. Glomerulus dan tubulus berkelok berada di korteks, sedangkan lengkung Henle dan saluran pengumpul menjulur ke medula. Sumber: Holly Fischer, Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label ditulis ulang dalam bahasa Indonesia.

Seluruh tubulus dililit kapiler darah. Kapiler inilah yang menerima kembali zat-zat berguna dari tubulus, dan dari kapiler ini pula zat sisa ditambahkan ke tubulus.

4. Pembentukan urine dalam tiga tahap

Gambar 3.18 merangkum ketiga tahap pembentukan urine.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.18 Filtrasi menghasilkan filtrat, reabsorpsi menghasilkan urine sekunder, dan augmentasi menghasilkan urine sesungguhnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **Filtrasi (penyaringan)** di glomerulus. Tekanan darah yang tinggi mendorong sebagian plasma menembus dinding glomerulus ke kapsula Bowman. Dinding ini berpori halus seperti saringan. Air dan zat bermolekul kecil lolos: glukosa, asam amino, garam, urea, dan kreatinin. Sel darah dan **protein plasma** (misalnya albumin) terlalu besar, sehingga **tertahan** di dalam darah. Hasilnya disebut **filtrat glomerulus** atau urine primer. Komposisinya mirip plasma tanpa protein. Jumlahnya sangat banyak, sekitar 180 liter per hari.
2. **Reabsorpsi (penyerapan kembali)**, terutama di tubulus kontortus proksimal. Filtrat masih berisi banyak zat berguna, sehingga sel-sel tubulus menyerapnya kembali ke kapiler. Hampir **semua glukosa dan asam amino** diserap kembali. **Sebagian besar air dan garam** juga diserap kembali, sebagian di tubulus proksimal dan sebagian lagi di lengkung Henle. Urea hanya sedikit diserap kembali. Cairan yang tersisa disebut urine sekunder.
3. **Augmentasi (penambahan)** di tubulus kontortus distal dan saluran pengumpul. Zat sisa yang masih ada di darah ditambahkan ke dalam tubulus, misalnya ion H^+ dan K^+ berlebih, sebagian urea dan kreatinin, serta sisa obat. Penambahan ion H^+ ikut menjaga darah agar tidak terlalu asam. Di bagian ini pula air diserap kembali sesuai kebutuhan tubuh, diatur oleh hormon ADH (bagian 5). Hasilnya **urine sesungguhnya**.

Dari 180 liter filtrat, yang keluar sebagai urine hanya sekitar 1–2 liter per hari. Artinya lebih dari 99 % air diserap kembali. Karena air banyak diserap sedangkan urea sedikit diserap, kadar urea di urine jauh lebih tinggi daripada di plasma. Pemekatan urea ini tanda ginjal bekerja normal.

Penyerapan kembali glukosa dilakukan oleh protein pengangkut di dinding tubulus, dan jumlah pengangkut itu terbatas. Selama kadar glukosa darah normal, semua glukosa terangkut kembali sehingga urine orang sehat tidak mengandung glukosa. Bila kadar glukosa darah sangat tinggi, pengangkut bekerja pada batas kemampuannya dan sebagian glukosa lolos ke urine. Inilah

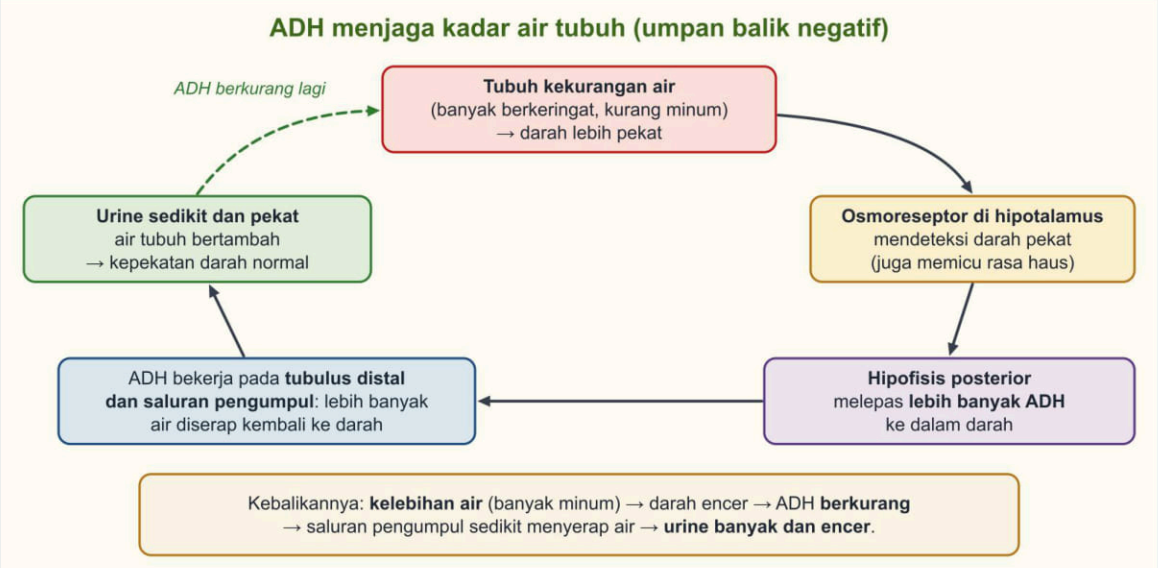
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sebabnya urine penderita diabetes yang tidak terkontrol mengandung glukosa.

5. ADH: pengatur kadar air tubuh

Apakah urine akan pekat atau encer ditentukan oleh **hormon antidiuretik (ADH)**. ADH dibuat di hipotalamus dan dilepaskan oleh **hipofisis posterior** (kelenjar di bawah otak). ADH bekerja pada tubulus distal dan saluran pengumpul: makin banyak ADH, makin banyak air yang diserap kembali dari saluran ke darah. Ikuti lingkarannya pada Gambar 3.19:

1. Tubuh kekurangan air, misalnya karena banyak berkeringat atau kurang minum. Darah menjadi **lebih pekat**.
2. Sel peka kepekatan (**osmoreseptor**) di hipotalamus mendeteksi perubahan itu. Hipotalamus juga memunculkan **rasa haus**.
3. Hipofisis posterior melepas **lebih banyak ADH** ke dalam darah.
4. Di ginjal, saluran pengumpul menyerap **lebih banyak air** kembali ke darah.
5. Urine menjadi **sedikit dan pekat** (berwarna kuning tua), sedangkan air tubuh terselamatkan dan kepekatan darah kembali normal.



Gambar 3.19 ADH menjaga kadar air tubuh melalui umpan balik negatif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kebalikannya juga berlaku. Bila kamu minum banyak air, darah menjadi encer, ADH berkurang, saluran pengumpul sedikit menyerap air, dan urine menjadi **banyak dan encer** (hampir bening). Seperti pengendalian napas oleh CO_2 (sub bab 3.2), ini adalah **umpan balik negatif**: hasilnya melawan perubahan awal. Minuman beralkohol menekan pelepasan ADH, sehingga peminumnya sering buang air kecil dan mudah kekurangan cairan.

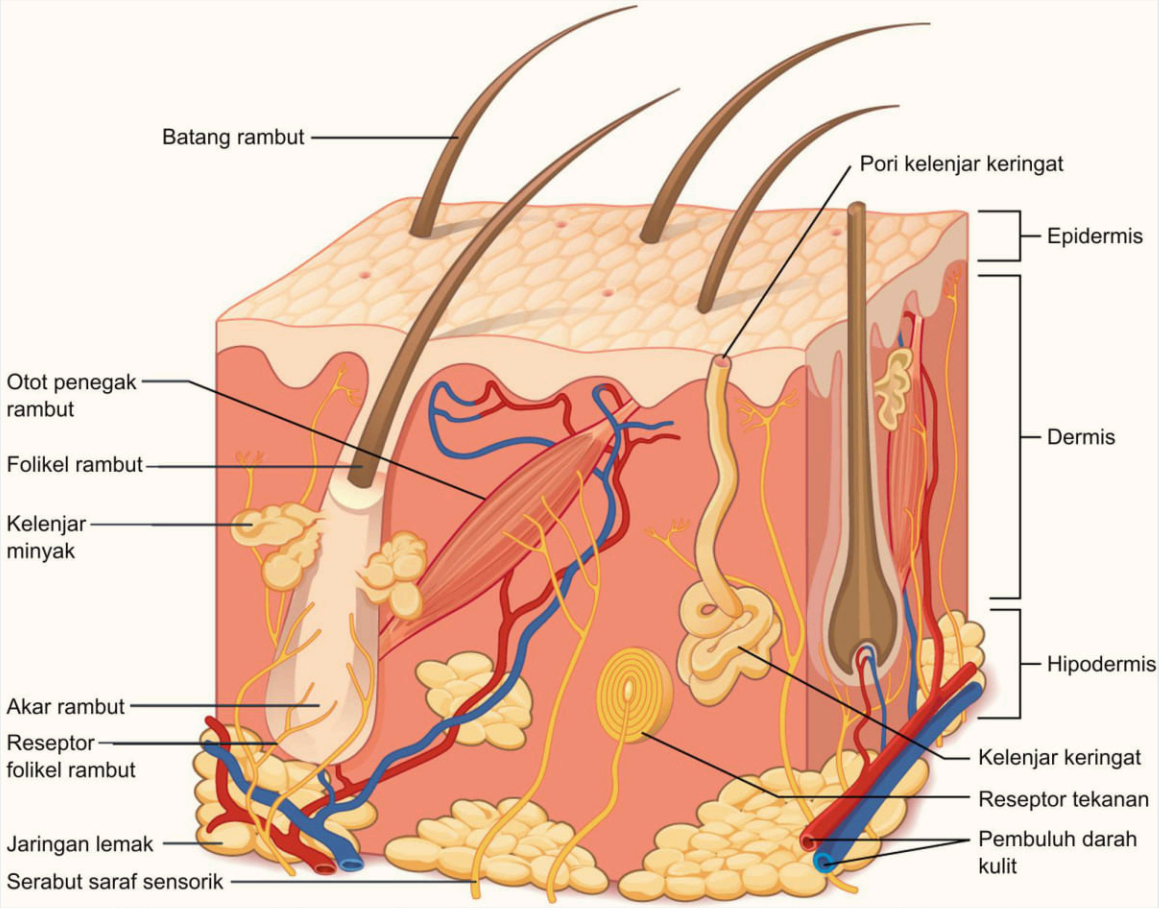
6. Kulit dan pengaturan suhu tubuh

Kulit adalah organ terluas di tubuh. Gambar 3.20 memperlihatkan tiga lapisannya:

- **Epidermis** (kulit ari), lapisan terluar. Bagian paling luarnya tersusun atas sel-sel mati yang terus mengelupas dan diganti, sehingga kulit tahan gesekan dan tidak mudah ditembus kuman.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **Dermis** (kulit jangat), lapisan di bawahnya. Di sini terdapat **kelenjar keringat** beserta saluran dan porinya, **kelenjar minyak**, akar rambut dan **otot penegak rambut**, **pembuluh darah**, serta ujung-ujung saraf yang menjadi reseptor sentuhan, tekanan, panas, dingin, dan nyeri.
- **Hipodermis** (jaringan bawah kulit), berisi banyak **jaringan lemak** yang menyimpan cadangan energi dan menahan panas tubuh.

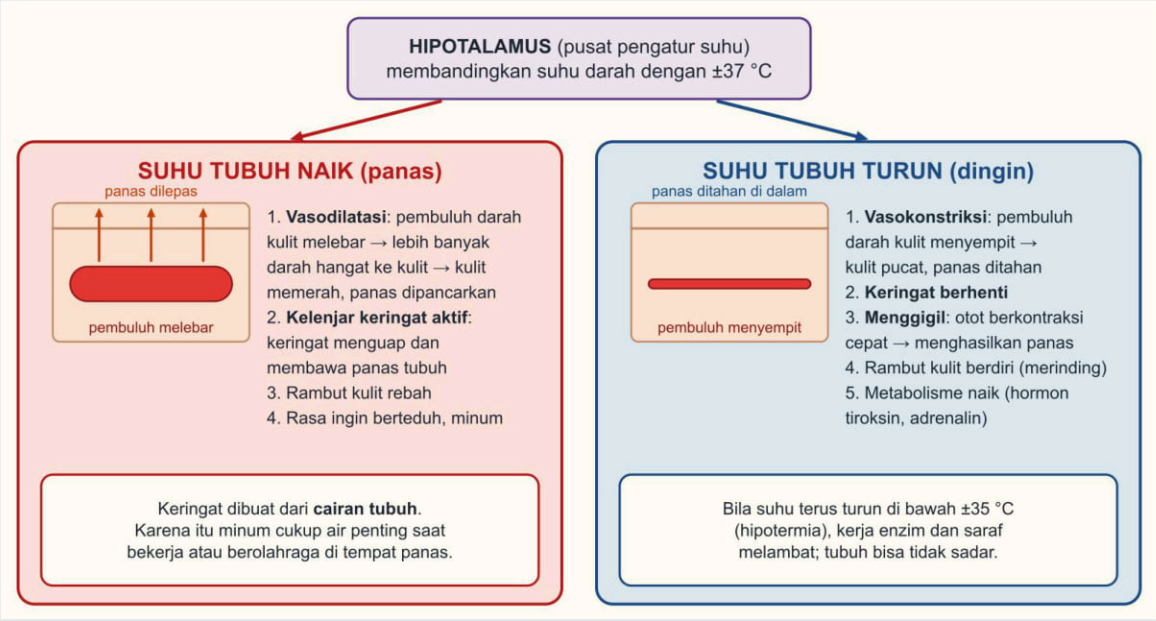


Gambar 3.20 Penampang kulit manusia: epidermis, dermis dengan kelenjar keringat, kelenjar minyak, rambut, dan pembuluh darah, serta hipodermis berisi jaringan lemak. Sumber: OpenStax College, Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Keringat dibuat kelenjar keringat dari cairan di sekitarnya, yang berasal dari darah. Isinya terutama air, garam, dan sedikit urea. Selain membuang zat sisa, keringat adalah alat pendingin tubuh: ketika keringat **menguap**, penguapan itu menyerap panas dari kulit. Karena keringat diambil dari cairan tubuh, orang yang bekerja atau berolahraga di tempat panas perlu banyak minum.

Suhu tubuh manusia dijaga sekitar 37 °C oleh **hipotalamus**, bagian otak yang bekerja seperti termostat. Hipotalamus menerima informasi dari reseptor suhu di kulit dan dari suhu darah yang melewatinya, lalu memerintahkan respons yang sesuai (Gambar 3.21).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.21 Respons tubuh saat suhu naik (kiri) dan saat suhu turun (kanan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bila suhu tubuh **naik** (cuaca terik, bekerja berat):

1. Pembuluh darah di kulit **melebar** (**vasodilatasi**). Lebih banyak darah hangat mengalir dekat permukaan kulit, sehingga panas dipancarkan ke udara. Kulit tampak memerah.
2. **Kelenjar keringat aktif.** Keringat menguap dan membawa panas pergi.
3. Rambut kulit rebah, dan kita terdorong mencari tempat teduh serta minum.

Bila suhu tubuh **turun** (udara dingin, hujan, air dingin):

1. Pembuluh darah di kulit **menyempit** (**vasokonstriksi**). Darah hangat ditahan di bagian dalam tubuh, kulit tampak pucat, dan panas yang hilang berkurang.
2. **Keringat berhenti.**
3. Otot **menggigil**, yaitu berkontraksi cepat berulang-ulang. Kontraksi otot menghasilkan panas.
4. Otot penegak rambut berkontraksi sehingga bulu kuduk berdiri (merinding).
5. Hormon tiroksin dan adrenalin dapat menaikkan laju metabolisme sehingga panas bertambah.

Kedua kelompok respons ini juga merupakan umpan balik negatif.

7. Hati dan paru-paru sebagai alat ekskresi

Hati adalah "pabrik pengolah" zat sisa. Asam amino yang berlebih tidak dapat disimpan. Hati memotong gugus nitrogennya sehingga terbentuk **amonia** (NH_3). Amonia sangat beracun, terutama bagi sel saraf. Hati segera mengubahnya menjadi **urea** yang jauh kurang beracun, lalu urea dibawa darah ke ginjal untuk dibuang bersama urine. Hati juga merombak hemoglobin dari eritrosit tua (sub bab 3.1) menjadi **bilirubin**, pigmen kuning yang dibuang bersama empedu ke usus. Bilirubin yang diolah bakteri usus memberi warna cokelat pada feses dan sebagian memberi warna kuning pada urine. Selain itu hati menetralkan banyak racun dan obat.

Paru-paru membuang CO_2 dan uap air setiap kali kita mengembuskan napas. Embun yang terbentuk ketika kamu meniup kaca adalah bukti uap air ikut keluar.

8. Homeostasis sebagai kerja bersama, dan gangguannya

Alat-alat ekskresi saling menopang. Contoh: saat kamu bekerja di bawah terik, banyak air hilang lewat keringat. Darah menjadi pekat, ADH naik, ginjal menghemat air, dan rasa haus mendorongmu minum. Bila satu bagian gagal, bagian lain menanggung bebannya, dan bila beban itu terlalu berat, homeostasis runtuh.

Beberapa gangguan sistem ekskresi:

- **Dehidrasi**: tubuh kekurangan cairan, misalnya karena diare, muntah, demam, atau berkeringat banyak tanpa minum. Tandanya haus, urine sedikit dan pekat, mulut kering, pusing, lemas. Dehidrasi berat menurunkan volume darah sehingga tekanan darah turun.
- **Serangan panas** (heat stroke): suhu tubuh naik sangat tinggi, sekitar 40 °C atau lebih, karena pembuangan panas tidak mampu mengimbangi panas yang diterima dan dihasilkan tubuh. Keadaan ini darurat medis karena enzim dan sel saraf rusak pada suhu setinggi itu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **Batu ginjal**: endapan garam, misalnya kalsium oksalat atau asam urat, mengkristal di ginjal atau saluran kemih. Kurang minum dan sering menahan buang air kecil meningkatkan risikonya. Batu dapat menyumbat ureter dan menimbulkan nyeri pinggang yang hebat.
- **Kerusakan glomerulus** (misalnya radang ginjal): saringan menjadi bocor, sehingga zat yang seharusnya tertahan, yaitu protein dan sel darah, ikut keluar bersama urine, kadang membuat urine kemerahan. Karena albumin hilang, cairan dapat tertimbun di jaringan dan kaki membengkak (ingat edema di sub bab 3.1).
- **Gagal ginjal**: ginjal tidak lagi mampu menyaring darah. Urea, kreatinin, air, dan garam menumpuk di dalam darah. Penderita memerlukan cuci darah (hemodialisis) secara rutin atau cangkok ginjal. Tekanan darah tinggi dan diabetes yang tidak terkontrol adalah penyebab yang sering.
- **Infeksi saluran kemih**: bakteri masuk melalui uretra, menimbulkan rasa perih dan sering ingin buang air kecil.

Kebiasaan yang melindungi ginjal sederhana: minum air putih cukup, tidak menahan buang air kecil, tidak berlebihan mengonsumsi garam, dan tidak minum obat sembarangan tanpa petunjuk tenaga kesehatan.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Membaca tabel plasma, filtrat, dan urine

Tabel berikut berisi kadar empat zat pada seorang dewasa sehat. Nama zatnya sengaja disamarkan. Tentukan zat mana yang tertahan saat filtrasi, diserap kembali seluruhnya, dan dipekatkan, lalu tebak zat itu.

Zat (g/100 mL)	Plasma darah	Filtrat di kapsula Bowman	Urine
P	7,5	0	0
Q	0,05	0,05	0
R	0,03	0,03	1,8
S	0,004	0,004	0,1

Data disusun untuk contoh.

1. Bandingkan plasma dengan filtrat untuk menilai **filtrasi**. Zat P ada di plasma tetapi tidak ada di filtrat, jadi P tidak lolos saringan glomerulus. Zat yang normalnya tertahan adalah zat bermolekul besar, yaitu **protein plasma**. Q, R, dan S kadarnya sama di plasma dan filtrat, jadi ketiganya lolos dengan bebas.
2. Bandingkan filtrat dengan urine untuk menilai **reabsorpsi**. Zat Q ada di filtrat tetapi hilang dari urine, jadi seluruhnya diserap kembali. Zat kecil yang berguna dan diserap seluruhnya pada orang sehat adalah **asam amino** atau glukosa; di sini Q cocok sebagai asam amino.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Zat R kadarnya naik sekitar 60 kali dari filtrat ke urine. Kenaikan ini terjadi karena sebagian besar **air** diserap kembali, sedangkan R hampir tidak diserap. Zat sisa dengan pola ini adalah **urea**.
4. Zat S juga dipekatkan, sekitar 25 kali. S adalah zat sisa lain yang ikut dibuang, misalnya asam urat.

Kesimpulan: P tertahan saat filtrasi (protein), Q diserap kembali seluruhnya (asam amino), R dan S dipekatkan (urea dan zat sisa lain). Pola ini adalah pola normal; kelainan baru dicurigai bila pola sebuah zat menyimpang dari pola ini.

Contoh 2 — Menggigil saat demam

Pada tahun 2026, Laras terserang flu. Suhu tubuhnya 37 °C, tetapi ia menggigil kedinginan dan berselimut tebal walaupun siang itu panas. Beberapa jam kemudian suhunya mencapai 39 °C. Setelah minum obat penurun panas, ia justru berkeringat deras dan kulitnya memerah. Jelaskan urutan kejadian ini. *Tokoh fiktif.*

1. Ingat peran hipotalamus: ia membandingkan suhu tubuh dengan **nilai patokan** sekitar 37 °C, seperti termostat.
2. Saat infeksi, zat-zat dari sel pertahanan tubuh menaikkan nilai patokan itu, misalnya menjadi 39 °C. Suhu tubuh 37 °C kini "terasa terlalu dingin" bagi hipotalamus.
3. Hipotalamus menjalankan respons dingin (Gambar 3.21): vasokonstriksi sehingga kulit pucat dan dingin, keringat berhenti, dan otot **menggigil**. Panas tertahan dan bertambah, sehingga suhu tubuh naik ke 39 °C.
4. Obat penurun panas mengembalikan nilai patokan ke sekitar 37 °C. Kini suhu tubuh 39 °C "terlalu panas", sehingga hipotalamus menjalankan respons panas: **vasodilatasi** (kulit memerah) dan **berkeringat** sampai suhu turun.

Kesimpulan: menggigil dan berkeringat bukan tanda sistem pengatur suhu rusak, tetapi tanda hipotalamus sedang mengejar nilai patokan yang berubah. Karena keringat yang keluar banyak, Laras perlu minum cukup air.

Contoh 3 — Mengapa urine pagi hari lebih pekat

Setiap bangun tidur, urine pertama Bayu berwarna kuning tua dan jumlahnya sedikit, sedangkan pada siang hari, setelah ia banyak minum, urinenya hampir bening. Apakah ginjal Bayu bermasalah? *Tokoh fiktif.*

1. Tentukan keadaan awal: selama tidur sekitar 8 jam, Bayu tidak minum, tetapi tetap kehilangan air lewat napas dan keringat. Darahnya perlahan menjadi lebih pekat.
2. Tulis respons normal: osmoreseptor di hipotalamus mendeteksi darah pekat, hipofisis posterior melepas lebih banyak ADH (Gambar 3.19).
3. Akibat di ginjal: saluran pengumpul menyerap lebih banyak air, sehingga urine yang tertampung semalaman sedikit dan pekat.
4. Siang hari, setelah banyak minum, darah encer, ADH berkurang, dan urine menjadi banyak dan encer.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

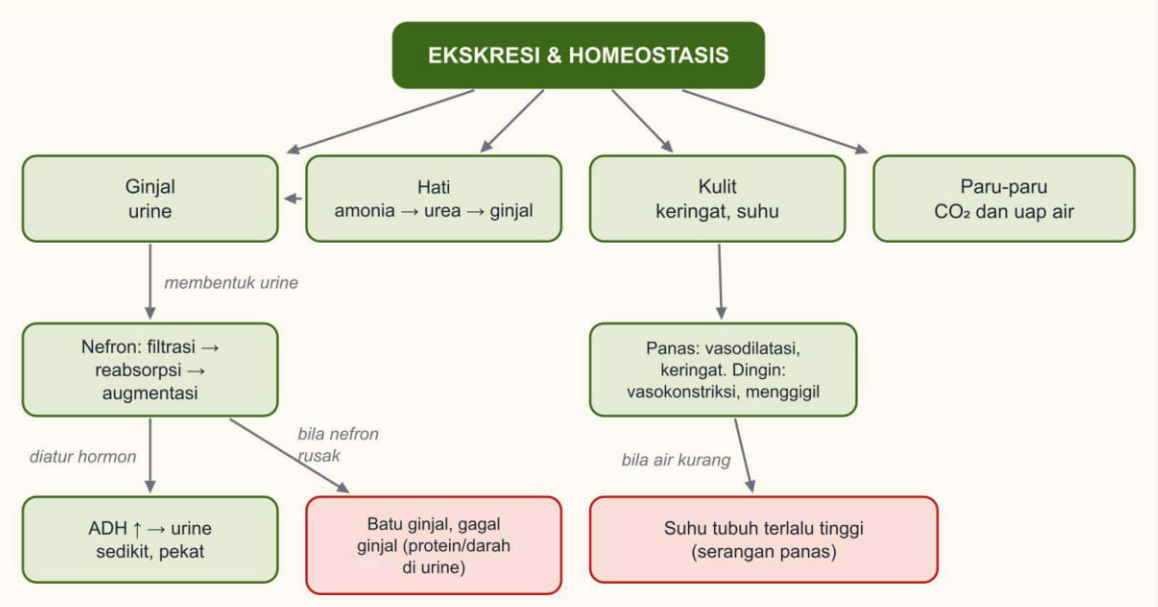
Kesimpulan: perbedaan itu adalah kerja ADH yang normal. Kecurigaan baru beralasan bila urine tetap pekat walaupun ia sudah cukup minum, atau bila urine mengandung darah atau protein.

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Ekskresi = pengeluaran zat sisa metabolisme; alatnya ginjal (urine), kulit (keringat), paru-paru (CO_2, uap air), dan hati (urea, bilirubin).
- Nefron: glomerulus dan kapsula Bowman → tubulus proksimal → lengkung Henle → tubulus distal → saluran pengumpul.
- Urine terbentuk lewat filtrasi (protein dan sel darah tertahan), reabsorpsi (glukosa dan asam amino diserap seluruhnya, air dan garam sebagian besar), dan augmentasi (zat sisa ditambahkan).
- Pada orang sehat: protein tidak ada di filtrat, glukosa tidak ada di urine, urea jauh lebih pekat di urine.
- Kurang air → ADH naik → urine sedikit dan pekat; kelebihan air → ADH turun → urine banyak dan encer.
- Panas: vasodilatasi dan berkeringat. Dingin: vasokonstriksi, keringat berhenti, menggigil. Pusatnya di hipotalamus.

Bagan pada Gambar 3.22 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 3.22 Peta konsep sistem ekskresi dan homeostasis. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sistem ekskresi dan homeostasis:

1. **Tentukan keadaan awalnya**: kelebihan atau kekurangan air, panas atau dingin, atau ada zat yang tidak normal di urine?
2. **Tulis respons normal tubuh** terhadap keadaan itu (bagian 5 dan 6).
3. **Cari bagian yang gagal** dan akibatnya pada respons normal. Tanyakan juga: apa yang dibutuhkan respons itu agar dapat berjalan?
4. **Untuk tabel nefron**, bandingkan kadar setiap zat di plasma → filtrat → urine:

- zat yang **ada di filtrat tetapi tidak ada di urine** → diserap kembali seluruhnya (normalnya glukosa, asam amino);
- zat yang **ada di filtrat atau urine padahal seharusnya tertahan saat filtrasi** → glomerulus bocor (normalnya protein);
- zat yang **jauh lebih pekat di urine** daripada di filtrat → air banyak diserap kembali, sedangkan zat itu tidak (normalnya urea).

Jebakan yang sering dipasang:

- **Arah pembuluh darah kulit tertukar.** Saat panas, pembuluh melebar; saat dingin, menyempit.
- **ADH dibalik.** Saat kekurangan air, ADH justru naik, bukan turun.
- **Urea yang pekat di urine dianggap kelainan.** Pemekatan urea adalah tanda ginjal bekerja normal.
- **Akibat dianggap sebab.** Gejala yang muncul karena suhu tinggi ditulis sebagai penyebab suhu tinggi.
- **Banyak minum dianggap penyebab urine banyak** pada penyakit yang sebenarnya disebabkan gangguan di ginjal; rasa haus bisa merupakan akibat, bukan sebab.
- **Tubuh dikatakan "sengaja berhenti" mengatur suhu atau "menghemat energi".** Pengatur suhu tidak pernah berhenti dengan sengaja; yang terjadi adalah salah satu sarananya tidak lagi tersedia.

> Contoh salah tafsir: setelah lari pagi di hari yang panas, urine seorang murid berwarna kuning pekat dan jumlahnya sedikit. Ia khawatir ginjalnya bermasalah. Sebenarnya ini respons normal: ia kehilangan banyak air lewat keringat, ADH naik, dan ginjal menyerap kembali lebih banyak air. Masalah baru patut dicurigai bila urine tetap pekat setelah ia cukup minum.

● BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 17 (serangan panas pada kuli bangunan, PG, 46 % benar). Setelah bekerja tanpa henti di bawah terik dan kurang minum, suhu tubuh Pak Junaidi mencapai 40,5 °C, kulitnya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

memerah, **tidak berkeringat**, dan nadinya cepat. Kamu diminta memilih penyebab utama kegagalan tubuhnya mempertahankan suhu normal.

- Konsep kunci: pengaturan suhu oleh kulit (bagian 6, Gambar 3.21) dan keterkaitannya dengan air tubuh (bagian 8).
- Langkah: tanyakan cara utama tubuh membuang panas dalam keadaan ini → tanyakan apa yang dibutuhkan cara itu → hubungkan dengan "kurang minum" dan "tidak berkeringat".
- Pengecoh yang dipasang: pembuluh kulit yang melebar dianggap menyimpan panas, otot yang bekerja cepat sebagai akibat suhu tinggi, cairan yang kurang dianggap menaikkan aliran darah, dan tubuh yang "sengaja berhenti mengatur suhu untuk menghemat energi".

Rujukan: soal nomor 17 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

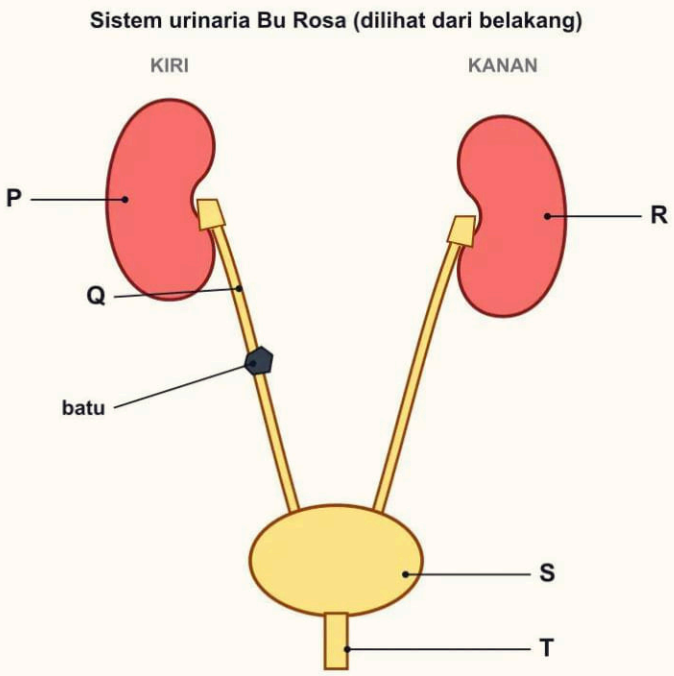
Soal berikut menyajikan skema sistem urinaria dengan sebuah batu yang tersangkut. Perhatikan cara menentukan bagian yang terbendung dengan menelusuri arah aliran urine dari ginjal sampai keluar tubuh (bagian 2, Gambar 3.16).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Gambar menunjukkan sistem urinaria Bu Rosa dilihat dari belakang, beserta letak sebuah batu yang ditemukan melalui pemeriksaan pada 2027. Batu itu menyumbat hampir seluruh rongga saluran tempatnya tersangkut. Bu Rosa mengeluh nyeri di pinggang kiri, tetapi masih buang air kecil beberapa kali sehari dengan jumlah urine sedikit lebih rendah daripada biasanya.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Keadaan yang paling mungkin terjadi pada Bu Rosa adalah ....



A. P dan R sama-sama membengkak karena urine dari kedua ginjal tertahan di dalam S
B. P tetap normal, sedangkan R membengkak karena urine dari P berbalik masuk ke R
C. S sama sekali kosong karena seluruh aliran urine menuju S terhenti oleh batu di Q
D. P membengkak karena urine terbendung di atas batu, sedangkan urine R tetap ke S
E. T tersumbat oleh batu sehingga urine dari kedua ginjal tidak dapat keluar tubuh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: urine dibentuk di **ginjal**, mengalir melalui **ureter** ke **kandung kemih**, ditampung sementara, lalu dikeluarkan melalui **uretra**. Setiap ginjal mempunyai ureternya sendiri. Bila satu ureter tersumbat, urine dari ginjal di sisi itu terbendung sehingga rongga ginjal tersebut melebar dan membengkak, sedangkan ginjal di sisi lain tetap mengalirkan urinenya.

Langkah 1 – Kenali bagian gambar. P = ginjal kiri, Q = ureter kiri, R = ginjal kanan, S = kandung kemih, T = uretra. Batu berada di Q.
Langkah 2 – Lacak aliran urine. Urine P → tertahan batu di Q → terbendung di atas batu → P membengkak. Urine R → ureter kanan yang bebas → S → T.
Langkah 3 – Cocokkan dengan keluhan. Nyeri di pinggang kiri (sisi P) dan masih buang air kecil dalam jumlah sedikit berkurang → hanya satu ginjal yang alirannya terhambat.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: S tidak tersumbat; urine hanya tertahan di atas batu pada ureter kiri.
• B ✗ — Jebakan salah lacak aliran: urine dari P tidak dapat menyeberang ke R; ginjal kanan tidak terhubung dengan ureter kiri.
• C ✗ — Jebakan: urine dari R tetap masuk ke S; Bu Rosa masih buang air kecil.
• D ✓ — Sesuai letak batu dan arah aliran urine.
• E ✗ — Jebakan salah baca gambar: batu berada di ureter kiri (Q), bukan di uretra (T).

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis dulu respons normal tubuh sebelum mencari yang terganggu.

1. Pak Ruslan, sopir bus antarkota, sering menempuh perjalanan 10 jam. Agar tidak sering berhenti, ia sengaja jarang minum dan kerap menahan buang air kecil. Ia juga gemar makan jeroan dan minum minuman bersoda yang manis. Pada 2026 ia merasakan nyeri hebat di pinggang kanan yang menjalar ke perut bagian bawah. Dokter menemukan batu kecil di saluran kemihnya dan menyebut bahwa urinenya sangat pekat.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa kebiasaan Pak Ruslan memudahkan terbentuknya batu adalah ....

A. urine yang sedikit airnya menjadi pekat sehingga zat sisa seperti asam urat mudah mengendap menjadi kristal
B. kurang minum membuat ginjal berhenti menyaring darah sehingga zat sisa menggumpal di dalam pembuluh darah
C. gas dari minuman bersoda terkumpul di dalam ginjal lalu mengeras menjadi batu ketika urine ditahan terlalu lama
D. kurang minum menurunkan ADH sehingga urine menjadi encer dan zat sisa tertinggal di dalam saluran kemih
E. jeroan dicerna menjadi glukosa berlebih sehingga glukosa mengkristal di dalam saluran kemih dan ginjal

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Pada 2027, perahu nelayan yang ditumpangi empat awak mati mesin dan terombang-ambing di laut selama lima hari. Persediaan air tawar habis pada hari kedua. Seorang awak terus meminum air laut karena sangat haus, sedangkan tiga awak lain tidak minum sama sekali. Saat ditemukan, awak yang minum air laut justru paling lemas, paling haus, dan paling kekurangan cairan. Ginjal manusia hanya dapat menghasilkan urine yang kadar garamnya lebih rendah daripada kadar garam air laut.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk keadaan awak yang minum air laut adalah ....

A. untuk membuang garam yang masuk, ginjal harus mengeluarkan air lebih banyak daripada air laut yang diminum
B. garam dari air laut merusak nefron sehingga ginjal berhenti membuat urine dan zat sisa menumpuk di darah
C. air laut sama sekali tidak dapat diserap usus sehingga air tertahan di saluran cerna dan tidak masuk ke darah
D. ADH berhenti dilepaskan karena darah terlalu pekat sehingga urine yang dikeluarkan menjadi encer dan banyak
E. garam dari air laut menarik air dari darah masuk ke dalam sel sehingga sel membengkak dan volume darah turun

3. Pak Halim (52 tahun) menderita diabetes tipe 2, tetapi sering lupa minum obat. Pada Januari 2026, kadar glukosa darahnya 260 mg/dL dan urinenya mengandung glukosa. Setelah tiga bulan rutin minum obat dan mengatur makan, kadar glukosa darahnya 150 mg/dL dan urinenya tidak lagi mengandung glukosa. Pada kedua pemeriksaan, urinenya tidak mengandung protein dan fungsi penyaringan ginjalnya dinyatakan normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk hilangnya glukosa dari urine Pak Halim adalah ....

A. glomerulus Pak Halim yang sempat rusak kini pulih sehingga glukosa tidak lagi lolos dari darah ke kapsula Bowman
B. obat diabetes menutup pori-pori glomerulus sehingga glukosa tertahan di dalam darah dan tidak ikut tersaring
C. kadar glukosa darahnya kini di bawah normal sehingga tubuh menahan semua glukosa untuk dipakai oleh sel otak
D. glukosa yang tersaring kini dapat diserap kembali seluruhnya karena jumlahnya tidak melebihi kemampuan tubulus
E. tubulus distal Pak Halim kini menambahkan lebih sedikit glukosa ke dalam urine pada tahap augmentasi

Kunci singkat: 1. A 2. A 3. D

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Pada tabel plasma–filtrat–urine, zat mana yang normalnya tertahan, diserap kembali seluruhnya, dan dipekatkan? Di bagian nefron mana masing-masing terjadi?
- Bagaimana tubuh merespons udara yang sangat dingin, dan mengapa respons itu disebut umpan balik negatif?
- **Yang harus kuingat:** tulis respons normal tubuh dulu, baru cari bagian yang gagal; ekskresi adalah kerja bersama ginjal, kulit, hati, dan paru-paru.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-3.3

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.4 · Sistem saraf

BIO-3.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis sistem koordinasi dalam tubuh manusia**, dengan batasan *mekanisme kerja sistem saraf dan sistem hormon*. Di buku ini, keduanya dibahas terpisah karena keluar empat soal asli. Sub bab ini membahas saraf; sub bab 3.5 membahas hormon.

Soal asli TKA 2025 menguji saraf lewat gambar struktur neuron (38 % benar) dan kasus seorang lansia yang tersesat dan lupa nama keluarganya karena penyakit Alzheimer (61 % benar). Keduanya menuntut hal yang sama: **menghubungkan bagian yang rusak dengan fungsi yang hilang**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghubungkan setiap bagian neuron dengan fungsinya dan membedakan jenis-jenis neuron;
- menjelaskan terbentuknya impuls dan penyeberangannya di sinapsis, serta akibat bila salah satu langkahnya dihambat;
- menelusuri jalur gerak refleks dan membedakannya dari gerak sadar;
- memprediksi gangguan yang muncul bila bagian otak tertentu rusak.

◆ KONSEP INTI

Bayangkan kamu sedang menyeberang jalan dan mendengar klakson. Dalam sepersekian detik kamu menoleh, menilai jarak motor, lalu melangkah mundur. Telinga menerima bunyi, otak mengolahnya, dan otot kaki bergerak. Kerja sama seperti ini disebut **koordinasi**. Tubuh memiliki dua sistem koordinasi. **Sistem saraf** mengirim pesan listrik yang sangat cepat melalui sel saraf, cocok untuk respons sesaat. **Sistem hormon** (sub bab 3.5) mengirim pesan kimia lewat darah yang lebih lambat tetapi tahan lama. Setiap koordinasi saraf mengikuti urutan yang sama: **rangsang → reseptor → saraf penghantar → pusat pengolah → saraf penghantar → efektor (otot atau kelenjar) → respons**.

1. Susunan saraf pusat dan saraf tepi

Sistem saraf dibagi menjadi dua bagian besar:

- **Susunan saraf pusat (SSP)**, terdiri atas **otak** dan **sumsum tulang belakang**. Keduanya mengolah informasi dan mengambil keputusan. Otak dilindungi tulang tengkorak, sumsum tulang belakang dilindungi ruas-ruas tulang belakang, dan keduanya dibungkus selaput otak serta dibasahi cairan yang meredam guncangan.
- **Susunan saraf tepi (SST)**, yaitu saraf-saraf yang menghubungkan SSP dengan seluruh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

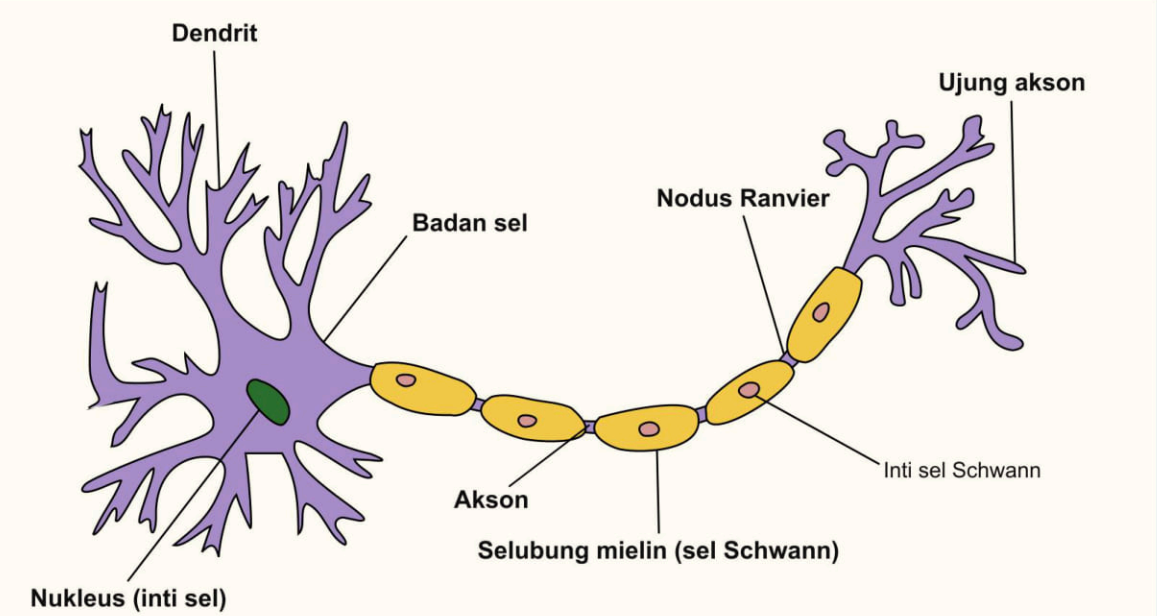
tubuh: 12 pasang **saraf kranial** yang keluar dari otak dan 31 pasang **saraf spinal** yang keluar dari sumsum tulang belakang.

Saraf tepi yang menuju otot rangka disebut **saraf somatik**; kerjanya dapat kita kendalikan dengan sadar, misalnya saat menulis. Saraf tepi yang menuju organ dalam, otot jantung, otot polos, dan kelenjar disebut **saraf otonom**; kerjanya berlangsung tanpa kita sadari. Saraf otonom terdiri atas dua bagian yang kerjanya berlawanan:

Organ	Saraf simpatik (keadaan siaga, "lawan atau lari")	Saraf parasimpatik (keadaan tenang, "istirahat dan cerna")
Jantung	denyut dipercepat	denyut diperlambat
Pupil mata	melebar	menyempit
Bronkiolus	melebar	menyempit
Saluran pencernaan	gerak dan sekresi dihambat	gerak dan sekresi dipacu
Kelenjar ludah	ludah sedikit dan kental	ludah banyak dan encer

2. Neuron: setiap bagian punya tugas

Satuan penyusun sistem saraf adalah **sel saraf** atau **neuron**. Neuron dapat sangat panjang; neuron dari sumsum tulang belakang ke ujung jari kaki panjangnya bisa lebih dari satu meter. Perhatikan Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Struktur neuron motorik. Impuls bergerak dari dendrit ke badan sel, lalu sepanjang akson menuju ujung akson. Sumber: Quasar Jarosz, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; label bahasa Indonesia ditambahkan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian	Tugas
Dendrit	serabut pendek bercabang-cabang; menerima rangsang atau impuls dari sel lain dan membawanya **menuju** badan sel
Badan sel	bagian yang paling besar, berisi **nukleus** (inti sel) dan organel lain; pusat kegiatan sel: mengatur metabolisme dan membuat protein, termasuk bahan neurotransmiter
Akson (neurit)	serabut panjang tunggal; menghantarkan impuls **menjauhi** badan sel menuju sel berikutnya, otot, atau kelenjar
Selubung mielin	lapisan lemak pembungkus akson yang dibentuk oleh **sel Schwann**; menyekat akson seperti isolator kabel sehingga impuls lebih cepat
Nodus Ranvier	celah-celah sempit di antara selubung mielin; tempat impuls "melompat"
Ujung akson	cabang-cabang di ujung akson; melepaskan neurotransmiter ke sinapsis

Selain neuron, jaringan saraf berisi **sel glia** (sel penyokong) yang memberi makan, melindungi, dan membungkus neuron; sel Schwann termasuk sel penyokong ini. Neuron dewasa umumnya tidak membelah lagi. Karena itu neuron yang mati, misalnya akibat cedera atau kekurangan O_2, sukar digantikan.

3. Jenis-jenis neuron menurut tugasnya

1. **Neuron sensorik** (neuron aferen) membawa impuls dari **reseptor** (misalnya di kulit, mata, telinga) menuju SSP. Badan selnya biasanya berkumpul di luar sumsum tulang belakang, dalam benjolan yang disebut ganglion.
2. **Neuron perantara** (neuron asosiasi atau interneuron) berada di dalam SSP. Ia menghubungkan neuron sensorik dengan neuron motorik, dan juga menghubungkan neuron-neuron di otak.
3. **Neuron motorik** (neuron eferen) membawa perintah dari SSP menuju **efektor**, yaitu otot atau kelenjar. Neuron pada Gambar 3.23 adalah contoh neuron motorik.

4. Impuls: listrik yang menjalar sepanjang akson

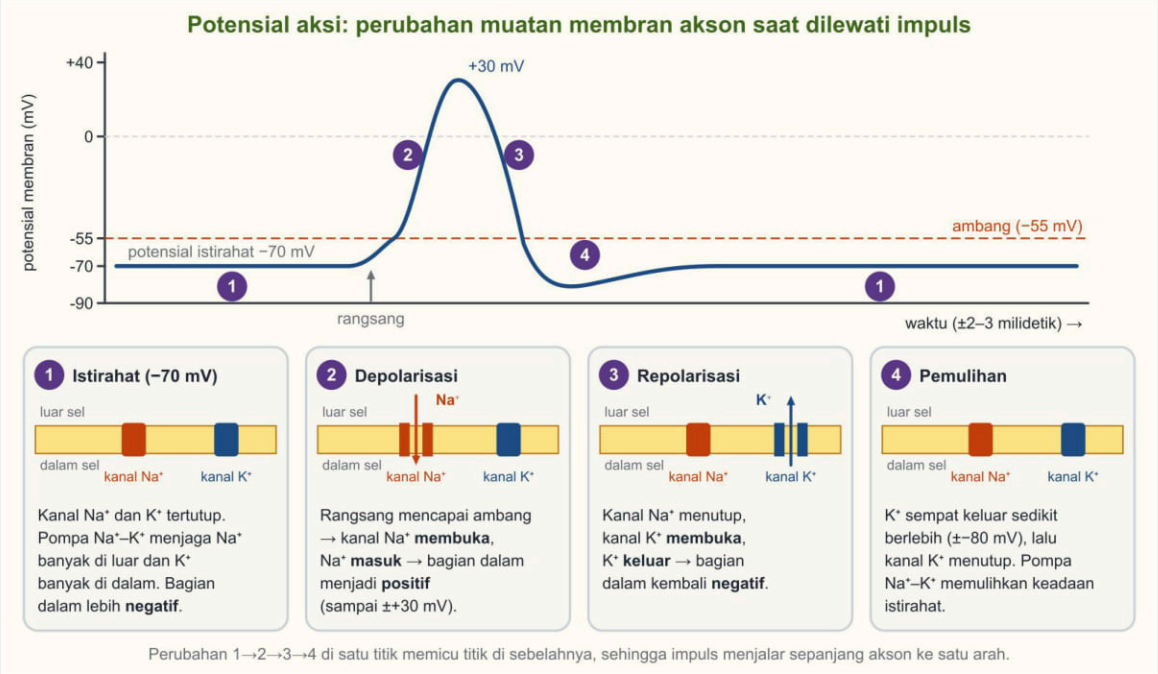
Pesan saraf disebut **impuls**. Impuls bukan arus elektron seperti di kabel, melainkan perpindahan ion menembus membran akson. Kunci pemahamannya adalah dua ion: **natrium (Na^+)** yang banyak di luar sel, dan **kalium (K^+)** yang banyak di dalam sel. Perbedaan ini dijaga terus-menerus oleh **pompa natrium–kalium** yang memakai ATP. Membran juga memiliki **kanal** (pintu) khusus untuk Na^+ dan untuk K^+ yang dapat membuka dan menutup. Ikuti tahapannya pada Gambar 3.24:

1. **Potensial istirahat.** Neuron yang tidak dirangsang memiliki muatan bagian dalam membran lebih negatif daripada bagian luar, sekitar −70 milivolt (mV). Keadaan ini disebut **polarisasi**.
2. **Depolarisasi.** Bila rangsang cukup kuat sehingga muatan mencapai **ambang** (sekitar −55 mV), **kanal Na^+ membuka**. Na^+ mengalir **masuk**, dan bagian dalam membran berbalik menjadi positif, sampai sekitar +30 mV.
3. **Repolarisasi.** Kanal Na^+ segera menutup, lalu **kanal K^+ membuka**. K^+ mengalir **keluar**,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sehingga bagian dalam kembali negatif.

4. **Pemulihan.** K^+ sempat keluar sedikit berlebih sehingga muatan turun di bawah −70 mV, lalu kanal K^+ menutup dan pompa natrium–kalium mengembalikan susunan ion seperti semula. Selama masa singkat ini titik itu belum dapat dirangsang lagi.



Gambar 3.24 Perubahan muatan membran saat impuls lewat (atas) dan keadaan kanal Na^+ dan K^+ pada tiap tahap (bawah). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Rangkaian perubahan 1 → 4 di satu titik disebut **potensial aksi**. Potensial aksi di satu titik memicu titik di sebelahnya, sehingga impuls menjalar sepanjang akson. Karena titik yang baru saja dilewati belum dapat dirangsang lagi, impuls hanya bergerak ke satu arah. Potensial aksi bersifat "semua atau tidak sama sekali": rangsang yang tidak mencapai ambang tidak menghasilkan impuls, sedangkan rangsang di atas ambang selalu menghasilkan potensial aksi yang sama tinggi. Rangsang yang lebih kuat tidak membuat impuls lebih tinggi, tetapi membuat impuls lebih sering.

Pada akson **bermielin**, potensial aksi hanya terjadi di nodus Ranvier karena bagian lain tersekat lemak. Impuls seolah-olah melompat dari nodus ke nodus (**hantaran saltatori**), sehingga jauh lebih cepat. Impuls pada akson bermielin dapat menempuh puluhan sampai lebih dari 100 meter per detik, sedangkan pada akson tanpa mielin yang tipis hanya sekitar 1 meter per detik.

5. Sinapsis: penyeberangan kimia

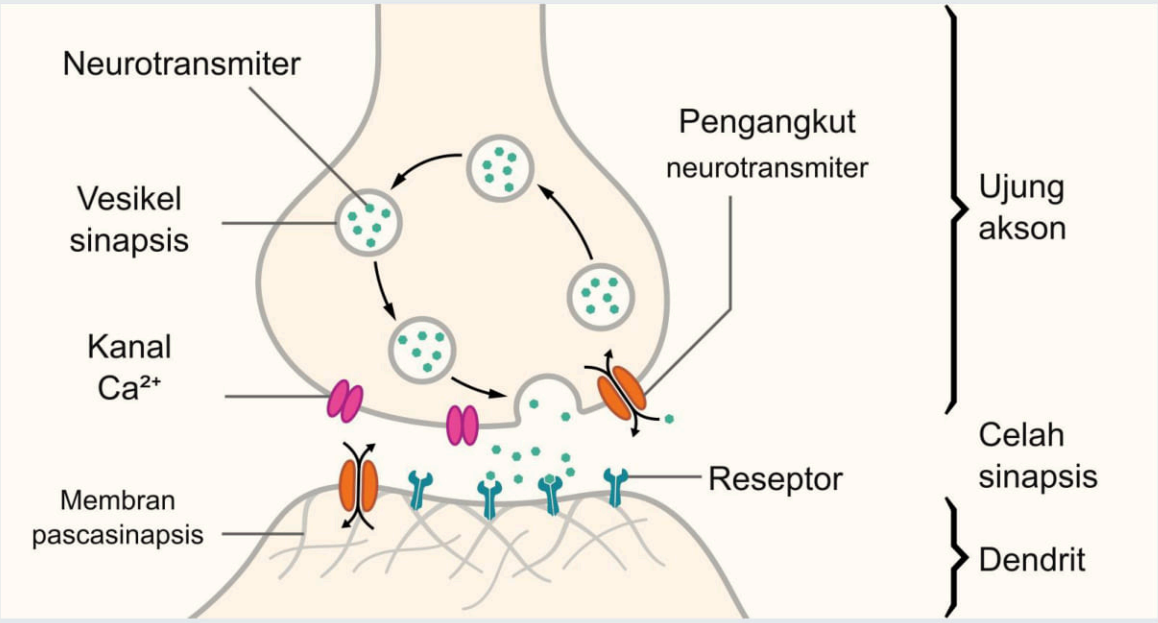
Ujung akson tidak bersentuhan langsung dengan sel berikutnya. Ada celah sangat sempit yang disebut **celah sinapsis**. Hubungan antara ujung akson dan sel berikutnya disebut **sinapsis**. Impuls listrik tidak dapat melompati celah ini, sehingga pesan diseberangkan oleh zat kimia yang disebut **neurotransmiter**. Ikuti langkahnya pada Gambar 3.25:

1. Impuls tiba di ujung akson.
2. Kanal Ca^{2+} di membran ujung akson membuka, dan ion Ca^{2+} masuk.
3. Masuknya Ca^{2+} membuat **vesikel sinapsis** (kantong kecil berisi neurotransmiter) menyatu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dengan membran dan menumpahkan isinya ke celah sinapsis.

4. Neurotransmiter berdifusi menyeberangi celah lalu menempel pada **reseptor** di membran sel berikutnya, seperti kunci yang cocok dengan gemboknya.
5. Penempelan itu membuka kanal ion di sel berikutnya, sehingga timbul impuls baru (atau, pada sel otot, kontraksi).
6. Neurotransmiter segera **diuraikan oleh enzim** atau **diangkut kembali** ke ujung akson, sehingga sinyal berhenti dan sinapsis siap menerima pesan berikutnya.



Gambar 3.25 Sinapsis kimia antara ujung akson dan dendrit sel berikutnya. Panah melingkar menunjukkan daur vesikel sinapsis; pengangkut di kanan bawah mengambil kembali neurotransmiter dari celah. Sumber: Thomas Splettstoesser (www.scistyle.com), Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Karena hanya ujung akson yang memiliki vesikel dan hanya sel berikutnya yang memiliki reseptor, pesan di sinapsis berjalan **satu arah**. Penyeberangan kimia juga sedikit memperlambat pesan; makin banyak sinapsis yang dilewati, makin lama responsnya.

Contoh neurotransmiter adalah **asetilkolin** (pada sambungan saraf dengan otot rangka; diuraikan oleh enzim asetilkolinesterase), **dopamin** (berperan dalam pengendalian gerak dan rasa senang), **serotonin** (berperan dalam suasana hati dan tidur), dan **noradrenalin** (pada saraf simpatik). Banyak racun, obat, dan zat adiktif bekerja di sinapsis. Untuk menalar akibatnya, tentukan langkah mana yang terganggu dan apakah neurotransmiter di celah menjadi **kurang** atau **berlebih**:

Langkah yang terganggu	Neurotransmiter di celah	Akibat umum pada sel sasaran
pelepasan dari vesikel dihambat	kurang	sel sasaran tidak terangsang
reseptor ditutup zat lain	ada, tetapi tidak dapat menempel	sel sasaran tidak terangsang
penguraian atau pengambilan kembali dihambat	berlebih, bertahan lama	sel sasaran terangsang terus-menerus

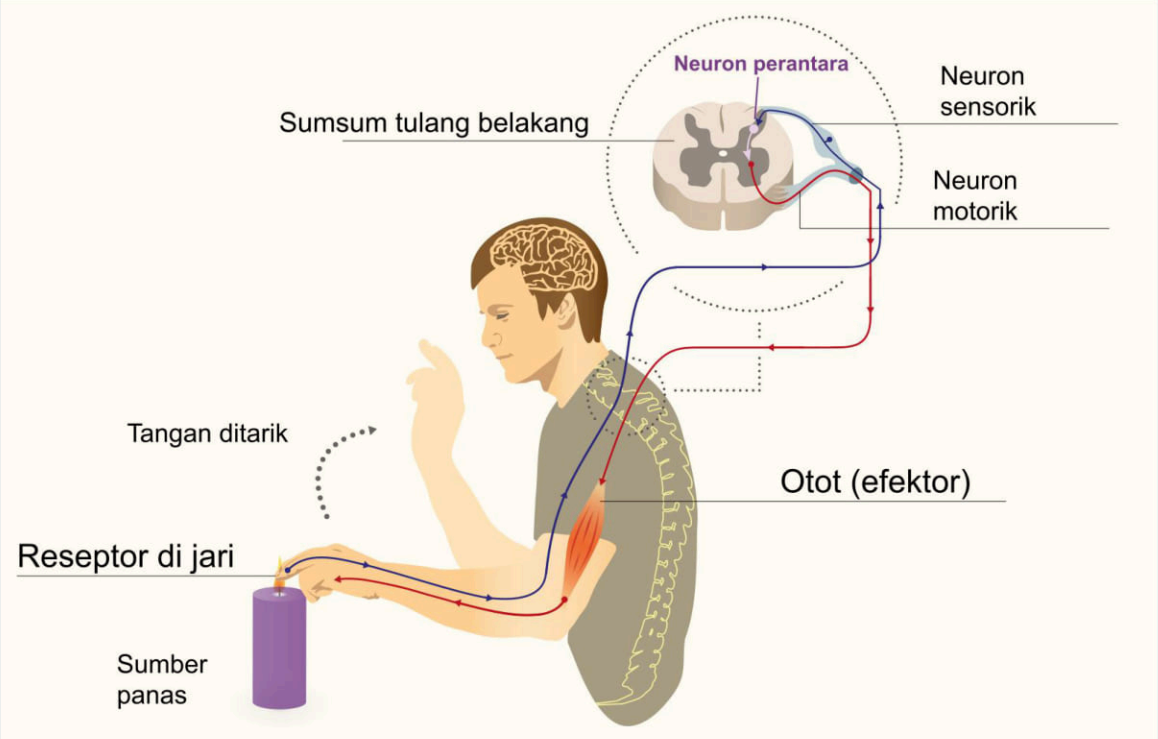
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Gerak sadar dan gerak refleks

Gerak sadar adalah gerak yang kita kehendaki, misalnya mengangkat tangan untuk bertanya. Jalurnya: reseptor → neuron sensorik → **otak** (diolah dan diputuskan) → neuron motorik → otot. Jalurnya panjang dan melewati banyak sinapsis, sehingga relatif lambat, tetapi dapat dikendalikan.

Gerak refleks adalah gerak cepat yang terjadi tanpa menunggu keputusan otak, misalnya menarik tangan dari benda panas, mengedip saat ada benda mendekati mata, atau pupil menyempit saat terkena cahaya terang. Jalur saraf pada gerak refleks disebut **lengkung refleks** (Gambar 3.26):

1. **Reseptor** di kulit menerima rangsang, misalnya panas.
2. **Neuron sensorik** membawa impuls ke sumsum tulang belakang.
3. **Neuron perantara** di sumsum tulang belakang langsung meneruskan impuls ke neuron motorik.
4. **Neuron motorik** membawa impuls ke otot.
5. **Efektor** (otot) berkontraksi, dan tangan tertarik.



Gambar 3.26 Lengkung refleks saat jari menyentuh sumber panas: neuron sensorik (biru) → neuron perantara di sumsum tulang belakang → neuron motorik (merah) → otot. Gambar tidak memperlihatkan jalur ke otak yang berjalan bersamaan. Sumber: MartaAguayo, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Pada saat yang sama, neuron di sumsum tulang belakang juga mengirim impuls **naik ke otak**. Karena jalur ke otak lebih panjang, rasa panas baru **disadari** sesaat setelah tangan tertarik. Jadi pada gerak refleks, rangsang tetap terasa, hanya saja geraknya tidak menunggu perasaan itu.

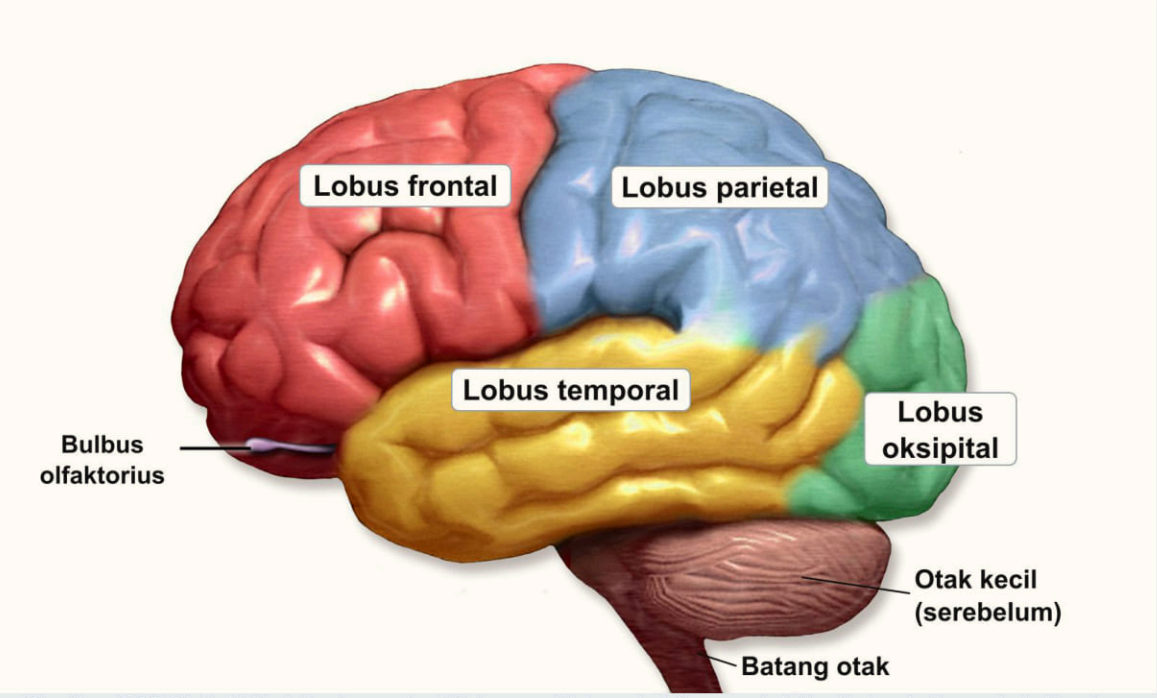
Ciri	Gerak sadar	Gerak refleks

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pusat pengolah	otak	sumsum tulang belakang (refleks tulang belakang) atau batang otak (refleks otak, misalnya mengedip)
Kecepatan	lebih lambat	sangat cepat
Dikehendaki?	ya	tidak, terjadi otomatis
Manfaat	gerak terencana	melindungi tubuh dari bahaya

7. Otak dan sumsum tulang belakang

Otak manusia dewasa beratnya sekitar 1,3–1,4 kg dan berisi miliaran neuron. Gambar 3.27 dan 3.28 memperlihatkan bagian-bagian utamanya.

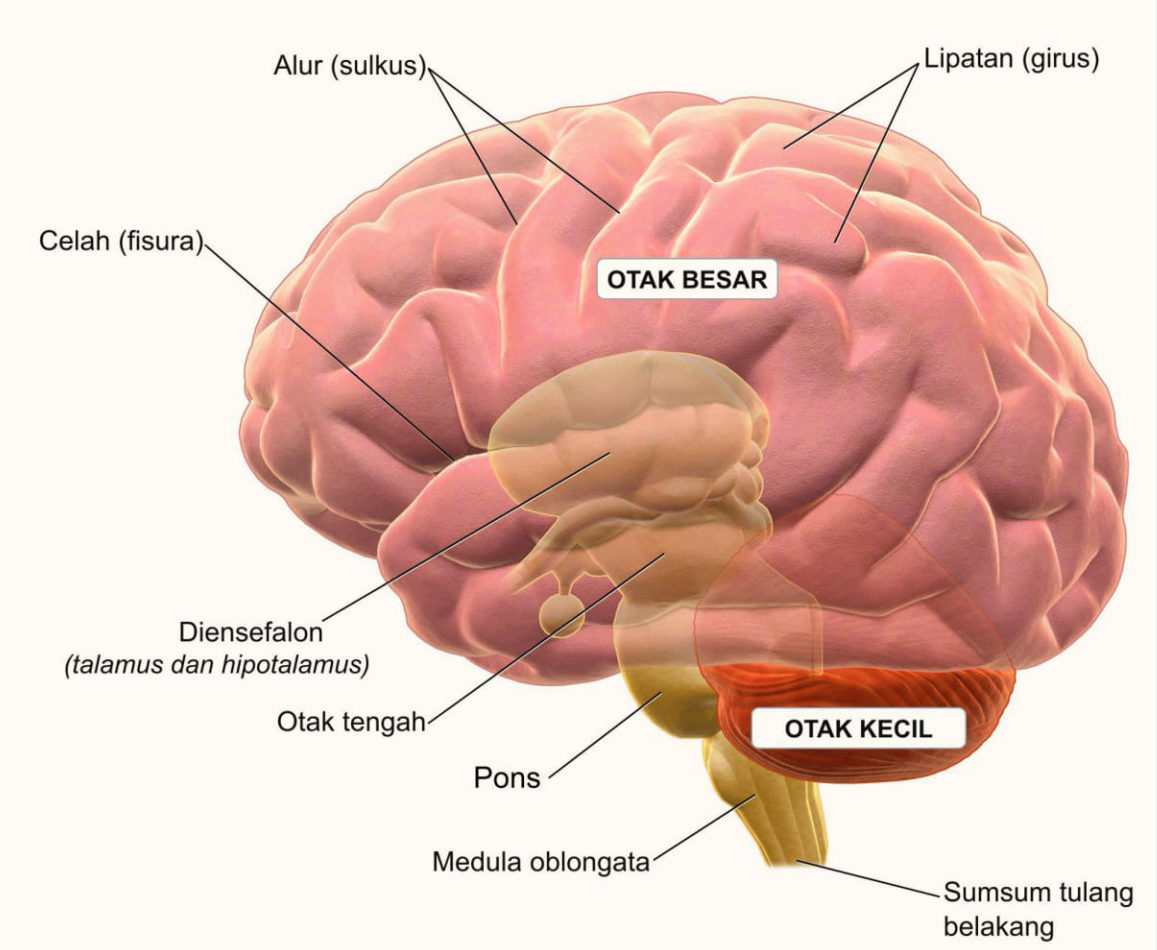


Gambar 3.27 Otak dilihat dari samping kiri: empat lobus otak besar, otak kecil, dan batang otak. Sumber: BruceBlaus (Blausen Medical), Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Otak besar (serebrum) adalah bagian terbesar. Otak besar terbagi menjadi belahan kiri dan kanan. Belahan kiri terutama mengendalikan tubuh bagian kanan, dan sebaliknya, karena jalur saraf menyilang di batang otak. Permukaannya berlipat-lipat (berlekuk-lekuk) sehingga lapisan luarnya, **korteks**, sangat luas. Korteks berwarna kelabu karena berisi badan-badan sel neuron. Setiap belahan dibagi menjadi empat lobus:

Lobus	Fungsi utama
Frontal (dahi)	berpikir, merencanakan, mengambil keputusan, mengendalikan perilaku, memerintah gerak sadar, berbicara
Parietal (ubun-ubun)	mengolah rasa sentuh, nyeri, suhu, dan posisi tubuh; memahami arah dan ruang
Temporal (pelipis)	mengolah pendengaran dan memahami bahasa; di bagian dalamnya terdapat **hipokampus**, yang penting untuk membentuk ingatan baru
Oksipital (belakang kepala)	mengolah penglihatan



Gambar 3.28 Bagian-bagian otak: otak besar, diensefalon (talamus dan hipotalamus) di bagian dalam, otak tengah, pons, medula oblongata, otak kecil, dan sumsum tulang belakang. Sumber: BruceBlaus (Blausen Medical), Wikimedia Commons, CC BY 3.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian-bagian lain (Gambar 3.28):

- **Talamus**: stasiun pemancar yang meneruskan hampir semua impuls dari indra ke korteks otak besar.
- **Hipotalamus**: bagian kecil di bawah talamus yang mengatur suhu tubuh, rasa lapar, haus, dan tidur, serta menghubungkan sistem saraf dengan sistem hormon melalui hipofisis. Jangan tertukar dengan **hipokampus**: namanya mirip, tetapi hipokampus berperan dalam ingatan.
- **Otak tengah**: mengatur refleks mata (misalnya gerak bola mata dan ukuran pupil) dan refleks pendengaran.
- **Otak kecil (serebelum)**: di bagian belakang bawah; mengatur **keseimbangan** dan **koordinasi gerak** sehingga gerakan halus dan tepat. Orang yang otak kecilnya terganggu dapat berjalan sempoyongan walaupun ototnya kuat.
- **Batang otak**, terdiri atas otak tengah, **pons**, dan **medula oblongata** (sumsum lanjutan). Medula oblongata mengatur kegiatan yang menjaga hidup: napas (sub bab 3.2), denyut jantung, tekanan darah, menelan, batuk, dan bersin. Cedera di sini sangat berbahaya.

Sumsum tulang belakang adalah lanjutan batang otak di dalam ruas tulang belakang. Pada penampang melintangnya, bagian dalam berwarna kelabu dan berbentuk seperti kupu-kupu (berisi badan sel neuron), sedangkan bagian luarnya putih (berisi akson bermielin). Sumsum tulang belakang memiliki dua tugas: menjadi **pusat gerak refleks** dan menjadi **jalur** impuls naik ke otak dan turun dari otak.

8. Gangguan sistem saraf

Pola yang sama berlaku: **bagian yang rusak menentukan fungsi yang hilang**.

- **Cedera kepala dan cedera sumsum tulang belakang**, misalnya karena kecelakaan lalu lintas. Bila sumsum tulang belakang terputus, impuls dari bagian tubuh di bawah titik putus tidak dapat naik ke otak dan perintah dari otak tidak dapat turun. Itulah pentingnya helm berstandar dan sabuk pengaman.
- **Stroke**: pembuluh darah di otak tersumbat atau pecah, sehingga bagian otak yang dialirinya kekurangan O_2 dan glukosa lalu mati. Gejalanya bergantung pada bagian yang rusak: lumpuh separuh tubuh, bicara pelo, atau gangguan penglihatan. Hipertensi adalah faktor risiko utamanya (sub bab 3.1).
- **Kerusakan selubung mielin**, misalnya pada penyakit sklerosis multipel. Impuls menjadi lambat atau terputus-putus.
- **Penyakit Alzheimer**: protein abnormal menumpuk di antara dan di dalam neuron sehingga komunikasi antarneuron terganggu dan neuron mati. Kerusakan sering dimulai di hipokampus, lalu menyebar ke korteks. Gejala awalnya sulit mengingat hal baru, lalu bingung tempat dan waktu.
- **Penyakit Parkinson**: neuron penghasil dopamin di otak tengah mati sedikit demi sedikit, sehingga gerakan menjadi lambat, kaku, dan gemetar.
- **Zat adiktif dan narkotika**: banyak di antaranya meniru atau mengganggu neurotransmiter

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

di sinapsis. Otak beradaptasi, sehingga pengguna membutuhkan dosis makin besar dan tersiksa bila berhenti (ketergantungan).

- **Kurang tidur** memperlambat waktu reaksi dan menurunkan daya ingat serta konsentrasi.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Menginjak duri di kebun

Saat berjalan tanpa alas kaki di kebun pada tahun 2026, kaki Putri menginjak duri. Kakinya terangkat seketika, dan baru sesaat kemudian ia berteriak "aduh!". Tuliskan jalur impulsnya dan jelaskan mengapa rasa sakit terasa sesudah kaki terangkat. *Tokoh fiktif.*

1. Kenali jenis geraknya: kaki terangkat tanpa diputuskan dulu, sangat cepat, jadi ini **gerak refleks**.
2. Tulis lengkung refleksnya (Gambar 3.26): reseptor nyeri di telapak kaki → neuron sensorik → neuron perantara di sumsum tulang belakang → neuron motorik → otot tungkai berkontraksi sehingga kaki terangkat.
3. Tulis jalur ke otak: dari sumsum tulang belakang, impuls juga naik ke otak, tepatnya ke lobus parietal yang mengolah rasa nyeri. Jalur ini lebih panjang dan melewati lebih banyak sinapsis.
4. Bandingkan waktunya: perintah refleks sudah sampai ke otot sebelum impuls ke otak selesai diolah. Teriakan "aduh!" adalah gerak sadar yang diperintah otak, sehingga datang paling akhir.

Kesimpulan: kaki terangkat lebih dulu karena jalur refleks pendek dan tidak menunggu otak; rasa sakit disadari sesudahnya karena jalur ke otak lebih panjang.

Contoh 2 — Bisa ular kobra

Bisa ular kobra mengandung racun saraf yang **menempel pada reseptor asetilkolin** di membran sel otot, sehingga asetilkolin tidak dapat menempel di sana. Bagaimana racun ini memengaruhi otot, dan mengapa korban gigitan berat dapat sulit bernapas?

1. Letakkan gangguannya di sinapsis (Gambar 3.25): pelepasan neurotransmiter dari vesikel tetap berjalan, tetapi langkah 4, yaitu neurotransmiter menempel pada reseptor sel sasaran, terhalang.
2. Tentukan apa yang terjadi di celah sinapsis: asetilkolin tetap dilepaskan, tetapi tidak dapat "membuka pintu" pada sel otot karena reseptornya sudah ditempati racun.
3. Tentukan akibat pada sel sasaran: impuls dari saraf tiba, tetapi pesannya tidak diterima, sehingga sel otot tidak terangsang berkontraksi. Otot menjadi lemah dan lumpuh layu, mulai dari otot kelopak mata dan otot menelan.
4. Hubungkan dengan sistem lain: diafragma dan otot antartulang rusuk juga otot rangka yang digerakkan asetilkolin (sub bab 3.2). Bila keduanya lumpuh, korban sulit bernapas.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kesimpulan: reseptor tertutup → pesan saraf tidak diterima otot → otot lemah dan lumpuh. Karena itu korban gigitan ular berbisa harus segera dibawa ke fasilitas kesehatan, dan anggota tubuh yang tergigit dibuat tidak banyak bergerak.

Contoh 3 — Selubung mielin rusak

Seorang pasien sklerosis multipel sering mengalami kesemutan, gerakannya lambat dan kurang terkendali, dan penglihatannya kadang kabur. Pemeriksaan menunjukkan selubung mielin pada banyak aksonnya rusak, sedangkan badan sel neuronnya masih utuh. Mengapa gejala-gejala ini muncul?

1. Ingat fungsi mielin (bagian 2 dan 4): mielin menyekat akson sehingga potensial aksi hanya terjadi di nodus Ranvier dan impuls melompat dari nodus ke nodus.
2. Bila mielin rusak, impuls harus menjalar titik demi titik di bagian yang tidak lagi tersekat, atau bahkan bocor dan berhenti. Akibatnya **impuls melambat atau terputus**.
3. Hubungkan dengan gejala: perintah ke otot datang terlambat dan tidak serempak sehingga gerakan lambat dan kurang terkoordinasi; impuls dari saraf penglihatan terganggu sehingga penglihatan kabur; impuls sensorik yang tersendat terasa sebagai kesemutan.
4. Periksa yang tetap utuh: badan sel masih hidup, jadi neuron masih dapat membuat neurotransmiter; masalahnya terletak pada **penghantaran** sepanjang akson.

Kesimpulan: kerusakan mielin memperlambat atau memutus hantaran impuls, sehingga muncul gangguan di banyak bagian tubuh sekaligus, sesuai saraf yang terkena.

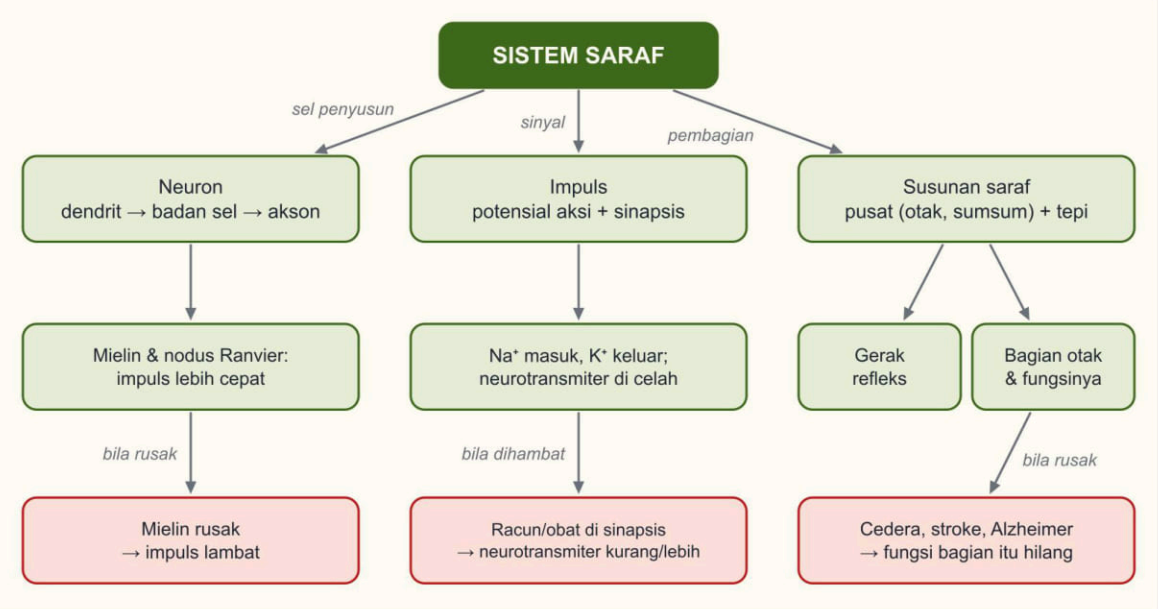
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Susunan saraf pusat = otak + sumsum tulang belakang; susunan saraf tepi = saraf kranial + spinal (somatik dan otonom).
- Neuron: dendrit menerima → badan sel (berinti) mengatur kegiatan sel → akson menghantarkan → ujung akson melepas neurotransmiter. Mielin mempercepat impuls.
- Potensial aksi: Na^+ masuk (depolarisasi), lalu K^+ keluar (repolarisasi); impuls menjalar satu arah.
- Sinapsis: neurotransmiter dilepas, menempel pada reseptor, lalu diuraikan atau diambil kembali. Gangguan membuat neurotransmiter kurang atau berlebih.
- Refleks: reseptor → neuron sensorik → neuron perantara → neuron motorik → efektor, tanpa menunggu otak; rangsang tetap disadari sesudahnya.
- Lobus frontal (berpikir, gerak sadar), parietal (rasa tubuh, ruang), temporal (pendengaran; hipokampus untuk ingatan), oksipital (penglihatan); otak kecil (keseimbangan); medula oblongata (napas, jantung); hipotalamus (suhu, lapar, haus, hormon).

Bagan pada Gambar 3.29 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 3.29 Peta konsep sistem saraf. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sistem saraf:

1. **Tentukan letak gangguannya**: bagian neuron, langkah di sinapsis, titik di jalur refleks, atau bagian otak. Bila soal memakai gambar, tentukan dulu **nama** bagian yang ditunjuk dari bentuk dan letaknya.
2. **Tulis fungsi normal bagian itu** (tabel di bagian 2 dan 7).
3. **Turunkan akibatnya**: fungsi apa yang hilang, dan fungsi apa yang **tetap utuh** karena memakai jalur lain. Untuk sinapsis, tentukan apakah neurotransmiter menjadi kurang atau berlebih.
4. **Cocokkan dengan gejala** di soal.
5. **Untuk jalur refleks**, gambar dulu lengkungnya beserta cabang yang naik ke otak, lalu tandai titik yang rusak. Titik pada jalur bersama memengaruhi refleks dan rasa sekaligus; titik pada cabang ke otak hanya memengaruhi rasa.
6. **Untuk grafik potensial membran**, beri nama tiap fase (istirahat, depolarisasi, repolarisasi, pemulihan) dan tulis ion serta arah geraknya sebelum membaca pilihan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Bagian neuron tertukar**, misalnya badan sel dikatakan "membentuk selubung pelindung akson" atau dendrit dikatakan "menghantarkan impuls ke otot". Pilihan pengecoh sering berupa fungsi yang benar-benar dimiliki neuron, tetapi milik bagian lain.
- **Hipokampus dan hipotalamus tertukar**, karena namanya mirip.
- **Arah ion dibalik.** Pada depolarisasi Na^+ masuk; pada repolarisasi K^+ keluar.
- **Refleks dikira memerlukan otak**, atau dikira membuat rangsang tidak terasa sama sekali.
- **Langkah sinapsis yang terganggu tertukar.** Menghambat pelepasan dan menghambat penguraian memberi akibat yang berlawanan pada jumlah neurotransmiter di celah.

> Contoh salah tafsir: seseorang yang otak kecilnya terganggu berjalan sempoyongan, tetapi masih dapat merasakan sentuhan dan berbicara dengan jelas. Seorang siswa menyimpulkan, "otot kakinya lumpuh". Kesimpulan itu keliru. Ototnya masih dapat bergerak; yang terganggu adalah **koordinasi dan keseimbangan**, tugas otak kecil.

● BEDAH SOAL ASLI

Dua soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Keduanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 22 (bagian neuron dari gambar, PG, 38 % benar). Gambar menunjuk bagian berbentuk bulat di tengah badan sel neuron. Kamu diminta memilih perannya.

- Konsep kunci: tabel bagian neuron (bagian 2, Gambar 3.23).
- Langkah: tentukan dulu **nama** bagian itu dari bentuk dan letaknya → baru pilih fungsinya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Pengecoh yang dipasang: fungsi milik bagian lain yang benar-benar ada di neuron, yaitu selubung mielin, akson, reseptor, dan sinapsis. Semuanya benar sebagai fungsi neuron, tetapi bukan fungsi bagian yang ditunjuk.

Rujukan: soal nomor 22 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 14 (lansia dengan gejala Alzheimer, Benar/Salah, 61 % benar). Pak Gito tersesat, lupa nama keluarganya, dan mengulang pertanyaan yang sama. Kamu diminta menilai tiga pernyataan tentang hubungan gejala dengan gangguan fisiologisnya.

- Konsep kunci: bagian otak dan fungsinya (bagian 7, Gambar 3.27 dan 3.28) serta sinapsis (bagian 5).
- Langkah: kelompokkan gejala (arah dan tempat, nama orang, ingatan baru) → cocokkan setiap pernyataan dengan bagian otak yang benar-benar mengatur fungsi itu.
- Pengecoh yang dipasang: pernyataan yang menukar hipokampus dengan hipotalamus. Namanya mirip, tetapi fungsinya jauh berbeda.

Rujukan: soal nomor 14 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

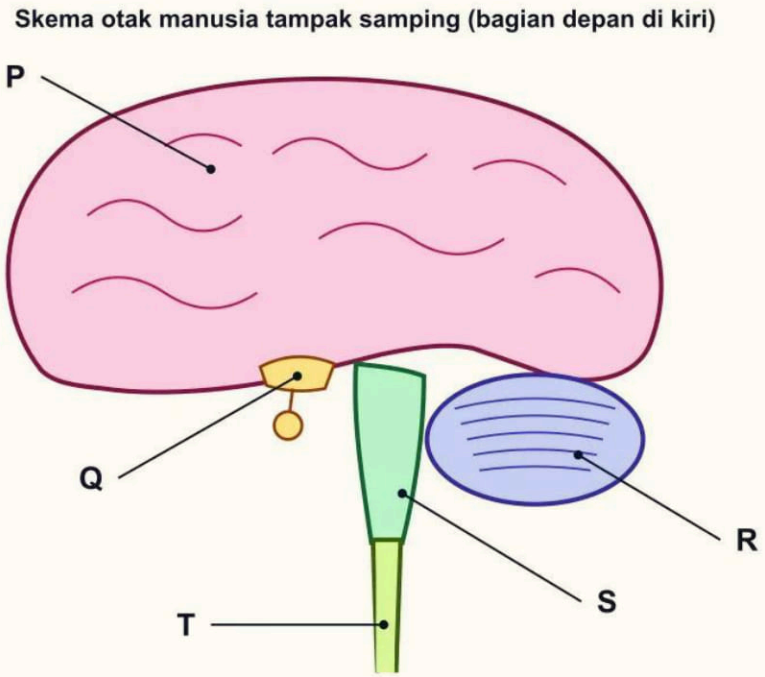
BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan skema otak dan gejala seorang pasien stroke. Perhatikan cara fungsi yang terganggu dan fungsi yang tetap normal dipakai bersama untuk menyempitkan letak kerusakan (bagian 7, Gambar 3.27 dan 3.28).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Gambar menunjukkan skema otak manusia. Pada 2027, Pak Yanto (58 tahun) mengalami stroke kecil akibat sumbatan pembuluh darah pada satu bagian otaknya. Ia tetap sadar, dapat mengenali keluarganya, berbicara jelas, dan penglihatannya normal. Namun, napasnya tidak teratur sehingga perlu dibantu alat, denyut jantung dan tekanan darahnya naik-turun tidak menentu, dan ia sulit menelan. Suhu tubuh, rasa haus, dan keseimbangannya saat duduk tetap normal, dan refleks lutut kedua tungkainya juga normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Bagian otak yang paling mungkin terganggu dan alasannya adalah ....



A. P, karena bagian itu memerintah gerak sadar sehingga otot napas dan otot menelan kehilangan perintah
B. Q, karena bagian itu menjaga keadaan tubuh tetap stabil sehingga napas dan denyut jantung kacau
C. S, karena bagian itu memuat pusat napas, denyut jantung, dan menelan yang bekerja tanpa disadari
D. R, karena bagian itu mengoordinasi gerak otot sehingga gerak otot dada dan otot menelan menjadi kacau
E. T, karena bagian itu menjadi pusat gerak refleks sehingga refleks napas dan refleks menelan terhenti

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: setiap bagian otak memiliki tugas utama. **Otak besar** (P) mengatur kesadaran, berpikir, bahasa, penglihatan, dan gerak sadar. **Hipotalamus** (Q) mengatur suhu tubuh, lapar, dan haus. **Otak kecil** (R) mengatur keseimbangan dan koordinasi gerak. **Batang otak** (S), terutama **medula oblongata**, mengatur kegiatan penopang hidup yang berjalan tanpa disadari: napas, denyut jantung, tekanan darah, dan menelan. **Sumsum tulang belakang** (T) adalah jalur impuls dan pusat refleks seperti refleks lutut.

Langkah 1 – Kenali bagian gambar. P = otak besar, Q = hipotalamus (dengan hipofisis di bawahnya), R = otak kecil, S = batang otak, T = sumsum tulang belakang.
Langkah 2 – Pisahkan fungsi yang terganggu dan yang normal. Terganggu: napas, denyut jantung, tekanan darah, menelan. Normal: kesadaran, bicara, penglihatan (otak besar); suhu dan haus (hipotalamus); keseimbangan (otak kecil); refleks lutut (sumsum tulang belakang).
Langkah 3 – Cocokkan. Semua fungsi yang terganggu diatur medula oblongata di batang otak → S.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan gerak sadar: napas dan denyut jantung berjalan tanpa disadari; lagi pula fungsi otak besar Pak Yanto (sadar, bicara, melihat) normal.
• B ✗ — Jebakan konsep homeostasis yang terlalu umum: hipotalamus mengatur suhu dan haus, dan keduanya normal.
• C ✓ — Sesuai fungsi medula oblongata dan pola gejala.
• D ✗ — Jebakan tertukar dengan otak kecil: keseimbangan Pak Yanto normal, dan otak kecil tidak menjadi pusat napas.
• E ✗ — Refleks lutut normal; pusat napas dan menelan tidak berada di sumsum tulang belakang.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tunjukkan letak gangguan pada urutan: rangsang → impuls di akson → sinapsis → sel sasaran.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Bu Rahmi (58 tahun) menderita diabetes sejak 15 tahun lalu dan kadar gula darahnya sering tinggi. Pada 2026 ia baru sadar telapak kakinya melepuh setelah seharian memakai sandal baru yang sempit; ia sama sekali tidak merasakan perihnya. Dokter mendapati telapak kakinya tidak merasakan tusukan jarum halus, padahal ujung jari tangannya masih peka. Bu Rahmi tetap dapat menggerakkan jari kaki dan berjalan normal. Menurut dokter, gula darah yang tinggi bertahun-tahun merusak sebagian saraf tepi di tungkainya.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Neuron yang paling terganggu adalah neuron sensorik, sehingga impuls dari reseptor di kulit kaki tidak sampai ke otak.	○	○
Kemampuan menggerakkan jari kaki menunjukkan bahwa neuron motorik yang menuju otot kaki masih menghantarkan impuls.	○	○
Luka tidak terasa karena otak besar Bu Rahmi tidak lagi mampu mengolah rasa nyeri dari bagian tubuh mana pun.	○	○

2. Pada 2026, polisi menghentikan mobil Pak Gunawan yang berjalan zig-zag setelah ia minum minuman beralkohol di sebuah pesta. Saat diminta berjalan lurus di atas garis, ia sempoyongan. Bicaranya lambat, dan ia baru menjawab pertanyaan setelah beberapa saat. Pada uji menangkap penggaris yang dijatuhkan, waktu reaksinya jauh lebih lambat daripada hasil ujinya bulan lalu. Pemeriksaan tidak menemukan cedera, dan otot serta matanya sehat.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait keadaan Pak Gunawan adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Alkohol mempercepat penghantaran impuls di sinapsis sehingga perintah ke otot terlalu cepat dan gerak kacau.

☐ B. Jalan yang sempoyongan sesuai dengan terganggunya kerja otak kecil yang mengatur keseimbangan dan koordinasi.

☐ C. Waktu reaksi yang lambat terjadi karena otot tangannya lemah sehingga tidak mampu berkontraksi dengan cepat.

☐ D. Alkohol menekan kerja sistem saraf pusat sehingga pengolahan rangsang dan pengambilan keputusan melambat.

☐ E. Waktu reaksi yang lambat membuat jarak yang ditempuh mobil sebelum mulai direm saat ada bahaya makin panjang.

3. Pada 2026, Bu Fitri menjalani operasi caesar dengan bius spinal. Obat bius disuntikkan ke cairan yang membasahi sumsum tulang belakang dan pangkal saraf-saraf spinal di daerah pinggang. Selama operasi Bu Fitri tetap sadar dan dapat berbicara dengan dokter,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

napasnya normal, dan ia dapat menggerakkan tangannya untuk menyentuh bayinya. Namun, dari perut ke bawah ia tidak merasakan sayatan dan tidak dapat menggerakkan kedua kakinya. Tiga jam kemudian, rasa dan gerak kakinya pulih kembali.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat tentang kerja obat bius tersebut adalah ....

A. obat bius mencapai otak besar sehingga pusat gerak dan pusat rasa untuk kaki berhenti bekerja sementara
B. obat bius hanya menghambat neuron sensorik sehingga sakit hilang, sedangkan kaki diam karena ibu takut
C. obat bius merusak sumsum tulang belakang bagian bawah secara permanen sehingga impuls kaki terputus
D. impuls pada saraf di sumsum tulang belakang bagian bawah dihambat, baik impuls sensorik maupun motorik
E. obat bius menghambat batang otak sehingga refleks dan gerak tubuh bagian bawah tidak dapat dikendalikan

4. Pada acara syukuran keluarga tahun 2026, Fajar duduk bersila di lantai selama dua jam. Ketika berdiri, kaki kanannya terasa kesemutan, mati rasa, dan sulit digerakkan. Ia hampir jatuh karena tidak merasakan telapak kakinya menapak lantai. Setelah kakinya diluruskan dan digerak-gerakkan, keluhan itu hilang dalam sekitar sepuluh menit dan kakinya kembali normal. Pamannya berkata bahwa saraf kaki Fajar "putus sebentar lalu tersambung lagi".
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk keluhan Fajar adalah ....

A. neuron di kaki Fajar benar-benar putus lalu tersambung kembali dengan cepat setelah kakinya diluruskan
B. otak kecil Fajar lelah setelah lama duduk sehingga rasa dan koordinasi di kaki hilang sampai otak itu pulih
C. otot kaki kehabisan ATP karena fermentasi sehingga otot itu tidak dapat mengirim impuls rasa ke otak
D. darah di tungkai membeku karena alirannya terhenti sehingga sel saraf di kaki rusak dan tidak dapat pulih
E. saraf dan pembuluh darah tungkai tertekan sehingga penghantaran impuls terganggu sementara lalu pulih

Kunci singkat: 1. 1B 2B 3S 2. B, D, E 3. D 4. E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Gambar sebuah neuron dan beri label enam bagian beserta tugasnya. Apa beda neuron sensorik, perantara, dan motorik?
- Mengapa gerak refleks lebih cepat daripada gerak sadar, padahal rangsangnya tetap disadari?
- **Yang harus kuingat:** tentukan letak kerusakan, tulis fungsi normalnya, lalu tentukan fungsi yang hilang dan yang tetap utuh.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-3.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.5 · Sistem hormon

BIO-3.5

◎ APA YANG DIUJI

Sub bab ini melanjutkan kompetensi sistem koordinasi dari sub bab 3.4, kini pada **mekanisme kerja hormon**. Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat dua kasus sehari-hari: seorang murid yang jantungnya berdegup, berkeringat dingin, dan ingin buang air kecil setiap menjelang ulangan (27 % benar, salah satu yang terendah), serta seorang murid yang sulit tidur karena bermain ponsel sampai larut malam (41 % benar).

Kesulitan utamanya bukan menghafal nama hormon. Kesulitannya adalah **meramalkan efek hormon pada setiap organ sasaran**, termasuk arah efeknya (naik atau turun, menyempit atau melebar).

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menelusuri hormon dari kelenjar penghasil ke organ sasaran dan efeknya;
- menjelaskan peran hipotalamus dan hipofisis sebagai pusat pengendali hormon;
- menjelaskan umpan balik negatif dan positif, lalu memakainya untuk membaca hasil pemeriksaan hormon;
- menjelaskan kerja insulin dan glukagon dalam menjaga kadar gula darah;
- membedakan respons saraf dari respons hormon, termasuk pada keadaan stres dan ritme tidur.

◆ KONSEP INTI

Tubuhmu terdiri atas puluhan triliun sel, dan sel-sel itu harus bekerja serempak. Saat kamu belum makan sejak pagi, hati harus melepas cadangan gula. Saat kamu tumbuh, tulang harus memanjang dengan kecepatan yang tepat. Saat malam tiba, tubuh harus bersiap tidur. Semua itu diatur oleh dua sistem koordinasi: **sistem saraf**, yang sudah kamu pelajari di sub bab 3.4, dan **sistem hormon** atau **sistem endokrin**. Sistem hormon bekerja dengan mengirim pesan kimia lewat darah. Karena itu ia erat kaitannya dengan sistem sirkulasi (pengangkut hormon), sistem ekskresi (ginjal yang diatur hormon), sistem reproduksi (diatur hormon kelamin), dan sistem imun (ditekan oleh hormon stres).

1. Hormon, kelenjar endokrin, dan sel sasaran

Hormon adalah zat kimia yang dibuat sekelompok sel atau kelenjar, dilepaskan ke dalam darah, lalu bekerja pada sel di tempat lain. Kelenjar yang melepaskan hormon langsung ke darah disebut **kelenjar endokrin** atau **kelenjar buntu**, karena tidak mempunyai saluran. Ini berbeda dengan **kelenjar eksokrin**, misalnya kelenjar keringat dan kelenjar ludah, yang mengalirkan hasilnya lewat saluran ke permukaan tubuh atau ke rongga pencernaan. Pankreas adalah contoh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kelenjar ganda: bagian eksokrinnya mengalirkan enzim pencernaan ke usus, sedangkan bagian endokrinnya, yaitu **pulau Langerhans**, melepaskan insulin dan glukagon ke darah.

Hormon beredar ke seluruh tubuh, tetapi tidak semua sel menanggapinya. Hanya sel yang mempunyai **reseptor** yang cocok, yaitu protein penerima yang bentuknya pas dengan hormon itu, yang akan menanggapi. Sel seperti itu disebut **sel sasaran** atau **organ sasaran**. Bayangkan siaran radio: siarannya tersebar ke seluruh kota, tetapi hanya radio yang disetel ke gelombang yang tepat yang dapat mendengarnya.

Dua akibat penting mengikuti aturan ini:

1. **Satu hormon dapat memengaruhi banyak organ**, karena reseptornya ada di banyak organ. Adrenalin, misalnya, bekerja pada jantung, paru-paru, pembuluh darah, dan hati sekaligus.
2. **Efeknya bisa berbeda di tiap organ**, karena jenis reseptor dan isi selnya berbeda. Adrenalin melebarkan pembuluh darah di otot rangka, tetapi menyempitkan pembuluh darah di kulit.

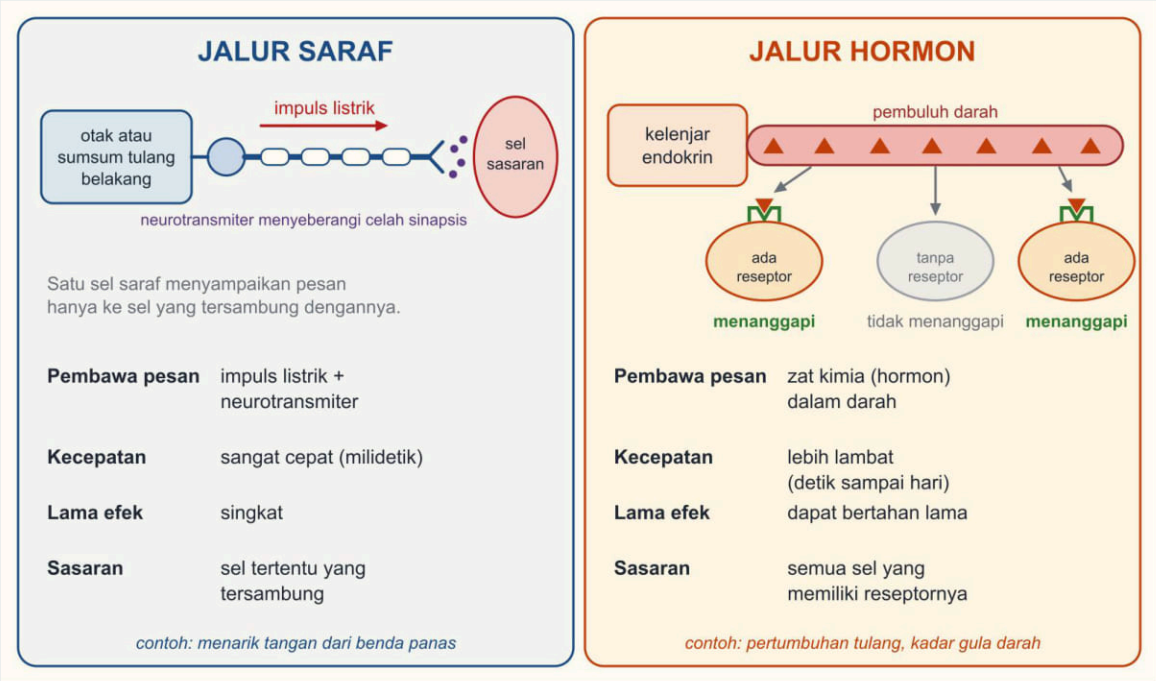
Hormon dibutuhkan dalam jumlah sangat sedikit. Kekurangan atau kelebihan sedikit saja sudah dapat menimbulkan gangguan yang terlihat jelas, seperti yang akan kamu lihat di bagian 9.

Pengayaan: berdasarkan bahan penyusunnya, hormon dibedakan menjadi hormon **protein atau peptida** (misalnya insulin dan hormon pertumbuhan) yang larut dalam air dan menempel pada reseptor di membran sel, serta hormon **steroid** (misalnya kortisol, estrogen, dan testosteron) yang dibuat dari kolesterol, larut dalam lemak, dapat menembus membran, dan menempel pada reseptor di dalam sel.

2. Saraf dan hormon: dua jalur koordinasi

Saraf dan hormon sama-sama membawa pesan, tetapi caranya berbeda (lihat Gambar 3.30). Saraf seperti telepon kabel: pesan dikirim lewat jalur khusus, sangat cepat, hanya ke satu penerima. Hormon seperti siaran radio: pesan disebar lewat darah, lebih lambat sampai, tetapi dapat diterima banyak organ dan efeknya bertahan lama.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.30 Perbandingan jalur saraf dan jalur hormon. Pada jalur hormon, hanya sel yang memiliki reseptor yang cocok yang menanggapi pesan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

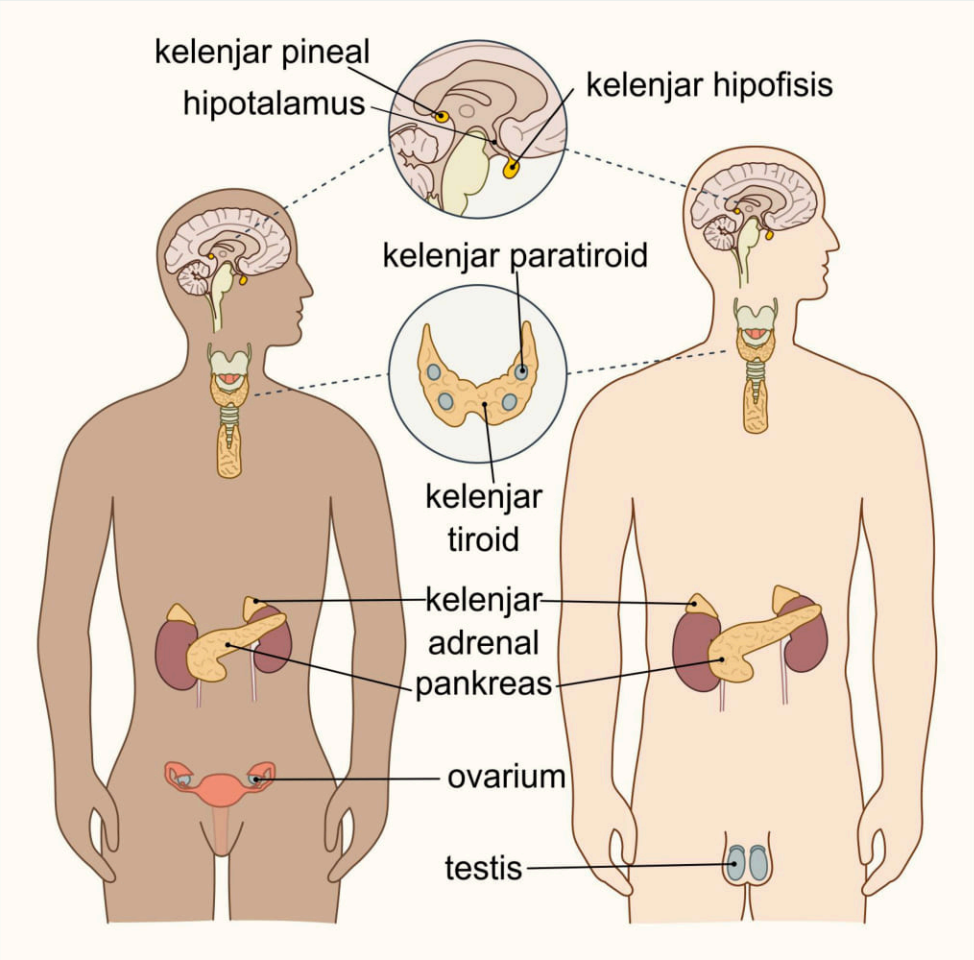
Ciri	Sistem saraf	Sistem hormon
Pembawa pesan	impuls listrik di sepanjang neuron, lalu neurotransmiter di sinapsis	zat kimia (hormon) di dalam darah
Jalur	serabut saraf	pembuluh darah ke seluruh tubuh
Kecepatan	sangat cepat (milidetik)	lebih lambat (detik, menit, sampai hari)
Lama efek	singkat, berhenti begitu impuls berhenti	bertahan lama, sampai hormon diuraikan
Sasaran	sel tertentu yang tersambung dengan neuron	semua sel yang memiliki reseptornya
Contoh tugas	gerak refleks, berbicara, menangkap bola	pertumbuhan, kadar gula darah, siklus haid

Kedua sistem sering bekerja bersama. Saat kamu terkejut, saraf simpatis bekerja dalam sekejap, lalu kelenjar adrenal ikut melepaskan adrenalin yang membuat efeknya bertahan beberapa menit. Pusat penghubung kedua sistem itu adalah **hipotalamus**, bagian otak yang sekaligus menghasilkan hormon (bagian 4).

3. Kelenjar endokrin utama dan hormonnya

Gambar 3.31 memperlihatkan letak kelenjar endokrin utama pada tubuh perempuan (kiri) dan laki-laki (kanan). Hipotalamus terletak di dasar otak, tepat di atas hipofisis yang tergantung pada tangkai kecil. Kelenjar pineal berada di tengah otak. Kelenjar tiroid berbentuk seperti kupu-kupu di leher depan, dan empat butir kelenjar paratiroid menempel di permukaan belakangnya. Kelenjar adrenal duduk di atas kedua ginjal seperti topi, sehingga disebut juga **anak ginjal**. Pankreas terletak di belakang lambung. Ovarium dan testis adalah kelenjar kelamin.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.31 Letak kelenjar endokrin utama pada perempuan (kiri) dan laki-laki (kanan). Lingkaran atas memperbesar bagian tengah otak; lingkaran tengah memperlihatkan kelenjar tiroid dari belakang dengan empat kelenjar paratiroid. Sumber: OpenStax, Tomáš Kebert & umimeto.org, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia dan label hipotalamus ditambahkan.

Kelenjar	Hormon	Sasaran dan efek utama
Hipotalamus	hormon pelepas dan penghambat; membuat ADH dan oksitosin	mengendalikan hipofisis
Hipofisis anterior	hormon pertumbuhan (GH), TSH, ACTH, FSH, LH, prolaktin	pertumbuhan dan kelenjar lain (lihat bagian 4)
Hipofisis posterior	ADH (hormon antidiuretik), oksitosin	ginjal menyerap kembali air; kontraksi rahim, pengaliran ASI
Pineal	melatonin	mengatur rasa kantuk dan ritme harian
Tiroid	tiroksin (T4) dan T3	menaikkan laju metabolisme dan panas tubuh; perlu untuk pertumbuhan dan perkembangan otak
	kalsitonin	menurunkan kadar kalsium darah
Paratiroid	parathormon	menaikkan kadar kalsium darah
Timus	timosin	pematangan limfosit T (penting pada anak-anak)

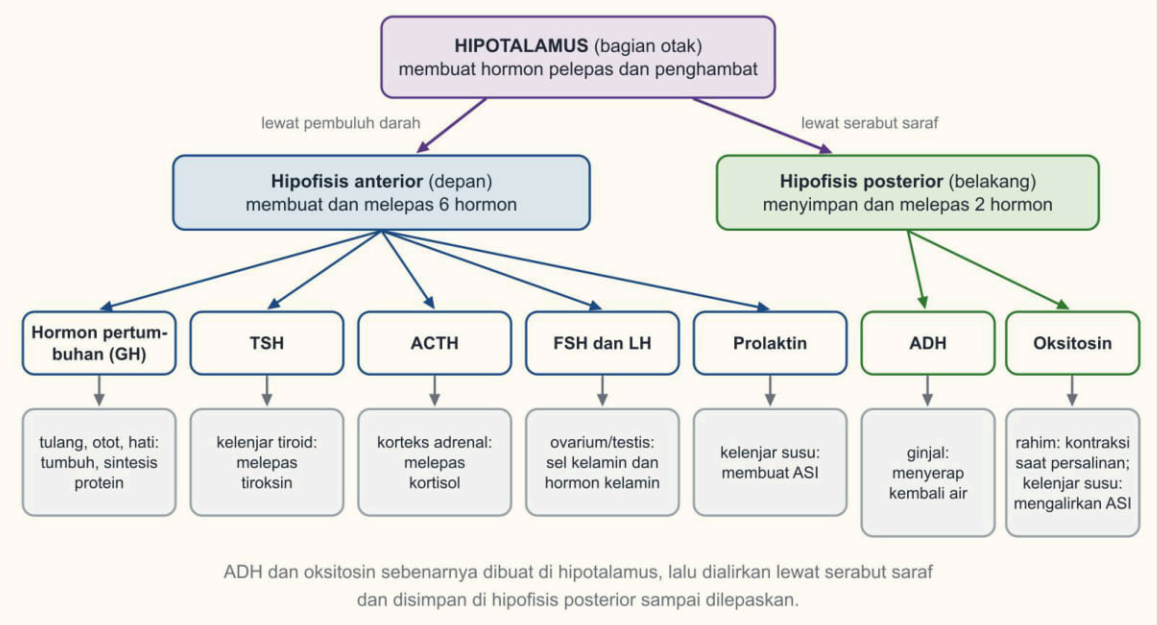
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Adrenal bagian luar (korteks)	kortisol, aldosteron	kortisol: menaikkan gula darah, menekan peradangan; aldosteron: ginjal menahan garam natrium dan air
Adrenal bagian dalam (medula)	adrenalin (epinefrin), noradrenalin	menyiapkan tubuh "melawan atau lari"
Pankreas (pulau Langerhans)	insulin (sel beta), glukagon (sel alfa)	menurunkan dan menaikkan kadar gula darah
Ovarium	estrogen, progesteron	ciri kelamin perempuan, siklus menstruasi, kehamilan
Testis	testosteron	ciri kelamin laki-laki, pembentukan sperma

Perhatikan dua pasangan hormon yang kerjanya berlawanan: kalsitonin dan parathormon untuk kalsium darah, serta insulin dan glukagon untuk gula darah. Hormon yang kerjanya berlawanan disebut **antagonis**. Dengan dua "rem dan gas" seperti ini, kadar suatu zat dapat dijaga tetap di kisaran normal. Keadaan tubuh yang stabil seperti itu disebut **homeostasis**.

4. Hipotalamus dan hipofisis: pusat pengendali

Hipofisis sering dijuluki "kelenjar induk" karena hormonnya mengatur banyak kelenjar lain. Akan tetapi, hipofisis sendiri bekerja atas perintah **hipotalamus**. Hipotalamus menerima informasi dari seluruh tubuh lewat saraf dan darah, misalnya suhu tubuh, kepekatan darah, rasa lapar, dan keadaan emosi, lalu menerjemahkannya menjadi perintah hormon. Inilah titik temu sistem saraf dan sistem hormon.



Gambar 3.32 Hipotalamus mengendalikan hipofisis anterior lewat pembuluh darah dan hipofisis posterior lewat serabut saraf. Kotak bawah menunjukkan sasaran tiap hormon hipofisis. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Hipofisis terdiri atas dua bagian yang cara kerjanya berbeda (Gambar 3.32):

1. **Hipofisis anterior (depan).** Hipotalamus melepaskan **hormon pelepas** (misalnya TRH, *thyrotropin-releasing hormone*) atau **hormon penghambat** ke pembuluh darah kecil yang langsung menuju hipofisis anterior. Hipofisis anterior lalu membuat dan melepaskan enam hormon:

- **hormon pertumbuhan (GH, *growth hormone*)**: merangsang pertumbuhan tulang dan otot serta pembentukan protein;
- **TSH (hormon perangsang tiroid)**: merangsang kelenjar tiroid melepas tiroksin;
- **ACTH (hormon adrenokortikotropik)**: merangsang korteks adrenal melepas kortisol;
- **FSH (hormon perangsang folikel)** dan **LH (hormon lutein)**: mengatur ovarium dan testis (dibahas di sub bab 3.7);
- **prolaktin**: merangsang kelenjar susu membuat ASI.

2. **Hipofisis posterior (belakang).** Bagian ini tidak membuat hormon sendiri. **ADH** dan **oksitosin** dibuat oleh sel saraf di hipotalamus, dialirkan lewat serabut saraf, lalu disimpan di hipofisis posterior sampai diperintahkan keluar.

Karena itu sebuah gangguan hormon dapat bersumber dari tiga tingkat: hipotalamus, hipofisis, atau kelenjar sasarannya. Membedakan ketiganya adalah keterampilan penting yang akan kamu latih di bagian 5.

5. Umpan balik: cara tubuh menjaga kadar hormon

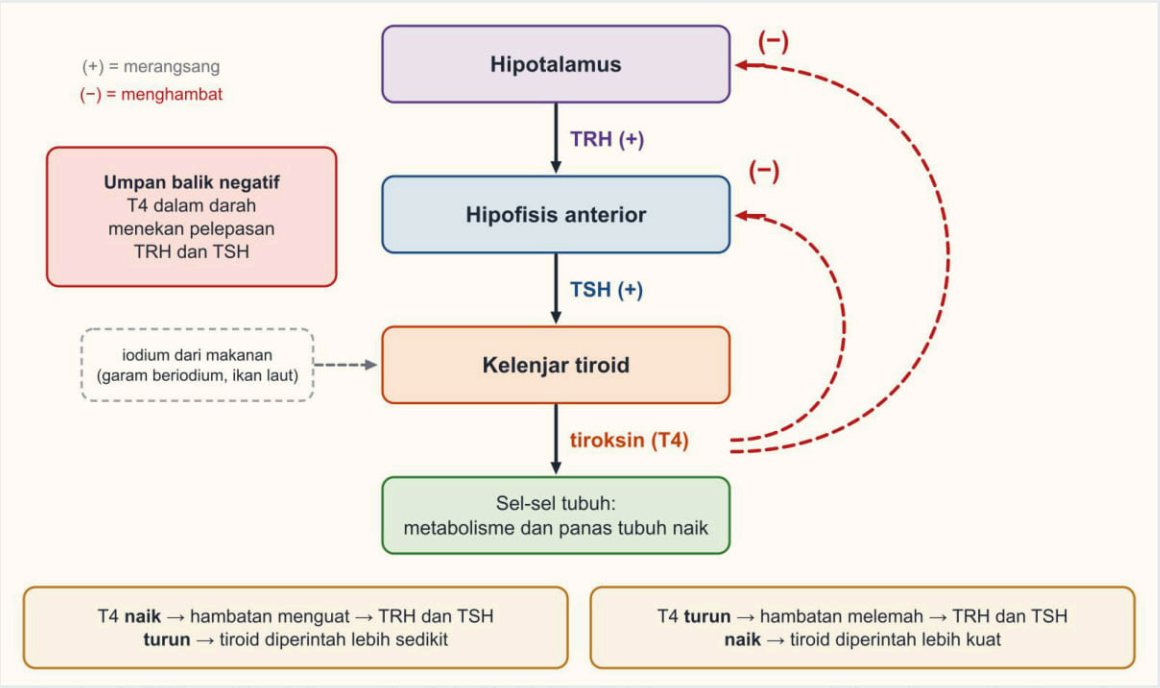
Bagaimana tubuh tahu kapan harus berhenti melepas hormon? Jawabannya adalah **umpan balik**: hasil kerja suatu hormon memberi "laporan" kembali kepada kelenjar yang melepaskannya.

Umpan balik negatif adalah cara yang paling sering dipakai. Hasil kerja hormon justru **menghambat** pelepasan hormon itu sendiri, sehingga kadarnya kembali ke titik tengah. Cara kerjanya mirip termostat penyejuk ruangan: bila ruangan sudah cukup dingin, mesin berhenti; bila mulai panas, mesin menyala lagi.

Contoh paling jelas adalah **poros hipotalamus–hipofisis–tiroid** (Gambar 3.33):

1. Hipotalamus melepas **TRH**.
2. TRH merangsang hipofisis anterior melepas **TSH**.
3. TSH merangsang kelenjar tiroid membuat dan melepas **tiroksin (T4)**. Untuk membuat tiroksin, tiroid memerlukan **iodium** dari makanan, misalnya garam beriodium dan ikan laut.
4. Tiroksin menaikkan laju metabolisme sel-sel tubuh, sehingga tubuh lebih banyak menghasilkan energi dan panas.
5. Tiroksin di dalam darah juga **menghambat** hipotalamus dan hipofisis. Bila kadar tiroksin naik, pelepasan TRH dan TSH ditekan. Bila kadar tiroksin turun, hambatan itu melemah, sehingga TRH dan TSH naik dan tiroid diperintah bekerja lebih keras.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.33 Poros hipotalamus–hipofisis–tiroid. Panah hitam merangsang (+); garis merah putus-putus menunjukkan umpan balik negatif (−) dari tiroksin. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pola ini sangat berguna untuk membaca hasil pemeriksaan. Dokter biasanya mengukur hormon kelenjar sasaran (misalnya T4) sekaligus hormon perangsangnya (TSH):

Hasil pemeriksaan	Penafsiran	Letak masalah yang mungkin
T4 rendah, TSH tinggi	hipofisis "berteriak" memerintah, tetapi tiroid tidak mampu menjawab	kelenjar sasaran (tiroid)
T4 tinggi, TSH rendah	tiroid bekerja berlebihan tanpa perintah; hipofisis ditekan oleh T4 yang tinggi	kelenjar sasaran (tiroid)
T4 rendah, TSH rendah	tiroid tidak mendapat perintah	hipofisis atau hipotalamus

Perhatikan bahwa sebab-akibatnya selalu dibaca dari rantai: TSH yang tinggi pada baris pertama adalah **akibat** T4 yang rendah, bukan penyebabnya. Pola yang sama berlaku untuk poros lain, misalnya CRH → ACTH → kortisol, dan GnRH → FSH dan LH → hormon kelamin.

Umpan balik positif jarang terjadi dan bersifat sementara. Di sini hasil kerja hormon justru **memperkuat** pelepasan hormon itu, sampai suatu peristiwa selesai. Contohnya persalinan:

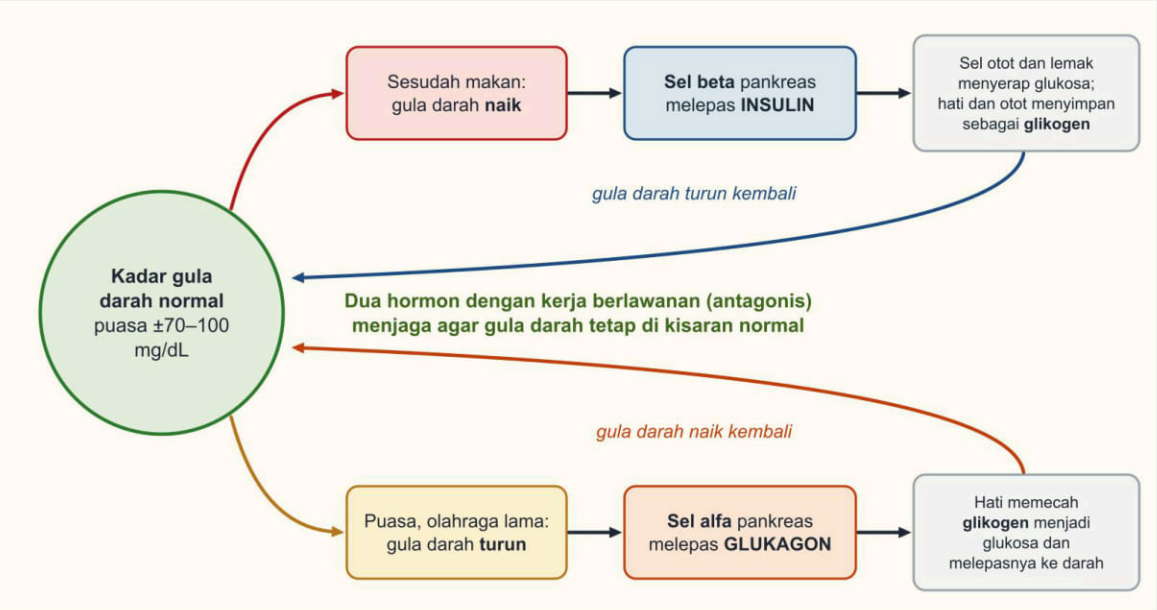
1. Kepala bayi menekan dan meregangkan leher rahim (serviks).
2. Reseptor regang mengirim impuls ke hipotalamus, lalu hipofisis posterior melepas **oksitosin**.
3. Oksitosin membuat otot rahim berkontraksi lebih kuat.
4. Kontraksi mendorong kepala bayi lebih jauh, sehingga serviks makin teregang dan oksitosin makin banyak dilepas.
5. Lingkaran ini terus menguat sampai bayi lahir dan regangan hilang.

Umpan balik positif tidak menjaga kestabilan; ia mendorong satu proses sampai tuntas. Karena itu sebagian besar pengaturan tubuh memakai umpan balik negatif.

6. Insulin dan glukagon: menjaga kadar gula darah

Otak hampir sepenuhnya bergantung pada glukosa sebagai bahan bakar. Karena itu kadar glukosa darah (gula darah) dijaga ketat. Pada orang sehat yang berpuasa semalam, kadarnya sekitar 70–100 mg/dL, dan dua jam setelah makan biasanya di bawah 140 mg/dL. Penjaganya adalah dua hormon antagonis dari pulau Langerhans pankreas (Gambar 3.34).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.34 Insulin dan glukagon bekerja berlawanan sehingga kadar gula darah kembali ke kisaran normal. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Setelah makan, terutama makanan berpati seperti nasi:

1. Glukosa hasil pencernaan diserap usus sehingga gula darah naik.
2. **Sel beta** pankreas mendeteksi kenaikan itu dan melepas **insulin**.
3. Insulin membuat sel otot dan sel lemak menyerap glukosa dari darah. Hati dan otot menyimpan glukosa sebagai **glikogen** (gula simpanan berupa rantai panjang glukosa). Kelebihan glukosa yang sangat banyak diubah menjadi lemak.
4. Gula darah turun kembali, dan pelepasan insulin ikut berkurang.

Saat lama tidak makan atau berolahraga lama:

1. Sel-sel memakai glukosa sehingga gula darah turun.
2. **Sel alfa** pankreas melepas **glukagon**.
3. Glukagon bekerja terutama di **hati**: hati memecah glikogen menjadi glukosa dan melepasnya ke darah. Bila puasa berlanjut, hati juga membuat glukosa baru dari bahan lain, misalnya asam amino.
4. Gula darah naik kembali.

	Insulin	Glukagon
Dibuat oleh	sel beta pulau Langerhans	sel alfa pulau Langerhans
Dilepas saat	gula darah tinggi	gula darah rendah
Sasaran utama	otot, jaringan lemak, hati	hati
Efek pada glikogen	membentuk glikogen	memecah glikogen
Efek pada gula darah	menurunkan	menaikkan

Ingat bahwa glikogen otot hanya dipakai otot itu sendiri; glikogen hati-lah yang dapat dilepas ke darah. Selain glukagon, adrenalin dan kortisol juga menaikkan gula darah, sedangkan satu-satunya hormon utama yang menurunkannya adalah insulin.

Diabetes melitus (kencing manis) terjadi bila gula darah tetap tinggi karena insulin kurang atau kurang bekerja. Ada dua tipe utama:

- **Diabetes tipe 1**: sel beta rusak sehingga insulin hampir tidak dibuat. Biasanya muncul pada anak dan remaja. Penyebab kerusakannya berkaitan dengan sistem imun yang keliru menyerang sel tubuh sendiri (sub bab 3.6). Penderitanya memerlukan suntikan insulin seumur hidup.
- **Diabetes tipe 2**: insulin masih dibuat, bahkan sering banyak, tetapi sel-sel tubuh **kurang tanggap** terhadapnya. Tipe ini jauh lebih banyak, umumnya pada orang dewasa, dan berkaitan erat dengan kegemukan, kurang bergerak, serta pola makan tinggi gula dan lemak. Kini tipe 2 juga makin sering ditemukan pada remaja.

Gejala khas keduanya mirip: sering buang air kecil (glukosa yang berlebihan ikut keluar bersama urine dan menarik air), sering haus, mudah lapar, dan berat badan turun pada tipe 1. Diabetes yang tidak terkendali lama-kelamaan merusak pembuluh darah, sehingga dapat mengganggu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

mata, ginjal, saraf kaki, dan jantung.

7. Hormon stres: adrenalin dan kortisol

Bayangkan kamu hampir tertabrak motor saat menyeberang. Dalam sekejap jantungmu berdebar, napas memburu, dan tubuh siap melompat. Ini adalah respons **"melawan atau lari"** (*fight or flight*). Respons ini dimulai oleh saraf simpatis, yang juga merangsang **medula adrenal** melepas **adrenalin** (epinefrin) ke darah. Adrenalin memperkuat dan memperpanjang efek saraf simpatis dengan satu tujuan: mengalirkan oksigen dan glukosa sebanyak mungkin ke otot, jantung, dan otak.

Organ sasaran	Efek adrenalin	Gunanya
Jantung	berdenyut lebih cepat dan lebih kuat; darah yang dipompa per menit **bertambah**	darah lebih cepat sampai ke otot
Saluran napas (bronkiolus)	**melebar**	lebih banyak udara masuk
Pembuluh darah kulit dan saluran pencernaan	menyempit; tekanan darah naik	darah dialihkan ke organ yang sedang dibutuhkan
Pembuluh darah otot rangka	melebar	otot mendapat lebih banyak darah
Hati	memecah glikogen, melepas glukosa	bahan bakar untuk otot
Saluran pencernaan	gerakannya melambat	pencernaan "ditunda"
Pupil mata	melebar	lebih banyak cahaya masuk

Kulit yang pucat dan dingin saat takut, mulut kering, dan perut terasa tidak enak semuanya berasal dari pengalihan darah ini. Setelah ancaman hilang, saraf parasimpatis bekerja dan adrenalin diuraikan, sehingga tubuh perlahan tenang kembali.

Kortisol adalah hormon stres yang bekerja lebih lambat dan lebih lama. Ia dilepas **korteks adrenal** atas perintah ACTH dari hipofisis. Kortisol menaikkan gula darah dengan cara membuat glukosa dari bahan lain, membantu menjaga tekanan darah, dan menekan peradangan serta kerja sistem imun. Dalam jangka pendek ini berguna. Namun, stres yang berlangsung berminggu-minggu membuat kortisol terus tinggi, sehingga daya tahan tubuh menurun, gula darah cenderung naik, dan tidur terganggu.

8. Ritme harian: melatonin

Banyak hormon naik-turun mengikuti jam dalam sehari. Ritme sekitar 24 jam ini disebut **ritme sirkadian**, dan "jam induknya" ada di hipotalamus. Jam ini disetel setiap hari oleh cahaya yang ditangkap mata.

1. Saat hari mulai gelap, hipotalamus memberi sinyal ke **kelenjar pineal**.
2. Kelenjar pineal melepas **melatonin**. Kadarnya naik sejak malam dan mencapai puncak pada dini hari.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Melatonin memberi tanda "sudah malam" ke seluruh tubuh: suhu tubuh sedikit turun dan rasa kantuk muncul.
4. Menjelang pagi, kadar melatonin turun. Sebaliknya, **kortisol** naik sejak menjelang bangun pagi sehingga tubuh siap beraktivitas.

Cahaya terang pada malam hari menekan pelepasan melatonin. Layar ponsel, laptop, dan televisi memancarkan banyak cahaya biru yang sangat efektif memberi tahu jam tubuh bahwa "hari masih siang". Kebiasaan memakai gawai sampai larut malam dapat menunda rasa kantuk, mengurangi lama tidur, dan membuat sulit berkonsentrasi keesokan harinya. Pekerja dengan giliran malam dan orang yang bepergian melintasi beberapa zona waktu juga mengalami gangguan ritme ini.

9. Gangguan sistem hormon

Hampir semua gangguan hormon dapat dipahami dengan satu pola: **hormon terlalu sedikit atau terlalu banyak → efek pada sasaran berkurang atau berlebihan**.

Gangguan	Penyebab	Akibat
Gondok (struma) karena kekurangan iodium	iodium dari makanan kurang, tiroksin tidak cukup dibuat	kelenjar tiroid membesar; mudah lelah, kedinginan
Kretinisme	kekurangan tiroksin sejak dalam kandungan atau bayi	pertumbuhan badan dan perkembangan kecerdasan terhambat
Hipertiroid	tiroid bekerja berlebihan	jantung berdebar, berat badan turun, gelisah, mudah kepanasan
Gigantisme	hormon pertumbuhan berlebih pada masa anak	tubuh tumbuh sangat tinggi
Akromegali	hormon pertumbuhan berlebih pada orang dewasa	tulang tangan, kaki, dan wajah menebal, tetapi tinggi badan tidak bertambah
Kekerdilan hipofisis	hormon pertumbuhan kurang pada masa anak	tubuh pendek tetapi proporsional; kecerdasan normal
Diabetes melitus	insulin kurang atau sel kurang tanggap	gula darah tinggi (bagian 6)

Mengapa kelebihan hormon pertumbuhan menimbulkan dua gangguan berbeda? Tulang panjang memanjang di **lempeng pertumbuhan** (lempeng epifisis), lapisan tulang rawan di dekat ujung tulang. Lempeng ini masih terbuka pada masa anak dan remaja, lalu menutup dan berubah menjadi tulang setelah masa pubertas selesai. Selama lempeng masih terbuka, hormon pertumbuhan dapat membuat tulang memanjang. Setelah lempeng menutup, tulang hanya dapat menebal.

Gondok akibat kekurangan iodium pernah banyak ditemukan di daerah pegunungan Indonesia yang tanahnya miskin iodium. Karena itu garam konsumsi di Indonesia diwajibkan mengandung iodium. Mengapa kekurangan bahan pembuat hormon justru membuat kelenjarnya membesar?

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Coba telusuri sendiri dengan rantai umpan balik di Gambar 3.33; soal di bagian Bedah soal prediksi membahasnya langkah demi langkah.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Tiroid yang tidak mendapat perintah

Pak Johan (52 tahun) mengeluh mudah lelah, sering kedinginan, dan berat badannya naik. Pemeriksaan pencitraan menemukan tumor jinak yang menekan hipofisisnya. Hasil laboratorium (nilai rujukan dalam kurung): TSH 0,1 mIU/L (0,4–4); T4 bebas 0,5 ng/dL (0,8–1,8). Di mana letak masalahnya, dan apakah tambahan garam beriodium akan menolong? *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Bandingkan dengan rujukan: TSH **rendah** dan T4 **rendah**. Keduanya rendah.
2. Tulis rantainya: hipotalamus → TRH → hipofisis → TSH → tiroid → T4 (Gambar 3.33).
3. Bila masalahnya di tiroid, T4 yang rendah akan melemahkan hambatan sehingga TSH **naik**. Di sini TSH justru rendah, jadi tiroid tidak sedang "diteriaki" untuk bekerja.
4. Kesimpulan rantai: perintahnya yang kurang. Ini cocok dengan tumor yang menekan hipofisis sehingga TSH tidak cukup dibuat. Tiroid yang sebenarnya sehat menjadi malas bekerja karena tidak dirangsang.
5. Gejalanya cocok dengan tiroksin rendah: metabolisme melambat, panas tubuh berkurang (kedinginan), energi yang dibakar sedikit (lelah, berat badan naik).
6. Iodium adalah bahan baku tiroksin, tetapi bahan baku tidak berguna bila pabriknya tidak diperintah bekerja.

Jawaban: masalahnya di hipofisis (tingkat perintah), bukan di tiroid; tambahan iodium tidak menyelesaikan masalah karena yang kurang adalah TSH.

Contoh 2 — Lari pagi sebelum sarapan

Pada hari bebas kendaraan bermotor, Raka lari 10 km pukul 06.00 tanpa sarapan. Selama berlari, otot-ototnya memakai banyak glukosa, tetapi kadar gula darahnya tetap sekitar 80 mg/dL. Sesudah lari, ia makan nasi uduk. Hormon apa yang bekerja selama berlari dan sesudah makan? *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Selama berlari, otot terus mengambil glukosa dari darah. Tanpa pengganti, gula darah akan turun dan otak kekurangan bahan bakar.
2. Penurunan kecil itu dideteksi **sel alfa** pankreas, yang melepas **glukagon**. Pelepasan insulin ditekan.
3. Glukagon bekerja di hati: glikogen hati dipecah menjadi glukosa yang dilepas ke darah. Pengeluaran dan pemasukan glukosa seimbang, sehingga kadar tetap stabil (Gambar 3.34, jalur bawah).
4. Saraf simpatis dan **adrenalin** ikut membantu: jantung berdenyut lebih cepat dan hati melepas lebih banyak glukosa.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Sesudah makan, glukosa dari nasi diserap usus sehingga gula darah naik. **Sel beta** melepas **insulin**; otot yang tadi bekerja menyerap glukosa dan mengisi kembali glikogennya (jalur atas).

Jawaban: selama berlari terutama glukagon (dibantu adrenalin) yang menjaga gula darah; sesudah makan, insulin yang menurunkannya kembali.

Contoh 3 — Kaget yang lama hilang

Saat menyeberang, Laras hampir tertabrak sepeda motor. Tangannya menarik tubuhnya mundur dalam sekejap, tetapi jantungnya tetap berdebar kencang sampai sepuluh menit kemudian, walaupun ia sudah aman. Mengapa kedua respons ini berbeda lamanya? *Kasus disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Gerakan menarik tubuh terjadi dalam sepersekian detik. Kecepatan seperti ini hanya mungkin lewat **saraf**: impuls listrik dari otak dan sumsum tulang belakang langsung ke otot (Gambar 3.30, kiri).
2. Efek saraf berhenti begitu impulsnya berhenti. Bila hanya saraf yang bekerja, debaran juga cepat mereda.
3. Namun, saraf simpatis juga merangsang medula adrenal melepas **adrenalin** ke darah. Adrenalin beredar ke seluruh tubuh dan terus menempel pada reseptor di jantung sampai ia diuraikan, yang memerlukan waktu beberapa menit.
4. Karena itu efek hormon bertahan lebih lama daripada efek saraf (Gambar 3.30, kanan).

Kesimpulan: gerakan cepat adalah kerja saraf; debaran yang bertahan lama adalah kerja hormon adrenalin yang masih beredar dalam darah.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

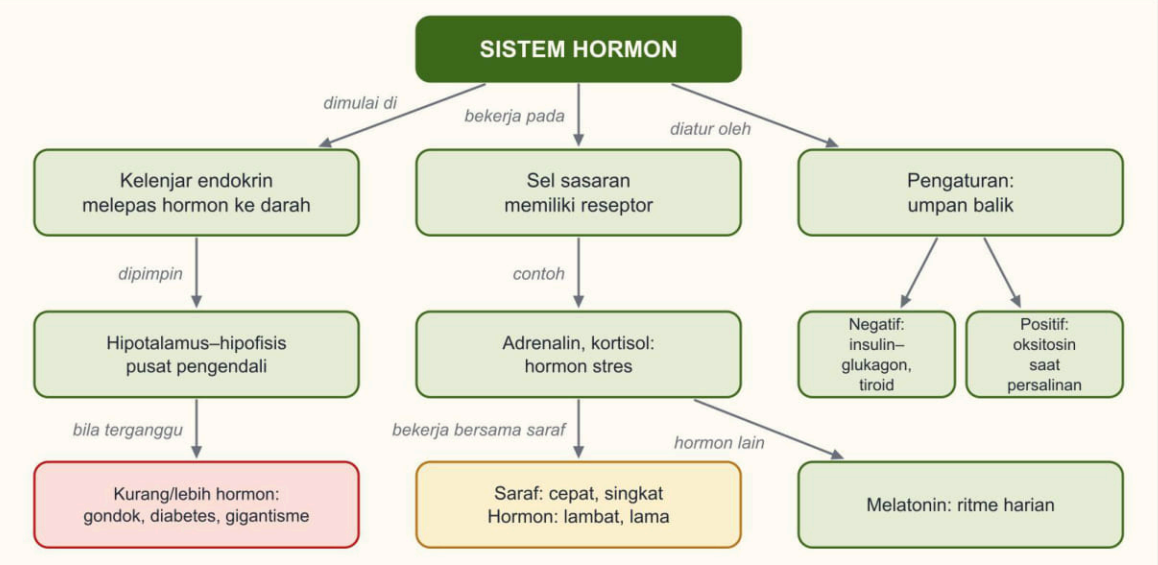
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Hormon dilepas kelenjar endokrin ke darah dan hanya bekerja pada sel yang memiliki reseptornya; satu hormon dapat berefek berbeda pada organ berbeda.
- Saraf: cepat, singkat, sasaran tertentu. Hormon: lebih lambat, lama, sasaran luas. Hipotalamus menghubungkan keduanya.
- Hipotalamus mengendalikan hipofisis; hipofisis anterior melepas GH, TSH, ACTH, FSH, LH, prolaktin; hipofisis posterior menyimpan ADH dan oksitosin.
- Umpan balik negatif menjaga kestabilan (hormon kelenjar sasaran menekan hormon perangsangnya); umpan balik positif menuntaskan peristiwa (oksitosin saat persalinan).
- Insulin (sel beta) menurunkan gula darah; glukagon (sel alfa) menaikkan gula darah lewat pemecahan glikogen hati.
- Adrenalin: jantung lebih kuat dan cepat, bronkiolus melebar, darah dialihkan ke otot. Melatonin dilepas saat gelap dan ditekan cahaya.

Bagan pada Gambar 3.35 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 3.35 Peta konsep sistem hormon. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sistem hormon:

1. **Tentukan hormonnya** dari kelenjar, keadaan, atau gejala di soal.
2. **Daftar organ sasarannya** beserta efek normalnya, lengkap dengan arahnya (naik atau turun, melebar atau menyempit).
3. **Cocokkan setiap gejala** dengan efek di daftar itu, lalu periksa apakah rantai sebab-akibat di setiap pilihan benar.
4. **Untuk hasil pemeriksaan hormon**, tulis rantai umpan balik (hipotalamus → hipofisis → kelenjar sasaran) dan baca polanya dengan tabel di bagian 5.
5. **Untuk gula darah**, tentukan keadaannya dulu: sesudah makan (insulin) atau lama tidak makan (glukagon).

Jebakan yang sering dipasang:

- **Organ benar, arah salah.** "Bronkus menyempit" padahal adrenalin melebarkannya; "jantung berdenyut kuat sehingga darah yang keluar berkurang".
- **Sebab-akibat dalam umpan balik dibalik.** TSH tinggi dikira penyebab hormon tiroid rendah, padahal TSH tinggi adalah akibatnya.
- **Insulin dan glukagon tertukar**, atau sel alfa dan sel beta tertukar.
- **Glikogen otot dikira dilepas ke darah.** Yang melepas glukosa ke darah adalah hati.
- **Hormon yang mirip konteksnya tertukar**, misalnya melatonin dengan kortisol karena keduanya berkaitan dengan tidur dan stres, atau adrenalin dengan tiroksin karena keduanya membuat jantung berdebar.
- **Efek saraf dan efek hormon disamakan lamanya.** Saraf berhenti begitu impuls berhenti; hormon bekerja sampai diuraikan.
- **Kelenjar penghasil dan kelenjar sasaran tertukar**, misalnya TSH dikira dibuat kelenjar tiroid, atau ADH dikira dibuat ginjal.

> Contoh salah tafsir: sesudah makan siang, kadar gula darah seorang murid naik lalu turun kembali dalam dua jam. Seorang siswa menjelaskan, "gula darah turun karena glukagon dilepaskan". Ia menukar kedua hormon. Yang menurunkan gula darah sesudah makan adalah **insulin**; glukagon justru menaikkan gula darah saat lama tidak makan.

• BEDAH SOAL ASLI

Dua soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Keduanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 10 (adrenalin menjelang ulangan, PG, 27 % benar). Vito mengalami jantung berdegup kencang, keringat dingin, tangan gemetar, sulit menelan, sering ingin buang air kecil, napas tersengal, dan tekanan darah naik. Kamu diminta memilih mekanisme kerja adrenalin yang paling tepat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Konsep kunci: efek adrenalin pada setiap organ sasaran (bagian 7).
- Langkah: untuk setiap pilihan, tentukan organ yang disebut → periksa **arah** efeknya dengan tabel → periksa apakah hubungan sebab-akibat di dalam kalimat itu benar.
- Pengecoh yang dipasang: hampir semua pilihan menyebut gejala yang memang dialami Vito, tetapi menjelaskannya dengan arah efek yang terbalik atau rantai sebab-akibat yang keliru. Inilah sebabnya soal ini termasuk yang tersulit.

Rujukan: soal nomor 10 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 16 (sulit tidur karena ponsel, PG, 41 % benar). Seorang murid sering memakai ponsel sampai larut malam, sulit tidur, dan mengantuk di kelas. Kamu diminta memilih hormon yang produksinya kemungkinan terganggu.

- Konsep kunci: ritme harian (bagian 8).
- Langkah: tentukan proses yang terganggu (rasa kantuk dan tidur) → tentukan hormon yang mengatur proses itu → hubungkan dengan paparan cahaya layar di malam hari.
- Pengecoh yang dipasang: hormon yang berkaitan dengan stres atau tenaga (adrenalin, kortisol, tiroksin) dan hormon lain yang tidak berhubungan dengan siklus tidur.

Rujukan: soal nomor 16 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan hasil pemeriksaan hormon seorang remaja yang belum mengalami pubertas. Perhatikan cara kadar hormon dari kelenjar sasaran dan dari hipofisis dibaca bersama untuk menentukan letak gangguan (bagian 4 dan 5, Gambar 3.32).

►. Rafael (16 tahun) diperiksa dokter pada 2026 karena belum menunjukkan tanda pubertas: suaranya belum berubah, rambut kemaluan belum tumbuh, dan testisnya masih berukuran seperti anak-anak. Hasil pemeriksaan darah menunjukkan kadar testosteron rendah, sedangkan FSH dan LH dari hipofisis juga rendah. Dokter kemudian menyuntikkan hormon yang kerjanya seperti LH. Beberapa hari kemudian kadar testosteron Rafael naik ke tingkat normal untuk usianya.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Kesimpulan yang paling tepat dari hasil pemeriksaan Rafael adalah ....

A. testis Rafael rusak sehingga tidak mampu membuat testosteron walaupun mendapat rangsangan dari hipofisis
B. testosteron yang rendah menekan hipofisis sehingga FSH dan LH ikut turun mengikuti kadar testosteron itu
C. testis Rafael membuat testosteron berlebih sehingga hipofisis berhenti melepaskan FSH dan LH ke darah
D. kelenjar tiroid Rafael kurang aktif sehingga seluruh hormon tubuhnya, termasuk testosteron, ikut rendah
E. hipofisis kurang melepaskan FSH dan LH sehingga testis yang sebenarnya masih normal tidak terangsang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: LH dari hipofisis merangsang testis membuat **testosteron**, dan **FSH** membantu pembentukan sperma. Testosteron yang cukup menekan pelepasan FSH dan LH (**umpan balik negatif**). Jadi, bila testis yang rusak, testosteron rendah tetapi FSH dan LH **tinggi** karena tidak ada lagi yang menekan. Bila hipofisis yang kurang bekerja, FSH, LH, dan testosteron **sama-sama rendah**.

Langkah 1 – Baca pola hormon. Testosteron rendah dan FSH, LH juga rendah → pola gangguan di atas testis (hipofisis), bukan pola testis rusak.
Langkah 2 – Gunakan hasil uji suntikan. Hormon mirip LH membuat testosteron naik ke normal → testis masih mampu bekerja bila dirangsang.
Langkah 3 – Simpulkan. Masalahnya adalah rangsangan dari hipofisis yang kurang.

Analisis opsi:
• A ✗ — Bertentangan dengan hasil suntikan; testis yang rusak tidak akan merespons hormon mirip LH. Pada testis rusak, FSH dan LH juga seharusnya tinggi.
• B ✗ — Jebakan umpan balik terbalik: testosteron yang rendah justru menghilangkan penekanan sehingga FSH dan LH seharusnya naik.
• C ✗ — Bertentangan dengan data: testosteron Rafael rendah, bukan berlebih.
• D ✗ — Jebakan tanpa data: tidak ada data tiroid, dan hormon kelamin diatur oleh FSH dan LH, bukan oleh tiroksin.
• E ✓ — Sesuai pola hormon dan hasil uji suntikan.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis rantai hormonnya: kelenjar → hormon → sasaran → efek.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Tinggi badan Pak Hendrik (42 tahun) 172 cm dan tidak bertambah sejak ia berusia 20 tahun. Namun, dalam lima tahun terakhir cincin kawinnya tidak lagi muat, ukuran sepatunya naik dari 41 menjadi 44, serta rahang dan dahinya makin menonjol. Pada 2026, pemeriksaan menemukan tumor jinak di kelenjar hipofisis bagian depan yang menghasilkan hormon pertumbuhan secara berlebihan. Kadar tiroksin dan gula darahnya normal.

Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa tangan, kaki, dan rahang Pak Hendrik membesar tetapi tinggi badannya tetap adalah ....

A. tumor menekan hipofisis sehingga hormon pertumbuhan justru berkurang dan hanya tulang wajah yang tumbuh
B. tiroksin berlebih mempercepat metabolisme sehingga jaringan dan tulang di tangan serta kaki membengkak
C. lempeng pertumbuhan tulang panjang sudah menutup sehingga hormon berlebih hanya membuat tulang menebal
D. hormon pertumbuhan hanya bekerja pada otot sehingga yang membesar adalah otot tangan, kaki, dan rahang
E. hormon pertumbuhan baru dapat memanjangkan tulang setelah kadarnya tinggi lebih dari sepuluh tahun

2. Keluarga Pak Darman pindah dari desa nelayan ke sebuah desa di dataran tinggi yang tanahnya miskin iodium. Di desa lama mereka sering makan ikan laut; di desa baru mereka jarang makan ikan laut dan memakai garam krosok tanpa iodium karena harganya murah. Pada 2027, dua tahun setelah pindah, leher Bu Darman tampak membengkak. Ia mudah lelah dan sering kedinginan. Hasil pemeriksaan darahnya: tiroksin rendah, sedangkan TSH tinggi.

Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait kasus Bu Darman adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Leher membesar karena kelenjar tiroid membuat tiroksin berlebihan untuk mengganti iodium yang hilang.
☐ B. Tiroksin yang rendah membuat hipofisis terus melepas TSH sehingga kelenjar tiroid terus dirangsang dan membesar.
☐ C. Mudah lelah dan sering kedinginan sesuai dengan laju metabolisme tubuh yang turun karena tiroksin kurang.
☐ D. Suntikan TSH tambahan akan menyembuhkan gondok karena kelenjar tiroid mendapat rangsangan yang lebih kuat.
☐ E. Mengganti garam krosok dengan garam beriodium menyasar penyebab karena iodium adalah bahan pembuat tiroksin.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Pada 2026, Pak Hendro (47 tahun) menjalani operasi pengangkatan tumor di dekat hipofisis. Beberapa hari setelah operasi, ia buang air kecil sangat sering, sekitar 7 liter sehari, dan urinenya jernih serta encer seperti air. Ia juga terus merasa haus. Kadar glukosa darahnya normal, tidak ada glukosa di urinenya, dan pemeriksaan menunjukkan ginjalnya sehat. Dokter menduga pelepasan salah satu hormon dari hipofisis terganggu akibat operasi.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk keluhan Pak Hendro adalah ....

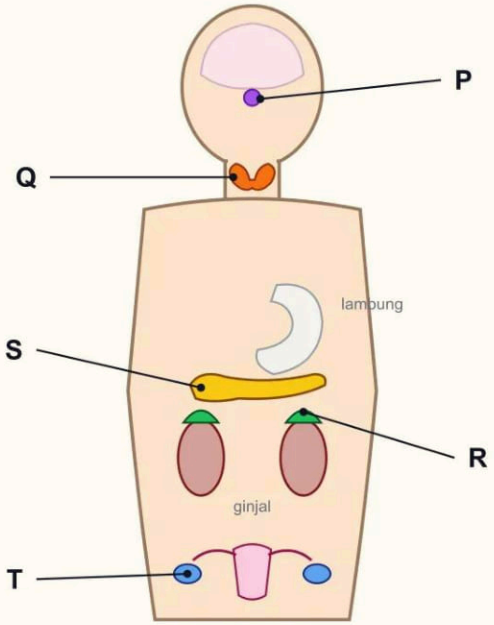
A. insulin tidak dilepaskan sehingga glukosa terbuang bersama urine sambil menarik banyak air
B. ADH berkurang sehingga tubulus ginjal menyerap sedikit air dan urine menjadi banyak serta encer
C. ADH berlebih sehingga ginjal menahan garam dan membuang air yang berlebih ke dalam urinenya
D. hormon pertumbuhan berkurang sehingga ginjal mengecil dan tidak mampu menyaring darah dengan baik
E. rasa haus yang berlebihan membuatnya banyak minum sehingga ginjal membuang kelebihan air itu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Gambar menunjukkan letak beberapa kelenjar endokrin. Pada 2026, Bu Ratna (45 tahun) menjalani operasi pengangkatan sebagian salah satu organ berlabel karena tumor. Organ itu juga menghasilkan getah pencernaan yang dialirkan ke usus halus. Sebelum operasi, kadar glukosa darahnya normal. Setelah operasi, kadar glukosa darah puasanya 210 mg/dL (normal 70–99 mg/dL) dan tetap tinggi beberapa jam setelah makan, sehingga ia memerlukan suntikan hormon setiap hari. Ia juga diberi kapsul enzim pencernaan untuk diminum saat makan.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Organ yang sebagian diangkat dan penjelasan yang paling tepat untuk kenaikan gula darahnya adalah ....

Letak beberapa kelenjar endokrin (tampak depan, tubuh wanita)



A. S, karena sel yang ikut terangkat membuat hormon yang membantu sel tubuh menyerap glukosa dari darah
B. R, karena kelenjar itu membuat hormon yang menaikkan gula darah sehingga gula darah naik setelah diangkat
C. Q, karena kelenjar itu mengatur laju metabolisme sehingga glukosa tidak lagi dipakai oleh sel-sel tubuh
D. P, karena kelenjar itu memerintah semua kelenjar lain sehingga pembuatan hormon gula darah ikut berhenti
E. S, karena sel yang ikut terangkat membuat hormon yang memecah glikogen hati sehingga gula darah naik

5. Sejak Januari 2027, Dafa (18 tahun) belajar sampai larut malam setiap hari untuk menghadapi ujian masuk perguruan tinggi dan selalu cemas akan gagal. Selama empat bulan itu ia lima kali terkena flu, dan luka kecil di tangannya lama sembuh. Pemeriksaan darah pagi hari menunjukkan kadar kortisol di atas normal dan glukosa darah puasa 108

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

mg/dL (normal 70–99 mg/dL). Dafa tidak gemuk dan tidak ada anggota keluarganya yang menderita diabetes. Dua bulan setelah ujian selesai dan ia tidur cukup, semua hasil pemeriksaannya kembali normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait kasus Dafa adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Kortisol yang tinggi dalam waktu lama menekan kerja sistem imun sehingga Dafa mudah terinfeksi dan lukanya lambat pulih.
☐ B. Glukosa darahnya naik karena sel beta pankreas Dafa rusak akibat stres sehingga ia menderita diabetes tipe 1 menetap.
☐ C. Kortisol menaikkan glukosa darah dengan membuat glukosa dari bahan lain sehingga gula darah puasanya sedikit di atas normal.
☐ D. Kortisol yang tinggi dilepas medula adrenal yang dirangsang langsung oleh saraf simpatis setiap kali Dafa merasa cemas.
☐ E. Adrenalin yang dilepas saat Dafa cemas bertahan berbulan-bulan di dalam darah sehingga gula darahnya tinggi setiap pagi.

Kunci singkat: 1. C 2. B, C, E 3. B 4. A 5. A, C

✔ PERIKSA DIRI

- Sebutkan efek adrenalin pada jantung, bronkiolus, pembuluh darah kulit, dan saluran pencernaan, lengkap dengan arahnya.
- Bila hormon kelenjar sasaran rendah dan hormon perangsangnya tinggi, di mana letak masalahnya? Bagaimana bila keduanya rendah?
- **Yang harus kuingat:** tentukan hormon, daftar sasaran dan arah efeknya, lalu periksa setiap pilihan dengan daftar itu; pada hasil pemeriksaan, baca rantai umpan baliknya.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-3.5

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.6 · Sistem imun

BIO-3.6

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis peran sistem imun terhadap kekebalan tubuh**, dengan batasan *mekanisme kerja sistem imun*. Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat dua kasus: seorang remaja dengan diabetes tipe 1 akibat autoimun (26 % benar) dan seorang murid yang alergi makanan laut (36 % benar). Contoh soal resmi Pusmendik juga memakai reaksi berat terhadap obat.

Kedua soal asli itu termasuk yang paling sulit. Pengecohnya memakai nama sel dan antibodi yang benar, tetapi **menukar sel yang menyerang, sasaran yang diserang, atau jenis kekebalannya**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan pertahanan nonspesifik dan spesifik beserta sel-sel pelakunya;
- menjelaskan tahapan peradangan dan fagositosis;
- menjelaskan kerja sel B, sel T penolong, sel T sitotoksik, antibodi, dan sel memori;
- menentukan jenis kekebalan (aktif atau pasif, alami atau buatan) dalam sebuah kasus;
- menjelaskan mekanisme alergi, autoimun, dan imunodefisiensi.

◆ KONSEP INTI

Setiap hari tubuhmu didatangi tamu tak diundang: bakteri di makanan, virus di udara kelas yang penuh, jamur di kulit yang lembap. Kebanyakan tidak pernah membuatmu sakit, karena tubuh mempunyai **sistem imun** (sistem kekebalan), yaitu kumpulan organ, sel, dan zat kimia yang mengenali lalu menyingkirkan benda asing. Sistem imun juga membersihkan sel tubuh yang rusak, sel tua, dan sel yang berubah menjadi sel kanker. Sistem ini bekerja sama erat dengan sistem lain: darah dan pembuluh limfa mengangkut sel-sel imun (sub bab 3.1), kulit dan saluran napas menjadi garis depan (sub bab 3.2), dan hormon stres seperti kortisol dapat menekan kerjanya (sub bab 3.5).

1. Antigen, patogen, dan organ sistem imun

Patogen adalah makhluk penyebab penyakit, misalnya bakteri (penyebab tuberkulosis, tifus), virus (penyebab flu, campak, demam berdarah), jamur (penyebab panu), protozoa (penyebab malaria), dan cacing. **Antigen** adalah molekul yang dikenali sistem imun sebagai benda asing, biasanya protein atau gula kompleks di permukaan patogen. Satu bakteri dapat membawa banyak macam antigen. Antigen juga dapat berasal dari bukan patogen, misalnya serbuk sari, bisa ular, atau protein pada sel darah merah golongan lain (ingat golongan darah di sub bab 3.1).

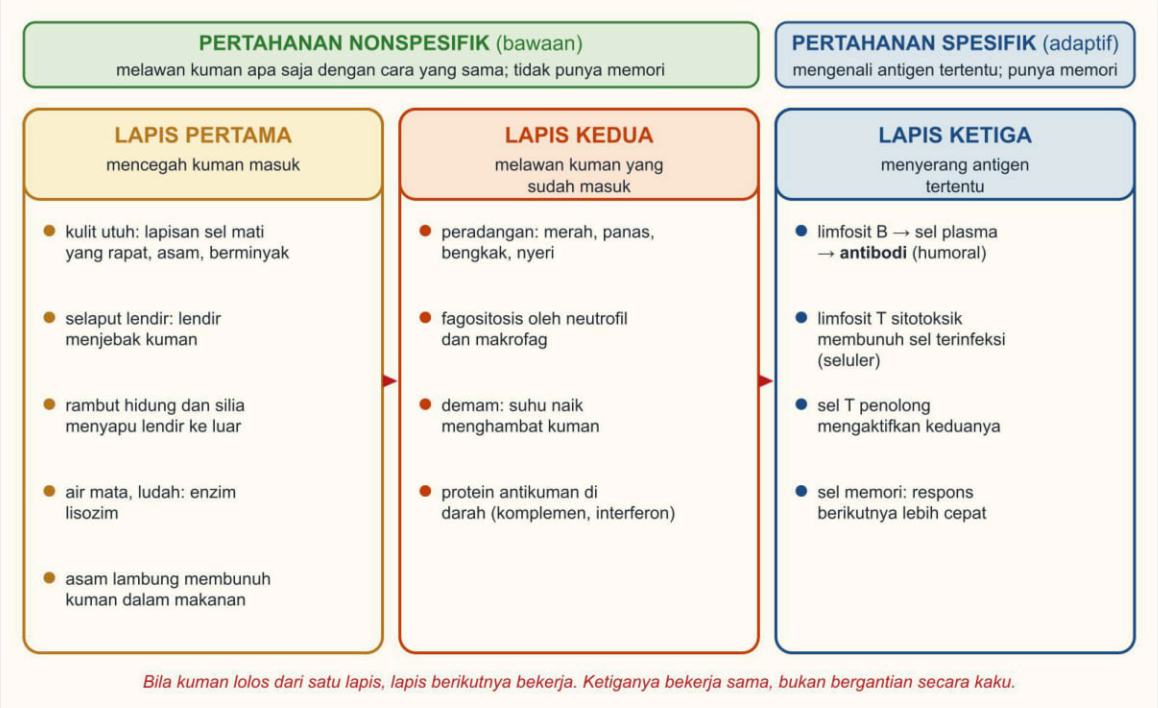
Sel-sel imun utama adalah **sel darah putih** (leukosit). Sel-sel ini dibentuk di **sumsum tulang**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

merah. Sebagian limfosit kemudian dimatangkan di **timus**, kelenjar di rongga dada yang aktif terutama pada masa anak-anak. Sel-sel imun lalu berjaga di **kelenjar limfa** (kelenjar getah bening), **limpa**, dan **amandel**. Saat kamu radang tenggorokan, kelenjar limfa di leher sering membengkak dan terasa nyeri. Itu tanda limfosit di dalamnya sedang bekerja keras dan berlipat ganda.

2. Tiga lapis pertahanan

Pertahanan tubuh dapat digambarkan sebagai tiga lapis (Gambar 3.36). Dua lapis pertama disebut **pertahanan nonspesifik** atau bawaan: sudah ada sejak lahir, melawan benda asing apa saja dengan cara yang sama, dan tidak mempunyai ingatan. Lapis ketiga disebut **pertahanan spesifik** atau adaptif: mengenali satu antigen tertentu dan **mengingatnya**.



Gambar 3.36 Tiga lapis pertahanan tubuh. Lapis pertama dan kedua bersifat nonspesifik; lapis ketiga bersifat spesifik dan memiliki memori. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Lapis pertama mencegah kuman masuk.

- **Kulit utuh.** Lapisan terluarnya berupa sel-sel mati yang tersusun rapat, kering, dan bersifat agak asam karena keringat dan minyak kulit. Kebanyakan kuman tidak dapat menembusnya. Itulah sebabnya luka harus dibersihkan dan ditutup.
- **Selaput lendir** (mukosa) yang melapisi hidung, saluran napas, dan saluran pencernaan. Lendirnya lengket dan menjebak kuman serta debu.
- **Rambut hidung dan silia.** Silia adalah rambut getar halus di dinding saluran napas yang terus menyapu lendir berisi kuman ke arah tenggorokan, untuk ditelan atau dibatukkan keluar.
- **Air mata, ludah, dan lendir** mengandung enzim **lisozim** yang merusak dinding sel bakteri.
- **Asam lambung** yang sangat asam membunuh sebagian besar kuman yang ikut tertelan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bersama makanan.

- **Bakteri baik** di kulit dan usus bersaing dengan kuman jahat memperebutkan tempat dan makanan.

Lapis kedua bekerja bila kuman berhasil masuk, misalnya lewat luka. Alatnya adalah peradangan, fagositosis, demam, dan protein antikuman (bagian 3).

Lapis ketiga adalah pertahanan spesifik oleh limfosit B dan limfosit T (bagian 4–6). Lapis ini lebih lambat aktif pada paparan pertama, tetapi sangat tepat sasaran.

Ketiga lapis tidak bekerja bergantian secara kaku. Begitu kuman masuk, lapis kedua dan ketiga bekerja bersamaan dan saling membantu.

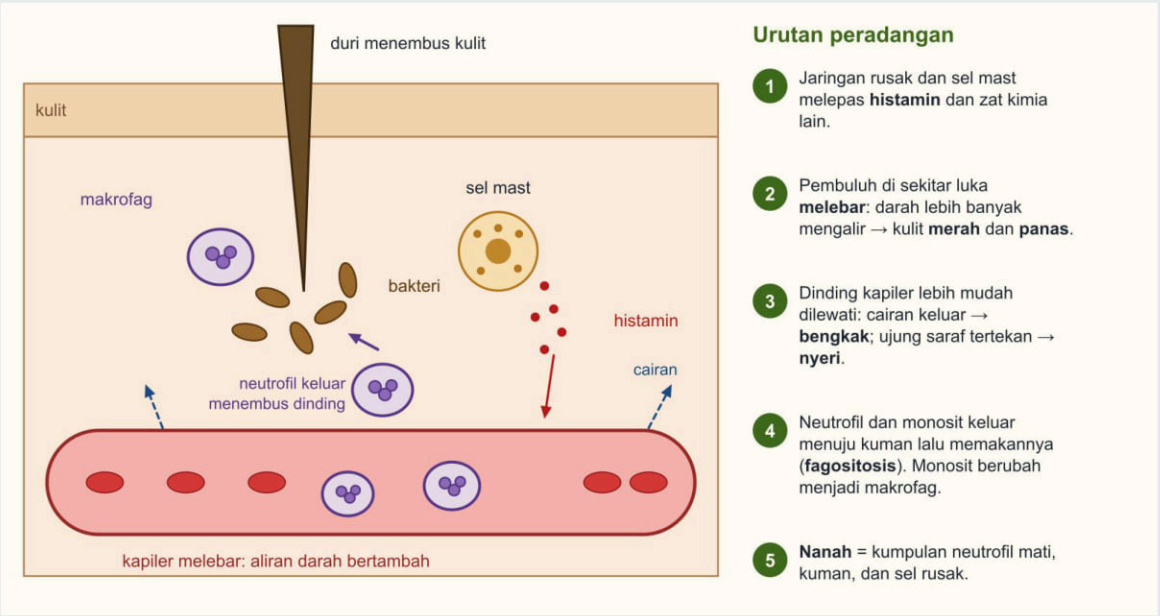
3. Lapis kedua: peradangan, fagositosis, dan demam

Peradangan (inflamasi) adalah respons setempat terhadap jaringan yang rusak atau terinfeksi. Tanda-tandanya sudah kamu kenal: **merah, panas, bengkak, nyeri**, dan kadang fungsi bagian itu terganggu. Urutannya (Gambar 3.37):

1. Jaringan yang rusak dan **sel mast** (sel penjaga di jaringan ikat) melepaskan **histamin** dan zat kimia lain.
2. Histamin membuat pembuluh darah di sekitar luka **melebar**. Aliran darah ke tempat itu bertambah, sehingga kulit tampak **merah** dan terasa **panas**.
3. Dinding kapiler menjadi lebih mudah dilewati. Cairan plasma keluar ke jaringan sehingga daerah itu **bengkak**. Pembengkakan menekan ujung saraf sehingga terasa **nyeri**.
4. Zat kimia dari kuman dan jaringan rusak menarik sel darah putih. **Neutrofil** dan **monosit** keluar menembus dinding kapiler menuju tempat infeksi. Di jaringan, monosit berubah menjadi **makrofag** ("pemakan besar").
5. Neutrofil dan makrofag memakan kuman. Neutrofil yang mati bersama kuman dan sel rusak membentuk **nanah**.

Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

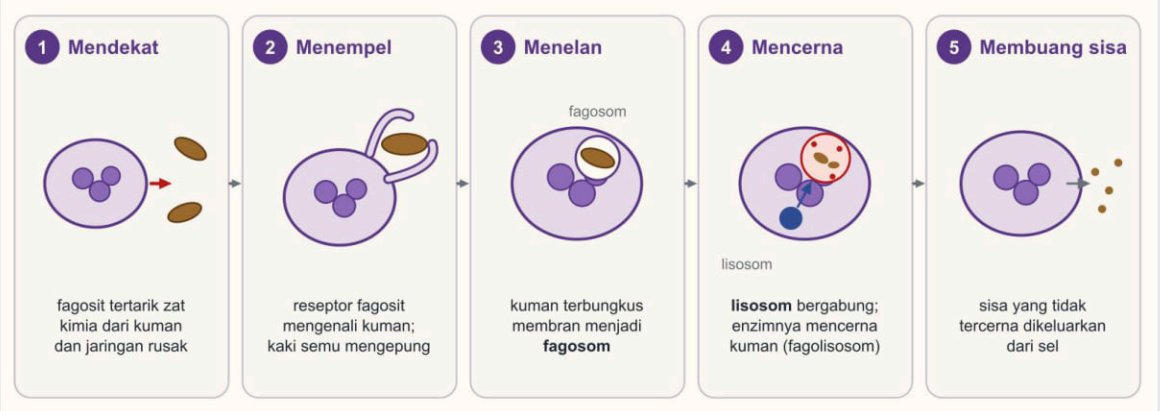


Gambar 3.37 Peradangan setelah duri menembus kulit: histamin melebarkan pembuluh, cairan keluar, dan sel fagosit bergerak ke arah kuman. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Peradangan adalah tanda tubuh sedang bekerja, bukan kegagalan. Bengkak membawa lebih banyak sel pertahanan dan cairan ke tempat yang membutuhkannya.

Fagositosis adalah proses sel menelan dan mencerna benda asing. Sel yang melakukannya disebut **fagosit**, terutama neutrofil dan makrofag. Tahapannya (Gambar 3.38):

1. **Mendekat.** Fagosit bergerak ke arah zat kimia yang dilepas kuman dan jaringan rusak.
2. **Menempel.** Reseptor di membran fagosit mengenali permukaan kuman. Fagosit menjulurkan **kaki semu** (pseudopodia) yang mengepung kuman.
3. **Menelan.** Kuman terbungkus membran dan masuk ke dalam sel sebagai gelembung yang disebut **fagosom**.
4. **Mencerna. Lisosom**, organel berisi enzim pencerna, bergabung dengan fagosom membentuk fagolisosom. Enzimnya mencerna kuman.
5. **Membuang sisa.** Sisa yang tidak dapat dicerna dikeluarkan dari sel.



Gambar 3.38 Lima tahap fagositosis oleh sel fagosit. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Makrofag punya tugas tambahan yang penting: setelah mencerna kuman, ia memajang potongan antigen kuman itu di permukaannya. Makrofag menjadi **sel penyaji antigen**, yang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

"memperlihatkan" wajah musuh kepada limfosit T. Inilah jembatan antara pertahanan nonspesifik dan spesifik.

Demam terjadi karena zat yang dilepas sel darah putih saat infeksi membuat pusat pengatur suhu di hipotalamus menyetel suhu tubuh lebih tinggi. Suhu yang naik menghambat perkembangbiakan sebagian kuman dan mempercepat kerja sel imun. Demam yang terlalu tinggi tetap berbahaya, terutama pada anak kecil.

Lapis kedua juga memakai **protein antikuman** di dalam darah. **Interferon** dilepas sel yang terinfeksi virus untuk memperingatkan sel tetangga agar lebih tahan terhadap virus. **Komplemen** adalah sekelompok protein darah yang dapat melubangi membran bakteri. Ada pula **sel NK** (*natural killer*), sejenis limfosit yang membunuh sel terinfeksi virus dan sel kanker tanpa perlu mengenali antigen tertentu.

4. Lapis ketiga: limfosit B dan limfosit T

Pertahanan spesifik dijalankan oleh dua kelompok **limfosit**:

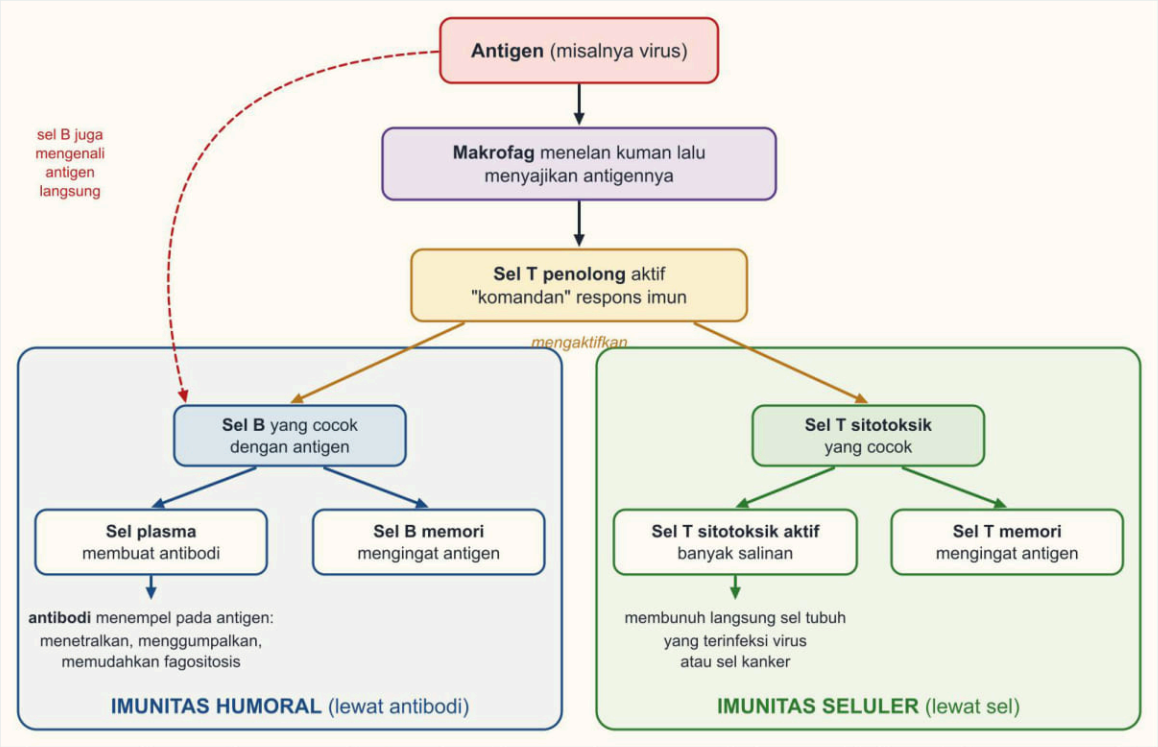
- **Limfosit B (sel B)** dibentuk dan dimatangkan di sumsum tulang. Sel B bekerja lewat **antibodi** yang beredar di cairan tubuh, sehingga disebut **imunitas humoral** (humor = cairan).
- **Limfosit T (sel T)** dibentuk di sumsum tulang lalu dimatangkan di **timus**. Sel T bekerja langsung sebagai sel, sehingga disebut **imunitas seluler**.

Kunci pertahanan spesifik adalah **reseptor antigen**. Setiap sel B dan sel T membawa reseptor dengan satu bentuk tertentu yang hanya cocok dengan satu antigen. Tubuhmu memiliki jutaan macam sel B dan sel T dengan reseptor yang berbeda-beda, sehingga hampir semua antigen akan menemukan "pasangan"-nya. Begitu antigen datang, hanya sel yang reseptornya cocok yang diaktifkan dan diperbanyak. Itulah arti **spesifik**.

Jalannya respons spesifik (Gambar 3.39):

1. **Antigen dikenali.** Makrofag menelan kuman dan menyajikan antigennya. Sel B juga dapat mengenali antigen secara langsung.
2. **Sel T penolong diaktifkan.** Sel T penolong (*helper*) yang reseptornya cocok mengenali antigen yang disajikan makrofag. Ia menjadi "komandan" yang melepas zat kimia untuk mengaktifkan sel B dan sel T sitotoksik.
3. **Respons humoral.** Sel B yang cocok, dengan bantuan sel T penolong, membelah berkali-kali. Sebagian besar berubah menjadi **sel plasma**, pabrik antibodi yang dapat membuat ribuan molekul antibodi per detik. Sebagian kecil menjadi **sel B memori**.
4. **Respons seluler.** Sel T sitotoksik (*cytotoxic*, pembunuh) yang cocok juga membelah berkali-kali. Sel ini mencari sel tubuh yang terinfeksi virus atau sel kanker, menempel padanya, lalu melepas zat yang melubangi dan membunuh sel itu. Sebagian menjadi **sel T memori**.
5. **Respons dihentikan.** Setelah antigen habis, sebagian besar sel aktif mati. Sel memori tetap tinggal bertahun-tahun.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.39 Sel T penolong mengaktifkan dua jalur pertahanan spesifik: humoral (sel B, sel plasma, antibodi) dan seluler (sel T sitotoksik). Keduanya meninggalkan sel memori. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Mengapa perlu dua jalur? Antibodi hanya dapat menjangkau antigen yang berada **di luar sel**, misalnya bakteri di darah atau virus yang belum masuk sel. Virus yang sudah bersembunyi **di dalam sel** tidak terjangkau antibodi; untuk itulah sel T sitotoksik membunuh sel yang terinfeksi.

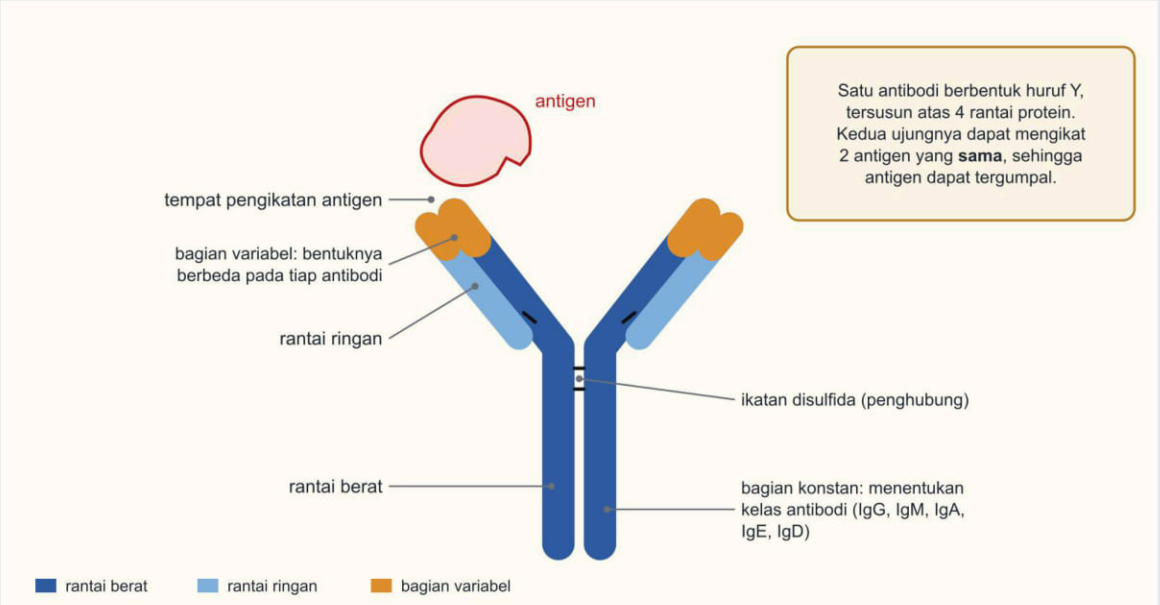
Sel	Tugas	Cara kerja
Makrofag	menelan kuman, menyajikan antigen	fagositosis (nonspesifik)
Sel T penolong	mengaktifkan sel B dan sel T sitotoksik	melepas zat perangsang
Sel B → sel plasma	membuat antibodi	antibodi menempel pada antigen
Sel T sitotoksik	membunuh sel terinfeksi dan sel kanker	kontak langsung dengan sel sasaran
Sel B dan sel T memori	mengingat antigen	bereaksi cepat pada paparan berikutnya

Satu hal sering tertukar: **sel B tidak menyerang sel**; ia bekerja lewat antibodi. **Sel T sitotoksik tidak membuat antibodi**; ia membunuh dengan kontak langsung.

5. Antibodi: struktur dan cara kerja

Antibodi atau **imunoglobulin (Ig)** adalah protein berbentuk huruf Y (Gambar 3.40). Satu molekul tersusun atas empat rantai protein: dua **rantai berat** dan dua **rantai ringan**, yang dihubungkan oleh ikatan disulfida. Kedua ujung lengan Y disebut **bagian variabel**; bentuknya berbeda pada setiap antibodi dan menjadi **tempat pengikatan antigen**. Antigen dan antibodi pasangannya cocok seperti kunci dan gembok. Batang Y disebut **bagian konstan**; bagian ini menentukan kelas antibodi dan cara kerjanya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.40 Struktur antibodi: dua rantai berat dan dua rantai ringan membentuk huruf Y; ujung variabelnya mengikat antigen yang cocok. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Antibodi tidak membunuh kuman secara langsung. Ia bekerja dengan cara:

1. **Menetralkan**: menutup bagian kuman atau racun yang dipakai untuk menempel pada sel, sehingga tidak berbahaya.
2. **Menggumpalkan** (aglutinasi): karena punya dua lengan, satu antibodi dapat mengikat dua antigen sekaligus, sehingga kuman saling melekat menjadi gumpalan yang mudah dimakan.
3. **Menandai**: kuman yang dilapisi antibodi lebih mudah dikenali dan dimakan fagosit.
4. **Mengaktifkan komplemen** yang melubangi membran bakteri.

Ada lima kelas antibodi:

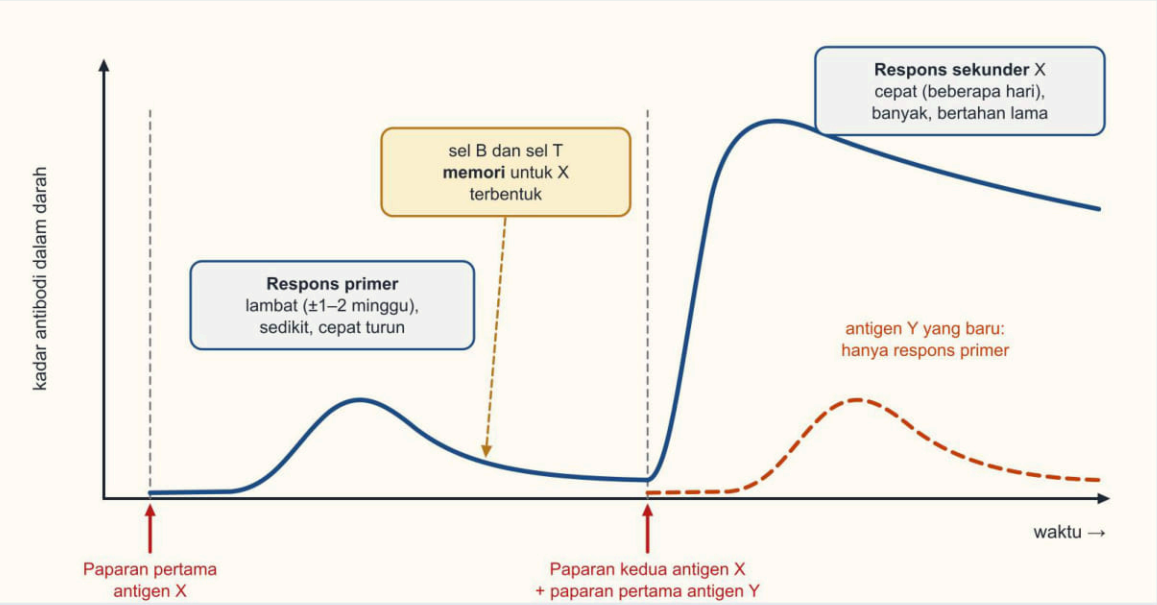
Kelas	Ciri dan tugas
IgG	paling banyak di darah; terbentuk banyak pada paparan kedua; satu-satunya yang dapat menembus plasenta dari ibu ke janin
IgM	yang pertama dibuat pada paparan pertama suatu antigen; berbentuk lima Y yang tergabung, sangat baik menggumpalkan antigen
IgA	terdapat di cairan permukaan tubuh: air mata, ludah, lendir, dan ASI
IgE	menempel pada sel mast; memicu pelepasan histamin pada alergi; juga melawan cacing parasit
IgD	terdapat di permukaan sel B, berperan dalam pengaktifannya

6. Memori imun, respons sekunder, dan vaksin

Saat suatu antigen masuk untuk **pertama kali**, sel B dan sel T yang cocok jumlahnya masih sedikit. Perlu waktu sekitar satu sampai dua minggu untuk memperbanyak diri sebelum antibodi terbentuk cukup banyak. Selama masa itu kamu bisa jatuh sakit. Ini disebut **respons primer**: lambat, jumlah antibodinya sedikit, dan cepat turun (Gambar 3.41).

Respons primer meninggalkan **sel memori**. Bila antigen yang **sama** datang lagi, sel memori yang jumlahnya jauh lebih banyak segera mengenalinya, membelah, dan berubah menjadi sel plasma. Antibodi terbentuk dalam beberapa hari, jumlahnya jauh lebih banyak, dan bertahan lebih lama. Ini disebut **respons sekunder**. Sering kali kuman sudah disingkirkan sebelum kamu merasakan gejala.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.41 Kurva konsep kadar antibodi. Paparan kedua antigen X menimbulkan respons sekunder yang cepat dan tinggi, sedangkan antigen Y yang baru pertama kali datang hanya menimbulkan respons primer. Grafik disederhanakan; tanpa skala angka. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan kurva putus-putus di Gambar 3.41. Memori bersifat spesifik: sel memori untuk antigen X tidak membantu melawan antigen Y yang belum pernah dikenal.

Vaksin memanfaatkan memori ini. Vaksin berisi antigen yang tidak berbahaya, misalnya kuman yang dilemahkan, kuman yang dimatikan, racun kuman yang sudah dijinakkan (**toksoid**), atau hanya bagian kuman tertentu. Tubuh menjalani respons primer tanpa harus sakit berat, lalu menyimpan sel memori. Bila kuman yang sebenarnya datang, tubuh langsung menjalankan respons sekunder. Program imunisasi rutin di Indonesia memberikan vaksin untuk penyakit seperti tuberkulosis (BCG), polio, difteri, pertusis, tetanus, hepatitis B, campak, dan rubela. Vaksin tidak menyembuhkan penyakit yang sudah terjadi; ia mencegah.

7. Jenis kekebalan

Kekebalan dapat digolongkan dengan dua pertanyaan: **siapa yang membuat antibodinya** dan **bagaimana caranya diperoleh**.

	Alami	Buatan
Aktif (tubuh membuat antibodi sendiri; ada sel memori; perlu waktu; bertahan lama)	sembuh setelah terserang penyakit	vaksinasi
Pasif (menerima antibodi jadi; tanpa sel memori; langsung bekerja; hanya beberapa minggu sampai bulan)	antibodi dari ibu lewat plasenta (IgG) atau ASI (IgA)	suntikan serum yang berisi antibodi jadi

Kekebalan pasif dipakai bila perlindungan harus segera, misalnya setelah terpapar racun yang bekerja cepat. Kekebalan aktif dipakai untuk perlindungan jangka panjang. Kuncinya: yang menentukan aktif atau pasif adalah **asal antibodinya**, bukan asal antigennya.

8. Ketika sistem imun keliru

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sistem imun dapat bekerja terlalu kuat, salah sasaran, atau terlalu lemah.

1) Alergi adalah respons **spesifik** yang berlebihan terhadap zat yang sebenarnya tidak berbahaya, yang disebut **alergen**, misalnya debu rumah yang mengandung tungau, serbuk sari, bulu hewan, sebagian makanan, atau obat. Urutannya:

1. **Paparan pertama (pemekaan).** Alergen masuk, dan pada orang yang berbakat alergi, sel B membuat antibodi **IgE** terhadap alergen itu. IgE menempel pada permukaan **sel mast**. Belum ada gejala.
2. **Paparan berikutnya.** Alergen yang sama langsung diikat oleh IgE di sel mast. Sel mast pecah dan melepas **histamin**.
3. **Gejala.** Histamin melebarkan pembuluh dan menyempitkan saluran napas, sehingga timbul bersin, hidung berair, mata gatal, biduran, atau sesak napas.

Reaksi alergi yang sangat berat dan menyeluruh disebut **anafilaksis**: tekanan darah turun tajam dan saluran napas menyempit. Keadaan ini darurat dan memerlukan pertolongan medis segera. Walaupun gejala alergi berupa peradangan, alergi tergolong respons **spesifik** karena melibatkan antibodi IgE yang mengenali alergen tertentu.

2) Autoimun terjadi bila sistem imun gagal membedakan "diri sendiri" dari "asing", lalu menyerang sel tubuhnya sendiri. Akibatnya bergantung pada sel yang diserang: fungsi sel itu ikut hilang. Contohnya diabetes tipe 1 (sel penghasil insulin di pankreas dirusak), radang sendi rematoid (lapisan sendi diserang), dan lupus (banyak jaringan diserang).

3) Imunodefisiensi adalah keadaan sistem imun yang lemah, sehingga infeksi yang biasanya ringan menjadi berat. Contoh yang paling dikenal adalah infeksi **HIV** (*human immunodeficiency virus*). HIV masuk dan merusak **sel T penolong**. Karena sel T penolong adalah komandan yang mengaktifkan sel B dan sel T sitotoksik, kerusakannya melumpuhkan pertahanan spesifik. Bertahun-tahun kemudian, bila tidak diobati, penderita dapat jatuh ke tahap **AIDS** (*acquired immunodeficiency syndrome*), ketika kuman yang biasanya tidak berbahaya dapat menimbulkan penyakit berat. HIV menular lewat darah, hubungan seksual, dan dari ibu ke bayi; HIV tidak menular lewat bersalaman, berbagi alat makan, atau gigitan nyamuk. Sampai sekarang belum ada obat yang memusnahkan HIV dari tubuh, tetapi pengobatan rutin dapat menekan jumlah virus sehingga penderita dapat hidup sehat. Ingat pula bahwa **antibiotik hanya membunuh bakteri**, bukan virus.

Gaya hidup dan daya tahan tubuh. Tidur cukup, makan bergizi (protein, vitamin, zat besi, seng), berolahraga teratur, tidak merokok, dan mengelola stres membantu sistem imun bekerja baik. Sebaliknya, stres berkepanjangan menaikkan kortisol yang menekan kerja sistem imun.

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Kaki tertusuk duri

Sore itu Dimas bermain bola tanpa alas kaki dan telapak kakinya tertusuk duri kecil. Keesokan harinya kulit di sekitar luka merah, terasa panas dan bengkak, nyeri saat diinjakkan, dan di

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tengahnya terlihat sedikit nanah. Jelaskan apa yang terjadi dan lapis pertahanan mana yang bekerja. *Kasus disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Duri menembus **kulit**, lapis pertama. Bakteri di permukaan duri dan tanah ikut masuk ke jaringan.
2. Jaringan yang rusak dan sel mast melepas **histamin**. Pembuluh di sekitar luka melebar dan aliran darah bertambah: kulit **merah dan panas** (Gambar 3.37).
3. Kapiler menjadi lebih mudah dilewati; plasma keluar ke jaringan: **bengkak**. Tekanan pada ujung saraf: **nyeri**.
4. Neutrofil dan monosit keluar dari kapiler, menuju bakteri, dan memakannya lewat **fagositosis** (Gambar 3.38).
5. Neutrofil yang mati setelah memakan bakteri, bersama bakteri dan sel rusak, terkumpul menjadi **nanah**.
6. Semua langkah ini tidak memerlukan pengenalan antigen tertentu.

Kesimpulan: yang terlihat adalah **peradangan dan fagositosis**, pertahanan nonspesifik lapis kedua, setelah lapis pertama (kulit) ditembus. Bila bakteri bertahan, limfosit dari lapis ketiga akan ikut aktif.

Contoh 2 — Cacar air sekali, flu berkali-kali

Kak Sinta pernah terkena cacar air waktu SD dan sejak itu tidak pernah terkena lagi, walaupun adiknya tertular cacar air pada 2026. Sebaliknya, ia hampir setiap tahun terkena flu. Mengapa? *Kasus disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Saat pertama terkena cacar air, tubuh Kak Sinta menjalani **respons primer** terhadap antigen virus cacar air. Ia sakit beberapa hari sampai antibodi dan sel T sitotoksik cukup banyak.
2. Respons primer meninggalkan **sel memori** untuk antigen virus cacar air.
3. Saat terpapar virus dari adiknya, sel memori segera menjalankan **respons sekunder** yang cepat dan kuat (Gambar 3.41). Virus disingkirkan sebelum sempat menimbulkan gejala.
4. Jenis kekebalannya **aktif alami**: tubuh membuat antibodi sendiri setelah terserang penyakit.
5. Virus flu berbeda: antigen di permukaannya terus berubah sedikit demi sedikit dari tahun ke tahun, dan ada beberapa jenis virus flu. Bagi sel memori, virus flu tahun ini seperti **antigen baru** (antigen Y pada Gambar 3.41), sehingga tubuh kembali menjalani respons primer.

Kesimpulan: memori imun bersifat spesifik. Ia melindungi dari antigen yang sama, tetapi tidak dari antigen yang sudah berubah. Karena itu vaksin flu perlu diperbarui secara berkala.

Contoh 3 — Perokok yang mudah batuk berdahak

Pak Herman sudah merokok lebih dari sepuluh tahun. Ia hampir setiap pagi batuk berdahak dan lebih sering terkena infeksi saluran napas daripada teman-temannya yang tidak merokok. Lapis pertahanan mana yang paling terganggu? *Kasus disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Kenali pertahanan di saluran napas: **selaput lendir** menjebak kuman dan debu, lalu **silia** menyapu lendir itu ke arah tenggorokan. Keduanya termasuk lapis pertama (Gambar 3.36).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Asap rokok melumpuhkan dan lama-kelamaan merusak silia, sedangkan selaput lendir justru membuat lendir lebih banyak.
3. Lendir yang menumpuk tidak tersapu keluar. Batuk menjadi satu-satunya cara membuangnya, sehingga timbul **batuk berdahak**, terutama setelah tidur.
4. Kuman yang terjebak di lendir yang menggenang tidak segera dibuang, sehingga lebih mudah berkembang biak dan menimbulkan infeksi.
5. Lapis kedua dan ketiga tetap bekerja, tetapi mereka harus menghadapi lebih banyak kuman yang lolos.

Jawaban: yang paling terganggu adalah **lapis pertama nonspesifik** (silia dan selaput lendir saluran napas); akibatnya lebih banyak kuman masuk dan infeksi lebih sering terjadi.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

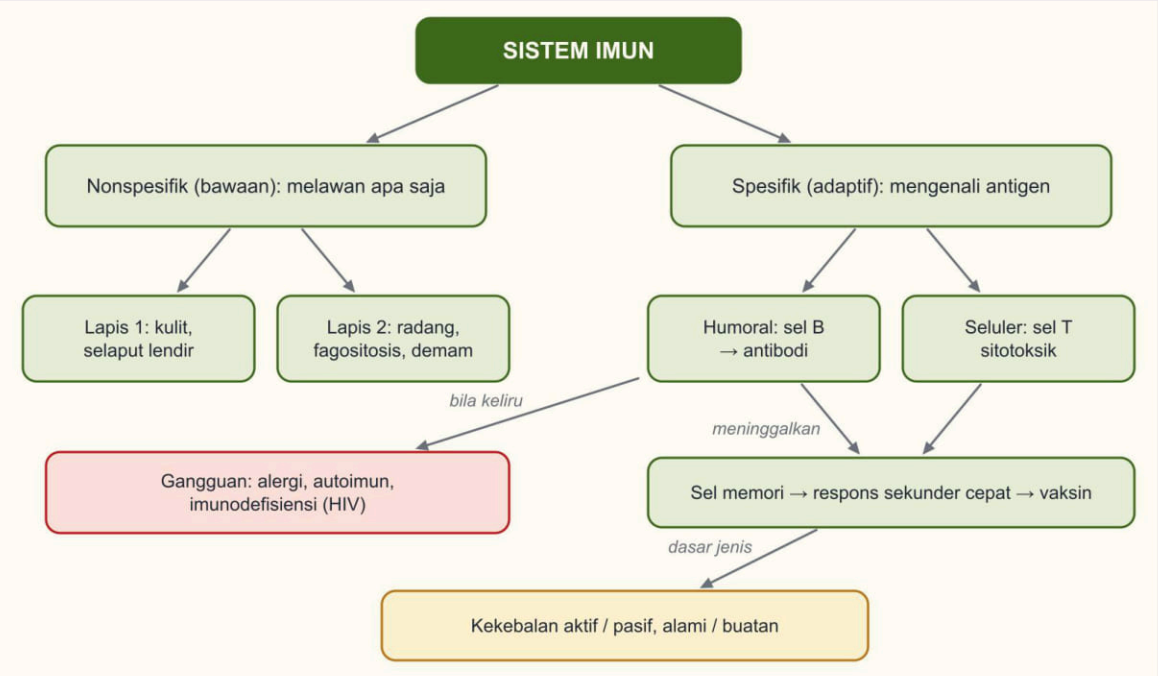
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Nonspesifik (bawaan): lapis pertama mencegah masuk (kulit, lendir, silia, enzim, asam lambung); lapis kedua melawan apa saja yang masuk (peradangan, fagositosis, demam). Tidak punya memori.
- Spesifik (adaptif): limfosit mengenali antigen tertentu. Sel B → sel plasma → antibodi (humoral); sel T sitotoksik membunuh sel terinfeksi (seluler); sel T penolong mengaktifkan keduanya.
- Antibodi berbentuk Y, ujung variabelnya mengikat antigen tertentu; ia menetralkan, menggumpalkan, dan menandai kuman. IgM muncul pertama, IgG terbanyak, IgE pada alergi.
- Sel memori → respons sekunder lebih cepat, lebih banyak, lebih lama; dasar vaksinasi.
- Aktif = tubuh membuat antibodi sendiri (ada memori); pasif = menerima antibodi jadi (tanpa memori).
- Alergi = spesifik berlebihan (IgE, histamin); autoimun = menyerang sel sendiri; imunodefisiensi = imun lemah (HIV merusak sel T penolong).

Bagan pada Gambar 3.42 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 3.42 Peta konsep sistem imun. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sistem imun:

1. **Tentukan jenis kasusnya**: infeksi, vaksinasi, alergi, autoimun, atau imunodefisiensi.
2. **Tentukan pelakunya**: nonspesifik atau spesifik? Bila spesifik, sel B (lewat antibodi) atau sel T (lewat kontak sel)? Cari petunjuk pengenalan khas, misalnya antibodi tertentu terhadap zat tertentu.
3. **Tentukan sasarannya** dan akibat bila sasaran itu rusak. Pada kasus autoimun, jawab tiga pertanyaan: sel imun mana yang menyerang, sel tubuh mana yang diserang, dan fungsi apa yang hilang.
4. **Untuk jenis kekebalan**, tanyakan: siapa yang membuat antibodinya (aktif atau pasif), dan bagaimana diperoleh (alami atau buatan)?
5. **Untuk grafik antibodi**, tandai saat paparan pertama dan kedua, lalu bandingkan kecepatan, tinggi, dan lama responsnya; periksa apakah antigennya sama.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Sel yang menyerang tertukar**: limfosit B dikatakan menyerang sel, padahal sel B bekerja lewat antibodi; sel T sitotoksik dikatakan membuat antibodi.
- **Sasaran tertukar**: sel alfa dan sel beta pankreas; sel darah merah dan sel T penolong.
- **Alergi dikira nonspesifik** karena gejalanya berupa peradangan. Alergi melibatkan antibodi yang mengenali zat tertentu, jadi tergolong spesifik.
- **Kekebalan pasif dikira menyisakan memori**, atau vaksin dikira berisi antibodi.
- **Antibodi dikira dapat memperbanyak diri.** Yang membelah adalah sel, bukan antibodi.
- **Antibiotik dikira melawan virus.**

> Contoh salah tafsir: seorang murid digigit nyamuk dan kulitnya bengkak serta gatal. Temannya berkata, "itu kekebalan spesifik karena ada antibodinya". Pada reaksi ringan setempat ini, yang terlihat terutama adalah **peradangan**, yaitu pertahanan nonspesifik. Untuk menyebut suatu respons spesifik, harus ada petunjuk pengenalan khas, misalnya antibodi tertentu (IgE, IgG) yang meningkat terhadap zat tertentu.

• BEDAH SOAL ASLI

Dua soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Keduanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 19 (diabetes tipe 1 pada remaja, PG, 26 % benar). Alika sering haus, sering buang air kecil, berat badannya turun, kadar gula puasanya sangat tinggi, dan di darahnya ditemukan penanda autoimun. Kamu diminta memilih mekanisme autoimun yang menyebabkan gula darahnya tinggi.

- Konsep kunci: autoimun (bagian 8), peran sel B dan sel T (bagian 4), serta insulin–glukagon (sub bab 3.5).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Langkah: jawab tiga pertanyaan autoimun → sel imun mana yang menyerang? sel mana yang diserang? hormon apa yang hilang? → hubungkan hormon itu dengan gula darah.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan dengan sel penyerang yang keliru, sasaran yang keliru (sel alfa penghasil glukagon), penyebab infeksi bakteri, dan antibodi yang menghambat kerja hormon. Semuanya memakai istilah yang benar.

Rujukan: soal nomor 19 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 21 (alergi makanan laut, PG, 36 % benar). Setiap kali makan udang atau cumi-cumi, seorang murid mengalami ruam, gatal, dan sesak napas, dan kadar IgE-nya meningkat. Kamu diminta menentukan sifat respons kekebalannya.

- Konsep kunci: spesifik vs nonspesifik (bagian 2), kelas antibodi (bagian 5), dan alergi (bagian 8).
- Langkah: cari petunjuk pengenalan khas di soal (antibodi tertentu terhadap zat tertentu) → tentukan spesifik atau nonspesifik → periksa alasan di setiap pilihan.
- Pengecoh yang dipasang: "nonspesifik karena ada peradangan", "pasif alami", dan alasan "disebabkan infeksi mikroorganisme". Ada pula pilihan yang label kekebalannya benar, tetapi alasannya keliru.

Rujukan: soal nomor 21 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

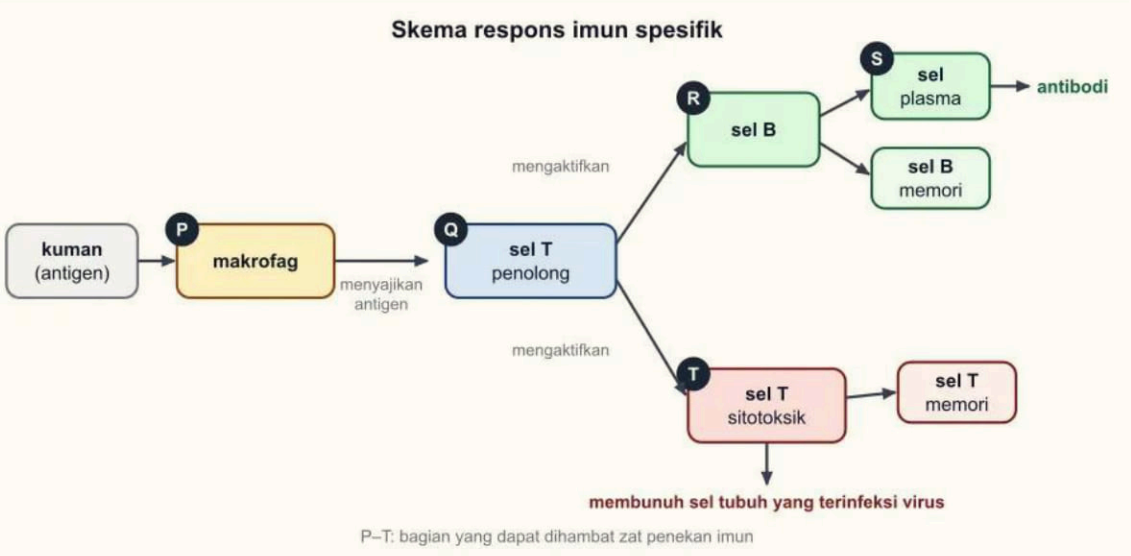
BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan skema respons imun spesifik dan hasil uji sebuah zat penekan imun pada mencit. Perhatikan cara bagian yang masih normal dan bagian yang terganggu dipakai untuk menemukan satu titik yang dihambat (bagian 4, Gambar 3.39).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Gambar menunjukkan skema respons imun spesifik dengan bagian berlabel P–T. Pada 2027, peneliti menguji zat Z, calon obat penekan imun, pada mencit. Setelah diberi zat Z, makrofag mencit masih memakan kuman dan menyajikan antigennya seperti biasa, dan jumlah sel B tetap normal. Namun, setelah divaksin, sel B hampir tidak berubah menjadi sel plasma sehingga antibodi sangat sedikit. Saat terinfeksi virus, jumlah sel T sitotoksik juga tidak bertambah.
Data disusun untuk latihan soal.

Bagian yang paling mungkin dihambat zat Z beserta alasannya adalah ....



A. P, karena antigen tidak lagi disajikan sehingga sel B dan sel T tidak dapat mengenali kuman yang masuk
B. R, karena sel B tidak dapat membelah sehingga antibodi dan sel T sitotoksik sama-sama menjadi berkurang
C. Q, karena tanpa sel ini sel B dan sel T sitotoksik sama-sama tidak diaktifkan sehingga tidak bertambah
D. S, karena sel plasma tidak membuat antibodi sehingga sel tubuh yang terinfeksi virus tidak dapat terbunuh
E. T, karena sel T sitotoksik yang tertekan tidak dapat membantu sel B berubah menjadi sel plasma pembuat antibodi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: makrofag menyajikan antigen kepada **sel T penolong**. Sel T penolong lalu **mengaktifkan dua jalur**: sel B (yang berubah menjadi **sel plasma** pembuat antibodi dan sel B memori) dan **sel T sitotoksik** (yang membunuh sel terinfeksi). Bila satu bagian dihambat, hanya jalur sesudah bagian itu yang terganggu.

Langkah 1 – Catat yang masih normal. Makrofag memakan dan menyajikan antigen (P normal); jumlah sel B normal.
Langkah 2 – Catat yang terganggu. Sel B tidak menjadi sel plasma → antibodi sedikit; sel T sitotoksik tidak bertambah. Dua jalur sekaligus terganggu.
Langkah 3 – Cari titik bersama. Satu-satunya bagian yang berada sebelum kedua jalur dan sesudah makrofag adalah Q (sel T penolong).
Cek ulang: bila R atau S yang dihambat, sel T sitotoksik tetap bertambah; bila T yang dihambat, antibodi tetap terbentuk.

Analisis opsi:
• A ✗ — Bertentangan dengan data: makrofag masih menyajikan antigen seperti biasa.
• B ✗ — Jebakan hubungan keliru: sel B tidak mengaktifkan sel T sitotoksik; lagi pula jumlah sel B normal.
• C ✓ — Satu hambatan di Q menjelaskan kedua gangguan sekaligus.
• D ✗ — Jebakan peran tertukar: yang membunuh sel terinfeksi adalah sel T sitotoksik, bukan antibodi; hambatan di S juga tidak menjelaskan sel T sitotoksik yang tidak bertambah.
• E ✗ — Jebakan peran tertukar: yang membantu sel B adalah sel T penolong, bukan sel T sitotoksik.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tentukan dulu jenis kasusnya dan pelakunya.

1. Pak Johan (50 tahun) minum obat penekan asam lambung setiap hari selama dua tahun untuk mengatasi nyeri ulu hati. Obat itu membuat isi lambungnya jauh kurang asam. Selama 2026 ia tiga kali terkena diare akibat kuman setelah makan di warung bersama keluarganya, sedangkan istri dan anaknya yang memakan hidangan yang sama tidak sakit. Dokter menduga obat itu ikut berperan dalam diare yang berulang.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Asam lambung termasuk pertahanan spesifik karena bekerja dengan mengenali kuman yang pernah masuk ke tubuh sebelumnya.	○	○
Lambung yang kurang asam membuat lebih banyak kuman dari makanan dapat bertahan hidup sampai ke usus.	○	○
Obat itu membuat Pak Johan sering diare karena obat tersebut menghentikan pembentukan antibodi oleh sel-sel imunnya.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Pada 2026, puskesmas memberikan vaksin HPV kepada murid perempuan kelas 5 SD. Seorang ibu bertanya mengapa anaknya sudah divaksin, padahal virus HPV umumnya menular melalui hubungan seksual setelah dewasa, dan kanker leher rahim akibat virus itu baru muncul bertahun-tahun kemudian. Petugas menjelaskan bahwa vaksin berisi protein selubung virus yang tidak dapat menimbulkan penyakit. Vaksin juga tidak dapat menyembuhkan infeksi yang sudah terjadi.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Alasan yang paling tepat vaksin HPV diberikan sejak usia anak adalah ....

A. vaksin berisi antibodi siap pakai yang perlu disimpan lama di dalam tubuh sebelum virus itu datang
B. vaksin dapat membunuh virus yang sudah bersembunyi di dalam sel sehingga lebih baik diberikan dini
C. tubuh orang dewasa tidak lagi mampu membentuk sel memori sehingga vaksin hanya berguna bagi anak
D. vaksin perlu diberikan setelah tubuh terpapar virus agar sistem imun lebih cepat mengenali virusnya
E. tubuh perlu waktu membentuk antibodi dan sel memori, jadi kekebalan harus siap sebelum virus masuk

3. Pada 2026, Pak Sony (60 tahun) dirawat karena infeksi berat oleh virus X, penyakit baru yang belum memiliki vaksin maupun obat khusus. Dokter memberinya plasma darah dari donor yang sudah sembuh dari infeksi virus X sebulan sebelumnya. Plasma itu mengandung antibodi terhadap virus X, tetapi tidak mengandung sel darah. Dua hari kemudian, jumlah virus dalam darah Pak Sony menurun dan keadaannya membaik. Dokter berpesan agar kelak ia tetap divaksin bila vaksin virus X sudah tersedia.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pak Sony memperoleh kekebalan aktif buatan karena tubuhnya menerima antigen virus X dari plasma donor.
☐ B. Antibodi dari plasma donor dapat langsung mengikat virus X tanpa menunggu tubuh Pak Sony membentuk antibodi.
☐ C. Perlindungan dari plasma donor bersifat sementara karena antibodi yang diterima lama-kelamaan diuraikan tubuh.
☐ D. Plasma donor membawa sel memori sehingga tubuh Pak Sony langsung melakukan respons sekunder bila terpapar lagi.
☐ E. Vaksin tetap dianjurkan karena plasma donor tidak membuat tubuh Pak Sony menyimpan sel memori terhadap virus X.

4. Bu Sinta (38 tahun) menderita radang sendi rematoid. Sendi-sendi jari kedua tangannya bengkak, nyeri, dan kaku setiap pagi, padahal ia tidak pernah cedera dan tidak ditemukan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kuman di cairan sendinya. Pemeriksaan darah menunjukkan adanya antibodi yang menyerang jaringan sendinya sendiri. Pada 2026, dokter memberinya obat penekan sistem imun. Peradangan sendinya mereda, tetapi dalam setahun itu ia tiga kali terkena radang paru dan sekali terkena herpes zoster (cacar api).
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Radang sendi Bu Sinta tergolong alergi karena sistem imunnya bereaksi berlebihan terhadap zat asing yang masuk ke sendi.	○	○
Obat penekan imun meredakan radang sendi karena obat itu membunuh kuman di dalam sendi sehingga sendi kembali sehat.	○	○
Infeksi yang berulang terjadi karena obat itu tidak dapat memilih sasaran dan ikut melemahkan pertahanan terhadap kuman.	○	○

Kunci singkat: 1. 1S 2B 3S 2. E 3. B, C, E 4. 1S 2S 3B

✔ PERIKSA DIRI

- Apa beda kerja sel B dan sel T sitotoksik? Mana yang membuat antibodi?
- Mengapa alergi digolongkan respons spesifik? Mengapa suntikan serum antibodi tidak meninggalkan kekebalan jangka panjang?
- **Yang harus kuingat:** pada setiap kasus imun, tentukan siapa yang menyerang, siapa yang diserang, dan fungsi apa yang hilang; antibodi dibuat sel plasma, sedangkan sel T sitotoksik membunuh lewat kontak langsung.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-3.6

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.7 · Sistem reproduksi

BIO-3.7

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem reproduksi dan fungsinya**, untuk pria dan wanita. Sub bab ini memuat soal dengan persentase benar **terendah** di seluruh soal asli Biologi 2025: kasus pasangan yang belum dikaruniai anak karena sindrom ovarium polikistik, dalam bentuk pilihan jamak (22 % benar). Soal asli lainnya membahas ibu hamil dengan hemoglobin rendah (43 %). Contoh soal resmi Pusmendik juga memakai alat kontrasepsi dalam rahim dan penyumbatan saluran sperma.

Polanya: **struktur dan hormon → fungsi → gangguan → solusi yang menyasar penyebabnya**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menelusuri perjalanan sperma dan sel telur beserta organ yang dilaluinya;
- membandingkan spermatogenesis dan oogenesis;
- membaca grafik hormon siklus menstruasi dan menjelaskan kapan ovulasi terjadi;
- menjelaskan fertilisasi, implantasi, dan peran plasenta;
- memprediksi akibat gangguan pada organ atau hormon reproduksi, serta menilai solusi dan cara kontrasepsi berdasarkan titik rantai yang disasarnya.

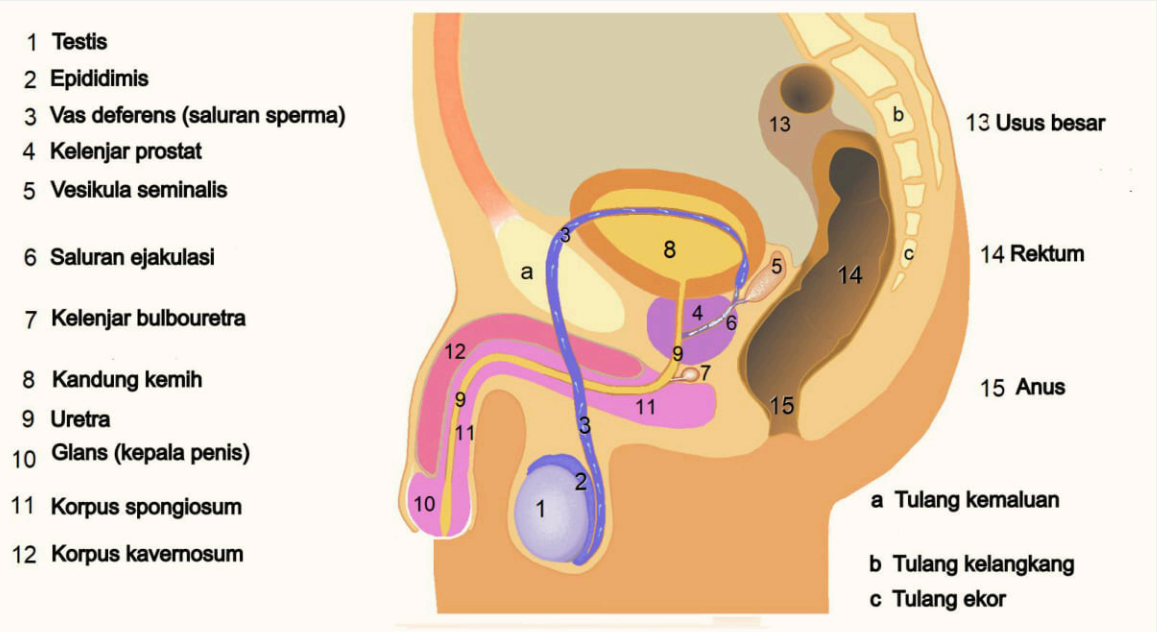
◆ KONSEP INTI

Semua makhluk hidup berkembang biak, dan manusia berkembang biak secara **seksual**: satu sel kelamin dari ayah (**sperma**) bersatu dengan satu sel kelamin dari ibu (**sel telur** atau ovum) membentuk sel pertama individu baru. Sistem reproduksi pria bertugas membuat sperma dan menyalurkannya; sistem reproduksi wanita bertugas membuat sel telur, menjadi tempat pembuahan, dan menjadi rumah bagi janin selama sekitar sembilan bulan. Seluruh proses itu diatur oleh hormon dari hipotalamus dan hipofisis (sub bab 3.5), sel kelamin dibentuk lewat pembelahan meiosis (Bab 2), dan janin bergantung pada darah ibu untuk oksigen dan makanan (sub bab 3.1).

1. Organ reproduksi pria dan perjalanan sperma

Gambar 3.43 memperlihatkan organ reproduksi pria dari samping, seperti tubuh yang dibelah di tengah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.43 Penampang samping organ reproduksi pria. Nomor 1–7 dan 9 adalah organ yang dilalui atau menghasilkan bahan semen; nomor 8 dan 13–15 serta huruf a–c adalah organ di sekitarnya sebagai patokan letak. Testis berada di dalam kantong skrotum. Sumber: Bahnsen, Wikimedia Commons, CC0; keterangan diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Testis (1) berjumlah sepasang dan terletak di dalam kantong kulit yang disebut **skrotum**, di luar rongga perut. Letak ini membuat suhu testis sekitar 2–3 °C lebih rendah daripada suhu tubuh, dan suhu yang lebih rendah itu diperlukan untuk pembentukan sperma. Di dalam testis ada ratusan saluran berkelok-kelok, **tubulus seminiferus**, tempat sperma dibentuk. Di dindingnya terdapat **sel Sertoli** yang memberi makan dan melindungi calon sperma. Di antara tubulus terdapat **sel Leydig** (sel interstisial) yang membuat hormon **testosteron** dan melepasnya ke darah.

Perjalanan sperma dari tempat dibuat sampai keluar tubuh:

1. **Tubulus seminiferus** di testis: sperma dibentuk.
2. **Epididimis** (2): saluran panjang berkelok di permukaan testis. Sperma disimpan di sini dan menjadi matang, yaitu mampu bergerak, selama beberapa minggu.
3. **Vas deferens** (3): saluran sperma yang naik dari skrotum ke rongga panggul, melingkari kandung kemih.
4. **Saluran ejakulasi** (6): tempat vas deferens bergabung dengan saluran vesikula seminalis, menembus kelenjar prostat.
5. **Uretra** (9): saluran di dalam penis yang dipakai bersama untuk mengeluarkan urine dan semen, tetapi tidak pada waktu yang bersamaan.

Sepanjang jalan, tiga kelenjar menambahkan cairan sehingga terbentuk **semen** (air mani):

Kelenjar	Sumbangan pada semen
Vesikula seminalis (5)	cairan kental berisi **gula fruktosa**, sumber energi bagi sperma; bagian terbesar volume semen

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

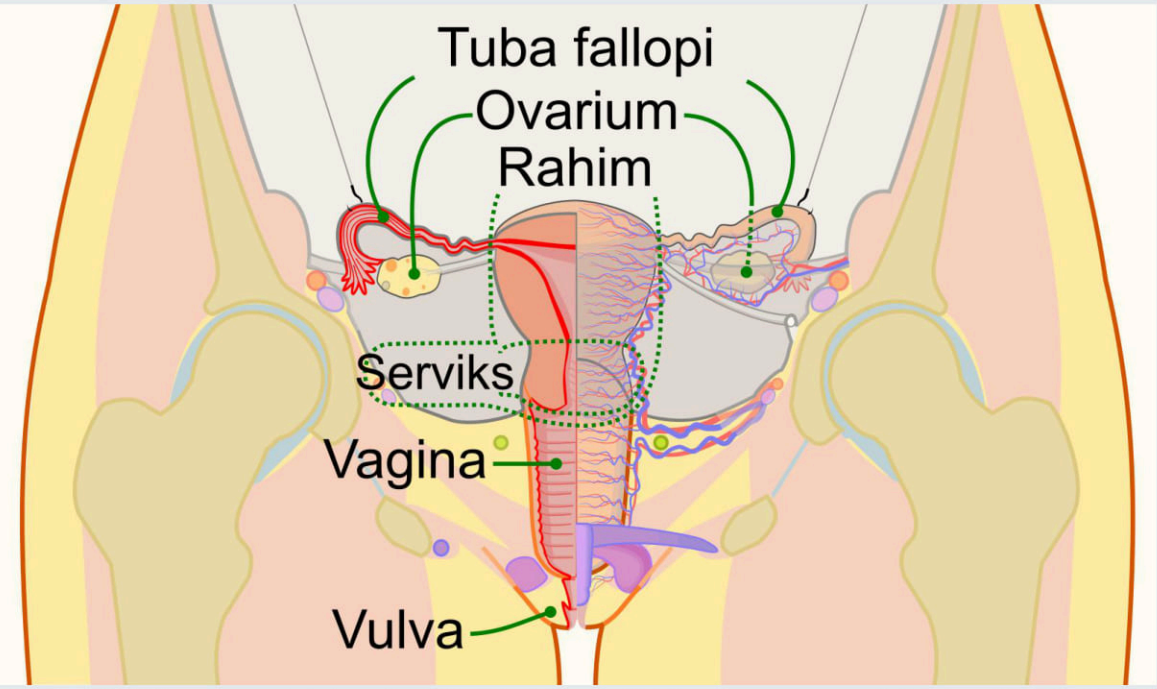
Kelenjar prostat (4)	cairan encer yang agak basa, membantu sperma bertahan dari suasana asam di vagina
Kelenjar bulbouretra atau Cowper (7)	lendir bening yang membersihkan dan melumasi uretra sebelum semen lewat

Jadi sebagian besar volume semen bukan sperma, melainkan cairan kelenjar. Satu kali ejakulasi mengeluarkan sekitar 2–5 mL semen yang berisi puluhan sampai ratusan juta sperma.

Sebuah **sperma** terdiri atas tiga bagian. **Kepala** berisi inti dengan 23 kromosom dan ditudungi **akrosom**, kantong enzim untuk menembus lapisan pelindung sel telur. **Bagian tengah** penuh mitokondria yang menyediakan energi. **Ekor** (flagelum) bergetar sehingga sperma dapat berenang.

2. Organ reproduksi wanita

Gambar 3.44 memperlihatkan organ reproduksi wanita dari depan. Bagian kiri gambar memperlihatkan penampang (dibelah), bagian kanan memperlihatkan permukaan luar dengan pembuluh darahnya.



Gambar 3.44 Organ reproduksi wanita dilihat dari depan, di dalam rongga panggul. Sumber: CDC dan Mysid, Wikimedia Commons, domain publik; label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Organ	Struktur	Fungsi
Ovarium (indung telur)	sepasang, sebesar buah kenari, berisi ribuan **folikel** (kantong sel berisi satu calon sel telur)	mematangkan sel telur; menghasilkan **estrogen** dan **progesteron**
Tuba fallopi (saluran telur)	sepasang; ujungnya melebar seperti corong berjumbai (**fimbria**) di dekat ovarium; dindingnya bersilia	menangkap sel telur; tempat **fertilisasi** biasanya terjadi; mengalirkan calon embrio ke rahim
Rahim (uterus)	berdinding otot tebal (**miometrium**); lapisan dalamnya disebut **endometrium**, kaya pembuluh darah	tempat embrio menempel (**implantasi**) dan tumbuh; otot berkontraksi saat persalinan
Serviks (leher rahim)	bagian bawah rahim yang sempit; menghasilkan lendir	lendirnya menjadi encer di sekitar ovulasi sehingga sperma mudah lewat; jalan lahir
Vagina	saluran berotot dari serviks ke luar tubuh	tempat masuknya sperma; jalan lahir; jalan keluar darah menstruasi
Vulva	bagian luar	melindungi lubang vagina dan uretra

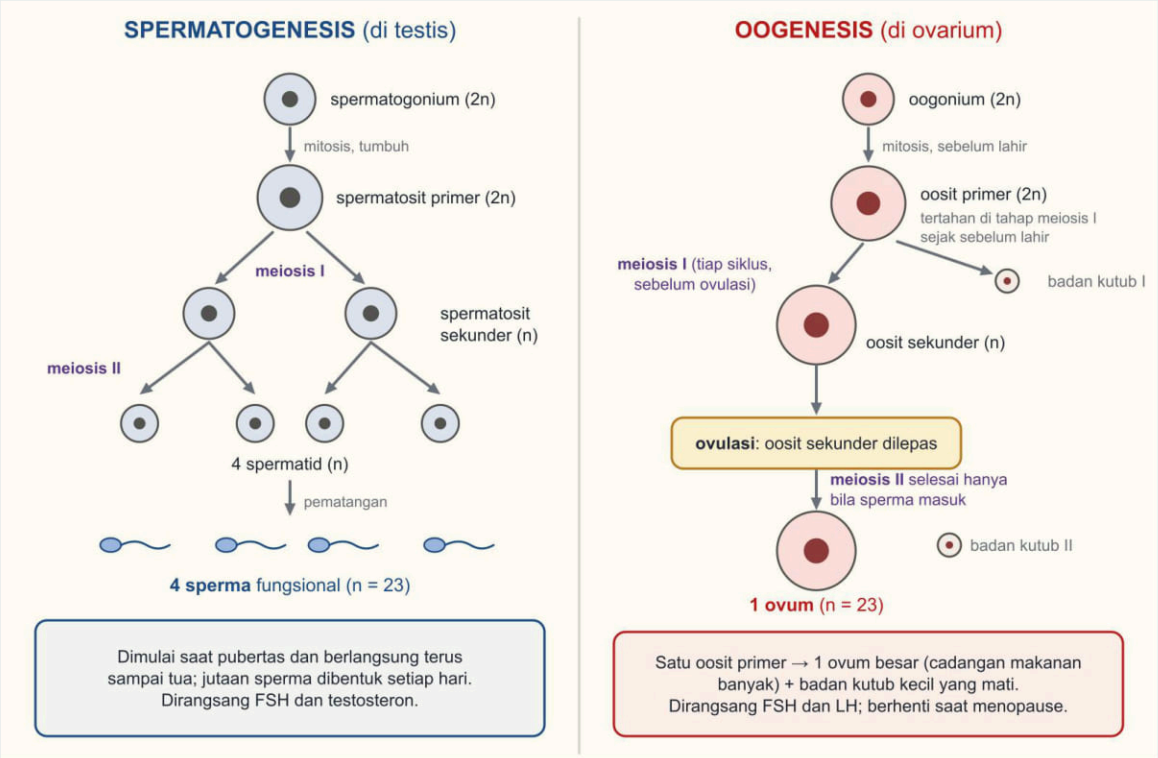
Perhatikan bahwa ovarium **tidak tersambung langsung** dengan tuba fallopi. Sel telur yang dilepas ovarium "ditangkap" oleh gerakan fimbria lalu didorong silia ke dalam tuba.

3. Gametogenesis: pembentukan sel kelamin

Sel tubuh manusia mempunyai 46 kromosom (**diploid**, 2n). Bila sperma dan sel telur masing-masing juga berisi 46 kromosom, anaknya akan mempunyai 92 kromosom. Karena itu sel kelamin dibentuk lewat **meiosis**, pembelahan yang mengurangi jumlah kromosom menjadi separuhnya: 23 kromosom (**haploid**, n). Pembentukan sel kelamin disebut **gametogenesis** (Gambar 3.45).

Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.45 Spermatogenesis menghasilkan empat sperma dari satu spermatosit primer, sedangkan oogenesis menghasilkan satu ovum dan badan kutub. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Spermatogenesis di tubulus seminiferus:

1. **Spermatogonium** (2n) membelah secara mitosis berulang kali, sehingga persediaannya tidak pernah habis.
2. Sebagian spermatogonium tumbuh menjadi **spermatosit primer** (2n).
3. **Meiosis I** menghasilkan dua **spermatosit sekunder** (n).
4. **Meiosis II** menghasilkan empat **spermatid** (n).
5. Spermatid mengalami pematangan bentuk menjadi empat **sperma** yang berekor.

Spermatogenesis dimulai saat pubertas dan berlangsung terus sampai usia tua. Satu siklus pembentukan memerlukan sekitar dua bulan, dan setiap hari jutaan sperma baru dibuat.

Oogenesis di ovarium berbeda dalam tiga hal:

1. **Dimulai sebelum lahir.** Oogonium memperbanyak diri hanya selama masa janin, lalu berubah menjadi **oosit primer** (2n) yang berhenti di tengah meiosis I. Seorang bayi perempuan lahir dengan seluruh persediaan oosit seumur hidupnya.
2. **Pembagian sitoplasma tidak sama.** Saat pubertas, setiap siklus satu oosit primer menyelesaikan meiosis I sebelum ovulasi, menghasilkan satu **oosit sekunder** (n) yang besar dan satu **badan kutub** kecil. Meiosis II baru selesai bila sperma masuk, menghasilkan satu **ovum** dan satu badan kutub lagi. Badan kutub kemudian mati. Dengan cara ini, satu sel telur mendapat hampir semua cadangan makanan.
3. **Berhenti saat menopause.** Sekitar usia 45–55 tahun, persediaan folikel habis, ovulasi berhenti, dan menstruasi tidak terjadi lagi.

Yang dilepas saat ovulasi sebenarnya adalah oosit sekunder, tetapi dalam percakapan sehari-hari ia biasa disebut sel telur.

4. Hormon reproduksi

Hipotalamus melepas **GnRH** (hormon pelepas gonadotropin) yang merangsang hipofisis anterior melepas dua hormon, **FSH** dan **LH**. Keduanya bekerja pada **gonad**, yaitu testis dan ovarium.

Pada **pria**:

1. **LH** merangsang **sel Leydig** membuat **testosteron**.
2. **FSH** bersama testosteron merangsang **sel Sertoli** sehingga spermatogenesis berlangsung.
3. Testosteron yang cukup **menekan** pelepasan GnRH, FSH, dan LH. Inilah umpan balik negatif yang sama polanya dengan poros tiroid (sub bab 3.5).
4. Testosteron juga memunculkan ciri kelamin sekunder pria saat pubertas: suara membesar, tumbuh jakun, kumis, dan rambut tubuh, otot dan tulang lebih besar.

Pada **wanita**, FSH merangsang folikel tumbuh, LH memicu ovulasi, sedangkan ovarium menghasilkan:

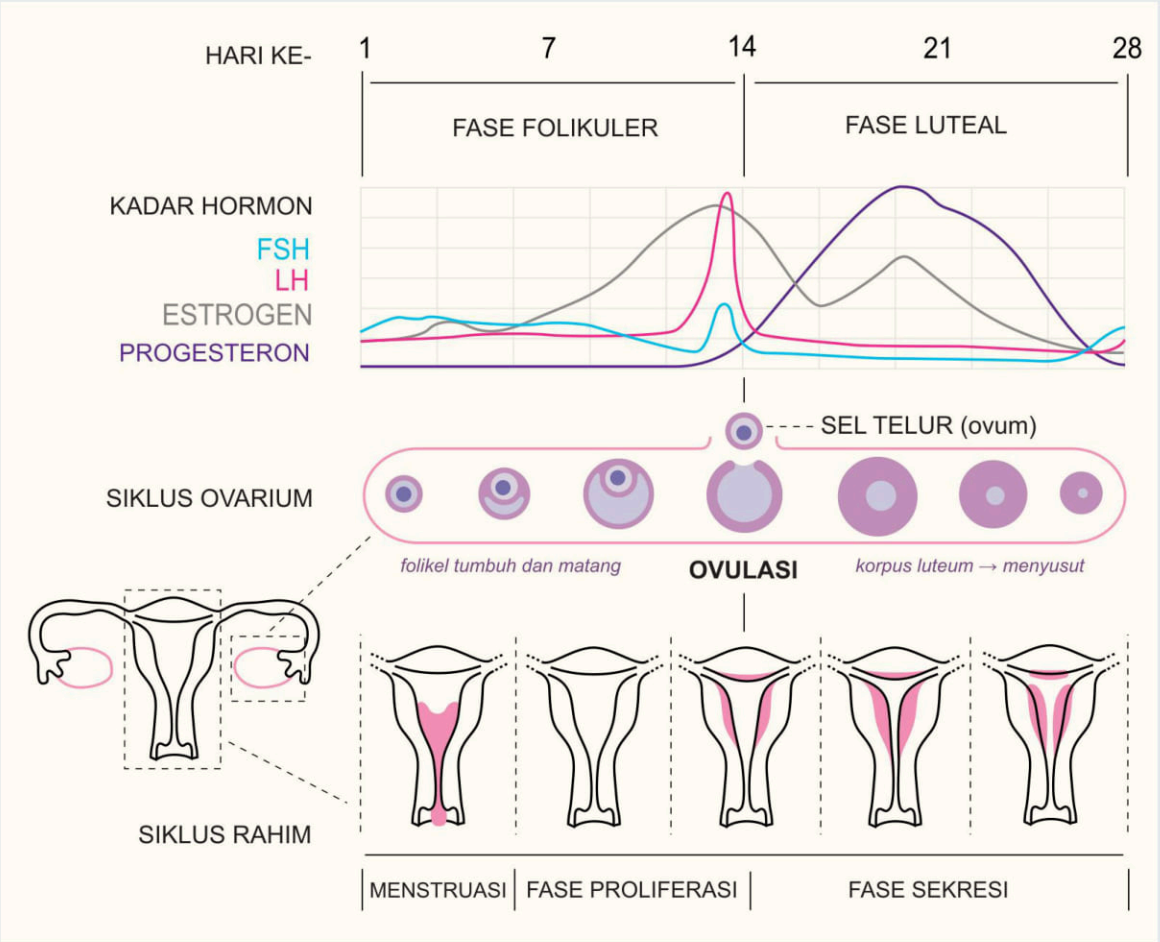
- **estrogen** (terutama dari folikel yang sedang tumbuh): menebalkan endometrium, mengencerkan lendir serviks, memunculkan ciri kelamin sekunder wanita (payudara tumbuh, panggul melebar);

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **progesteron** (terutama dari **korpus luteum**, sisa folikel setelah ovulasi): mempertahankan endometrium yang tebal dan siap menerima embrio, serta mengentalkan lendir serviks.

5. Siklus menstruasi

Sejak pubertas sampai menopause, tubuh wanita menyiapkan diri untuk kehamilan setiap bulan. Persiapan berulang ini disebut **siklus menstruasi**. Panjangnya rata-rata 28 hari, tetapi siklus 21–35 hari masih dianggap normal. Hari pertama haid dihitung sebagai **hari ke-1**. Siklus ini melibatkan tiga hal yang berjalan serempak: kadar hormon, keadaan folikel di ovarium (**siklus ovarium**), dan keadaan endometrium (**siklus rahim**). Gambar 3.46 menyejajarkan ketiganya.



Gambar 3.46 Siklus menstruasi 28 hari: kadar hormon FSH, LH, estrogen, dan progesteron (atas), perkembangan folikel di ovarium (tengah), dan ketebalan endometrium (bawah). Sumber: Isometrik, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; diubah: panel suhu tubuh dihilangkan, label diterjemahkan ke bahasa Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Ikuti tahapnya dari kiri ke kanan:

1. **Fase menstruasi (±hari 1–5).** Estrogen dan progesteron rendah. Tanpa dukungan hormon, endometrium yang tebal dari siklus sebelumnya luruh dan keluar bersama darah. Kadar hormon yang rendah juga melepaskan hambatan pada hipofisis, sehingga FSH mulai naik.
2. **Fase folikuler atau fase proliferasi (±hari 6–13).** FSH merangsang beberapa folikel tumbuh; biasanya hanya satu yang terus matang. Folikel yang tumbuh menghasilkan **estrogen** yang makin lama makin tinggi. Estrogen membangun kembali endometrium (proliferasi = perbanyakan sel).
3. **Fase ovulasi (±hari 14).** Ketika estrogen mencapai puncak dan bertahan tinggi, ia tidak lagi menekan, tetapi justru **merangsang** hipofisis. Terjadilah **lonjakan LH** yang tajam (disertai kenaikan FSH yang lebih kecil). Sekitar satu hari setelah lonjakan LH, folikel matang pecah dan melepas sel telur. Inilah **ovulasi**. Ini salah satu contoh umpan balik positif.
4. **Fase luteal atau fase sekresi (±hari 15–28).** Sisa folikel berubah menjadi **korpus luteum** ("badan kuning") yang menghasilkan **progesteron** dalam jumlah besar dan sedikit estrogen. Progesteron memuncak sekitar seminggu setelah ovulasi. Endometrium menjadi tebal, kaya pembuluh darah dan kelenjar yang menghasilkan cairan bergizi. Progesteron dan estrogen yang tinggi menekan FSH dan LH, sehingga folikel baru tidak tumbuh.

- **Bila tidak terjadi kehamilan**, korpus luteum menyusut setelah sekitar 10–12 hari. Progesteron dan estrogen turun tajam, endometrium kehilangan dukungannya, dan siklus kembali ke fase menstruasi.
- **Bila terjadi kehamilan**, korpus luteum dipertahankan (bagian 6).

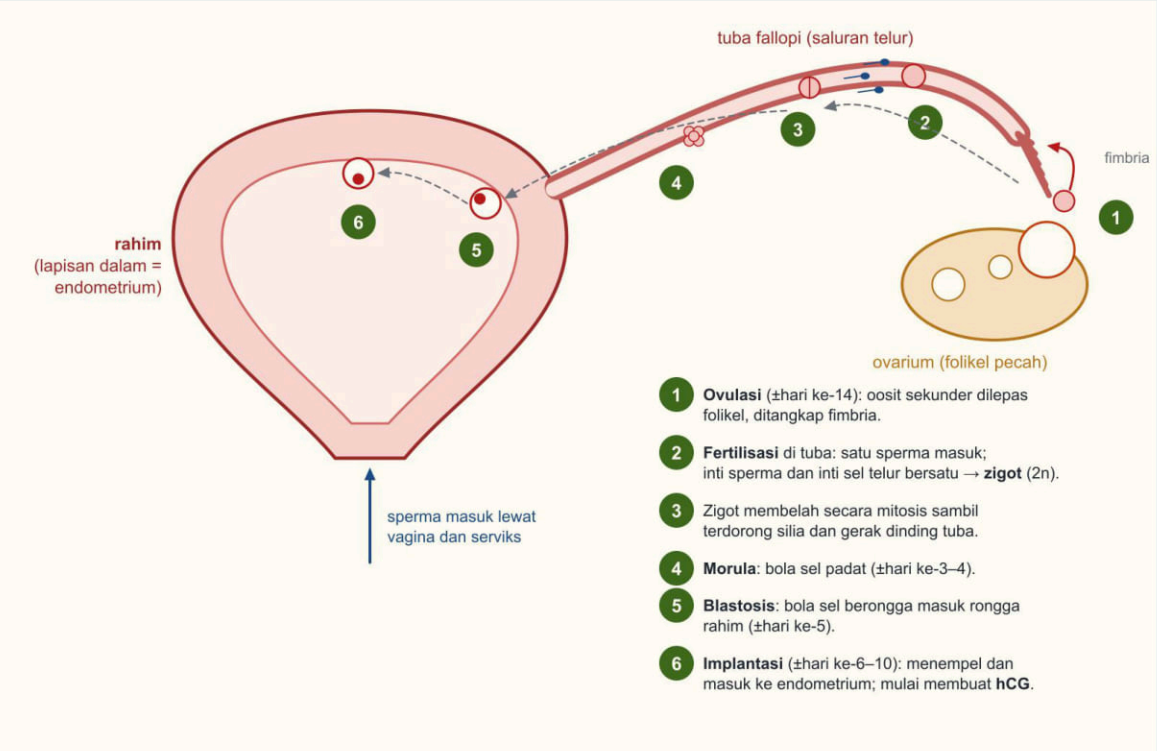
Urutan puncak hormonnya penting: **estrogen memuncak dulu → lonjakan LH → ovulasi → progesteron memuncak di fase luteal**. Fase luteal relatif tetap lamanya, sekitar 14 hari. Perbedaan panjang siklus antarperempuan terutama berasal dari fase folikuler.

Pada masa remaja, siklus sering belum teratur karena poros hipotalamus–hipofisis–ovarium masih menyesuaikan diri. Stres berat, penurunan berat badan yang drastis, dan olahraga yang sangat berat juga dapat mengganggu keteraturan siklus.

6. Fertilisasi, implantasi, dan kehamilan

Gambar 3.47 menelusuri perjalanan sel telur dari ovarium sampai menempel di dinding rahim.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.47 Lintasan sel telur: ovulasi, fertilisasi di tuba fallopi, pembelahan zigot, sampai implantasi di endometrium. Ukuran sel diperbesar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **Ovulasi.** Sel telur dilepas dan ditangkap fimbria. Sel telur hanya dapat dibuahi sekitar 12–24 jam setelah ovulasi.
2. **Perjalanan sperma.** Dari ratusan juta sperma yang masuk ke vagina, hanya sebagian kecil yang berhasil melewati serviks dan rahim sampai ke tuba. Sperma dapat bertahan hidup di saluran reproduksi wanita sampai sekitar 3–5 hari.
3. **Fertilisasi (pembuahan)**, biasanya di sepertiga bagian atas tuba fallopi. Enzim dari akrosom membantu sperma menembus lapisan pelindung sel telur. Begitu **satu** sperma masuk, lapisan luar sel telur berubah sehingga sperma lain tertolak. Meiosis II sel telur selesai, lalu inti sperma (n) dan inti sel telur (n) bersatu membentuk **zigot** (2n = 46 kromosom). Jenis kelamin anak ditentukan saat ini oleh kromosom kelamin yang dibawa sperma (X atau Y).
4. **Pembelahan.** Zigot membelah secara mitosis menjadi 2, 4, 8 sel, dan seterusnya, sambil didorong silia dan gerakan dinding tuba menuju rahim. Sekitar hari ke-3–4 terbentuk **morula** (bola sel padat), lalu sekitar hari ke-5 **blastosis** (bola sel berongga) masuk ke rongga rahim.
5. **Implantasi.** Sekitar hari ke-6 sampai ke-10 setelah fertilisasi, blastosis menempel dan masuk ke endometrium yang sudah tebal karena progesteron.
6. **Hormon kehamilan.** Lapisan luar embrio mulai membuat hormon **hCG** (*human chorionic gonadotropin*). hCG mempertahankan korpus luteum agar terus membuat progesteron, sehingga endometrium tidak luruh dan menstruasi tidak terjadi. hCG dikeluarkan bersama urine; inilah zat yang dideteksi alat uji kehamilan. Sekitar akhir bulan ketiga, **plasenta** sudah mampu membuat progesteron sendiri, dan korpus luteum tidak lagi diperlukan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Plasenta terbentuk dari jaringan embrio dan jaringan rahim ibu, dan dihubungkan ke janin oleh **tali pusat**. Di plasenta, darah janin dan darah ibu mengalir sangat berdekatan tetapi **tidak bercampur**. Oksigen, glukosa, asam amino, vitamin, mineral, dan antibodi IgG berpindah dari darah ibu ke darah janin; karbon dioksida dan urea berpindah dari janin ke ibu. Karena semua kebutuhan janin datang dari darah ibu, keadaan darah dan gizi ibu langsung memengaruhi janin. Itulah sebabnya ibu hamil dianjurkan makan bergizi dan minum tablet tambah darah, sebab kebutuhan zat besi naik selama kehamilan. Sayangnya, sebagian zat berbahaya seperti alkohol, nikotin dari rokok, dan beberapa virus juga dapat melewati plasenta.

Kehamilan berlangsung sekitar 38–40 minggu. Persalinan dipicu oleh kontraksi rahim yang diperkuat **oksitosin** lewat umpan balik positif (sub bab 3.5). Setelah bayi lahir, **prolaktin** merangsang pembuatan ASI dan oksitosin mengalirkannya saat bayi menyusu.

7. Kontrasepsi: memutus satu titik rantai

Kehamilan memerlukan rantai peristiwa yang utuh: **sel telur dilepas → sperma masuk dan bertemu sel telur → fertilisasi → implantasi**. Setiap cara kontrasepsi (cara mencegah kehamilan) memutus rantai itu pada titik tertentu, sedangkan bagian rantai yang lain tetap berjalan.

Cara	Titik yang diputus	Cara kerja
Kondom	sperma bertemu sel telur	penghalang yang menampung semen
Kontrasepsi hormon (pil, suntik, implan)	sel telur dilepas	hormon sintetis mencegah ovulasi dan mengentalkan lendir serviks
Alat kontrasepsi dalam rahim (AKDR atau IUD)	sperma bertemu sel telur; implantasi	menurunkan kemampuan sperma bergerak dan membuat rahim tidak cocok untuk implantasi
Tubektomi (pada wanita) dan vasektomi (pada pria)	sperma bertemu sel telur	saluran telur atau saluran sperma dipotong dan diikat secara permanen
Pantang berkala (sistem kalender)	sperma bertemu sel telur	tidak berhubungan pada masa subur; kurang andal karena ovulasi tidak selalu tepat waktu

Kondom juga satu-satunya cara dalam tabel yang ikut mengurangi penularan infeksi menular seksual. Di Indonesia, layanan kontrasepsi diberikan melalui program Keluarga Berencana (KB).

8. Gangguan dan kesehatan reproduksi

Gangguan kesuburan. Pasangan disebut kurang subur bila belum terjadi kehamilan setelah sekitar satu tahun berhubungan teratur tanpa kontrasepsi. Penyebabnya dapat berasal dari pihak pria, wanita, atau keduanya. Cara berpikirnya sama dengan kontrasepsi: **cari titik rantai yang terganggu**.

Letak masalah	Contoh penyebab	Arah solusi
Sel telur tidak dilepas atau jarang dilepas	ketidakseimbangan hormon yang mengatur ovulasi	memulihkan ovulasi dengan memperbaiki penyebabnya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Saluran tersumbat	jaringan parut pada tuba setelah infeksi; sumbatan saluran sperma	membuka saluran, atau mempertemukan sperma dan sel telur di luar tubuh (bayi tabung) lalu menanamkan embrio ke rahim
Sperma sedikit, lemah, atau bentuknya tidak normal	gangguan hormon, suhu testis terlalu tinggi, rokok, alkohol	memperbaiki penyebab; teknik reproduksi berbantu
Rahim tidak mendukung implantasi	gangguan endometrium	penanganan medis sesuai penyebab

Solusi yang baik **memperbaiki** titik yang bermasalah atau **melewatinya dengan aman**. Tindakan yang merusak organ yang masih berfungsi, atau yang memberi hormon tanpa hubungan dengan titik yang terganggu, tidak menyasar penyebabnya.

Infeksi menular seksual (IMS), misalnya gonore, sifilis, dan HIV, menular lewat hubungan seksual. Sebagian IMS dapat menimbulkan jaringan parut di saluran reproduksi sehingga menyebabkan kurang subur. Infeksi **HPV** (*human papillomavirus*) yang menetap berkaitan dengan **kanker serviks**, salah satu kanker yang paling banyak pada perempuan Indonesia; deteksi dini dan vaksinasi membantu mencegahnya.

Kesehatan reproduksi remaja. Remaja putri kehilangan darah setiap menstruasi, sehingga rentan anemia (sub bab 3.1); karena itu ada program tablet tambah darah di sekolah. Kehamilan pada usia remaja berisiko lebih tinggi bagi ibu dan bayi, karena tubuh ibu belum siap sepenuhnya. Menjaga kebersihan organ reproduksi, gizi yang cukup, dan menghindari pergaulan berisiko adalah bagian dari menjaga kesehatan reproduksi.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Masa subur pada siklus yang berbeda

Nadia memiliki siklus menstruasi yang teratur 28 hari, sedangkan kakaknya teratur 32 hari. Perkirakan hari ovulasi dan masa subur masing-masing. Anggap fase luteal 14 hari, sel telur dapat dibuahi sekitar 1 hari setelah ovulasi, dan sperma dapat bertahan hidup sampai sekitar 5 hari. *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Mulai dari bagian yang tetap: fase luteal sekitar 14 hari dan diakhiri menstruasi berikutnya. Jadi ovulasi terjadi sekitar **14 hari sebelum** haid berikutnya, bukan selalu "hari ke-14". Cara cepatnya: hari ovulasi ≈ panjang siklus − 14.
2. Siklus 28 hari: ovulasi sekitar hari ke-28 − 14 = **hari ke-14**.
3. Siklus 32 hari: ovulasi sekitar hari ke-32 − 14 = **hari ke-18**.
4. Masa subur dimulai sekitar 5 hari sebelum ovulasi (sperma yang masuk lebih awal masih hidup saat sel telur dilepas) dan berakhir sekitar 1 hari setelah ovulasi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Siklus 28 hari: masa subur sekitar **hari ke-9 sampai ke-15**. Siklus 32 hari: sekitar **hari ke-13 sampai ke-19**. Nadia dan kakaknya sama-sama mempunyai masa subur sekitar 7 hari, hanya letaknya yang bergeser.

Kesimpulan: siklus yang lebih panjang menggeser ovulasi dan masa subur ke hari yang lebih akhir, karena yang memanjang adalah fase folikuler. Hitungan ini hanya perkiraan; ovulasi dapat bergeser karena stres atau sakit.

Contoh 2 — Menghitung hasil gametogenesis

Bayangkan 25 spermatosit primer dan 25 oosit primer menyelesaikan seluruh tahap pembelahannya. Berapa sel kelamin fungsional yang dihasilkan, dan berapa jumlah kromosom pada spermatosit primer, spermatosit sekunder, dan sperma?

1. Satu spermatosit primer → meiosis I → 2 spermatosit sekunder → meiosis II → 4 spermatid → 4 sperma (Gambar 3.45). Jadi 25 × 4 = **100 sperma**.
2. Satu oosit primer → meiosis I → 1 oosit sekunder + 1 badan kutub → meiosis II → **1 ovum** + badan kutub. Jadi 25 oosit primer → **25 ovum**. Badan kutub tidak berfungsi sebagai sel kelamin.
3. Spermatosit primer belum mengalami meiosis: **46 kromosom** (2n).
4. Meiosis I memisahkan pasangan kromosom: spermatosit sekunder berisi **23 kromosom** (n).
5. Meiosis II memisahkan salinan kromosom tanpa mengurangi jumlah kromosomnya lagi: sperma berisi **23 kromosom** (n).

Jawaban: 100 sperma dan 25 ovum; jumlah kromosom 46 → 23 → 23. Perbedaan jumlah hasil terjadi karena pada oogenesis sitoplasma dibagi tidak sama agar satu ovum mendapat cadangan makanan yang besar.

Contoh 3 — Memetakan tiga cara kontrasepsi

Tiga pasangan memakai cara berbeda: pasangan A memakai kondom, pasangan B memakai AKDR, dan pada pasangan C sang istri menjalani tubektomi. Untuk setiap pasangan, tentukan titik rantai yang diputus, lalu apakah ovulasi dan menstruasi sang istri tetap terjadi.

1. Tulis rantainya: ovulasi → sperma bertemu sel telur di tuba → fertilisasi → implantasi → kehamilan.
2. **Kondom** menampung semen sehingga sperma tidak masuk ke vagina. Titik yang diputus: pertemuan sperma dan sel telur. Kondom tidak menyentuh hormon sang istri, jadi ovulasi dan menstruasi tetap terjadi.
3. **AKDR** berada di rongga rahim. Ia menurunkan kemampuan sperma dan membuat endometrium tidak cocok untuk implantasi. Hipotalamus, hipofisis, dan ovarium tetap bekerja, sehingga ovulasi dan menstruasi tetap terjadi.
4. **Tubektomi** memotong dan mengikat kedua tuba fallopi. Sel telur yang dilepas tidak dapat bertemu sperma. Ovarium tidak diangkat, sehingga folikel tetap tumbuh, estrogen dan progesteron tetap dibuat, ovulasi tetap terjadi, dan endometrium tetap menebal lalu luruh. Menstruasi tetap terjadi.
5. Sel telur yang tidak dibuahi pada pasangan C akan mati dan diserap tubuh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

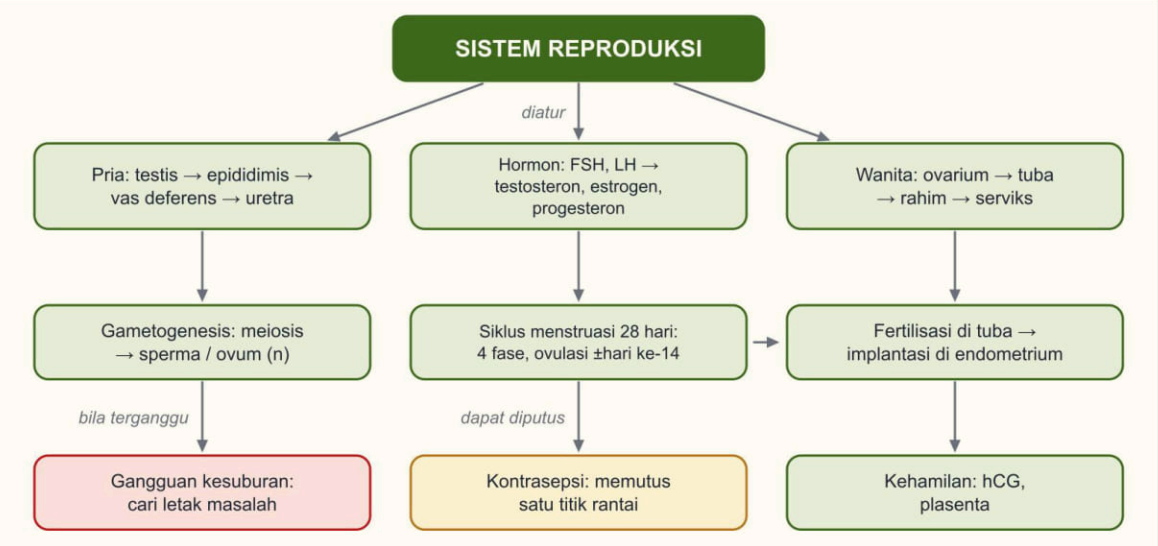
Kesimpulan: ketiga cara memutus rantai di titik pertemuan sperma–sel telur atau implantasi, bukan di ovarium; karena itu pada ketiga pasangan ovulasi dan menstruasi tetap berjalan.

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Pria: testis (tubulus seminiferus membuat sperma, sel Leydig membuat testosteron) → epididimis (pematangan) → vas deferens → saluran ejakulasi → uretra; semen sebagian besar berasal dari vesikula seminalis dan prostat.
- Wanita: ovarium (folikel, estrogen, progesteron) → fimbria dan tuba fallopi (tempat fertilisasi) → rahim (implantasi di endometrium) → serviks → vagina.
- Gametogenesis lewat meiosis: 1 spermatosit primer → 4 sperma; 1 oosit primer → 1 ovum + badan kutub; jumlah kromosom 46 → 23.
- Siklus: FSH → folikel → estrogen naik → lonjakan LH → ovulasi → korpus luteum → progesteron → bila tidak hamil, hormon turun dan endometrium luruh.
- Kehamilan: fertilisasi di tuba → implantasi → hCG mempertahankan korpus luteum → plasenta mengambil alih; darah ibu dan janin tidak bercampur.
- Kontrasepsi dan gangguan kesuburan dianalisis dengan mencari titik rantai yang diputus atau terganggu, lalu apa yang tetap berjalan.

Bagan pada Gambar 3.48 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 3.48 Peta konsep sistem reproduksi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sistem reproduksi:

1. **Tentukan letak masalahnya**: organ (saluran, ovarium, testis, rahim) atau hormon.
2. **Gambar rantainya**: hipotalamus → hipofisis (FSH, LH) → ovarium atau testis → sel kelamin → saluran → fertilisasi → implantasi.
3. **Tandai titik yang dibicarakan**, lalu tanyakan dua hal: apa yang **terhalang** dan apa yang **tetap berjalan**.
4. **Untuk solusi**, tanyakan: apakah tindakan ini memperbaiki titik yang bermasalah atau melewatinya dengan aman? Pada soal pilihan jamak, nilai setiap pilihan sendiri-sendiri.
5. **Untuk grafik hormon**, cari puncak estrogen, lonjakan LH, dan puncak progesteron, lalu urutkan dan hubungkan dengan fase siklus.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Organ yang masih berfungsi dianggap rusak semua**, misalnya ovarium berkista "tidak akan berfungsi lagi" sehingga harus diangkat.
- **Hormon yang salah dipilih sebagai solusi**, misalnya hormon yang tidak berperan dalam memicu ovulasi.
- **Fungsi hemoglobin dilebarkan** ke pembekuan darah atau melawan kuman.
- **Fase siklus tertukar**: progesteron dikatakan memuncak sebelum ovulasi.
- **Testosteron dikira dibuat di prostat**, atau semen dikira seluruhnya sperma.
- **Tempat fertilisasi dikira di rahim.** Fertilisasi biasanya di tuba fallopi; rahim adalah tempat implantasi.
- **Ovulasi dikira selalu hari ke-14** pada siklus yang panjangnya berbeda. Yang relatif tetap adalah fase luteal.
- **Memutus saluran dikira menghentikan hormon.** Tubektomi atau vasektomi tidak menghentikan kerja ovarium atau testis sebagai kelenjar hormon.

> Contoh salah tafsir: seorang pria yang saluran spermanya tersumbat di kedua sisi dikatakan "tidak dapat lagi menghasilkan sperma sama sekali". Keliru. Sperma tetap **dibentuk** di testis; yang terhalang adalah jalannya menuju uretra. Karena itu, salah satu solusinya adalah mengambil sperma langsung dari testis atau epididimis untuk teknik reproduksi berbantu.

● BEDAH SOAL ASLI

Dua soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Keduanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 18 (sindrom ovarium polikistik, MCMA, 22 % benar). Dini mengalami siklus haid yang tidak teratur (2–4 bulan sekali), berjerawat, berat badannya naik, dan ovariumnya berkista. Kamu diminta memilih **semua** solusi yang tepat agar ia dapat hamil.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Konsep kunci: siklus menstruasi dan hormon pemicu ovulasi (bagian 4–5) serta gangguan kesuburan dan solusinya (bagian 8).
- Langkah: tentukan letak masalah (haid jarang berarti ovulasi jarang) → nilai setiap solusi dengan pertanyaan "apakah ini memperbaiki atau melewati masalah ovulasi dengan aman?".
- Pengecoh yang dipasang: hormon yang tidak membantu ovulasi tetapi terdengar "mengatur haid", dan tindakan pengangkatan ovarium yang didasarkan pada anggapan keliru bahwa ovarium berkista pasti tidak berfungsi. Karena jawabannya lebih dari satu, setiap pilihan harus dinilai sendiri-sendiri.

Rujukan: soal nomor 18 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 20 (ibu hamil dengan hemoglobin rendah, PG, 43 % benar). Bu Mita yang hamil 6 bulan sering lemas, gerakan janinnya melemah, dan hemoglobinnya 7 g/dL (normal di atas 11). Ia jarang makan daging dan sayuran hijau. Kamu diminta menjelaskan pengaruh kondisinya pada janin.

- Konsep kunci: fungsi hemoglobin (sub bab 3.1) dan pertukaran lewat plasenta (bagian 6).
- Langkah: tentukan fungsi hemoglobin → apa yang berkurang bila hemoglobin rendah → apa akibatnya bagi janin yang bergantung pada darah ibu.
- Pengecoh yang dipasang: pilihan yang memberi hemoglobin fungsi lain (pembekuan darah, melawan kuman), dan pilihan yang mengubah kekentalan atau kecepatan aliran darah tanpa dasar.

Rujukan: soal nomor 20 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

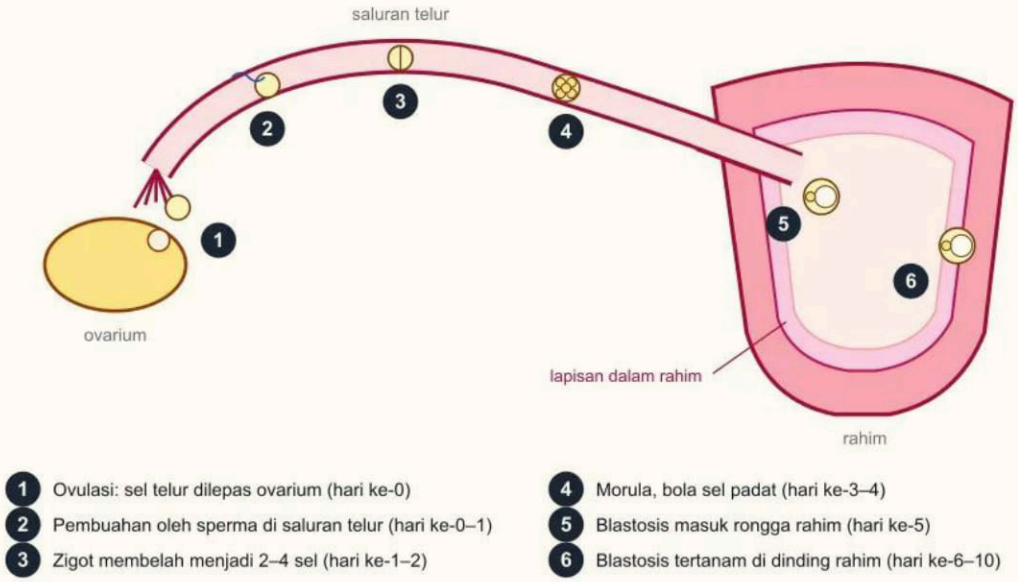
Soal berikut menyajikan tahap-tahap perjalanan sel telur sampai tertanam di dinding rahim. Perhatikan cara hasil pemeriksaan dipakai untuk mencoret tahap yang berjalan normal sampai tersisa satu tahap yang terganggu (bagian 6, Gambar 3.47).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Gambar menunjukkan tahap-tahap perjalanan sel telur sampai tertanam di dinding rahim. Bu Fitri (34 tahun) pernah menjalani tindakan pembersihan rahim beberapa kali sehingga lapisan dalam rahimnya menjadi sangat tipis dan berparut. Pada 2026, pemeriksaan program hamil menunjukkan bahwa ovulasinya teratur, kedua saluran telurnya terbuka, dan sperma suaminya normal. Selama setahun, haidnya selalu datang tepat waktu dengan darah yang sangat sedikit, dan alat uji kehamilan, yang mendeteksi hormon hCG dari embrio yang sudah tertanam, selalu menunjukkan hasil negatif.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tahap yang paling mungkin terganggu pada Bu Fitri dan alasannya adalah ....

Perjalanan sel telur dari ovarium sampai tertanam di dinding rahim



1. Ovulasi: sel telur dilepas ovarium (hari ke-0)
2. Pembuahan oleh sperma di saluran telur (hari ke-0–1)
3. Zigot membelah menjadi 2–4 sel (hari ke-1–2)
4. Morula, bola sel padat (hari ke-3–4)
5. Blastosis masuk rongga rahim (hari ke-5)
6. Blastosis tertanam di dinding rahim (hari ke-6–10)

A. tahap 2, karena uji kehamilan yang selalu negatif membuktikan bahwa sel telur tidak pernah dibuahi oleh sperma
B. tahap 1, karena haid yang darahnya sangat sedikit menunjukkan bahwa ovarium tidak lagi melepaskan sel telur
C. tahap 5, karena parut bekas tindakan menyumbat ujung saluran telur sehingga blastosis gagal masuk ke rahim
D. tahap 6, karena blastosis sampai di rahim, tetapi lapisan dalam rahim yang tipis tidak mendukungnya tertanam
E. tahap 4, karena lapisan rahim yang tipis menghentikan pembelahan zigot ketika masih berada di saluran telur

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: setelah ovulasi, pembuahan terjadi di saluran telur. Zigot membelah menjadi morula lalu blastosis, yang masuk ke rongga rahim sekitar hari ke-5 dan **tertanam di lapisan dalam rahim (endometrium)** sekitar hari ke-6–10. Lapisan dalam rahim harus cukup tebal agar blastosis dapat tertanam. **Hormon hCG baru dibuat setelah embrio tertanam**, sehingga uji kehamilan yang negatif tidak dapat membedakan "tidak dibuahi" dari "dibuahi tetapi gagal tertanam".

Langkah 1 – Coret tahap yang terbukti normal. Ovulasi teratur (tahap 1 normal). Saluran telur terbuka dan sperma normal → pembuahan dan perjalanan embrio dapat berlangsung (tahap 2–5 tidak terhambat).
Langkah 2 – Cari tahap yang cocok dengan kelainannya. Lapisan dalam rahim tipis dan berparut (dibuktikan pula oleh darah haid yang sangat sedikit) → tempat tertanam tidak mendukung → tahap 6.
Langkah 3 – Pahami hasil uji kehamilan. Tanpa implantasi tidak ada hCG, sehingga uji selalu negatif dan haid tetap datang tepat waktu.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan waktu munculnya hCG: hCG baru ada setelah implantasi, jadi uji negatif tidak membuktikan pembuahan tidak terjadi.
• B ✗ — Jebakan salah baca data: ovulasi Bu Fitri teratur; darah haid sedikit berkaitan dengan lapisan rahim yang tipis.
• C ✗ — Data menyebut kedua saluran telur terbuka.
• D ✓ — Sesuai dengan kelainan lapisan dalam rahim dan tahap-tahap lain yang normal.
• E ✗ — Jebakan salah tempat: lapisan rahim tidak memengaruhi pembelahan zigot yang masih berada di saluran telur.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, gambar rantai hormon dan organnya, lalu tandai titik yang dibicarakan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Bu Laras (34 tahun) dan suaminya belum dikaruniai anak setelah tiga tahun menikah. Hasil pemeriksaan pada 2026: siklus haid Bu Laras teratur, USG menunjukkan ovulasi berlangsung normal, kedua saluran telurnya terbuka, dan sperma suaminya normal. Namun, di dinding rahimnya ditemukan mioma, yaitu benjolan jinak dari jaringan otot rahim, yang cukup besar dan menonjol ke rongga rahim. Lapisan dalam rahim di atas benjolan itu tidak rata dan aliran darahnya berkurang.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tahap yang paling mungkin terganggu sehingga Bu Laras sulit hamil adalah ....

A. pembentukan sel telur di indung telur terhambat karena benjolan itu menekan indung telur dari luar
B. sperma tidak dapat mencapai saluran telur karena benjolan itu menyumbat jalan masuk di leher rahim
C. ovulasi tertunda karena benjolan menghasilkan hormon yang menekan pematangan folikel di indung telur
D. pembuahan tidak terjadi karena sel telur dan sperma seharusnya bertemu di dalam rongga rahim
E. embrio sulit menempel dan tumbuh karena lapisan dalam rahim tidak rata dan kurang pasokan darah

2. Pak Yogi (30 tahun) dan istrinya belum memiliki anak. Lima tahun lalu ia terkena gondongan yang disertai radang pada kedua testisnya sehingga testisnya bengkak dan nyeri. Hasil pemeriksaan pada 2027: volume semen normal tetapi hampir tidak mengandung sperma, kedua testis lebih kecil dari normal, saluran sperma tidak tersumbat, dan kadar testosteron dalam darah normal. Kumis, suara berat, dan gairah seksualnya juga normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk hasil pemeriksaan Pak Yogi adalah ....

A. sel Leydig rusak oleh radang sehingga testosteron tidak cukup untuk merangsang pembentukan sperma
B. tubulus seminiferus rusak oleh radang, sedangkan sel Leydig di antara tubulus masih bekerja baik
C. hipofisis berhenti melepas LH sehingga testis tidak lagi dirangsang untuk membentuk sperma baru
D. vas deferens tersumbat jaringan parut sehingga sperma yang dibentuk tidak dapat keluar dari testis
E. kelenjar prostat rusak oleh radang sehingga cairan semen yang dihasilkannya tidak berisi sperma

3. Bu Ayu melahirkan anak pertamanya pada Januari 2026 dan memberikan ASI eksklusif: bayinya menyusu sesering mungkin siang dan malam tanpa susu formula. Hingga bulan keenam setelah melahirkan, Bu Ayu belum haid. Adiknya, Bu Ika, melahirkan pada bulan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

yang sama tetapi memberi susu formula sejak minggu kedua; ia sudah haid kembali pada bulan kedua. Bidan menjelaskan bahwa isapan bayi yang sering membuat hormon-hormon saat menyusui tetap tinggi, dan hormon tersebut menekan pelepasan FSH dan LH dari hipofisis.

Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa Bu Ayu belum haid adalah ....

A. rahim Bu Ayu belum pulih setelah persalinan sehingga dindingnya belum dapat menebal lalu meluruh
B. FSH dan LH yang tertekan membuat folikel tidak matang dan ovulasi tidak terjadi sehingga tidak haid
C. ovulasi tetap terjadi, tetapi progesteron korpus luteum terus tinggi sehingga dinding rahim tidak luruh
D. estrogen sangat tinggi selama menyusui sehingga dinding rahim terus menebal tanpa pernah meluruh
E. semua sel telur Bu Ayu sudah habis terpakai selama hamil sehingga ovariumnya berhenti bekerja

4. Nadia (19 tahun), atlet lari jarak jauh, berlatih sangat berat dua kali sehari menjelang kejuaraan 2027 dan membatasi makannya agar tubuhnya ringan. Lemak tubuhnya turun jauh di bawah normal, dan sejak enam bulan terakhir haidnya berhenti. Pemeriksaan menunjukkan kadar FSH, LH, dan estrogen rendah, rahim dan ovarium berbentuk normal, dan Nadia tidak hamil. Dokter menyarankan Nadia menambah asupan makanan dan mengurangi latihan. Tiga bulan kemudian haidnya kembali teratur.

Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Haid Nadia berhenti karena rangsangan hormon dari hipofisis ke ovarium berkurang, bukan karena ovariumnya rusak.	○	○
Rendahnya FSH dan LH pada Nadia adalah umpan balik negatif yang wajar karena kadar estrogennya rendah.	○	○
Selama haidnya berhenti, ovulasi kemungkinan besar juga tidak terjadi sehingga peluang Nadia untuk hamil menurun.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Bu Laila (33 tahun) dan suaminya belum memiliki anak setelah lima tahun menikah. Pemeriksaan menunjukkan kedua saluran telur Bu Laila tersumbat akibat infeksi lama, sedangkan haid dan ovulasinya teratur, rahimnya normal, dan sperma suaminya normal. Pada 2026 mereka menjalani program bayi tabung. Beberapa sel telur diambil langsung dari ovarium dengan jarum, dipertemukan dengan sperma di cawan laboratorium, lalu satu embrio berumur lima hari dimasukkan ke rongga rahim melalui leher rahim. *Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.*

Alasan yang paling tepat mengapa cara tersebut dapat menghasilkan kehamilan pada Bu Laila adalah ....

A. embrio dari cawan dapat tertanam di ovarium yang sehat sehingga saluran telur yang tersumbat tidak lagi diperlukan
B. pembuahan dan perjalanan embrio yang biasanya di saluran telur dilewati, sedangkan implantasi tetap di rahim
C. pengambilan sel telur langsung dari ovarium memulihkan ovulasi Bu Laila yang terhambat oleh sumbatan saluran telur
D. embrio yang dimasukkan ke rahim tidak memerlukan progesteron karena embrio itu sudah membuat hormon sendiri di cawan
E. sperma suami dibantu menembus sel telur di cawan sehingga kelainan sperma yang menjadi penyebab utama dapat diatasi

Kunci singkat: 1. E 2. B 3. B 4. 1B 2S 3B 5. B

✔ PERIKSA DIRI

- Urutkan peristiwa ini: lonjakan LH, puncak estrogen, puncak progesteron, ovulasi, menstruasi.
- Bila saluran telur tersumbat, apa yang masih berjalan normal dan apa yang terhalang?
- **Yang harus kuingat:** tentukan letak masalahnya di rantai, lalu pilih solusi yang memperbaiki atau melewati titik itu dengan aman; yang tidak disentuh tetap berjalan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.7: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-3.7

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 3

BIO-KB3

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 3 di LMS

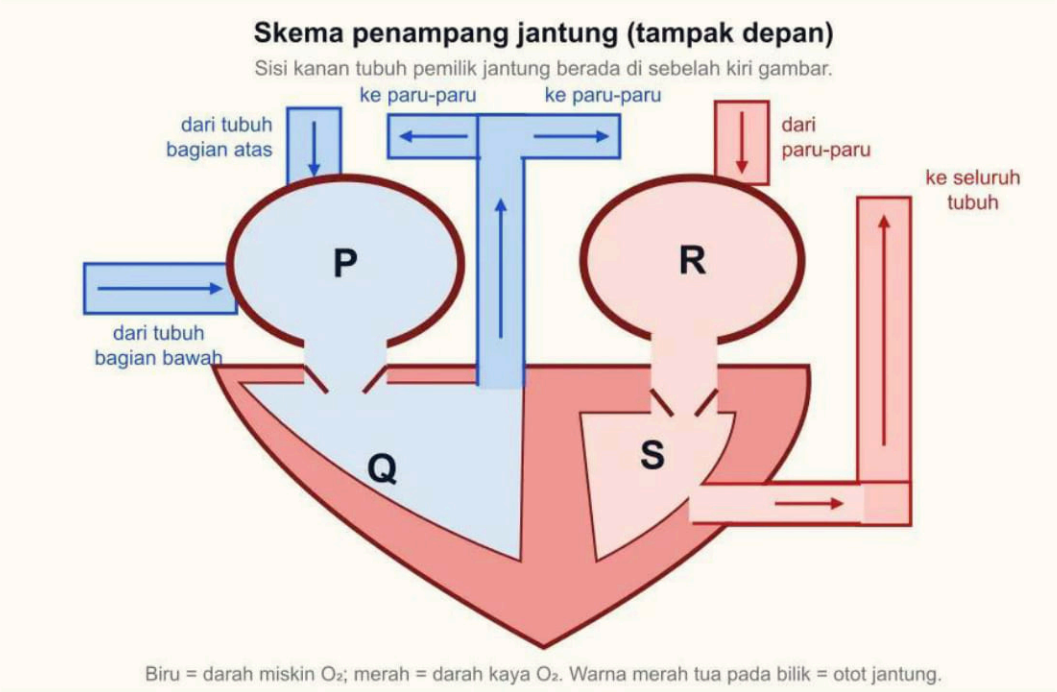
Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-KB3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Gambar menunjukkan skema penampang jantung. Pak Yusuf (60 tahun) merokok selama 35 tahun dan menderita penyakit paru menahun. Banyak pembuluh kecil di paru-parunya menyempit dan rusak, sehingga tekanan darah di arteri pulmonalis menjadi jauh lebih tinggi daripada normal. Pemeriksaan jantung menunjukkan bahwa dinding salah satu ruang jantungnya menebal, padahal tekanan darah yang diukur di lengannya normal. *Kasus disusun untuk latihan soal.*

Ruang jantung yang dindingnya paling mungkin menebal, beserta alasannya, adalah ....



A. P, karena ruang ini menampung darah miskin oksigen dari tubuh yang makin kekurangan oksigen

B. Q, karena ruang ini harus mendorong darah ke pembuluh paru-paru yang tekanannya meningkat

C. R, karena ruang ini menerima darah dari paru-paru yang pembuluhnya menyempit dan rusak

D. S, karena ruang ini harus memompa lebih kuat agar oksigen yang sedikit sampai ke tubuh

E. P dan Q, karena kedua ruang di sisi kanan sama-sama berisi darah yang miskin oksigen

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Pada 2027, lengan bawah Pak Udin, seorang tukang kayu, tersayat gergaji mesin. Darah dari lukanya keluar memancar dan berdenyut mengikuti irama detak jantung, dan warnanya merah terang. Sambil menunggu bantuan, temannya menekan luka itu kuat-kuat dengan kain bersih. Petugas kesehatan yang datang menjelaskan bahwa pembuluh yang terpotong cukup besar.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Darah keluar memancar dan berdenyut karena berasal dari vena yang membawa darah dengan cepat kembali ke jantung.	○	○
Darah berwarna merah terang karena berasal dari arteri yang membawa darah kaya oksigen dari bilik kiri jantung.	○	○
Menekan pembuluh itu di bagian yang lebih dekat ke jantung mengurangi aliran ke luka, karena darah arteri mengalir dari jantung.	○	○

3. Tiga pekerja pabrik memeriksakan darahnya pada 2026 sebelum ditugaskan ke daerah terpencil. Hasilnya sebagai berikut.

Pemeriksaan (nilai rujukan)	Pak Rudi	Pak Seno	Pak Tomi
Hemoglobin (13–17 g/dL)	9,5	14,8	14,2
Leukosit (4.000–10.000 per µL)	7.000	15.500	6.800
Trombosit (150.000–400.000 per µL)	250.000	270.000	45.000

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pekerja yang paling perlu diwaspadai mengalami perdarahan lama bila giginya dicabut, beserta alasannya, adalah ....

A. Pak Rudi, karena hemoglobin yang rendah membuat benang fibrin lambat terbentuk di tempat luka
B. Pak Seno, karena leukosit yang tinggi menghancurkan bekuan darah sebelum luka sempat menutup
C. Pak Rudi, karena sel darah merahnya terlalu sedikit untuk menyumbat pembuluh yang terluka
D. Pak Seno, karena leukosit yang berlebih membuat keping darah sulit saling melekat di luka
E. Pak Tomi, karena keping darah yang sedikit membuat sumbat dan trombokinase di luka berkurang

4. Pak Wayan (56 tahun) merokok sejak muda, sering makan gorengan, dan jarang berolahraga. Beberapa bulan terakhir ia merasakan nyeri seperti ditekan di dada setiap kali menaiki tangga ke lantai tiga kantornya. Nyeri itu hilang setelah ia beristirahat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

beberapa menit. Saat duduk tenang atau tidur ia tidak merasakan keluhan apa pun. Dokter menduga ada penyempitan pembuluh darah.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk pola keluhan Pak Wayan adalah ....

A. vena kava menyempit sehingga darah dari seluruh tubuh lambat kembali ke jantung ketika ia menaiki tangga
B. arteri pulmonalis menyempit sehingga paru-paru kekurangan darah setiap kali ia menaiki tangga
C. arteri koroner menyempit sehingga aliran darah ke otot jantung tidak cukup saat kebutuhannya naik
D. otot jantung kekurangan darah setiap saat, tetapi nyerinya baru terasa ketika ia aktif bergerak
E. katup jantung bocor saat ia bergerak sehingga darah mengalir balik ke serambi dan menekan dada

5. Bu Sari (35 tahun, sehat) mendonorkan 350 mL darah di unit donor darah PMI pada 2026. Petugas menyarankannya banyak minum air hari itu, beristirahat cukup, dan makan makanan kaya zat besi seperti hati ayam, telur, dan sayuran hijau. Ia juga diminta menunggu beberapa minggu sebelum boleh mendonorkan darah lagi.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat tentang cara tubuh Bu Sari memulihkan darahnya adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

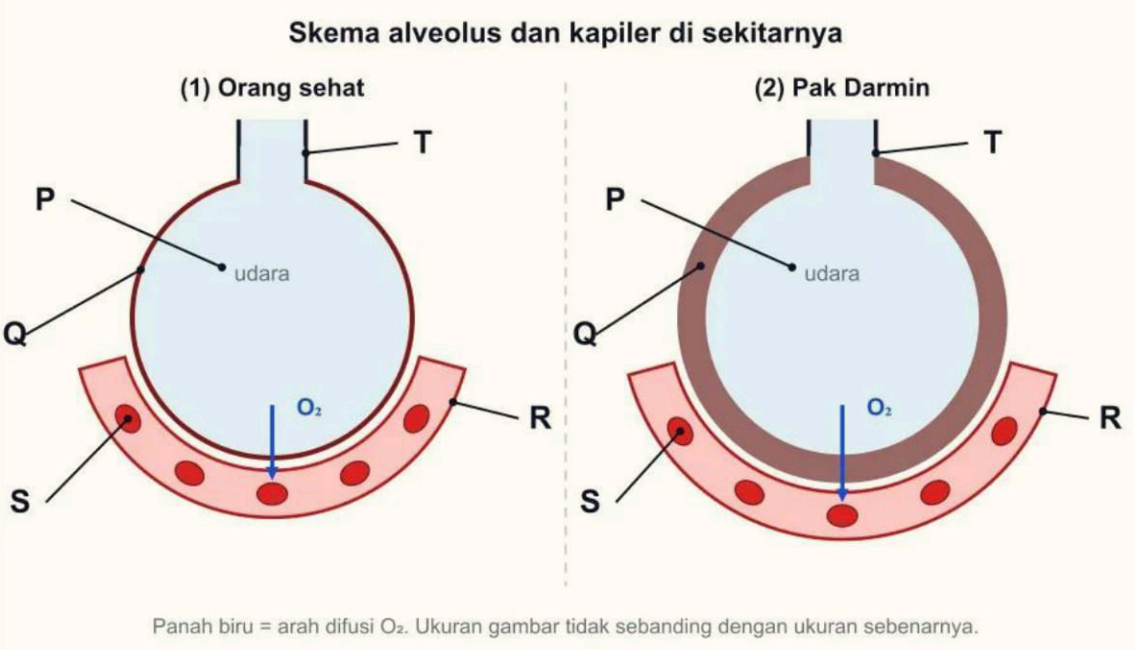
Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Jantungnya berdenyut lebih lambat selama beberapa minggu agar darah yang tersisa tidak cepat habis terpakai.
☐ B. Ginjal melepas eritropoietin karena darah membawa lebih sedikit oksigen, lalu sumsum tulang membuat eritrosit.
☐ C. Sebagian trombosit dan leukosit berubah bentuk menjadi eritrosit untuk menggantikan sel darah merah yang hilang.
☐ D. Zat besi dari makanan dibutuhkan untuk membentuk hemoglobin di dalam eritrosit baru yang dibuat sumsum tulang.
☐ E. Air yang banyak diminum membantu memulihkan volume plasma, yang pulih lebih cepat daripada jumlah eritrosit.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Gambar menunjukkan skema alveolus dan kapiler di sekitarnya pada orang sehat dan pada Pak Darmin (48 tahun). Selama 20 tahun Pak Darmin bekerja memotong batu alam tanpa masker. Kini ia cepat sesak dan jantungnya berdebar ketika berjalan menanjak, walaupun pemeriksaan darah menunjukkan kadar hemoglobinnya normal.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk keluhan Pak Darmin berdasarkan gambar adalah ....



A. bagian T menyempit sehingga udara dari luar tidak dapat mencapai rongga P ketika ia menarik napas
B. jumlah S berkurang sehingga oksigen yang dapat diikat hemoglobin di dalam kapiler menjadi sedikit
C. rongga P membesar sehingga udara yang dihirup tertahan lebih lama dan tidak sempat diembuskan
D. bagian Q menebal sehingga jarak difusi oksigen dari rongga P ke S di dalam kapiler bertambah
E. bagian R bocor sehingga darah dari kapiler masuk ke rongga P dan menghalangi aliran udara

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Pada 2026, longsoran tanah di sebuah lokasi galian menimbun Pak Joko sampai sebatas dada. Kepalanya tetap di atas tanah, hidung dan mulutnya bersih, dan udara di sekitarnya segar. Walaupun begitu, ia makin sesak dan lemas, dan setiap tarikan napasnya terasa sangat berat. Setelah tanah di sekitar dadanya digali, ia dapat bernapas lega kembali.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat mengapa Pak Joko sesak saat tertimbun adalah ....

A. tanah menahan dadanya sehingga rongga dada tidak dapat membesar dan tekanan paru-paru tidak turun
B. udara di sekitar kepalanya kekurangan oksigen karena tertutup debu tanah yang beterbangan di lokasi
C. paru-parunya tidak dapat berkontraksi sendiri untuk menyedot udara karena terhimpit oleh tanah
D. tanah menekan perutnya sehingga diafragma terdorong turun dan rongga dada menjadi terlalu besar
E. saluran hidung dan tenggorokannya tersumbat sehingga udara tidak dapat mencapai alveolus sama sekali

8. Kakek Usman (70 tahun) dirawat karena radang paru. Foto rontgen dadanya menunjukkan bahwa sebagian alveolus di paru-paru kanannya berisi cairan radang. Napasnya cepat dan dangkal, kadar oksigen dalam darahnya di bawah normal, dan denyut jantungnya naik menjadi 110 kali per menit. Saluran napasnya tidak menyempit.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

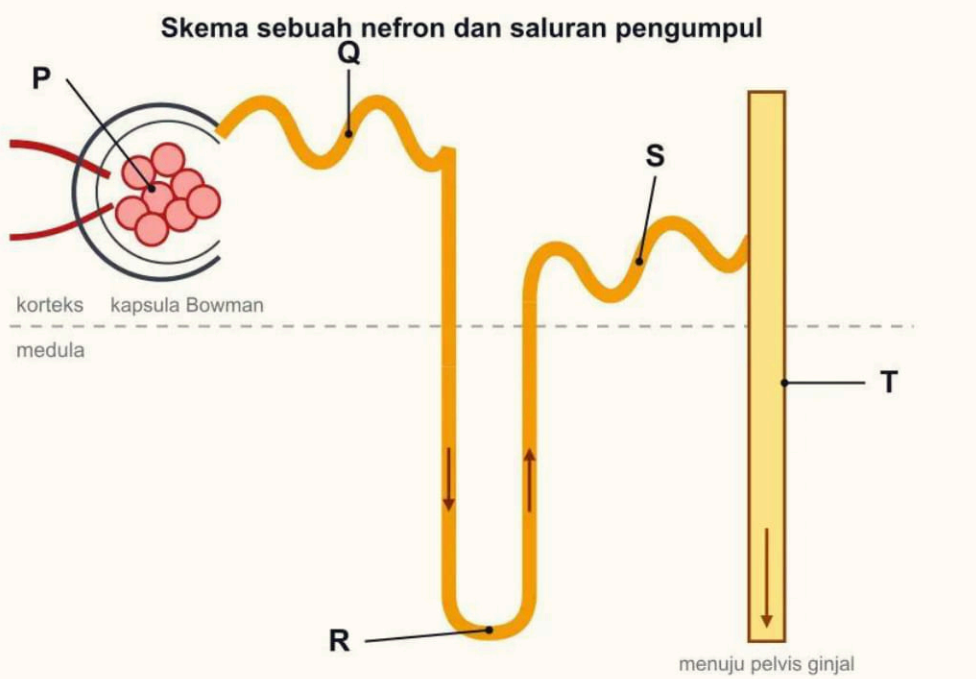
Pernyataan	Benar	Salah
Cairan di dalam alveolus menghambat difusi oksigen ke kapiler sehingga kadar oksigen darahnya turun.	○	○
Jantungnya berdenyut lebih cepat untuk mengimbangi kadar oksigen darah yang rendah agar jaringan tetap mendapat oksigen.	○	○
Sesak terjadi karena otot polos bronkusnya mengerut sehingga udara tidak dapat mencapai alveolus.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

9. Gambar menunjukkan skema sebuah nefron. Pada 2027, Pak Darsono bekerja di tambang emas rakyat dan sering terpapar zat beracun dari pengolahan bijih. Zat itu merusak sel-sel di salah satu bagian nefronnya. Hasil pemeriksaan menunjukkan urinenya mengandung glukosa dan asam amino, tetapi tidak mengandung protein. Kadar glukosa darahnya normal.

Kasus disusun untuk latihan soal.

Bagian nefron yang paling mungkin rusak, beserta alasannya, adalah ....



A. P, karena glomerulus yang bocor membuat glukosa dan asam amino ikut tersaring ke dalam urine

B. R, karena lengkung ini tidak lagi memekatkan urine sehingga glukosa dan asam amino terbawa

C. T, karena saluran ini kekurangan ADH sehingga glukosa dan asam amino tidak dapat diserap kembali

D. P, karena glomerulus menyaring terlalu banyak glukosa akibat kadar gula darah yang meningkat

E. Q, karena sel-selnya tidak lagi menyerap kembali glukosa dan asam amino dari filtrat ke darah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Rafi (4 tahun) diare selama dua hari dan sulit minum. Ibunya memperhatikan bahwa Rafi jarang buang air kecil dan urinenya sedikit serta berwarna gelap. Bibir Rafi kering dan ia terus meminta minum. Rafi juga demam, tetapi kulitnya kering dan hampir tidak berkeringat walaupun suhu tubuhnya tinggi.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat untuk menjelaskan respons tubuh Rafi adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Glomerulus Rafi berhenti menyaring darah sama sekali sehingga ginjalnya tidak lagi membentuk urine.
☐ B. Darah yang lebih pekat memicu pelepasan ADH sehingga lebih banyak air diserap kembali di ginjal.
☐ C. Rasa haus muncul karena hipotalamus mendeteksi darah yang menjadi lebih pekat akibat kehilangan air.
☐ D. Ginjal sengaja membuang lebih banyak air agar panas tubuh ikut terbuang dan demam Rafi dapat lekas turun.
☐ E. Keringat berkurang untuk menghemat cairan tubuh, sehingga panas tubuh Rafi menjadi lebih sulit dibuang.

11. Pada perkemahan pramuka 2026, Yoga mendirikan tenda di hutan pada siang hari yang panas dan sangat lembap. Keringatnya bercucuran sampai kausnya basah kuyup, tetapi tubuhnya terasa makin panas dan ia mulai pusing. Setelah ia beristirahat di tempat teduh yang berangin dan mengganti kausnya dengan yang kering, tubuhnya cepat terasa sejuk walaupun keringat yang keluar lebih sedikit.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat tentang peristiwa tersebut adalah ....

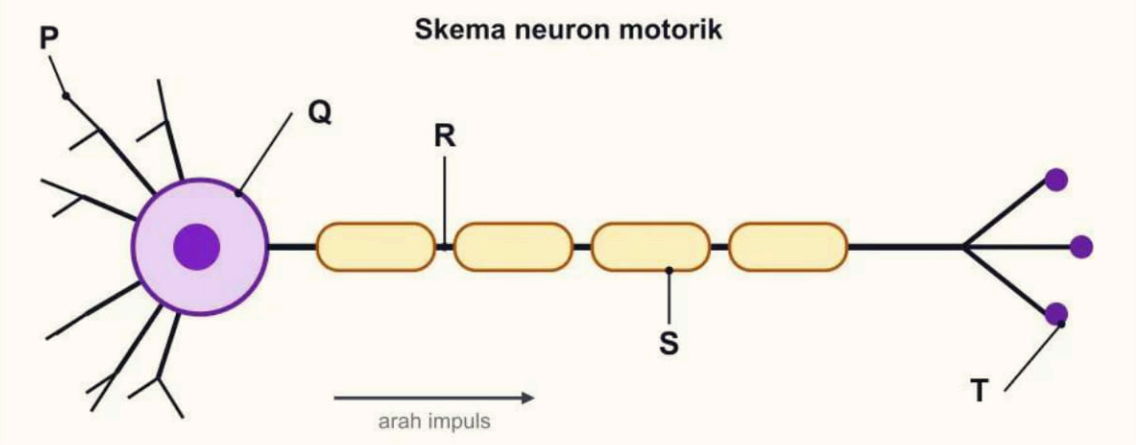
A. kelenjar keringat Yoga kelelahan karena terlalu banyak bekerja sehingga berhenti membuang panas tubuh
B. panas tubuh terbuang ketika keringat menguap, dan udara yang sangat lembap menghambat penguapan itu
C. keringat yang keluar justru menyimpan panas di permukaan kulit sehingga makin banyak keringat makin panas
D. pembuluh darah kulit menyempit selama ia berkeringat sehingga darah hangat tertahan di bagian dalam tubuh
E. angin di tempat teduh menurunkan kerja hipotalamus sehingga tubuh berhenti menghasilkan panas sama sekali

12. Gambar menunjukkan skema sebuah neuron motorik yang badan selnya berada di sumsum tulang belakang dan aksonnya menjulur sampai ke otot jari. Pada 2026, lengan bawah Pak Ilham tersayat parang sehingga akson neuron motorik itu terputus. Dokter menyambung kedua ujung saraf. Bagian akson yang terpisah dari badan selnya rusak dalam beberapa hari, sedangkan bagian yang masih bersambung dengan badan sel

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

perlahan tumbuh memanjang kembali ke arah otot.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Bagian neuron yang paling menentukan agar akson dapat tumbuh kembali, beserta alasannya, adalah ....



A. R, karena potongan akson yang terpisah dapat tumbuh dan menyambung sendiri tanpa bantuan bagian lain
B. S, karena selubung mielin membuat impuls baru yang menggantikan perintah dari otak dan sumsum
C. Q, karena badan sel yang berinti membuat protein dan bahan yang diperlukan untuk memanjangkan akson
D. P, karena dendrit menerima rangsang dari sel lain lalu mengirim bahan pembentuk akson ke ujungnya
E. T, karena ujung akson menyimpan neurotransmiter yang cukup banyak untuk membangun akson kembali

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

13. Andra (20 tahun) mengalami kecelakaan motor yang mencederai sumsum tulang belakangnya di daerah punggung, di atas pinggang. Sejak itu ia tidak dapat merasakan sentuhan di kedua kakinya dan tidak dapat menggerakkannya dengan sengaja. Namun, ketika dokter mengetuk tendon di bawah tempurung lututnya, tungkai bawahnya tetap tersentak ke depan dengan sendirinya.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk hasil pemeriksaan tersebut adalah ....

A. otot tungkainya masih diperintah otak, karena sebagian impuls dari otak melewati jalur di luar sumsum
B. neuron sensorik di kakinya rusak, tetapi neuron motoriknya masih dapat dirangsang oleh ketukan itu
C. cedera itu hanya merusak otot kakinya, sedangkan sumsum tulang belakang dan sarafnya tetap utuh
D. lengkung refleks di sumsum tulang belakang bagian bawah masih utuh, tetapi jalur ke otak terputus
E. gerak refleks selalu diperintah otak, sehingga otaknya ternyata masih tersambung dengan kakinya

14. Dalam pertandingan sepak bola antarkelas pada 2026, bagian belakang bawah kepala Gilang terbentur keras. Sejak itu ia berjalan sempoyongan, dan gerakan tangannya meleset ketika mengambil gelas di meja. Namun, Gilang tetap dapat menyebutkan nama teman-temannya, melihat dengan jelas, berbicara lancar, dan bernapas normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Bagian otak yang paling mungkin terganggu adalah otak kecil, karena keseimbangan dan koordinasi geraknya terganggu.	○	○
Batang otak Gilang pasti rusak berat, karena benturan terjadi di bagian belakang bawah kepalanya.	○	○
Gilang masih dapat berniat dan memulai gerakan, tetapi gerakan yang dihasilkannya tidak tepat dan tidak terkoordinasi.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

15. Pak Rahmat (45 tahun) menjalani cangkok jantung. Saraf dari otak ke jantung barunya terputus saat operasi dan belum tersambung kembali, tetapi jantung itu tetap berdenyut teratur. Ketika ia mulai bersepeda, denyut jantungnya baru naik setelah beberapa menit, jauh lebih lambat daripada orang lain. Setelah ia berhenti, denyutnya juga lama sekali kembali ke keadaan istirahat.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk perubahan denyut jantung Pak Rahmat adalah ....

A. tanpa saraf, jantung hanya dipercepat adrenalin dalam darah, yang lambat dilepas dan lambat diuraikan
B. jantung barunya tidak memiliki nodus SA sehingga hanya dapat berdenyut bila dirangsang oleh adrenalin
C. saraf jantung donor masih membawa perintah dari otak donor sehingga iramanya tidak mengikuti tubuhnya
D. otot jantung donor lebih lemah sehingga perlu waktu lama untuk berkontraksi lebih cepat dan lebih kuat
E. adrenalin bekerja lebih cepat daripada saraf, sehingga tanpa saraf jantungnya bereaksi paling cepat

16. Pak Hendra (50 tahun) bertubuh gemuk dan jarang bergerak. Hasil pemeriksaan darahnya setelah berpuasa semalam adalah sebagai berikut.

Pemeriksaan	Hasil	Nilai rujukan
Glukosa darah puasa	165 mg/dL	70–99 mg/dL
Insulin puasa	38 µU/mL	3–25 µU/mL

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Dokter menyarankan Pak Hendra menurunkan berat badan dan berolahraga teratur. Penjelasan yang paling tepat tentang hasil pemeriksaan tersebut adalah ....

A. sel beta pankreasnya rusak sehingga insulin tidak lagi dibuat dan glukosa darahnya tetap tinggi
B. pankreasnya membuat terlalu banyak glukagon sehingga insulin ikut naik untuk melawannya
C. insulin yang tinggi menyebabkan glukosa darah naik, sehingga pankreas perlu ditekan
D. hatinya menyimpan terlalu banyak glukosa sebagai glikogen sehingga gula darahnya naik
E. sel-sel tubuhnya kurang menanggapi insulin sehingga glukosa tetap tinggi walau insulin banyak

17. Bu Ani baru melahirkan anak pertamanya pada 2026. Ia memperhatikan bahwa ASI mulai mengalir beberapa saat setelah bayinya mengisap. Bahkan ketika ia baru mendengar bayinya menangis dari kamar lain, ASI sudah merembes. Namun, ketika ia sangat cemas

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dan tegang, ASI justru sulit keluar walaupun bayinya terus mengisap.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat tentang keluarnya ASI pada Bu Ani adalah ....

A. isapan bayi langsung memeras kelenjar susu tanpa melibatkan saraf maupun hormon apa pun dari tubuh ibu
B. rangsang dibawa saraf ke hipotalamus, lalu hipofisis melepas oksitosin yang mendorong ASI keluar
C. tangisan bayi merangsang pelepasan prolaktin yang langsung mendorong ASI keluar dalam sekejap
D. oksitosin dibuat kelenjar susu itu sendiri ketika diisap sehingga otak tidak ikut berperan
E. rasa cemas menaikkan oksitosin sehingga otot di sekitar kelenjar susu kaku dan ASI tertahan

18. Kelenjar tiroid membuat hormon tiroksin dari iodium bila dirangsang hormon TSH dari hipofisis. Tabel menunjukkan hasil pemeriksaan dua pasien (↑ = di atas normal, ↓ = di bawah normal).

Pasien	TSH	Tiroksin	Keluhan
K	↑	↓	mudah lelah, kedinginan, berat badan naik
L	↓	↑	berdebar, berkeringat, berat badan turun

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	**Benar**	**Salah**
Pada pasien K, TSH yang tinggi menunjukkan bahwa hipofisisnya bekerja berlebihan dan menjadi sumber masalah.	○	○
Pada pasien L, TSH rendah karena tiroksin yang berlebih menekan hipotalamus dan hipofisis melalui umpan balik negatif.	○	○
Keluhan pasien L akan berkurang bila ia mengonsumsi lebih banyak garam beriodium, karena kadar tiroksinnya perlu diturunkan.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

19. Pada 2027, Pak Anto mengalami luka bakar yang luas di dada dan kedua lengannya akibat ledakan tabung gas di warungnya. Ia dirawat di ruang khusus yang dijaga sangat bersih. Setiap petugas yang masuk wajib mencuci tangan, memakai masker, dan memakai sarung tangan steril, dan pengunjung dibatasi. Dokter menjelaskan bahwa ancaman terbesar setelah luka bakar luas adalah infeksi.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Alasan utama Pak Anto harus dijaga dari kuman seketat itu adalah ....

A. luka bakar merusak sumsum tulang sehingga tubuhnya berhenti membuat semua jenis sel darah putih
B. antibodi di dalam darahnya ikut terbakar sehingga ia kehilangan seluruh kekebalan spesifiknya
C. kulit yang rusak tidak lagi menjadi penghalang pertama sehingga kuman mudah masuk ke jaringan
D. kuman di rumah sakit selalu lebih ganas daripada kuman di lingkungan rumah dan warung pasien
E. panas api membuat suhu tubuhnya terus tinggi sehingga sel fagositnya tidak dapat bergerak lagi

20. Pada 2027 terjadi wabah campak di sebuah SMP. Di satu kelas berisi 30 murid, 26 murid yang semasa kecil sudah mendapat dua dosis imunisasi campak tetap sehat walaupun duduk berdekatan dengan teman yang sakit. Empat murid yang belum pernah diimunisasi jatuh sakit dengan demam tinggi dan ruam.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat untuk menjelaskan mengapa murid yang sudah diimunisasi tetap sehat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Sel memori yang terbentuk sesudah imunisasi segera membelah ketika virus masuk, sehingga antibodi cepat terbentuk.
☐ B. Vaksin campak yang dulu disuntikkan berisi antibodi siap pakai yang terus beredar di dalam darah mereka sampai sekarang.
☐ C. Kulit dan selaput lendir murid yang diimunisasi menjadi lebih tebal sehingga virus campak tidak dapat masuk.
☐ D. Kekebalan itu termasuk kekebalan aktif buatan, karena tubuh mereka sendiri yang membentuk antibodi dan sel memori.
☐ E. Virus campak dalam tubuh murid yang diimunisasi dihancurkan sel fagosit saja tanpa melibatkan limfosit apa pun.

21. Pada 2026, Wati digigit anjing liar yang diduga menderita rabies. Di rumah sakit, lukanya dicuci bersih dengan sabun dan air mengalir. Pada hari yang sama ia mendapat dua jenis suntikan: serum berisi antibodi antirabies yang disuntikkan di sekitar luka, dan dosis pertama vaksin rabies yang akan diulang beberapa kali dalam beberapa minggu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

berikutnya.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Alasan yang paling tepat Wati diberi serum dan vaksin sekaligus adalah ....

A. serum merangsang tubuh membentuk sel memori, sedangkan vaksin langsung menetralkan virus di sekitar luka
B. serum dan vaksin sama-sama berisi antibodi, sehingga pemberian keduanya menggandakan antibodi
C. vaksin memberi kekebalan pasif yang cepat, sedangkan serum memberi kekebalan aktif yang lama
D. serum segera menetralkan virus sebelum tubuh siap, sedangkan vaksin melatih tubuh membuat antibodi
E. vaksin tidak dapat merangsang pembentukan antibodi, sehingga harus dibantu serum dari luar tubuh

22. Sejak setahun lalu, Dewi (17 tahun) memiliki bercak putih yang makin lebar di punggung tangan dan di sekitar matanya. Bercak itu tidak gatal dan tidak menular. Dokter kulit menjelaskan bahwa limfosit T di tubuh Dewi merusak melanosit, yaitu sel kulit penghasil pigmen melanin, karena menganggapnya sebagai benda asing. Dewi juga diminta melindungi bercak itu dari sinar matahari.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang paling tepat tentang gangguan yang dialami Dewi adalah ....

A. autoimun; melanosit rusak sehingga kulit di bercak itu kurang terlindung dari sinar matahari
B. alergi; limfosit T bereaksi berlebihan terhadap sinar matahari sehingga pigmen kulit memudar
C. imunodefisiensi; limfosit T lemah sehingga tidak mampu melindungi melanosit dari serangan kuman
D. infeksi jamur; jamur merusak melanosit sehingga bercak putih mudah menular ke orang di sekitarnya
E. autoimun; antibodi dari ibu yang diterima sejak lahir merusak melanosit secara perlahan-lahan

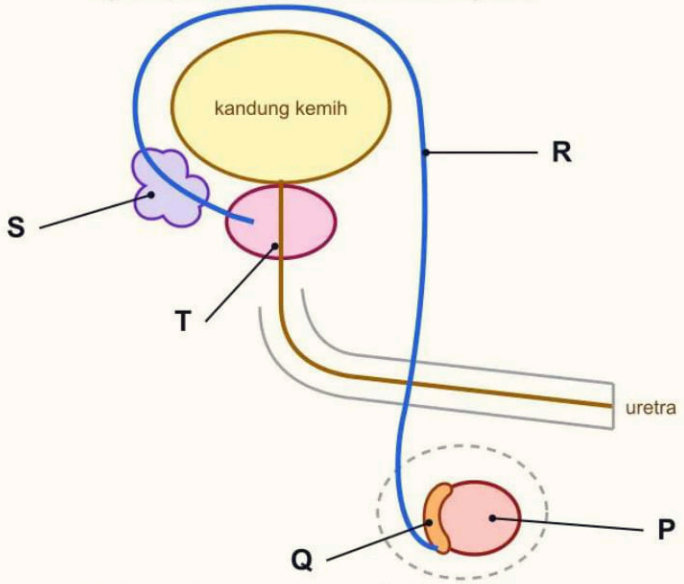
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Gambar menunjukkan skema organ reproduksi pria. Pak Fajar (32 tahun) dan istrinya belum dikaruniai anak setelah tiga tahun menikah. Hasil pemeriksaan Pak Fajar: volume semen normal tetapi tidak mengandung sperma, kadar testosteron normal, dan saluran sperma dari epididimis sampai uretra terbuka tanpa sumbatan. Saat remaja ia pernah mengalami radang testis yang berat.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Bagian yang paling mungkin terganggu, beserta alasannya, adalah ....

Skema organ reproduksi pria (tampak samping, disederhanakan)

Bagian depan tubuh berada di sebelah kanan gambar.



Garis biru = saluran sperma dari epididimis menuju uretra.

A. S dan T, karena kelenjar ini menghasilkan sebagian besar cairan semen yang membawa sperma keluar
B. P, karena tubulus seminiferus di dalamnya rusak, sedangkan sel penghasil testosteron masih bekerja
C. R, karena saluran panjang ini membawa sperma dari epididimis menuju uretra pada saat terjadi ejakulasi
D. P, karena seluruh jaringannya rusak sehingga sperma dan testosteron sama-sama tidak dibuat lagi
E. Q, karena di bagian ini sperma dibentuk dari sel-sel induk sebelum disimpan dan dimatangkan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

24. Bu Tika (28 tahun) dan suaminya ingin segera memiliki anak. Tiga hari setelah berhubungan suami istri pada masa suburnya, Bu Tika memeriksa urinenya dengan alat uji kehamilan dan hasilnya negatif. Dua minggu kemudian haidnya terlambat, dan alat yang sama menunjukkan hasil positif. Alat itu bekerja dengan mendeteksi hormon hCG dalam urine.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan kedua hasil tersebut adalah ....

A. hCG dibuat ovarium segera setelah ovulasi, tetapi baru dapat keluar ke urine dua minggu kemudian
B. hCG dibuat hipofisis ibu setelah haid terlambat, sehingga hasil pemeriksaan awal pasti negatif
C. hCG baru dibuat embrio setelah menempel di dinding rahim, beberapa hari setelah fertilisasi
D. hasil awal negatif karena fertilisasi terjadi di rahim, sedangkan alat hanya membaca kehamilan di tuba
E. hCG dibuat korpus luteum setelah haid terlambat, sehingga sebelum itu kadarnya belum dapat terdeteksi

25. Bu Nisa (27 tahun) tetap merokok sekitar satu bungkus sehari selama hamil. Bayinya lahir cukup bulan, tetapi beratnya hanya 2.200 g, padahal berat lahir normal minimal 2.500 g. Dokter menjelaskan bahwa asap rokok mengandung karbon monoksida (CO) yang masuk ke darah ibu dan mengikat hemoglobin jauh lebih kuat daripada oksigen.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat tentang berat lahir bayi Bu Nisa yang rendah adalah ....

A. asap rokok masuk langsung ke paru-paru janin sehingga janin ikut bernapas di dalam rahim ibunya
B. darah ibu yang mengandung zat rokok bercampur dengan darah janin di dalam tali pusat bayinya
C. zat dalam rokok membuat rahim ibu menyempit sehingga janin tidak memiliki ruang untuk tumbuh
D. darah ibu membawa lebih sedikit O_2, sehingga O_2 yang sampai ke janin lewat plasenta berkurang
E. zat rokok membuat plasenta berhenti menyalurkan zat makanan sama sekali sejak awal kehamilan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 3.1 · Sistem sirkulasi	1, 2, 3, 4, 5	___ / 5	Ulangi hlm. 175
Sub bab 3.2 · Sistem respirasi	6, 7, 8	___ / 3	Ulangi hlm. 197
Sub bab 3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis	9, 10, 11	___ / 3	Ulangi hlm. 214
Sub bab 3.4 · Sistem saraf	12, 13, 14	___ / 3	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.5 · Sistem hormon	15, 16, 17, 18	___ / 4	Ulangi hlm. 251
Sub bab 3.6 · Sistem imun	19, 20, 21, 22	___ / 4	Ulangi hlm. 274
Sub bab 3.7 · Sistem reproduksi	23, 24, 25	___ / 3	Ulangi hlm. 293

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bab 4 · Keterampilan Proses

BIO-B4

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- memilih pertanyaan ilmiah yang benar-benar dapat dijawab oleh suatu percobaan
- merancang penyelidikan dengan variabel bebas, terikat, dan terkontrol yang tepat
- mengolah data dan menilai konsistensinya
- menarik kesimpulan yang sebatas data dan mengevaluasi metode penelitian

Peta bab

Sub bab	Judul
4.1	Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis
4.2	Merancang penyelidikan
4.3	Mengolah dan menafsirkan data
4.4	Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode

Bab 4 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-B4

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis

BIO-4.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi menulis kompetensi ini sebagai *merumuskan pertanyaan yang dapat diselidiki secara ilmiah*, dengan konteks dari materi keanekaragaman hayati, sel, dan proses pada makhluk hidup. Soal asli TKA 2025 mengujinya dua kali, dengan hasil yang sangat berbeda. Soal tentang uji lugol pada nasi, tahu, dan pisang dijawab benar oleh 71 % peserta. Soal tentang praktikum warna dan volume urine setelah olahraga hanya dijawab benar oleh 26 % peserta.

Perbedaannya: pada soal kedua, beberapa pertanyaan terdengar ilmiah, tetapi menanyakan hal yang **tidak diamati** dalam praktikum itu. Sub bab ini melatih cara memilah pertanyaan seperti itu.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan langkah-langkah siklus penyelidikan ilmiah;
- membedakan pertanyaan yang dapat diselidiki dari pertanyaan yang tidak dapat diselidiki;
- memilih pertanyaan yang benar-benar dapat dijawab oleh data dan alat suatu percobaan;
- membedakan rumusan masalah dari hipotesis, lalu menyusun hipotesis "jika … maka … karena …" yang dapat diuji.

◆ KONSEP INTI

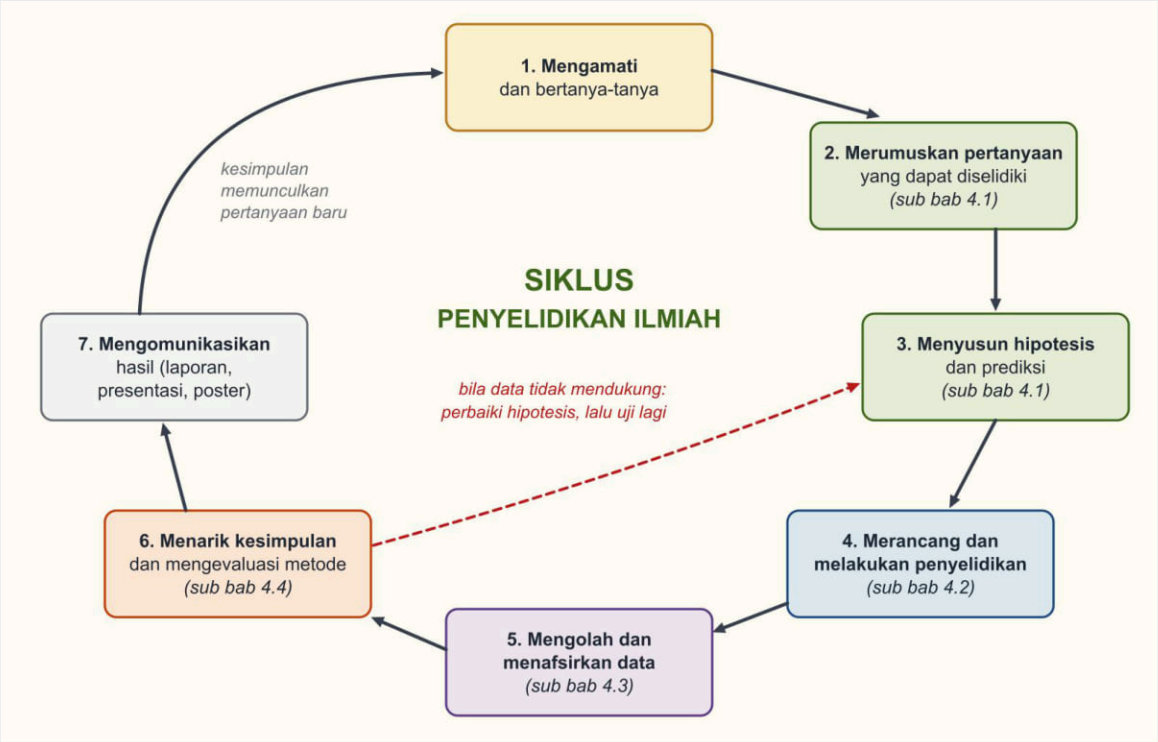
Bab 1 sampai Bab 3 berisi pengetahuan biologi: keanekaragaman makhluk hidup, kerja sel, dan proses di dalam tubuh. Bab 4 membahas sesuatu yang lain, yaitu **cara pengetahuan itu diperoleh**. Semua yang kamu pelajari, dari kerja enzim sampai pembekuan darah, dulu hanyalah rasa ingin tahu seseorang yang kemudian diuji dengan pengamatan dan percobaan. Keterampilan ini disebut **keterampilan proses sains**. Di TKA, keterampilan ini selalu dipakai bersama materi Bab 1–3: soalnya bercerita tentang percobaan kecambah, uji makanan, pemeriksaan urine, atau pengamatan ekosistem, lalu menanyakan apakah pertanyaan, rancangan, olahan data, atau kesimpulannya tepat. Sub bab 4.1 adalah langkah pertama: mengubah rasa ingin tahu menjadi **pertanyaan yang dapat diselidiki** dan **hipotesis yang dapat diuji**.

1. Sains sebagai cara bertanya: siklus penyelidikan ilmiah

Ilmuwan tidak bekerja dengan menebak lalu percaya pada tebakannya. Mereka bekerja melalui rangkaian langkah yang dapat diperiksa orang lain. Rangkaian ini disebut **siklus penyelidikan**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

ilmiah (Gambar 4.1). Disebut siklus karena kesimpulan sebuah penyelidikan hampir selalu memunculkan pertanyaan baru.



Gambar 4.1 Siklus penyelidikan ilmiah. Tiap langkah dibahas di sub bab 4.1–4.4. Panah putus-putus: bila data tidak mendukung hipotesis, hipotesis diperbaiki lalu diuji lagi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Urutan langkahnya:

1. **Mengamati dan bertanya-tanya.** Penyelidikan berawal dari pengamatan, misalnya "daun tanaman di tepi jalan raya tampak kusam". Pengamatan memakai pancaindra atau alat ukur.
2. **Merumuskan pertanyaan yang dapat diselidiki.** Rasa ingin tahu yang masih kabur dipersempit menjadi satu pertanyaan yang jelas: apa yang akan diubah dan apa yang akan diukur.
3. **Menyusun hipotesis dan prediksi.** Hipotesis adalah dugaan jawaban yang didasari pengetahuan. Dari hipotesis diturunkan prediksi: hasil apa yang akan terlihat bila dugaan itu benar.
4. **Merancang dan melakukan penyelidikan.** Peneliti menentukan variabel, kontrol, ulangan, alat, dan langkah kerja, lalu mengumpulkan data (sub bab 4.2).
5. **Mengolah dan menafsirkan data.** Data disusun dalam tabel atau grafik, dihitung rata-ratanya, lalu dibaca polanya (sub bab 4.3).
6. **Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode.** Pola data dibandingkan dengan prediksi: hipotesis didukung atau tidak didukung. Kelemahan percobaan juga dinilai (sub bab 4.4).
7. **Mengomunikasikan hasil.** Hasil ditulis dalam laporan, poster, atau presentasi agar orang lain dapat memeriksa dan mengulanginya.

Urutan ini bukan resep kaku. Kadang peneliti kembali ke langkah sebelumnya, misalnya merevisi pertanyaan setelah uji coba awal. Namun urutan dasarnya tetap: **pertanyaan dan hipotesis disusun sebelum data dikumpulkan**, dan kesimpulan ditarik **setelah** data diolah.

2. Dari pengamatan ke pertanyaan

Pengamatan ada dua jenis. **Pengamatan kualitatif** menggambarkan sifat tanpa angka, misalnya "warna daun kuning pucat" atau "larutan berbuih". **Pengamatan kuantitatif** memakai angka dan satuan, misalnya "tinggi tanaman 12 cm" atau "suhu air 28 °C". Keduanya berguna, tetapi pengamatan kuantitatif lebih mudah dibandingkan secara adil.

Bedakan pula **pengamatan** dari **tafsiran** (inferensi). "Daun tampak kusam dan berdebu" adalah pengamatan. "Daun itu sakit karena polusi" adalah tafsiran, yaitu dugaan tentang penyebab. Tafsiran belum tentu benar; justru tafsiran seperti itulah yang perlu diuji.

Rasa ingin tahu biasanya masih luas. Agar dapat diselidiki, ia harus dipersempit bertahap seperti air yang dituang melalui corong (Gambar 4.2). Pada setiap tahap, kata-kata yang kabur ("polusi", "merusak", "sehat") diganti dengan sesuatu yang dapat diubah dan diukur.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 4.2 Rasa ingin tahu dipersempit bertahap sampai menjadi pertanyaan yang dapat diselidiki: satu faktor yang diubah, satu hasil yang diukur, dan dapat dikerjakan dengan alat sekolah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan pertanyaan terakhir di Gambar 4.2. Ia menyebut **apa yang diubah** (banyaknya debu, dengan takaran tertentu), **apa yang diukur** (pertambahan tinggi bibit bayam), **pada makhluk apa**, dan **berapa lama**. Pertanyaan seperti ini sudah setengah jalan menjadi rancangan percobaan.

3. Variabel: bahan dasar pertanyaan ilmiah

Variabel adalah segala sesuatu yang dapat berubah atau dibuat berbeda dalam penyelidikan. Ada tiga jenis yang perlu kamu kenal sejak merumuskan pertanyaan (rinciannya di sub bab 4.2):

- **Variabel bebas**: faktor yang **sengaja diubah** oleh peneliti, misalnya banyaknya debu, suhu, atau dosis pupuk.
- **Variabel terikat**: hasil yang **diukur** karena diduga dipengaruhi variabel bebas, misalnya tinggi tanaman atau jumlah gelembung gas.
- **Variabel kontrol**: faktor lain yang **dijaga sama** agar perbandingan adil, misalnya jenis bibit, cahaya, dan banyaknya air siraman.

Variabel harus dapat diukur dengan cara yang jelas. Kata "pertumbuhan" masih kabur; "pertambahan tinggi batang (cm) setelah 4 minggu" atau "jumlah daun baru" sudah jelas. Penjelasan tentang **cara mengukur** suatu variabel disebut **definisi operasional**. Dua orang yang memakai definisi operasional yang sama akan mengukur hal yang sama.

4. Ciri pertanyaan yang dapat diselidiki

Pertanyaan yang dapat diselidiki secara ilmiah memenuhi empat syarat:

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Menyebut hubungan dua variabel**: apa yang diubah dan apa yang diukur.
2. **Kedua variabel dapat diukur atau diamati**, bukan soal selera, keindahan, atau nilai baik-buruk.
3. **Dapat dijawab dengan data yang dikumpulkan sendiri**, bukan sekadar dengan mencari di buku.
4. **Dapat dikerjakan** dengan alat, waktu, dan biaya yang tersedia, serta aman dan etis.

Pertanyaan	Dapat diselidiki?	Alasan
Bagaimana pengaruh lama perendaman biji kedelai (0, 6, 12 jam) terhadap waktu munculnya akar?	ya	lama perendaman dapat diatur, waktu dapat dicatat dalam hari
Apakah bunga mawar merah lebih cantik daripada mawar putih?	tidak	"cantik" adalah selera, tidak dapat diukur
Mengapa makhluk hidup memerlukan air?	kurang tepat	terlalu luas; tidak menyebut apa yang diubah dan diukur; jawabannya dicari di buku
Apakah jarak tanam padi (20, 25, 30 cm) memengaruhi jumlah anakan per rumpun?	ya	jarak dapat diatur, anakan dapat dihitung
Apakah memakan sayur itu baik?	tidak	"baik" adalah penilaian; tidak jelas apa yang diukur
Apakah gen tanaman berubah bila disiram musik?	tidak (di sekolah)	perubahan gen tidak dapat diukur dengan alat sekolah

Pertanyaan ilmiah juga dapat dikelompokkan menurut tujuannya. **Pertanyaan deskriptif** menanyakan keadaan ("Berapa jumlah jenis kupu-kupu di taman sekolah?"). **Pertanyaan pembanding** membandingkan dua kelompok ("Apakah jumlah bakteri di gagang keran berbeda dengan di meja kantin?"). **Pertanyaan hubungan atau pengaruh** menanyakan bagaimana satu variabel memengaruhi variabel lain ("Bagaimana pengaruh suhu terhadap laju perkecambahan?"). Pertanyaan pengaruh paling sering dipakai dalam percobaan, karena dapat diuji dengan mengubah satu variabel bebas.

Pertanyaan "mengapa" tidak selalu salah. "Mengapa urine lebih pekat saat cuaca panas?" adalah rasa ingin tahu yang baik, tetapi jawabannya berupa penjelasan mekanisme. Untuk diselidiki, ia perlu diubah menjadi pertanyaan tentang variabel yang dapat diukur, misalnya "Bagaimana pengaruh banyaknya air yang diminum terhadap volume urine dalam 2 jam?"

5. Pertanyaan harus cocok dengan percobaan dan alatnya

Sebuah pertanyaan yang baik belum tentu tepat **untuk percobaan tertentu**. Pertanyaan hanya dapat dijawab oleh sebuah percobaan bila semua variabel yang disebutnya **benar-benar diubah atau diukur** dalam percobaan itu. Misalnya, sebuah percobaan hanya mengukur tinggi kecambah. Pertanyaan tentang panjang akar, warna daun, atau kadar gula di dalam batang tidak dapat dijawab oleh data percobaan itu, betapapun masuk akal pertanyaannya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Hal yang sama berlaku untuk **alat dan pereaksi**. Setiap pereaksi uji makanan hanya mendeteksi zat tertentu:

Pereaksi	Zat yang dideteksi	Hasil positif
Lugol (iodin)	amilum (pati)	biru kehitaman
Biuret	protein	ungu
Benedict (dipanaskan)	gula pereduksi, misalnya glukosa	hijau, kuning, sampai merah bata
Sudan III	lemak	lapisan berwarna merah jingga

Jadi percobaan yang hanya memakai lugol dapat menjawab pertanyaan tentang ada atau tidaknya amilum, tetapi tidak dapat menjawab pertanyaan tentang protein atau lemak. Sebelum menilai sebuah pertanyaan, daftarlah dulu **apa yang diubah**, **apa yang diukur**, dan **alat atau pereaksi apa yang dipakai** dalam percobaan itu.

6. Hipotesis: dugaan yang dapat diuji

Hipotesis adalah dugaan sementara tentang jawaban pertanyaan penelitian. Dugaan ini tidak asal tebak: ia didasari pengetahuan yang sudah ada atau pengamatan sebelumnya. Bedanya dengan rumusan masalah:

	Rumusan masalah	Hipotesis
Bentuk	kalimat tanya	kalimat pernyataan
Isi	hubungan apa yang ingin diketahui	dugaan arah hubungan itu, yang akan diuji
Contoh	Bagaimana pengaruh lama perendaman biji kedelai terhadap kecepatan berkecambah?	Jika biji kedelai direndam lebih lama, maka biji berkecambah lebih cepat.

Pola yang mudah dipakai adalah **"jika ... maka ... karena ..."** (Gambar 4.3). Bagian "jika" menyebut perubahan variabel bebas. Bagian "maka" menyebut akibat pada variabel terikat beserta **arahnya** (lebih cepat, makin tinggi, berkurang). Bagian "karena" memberi alasan ilmiah, sehingga hipotesis tidak sekadar tebakan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 4.3 Bagian-bagian hipotesis "jika … maka … karena …", prediksi yang diturunkan darinya, serta ciri hipotesis yang baik dan yang tidak baik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Alasan dalam contoh Gambar 4.3 berasal dari Bab 2. Biji kering hampir tidak bermetabolisme. Ketika biji menyerap air (peristiwa ini disebut **imbibisi**), enzim di dalam biji aktif kembali dan mulai memecah cadangan makanan (amilum, protein, lemak) menjadi zat yang dipakai untuk tumbuh. Karena itu dugaan "perendaman mempercepat perkecambahan" masuk akal untuk diuji.

Hipotesis yang baik memiliki ciri berikut:

- menyebut **variabel bebas dan variabel terikat**;
- menyebut **arah hubungan**, bukan sekadar "memengaruhi";
- **dapat dibuktikan salah** oleh data. Pernyataan "perkecambahan dipengaruhi banyak hal" selalu benar apa pun hasilnya, sehingga tidak menguji apa-apa;
- tidak memakai kata mutlak yang berlebihan ("semua", "pasti", "tidak pernah"), kecuali hal itu memang hendak diuji;
- **sesuai dengan semua pengamatan** yang sudah diketahui. Hipotesis yang bertentangan dengan pengamatan awal sudah gugur sebelum diuji.

Dari hipotesis diturunkan **prediksi**, yaitu hasil yang akan terlihat bila hipotesis benar. Prediksi untuk contoh di atas: "Biji yang direndam 12 jam memunculkan akar lebih awal daripada biji yang tidak direndam." Prediksi inilah yang nanti dibandingkan dengan data. Bila data sesuai prediksi, hipotesis **didukung**. Bila tidak, hipotesis **tidak didukung** dan perlu diperbaiki. Hipotesis yang tidak didukung bukan kegagalan; ia tetap memberi pengetahuan baru.

Pengayaan: dalam statistik, peneliti sering menulis dua hipotesis. **Hipotesis nol (H_0)** menyatakan tidak ada pengaruh ("lama perendaman tidak memengaruhi waktu berkecambah"), sedangkan **hipotesis alternatif (H_1)** menyatakan ada pengaruh. Uji statistik menilai apakah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

data cukup kuat untuk menolak H_0. Di tingkat SMA, cukup pahami bahwa hipotesis harus dapat diuji dan dapat dibuktikan salah.

7. Memilih faktor yang dapat diukur, bukan sekadar letak

Pengamatan di lapangan sering hanya menunjukkan bahwa dua hal **terjadi bersamaan**. Misalnya, petani melihat padi di petak sawah yang dekat kandang ayam tumbuh lebih hijau. Hipotesis "padi tumbuh lebih hijau bila dekat kandang ayam" kurang baik. "Dekat kandang" hanyalah **letak**, bukan penyebab. Di dekat kandang ada banyak hal yang berbeda: kotoran ayam yang kaya nitrogen, naungan bangunan, atau air limpasan. Hipotesis yang baik memilih **satu zat atau keadaan yang dapat diukur dan diubah**, misalnya: "Jika kadar nitrogen tanah lebih tinggi, maka daun padi lebih hijau, karena nitrogen diperlukan untuk membentuk klorofil." Hipotesis ini dapat diuji dengan memberi pupuk nitrogen dalam takaran berbeda di petak-petak yang letaknya sama.

8. Contoh nyata di sekitar kita

Keterampilan bertanya ilmiah dipakai di banyak bidang di Indonesia:

- **Kesehatan.** Petugas puskesmas melihat tempayan yang diberi ikan pemakan jentik tampak lebih jarang berjentik. Pertanyaan yang dapat diselidiki: "Bagaimana pengaruh jumlah ikan cupang dalam tempayan (0, 1, 2, 3 ekor) terhadap jumlah jentik nyamuk *Aedes* setelah 7 hari?" Jawabannya membantu program pengendalian demam berdarah.
- **Pertanian.** Penyuluh ingin tahu jarak tanam terbaik. Pertanyaan: "Apakah jarak tanam padi (20, 25, 30 cm) memengaruhi jumlah anakan per rumpun?" Hipotesis: "Jika jarak tanam diperlebar, maka jumlah anakan per rumpun bertambah, karena tiap rumpun mendapat lebih banyak cahaya dan hara."
- **Lingkungan.** Siswa melihat air kolam yang ditumbuhi eceng gondok tampak lebih jernih. Pertanyaan: "Bagaimana pengaruh luas penutupan eceng gondok terhadap kekeruhan air kolam setelah 2 minggu?" Kekeruhan dapat diukur dengan cakram Secchi sederhana, yaitu cakram hitam-putih yang diturunkan ke air sampai tidak terlihat.

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — "Apakah kompos bagus untuk cabai?"

Pak Darto, petani cabai di Magelang, bertanya kepada anaknya yang duduk di kelas XI: "Apakah kompos bagus untuk cabai?" Ubah pertanyaan itu menjadi pertanyaan yang dapat diselidiki, lalu susun hipotesisnya.

1. Cari kata yang kabur. "Bagus" tidak dapat diukur. Bagus menurut apa: tanaman lebih tinggi, buah lebih banyak, atau tanaman lebih tahan penyakit? Pilih satu yang paling penting bagi petani, misalnya **massa buah cabai per tanaman** (gram), ditimbang selama masa panen.
2. Tentukan apa yang diubah. "Kompos" saja belum cukup; yang diubah adalah **takaran kompos**, misalnya 0, 250, 500, dan 750 g per polibag. Takaran 0 g menjadi pembanding (kontrol).

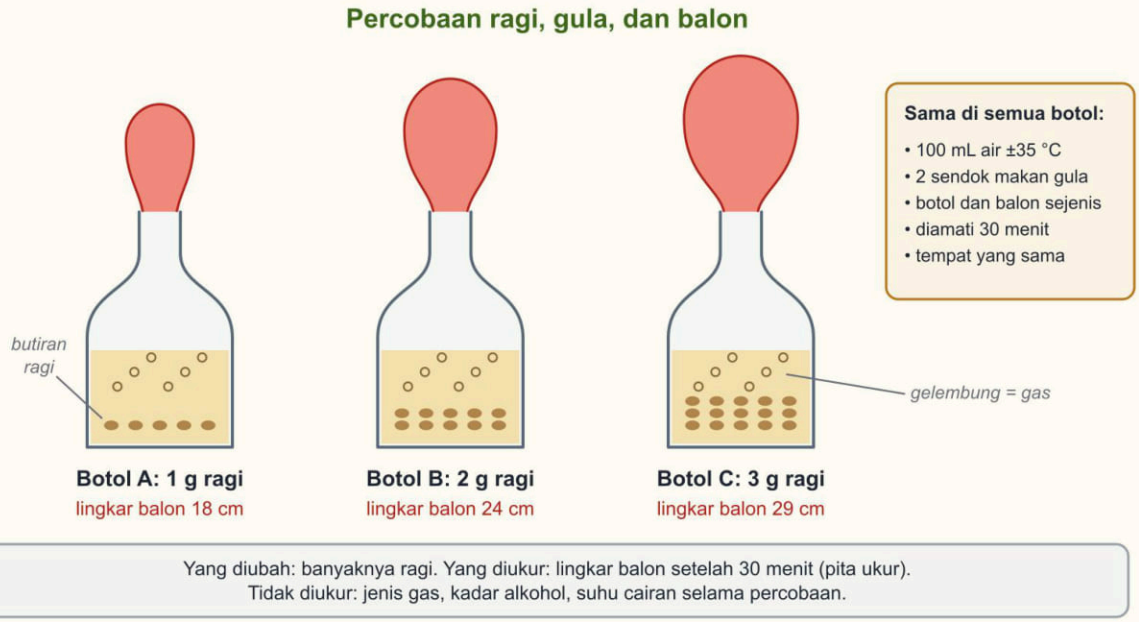
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Tulis pertanyaannya: "Bagaimana pengaruh takaran kompos (0, 250, 500, 750 g per polibag) terhadap massa buah cabai per tanaman?"
4. Susun hipotesis dengan pola jika–maka–karena: "Jika takaran kompos ditambah, maka massa buah cabai per tanaman bertambah, karena kompos menambah unsur hara dan memperbaiki kemampuan tanah menahan air."
5. Periksa: kedua variabel terukur; arah hubungan disebut; hipotesis dapat dibuktikan salah (misalnya bila massa buah tidak berbeda antartakaran); alasannya berdasar pengetahuan tentang kebutuhan hara tumbuhan.

Jawaban: pertanyaan "Bagaimana pengaruh takaran kompos terhadap massa buah cabai per tanaman?" dengan hipotesis "jika takaran kompos ditambah, maka massa buah bertambah, karena hara tanah bertambah".

Contoh 2 — Percobaan ragi, gula, dan balon

Rara (tokoh fiktif) menyiapkan tiga botol berisi air hangat dan gula dengan takaran sama. Botol A diberi 1 g ragi roti, botol B 2 g, dan botol C 3 g. Mulut botol ditutup balon. Setelah 30 menit, lingkar balon diukur dengan pita ukur (Gambar 4.4). *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*



Gambar 4.4 Percobaan ragi, gula, dan balon. Hanya banyaknya ragi yang dibuat berbeda; yang diukur adalah lingkar balon setelah 30 menit. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pertanyaan mana yang benar-benar dapat dijawab oleh percobaan ini?

(a) Bagaimana pengaruh banyaknya ragi terhadap banyaknya gas yang terkumpul dalam 30 menit? (b) Apakah suhu air memengaruhi besar balon? (c) Gas apa yang mengisi balon? (d) Apakah botol yang raginya lebih banyak menghasilkan alkohol lebih banyak?

1. Daftar dulu isi percobaan. **Diubah**: banyaknya ragi (1, 2, 3 g). **Diukur**: lingkar balon, sebagai ukuran banyaknya gas. **Dijaga sama**: suhu dan volume air, takaran gula, jenis botol dan balon, lama pengamatan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Nilai (a): menyebut banyaknya ragi (diubah) dan banyaknya gas (diukur lewat lingkar balon). **Dapat dijawab.**
3. Nilai (b): suhu air justru dibuat sama di ketiga botol. Karena suhu tidak pernah berbeda, data tidak dapat menunjukkan pengaruhnya. **Tidak dapat dijawab.**
4. Nilai (c): jenis gas tidak diuji. Untuk mengetahuinya diperlukan uji lain, misalnya mengalirkan gas ke air kapur. Dari pengetahuan Bab 2 kamu tahu fermentasi ragi menghasilkan CO_2, tetapi **data percobaan ini** tidak membuktikannya. **Tidak dapat dijawab.**
5. Nilai (d): kadar alkohol tidak diukur. Pertanyaannya masuk akal secara biologi, tetapi tidak cocok dengan data. **Tidak dapat dijawab.**

Jawaban: hanya pertanyaan (a). Pertanyaan lain menyebut variabel yang dijaga sama atau yang tidak diukur.

Contoh 3 — Semut dan dua jenis pemanis

Di kantin sekolah, Dimas melihat semut ramai mengerubungi tumpahan gula pasir, tetapi hampir tidak mendatangi tumpahan minuman berpemanis buatan yang sama manisnya. Manakah hipotesis yang paling tepat untuk diuji?

(a) Semut datang karena gula pasir berwarna putih. (b) Semut lebih menyukai rasa gula pasir. (c) Perilaku semut dipengaruhi oleh banyak faktor. (d) Bila semut diberi pilihan larutan gula pasir dan larutan pemanis buatan yang sama manisnya, lebih banyak semut akan mendatangi larutan gula pasir, karena gula pasir dapat dicerna menjadi sumber energi, sedangkan pemanis buatan tidak.

Kasus disusun untuk contoh; tokoh fiktif.

1. Kumpulkan pengamatan: semut ramai di gula pasir, jarang di pemanis buatan, padahal rasa manisnya sama.
2. Hubungkan dengan pengetahuan Bab 2: gula pasir (sukrosa) dipecah menjadi glukosa dan fruktosa yang dipakai sel untuk respirasi dan menghasilkan ATP. Kebanyakan pemanis buatan terasa manis tetapi hampir tidak menghasilkan energi.
3. Nilai (a): warna putih hanyalah ciri yang tampak dan tidak berhubungan dengan pengamatan; kedua tumpahan tidak dibedakan menurut warnanya. Kurang tepat.
4. Nilai (b): "lebih menyukai rasa" adalah tafsiran perasaan semut dan tidak dapat diukur langsung. Tidak tepat.
5. Nilai (c): selalu benar, tidak menyebut variabel, dan tidak dapat dibuktikan salah. Tidak tepat.
6. Nilai (d): menyebut variabel bebas (jenis pemanis), variabel terikat (banyaknya semut yang datang, dapat dihitung), variabel kontrol (rasa manis dibuat sama), arah hasil, dan alasan ilmiah.

Jawaban: hipotesis (d).

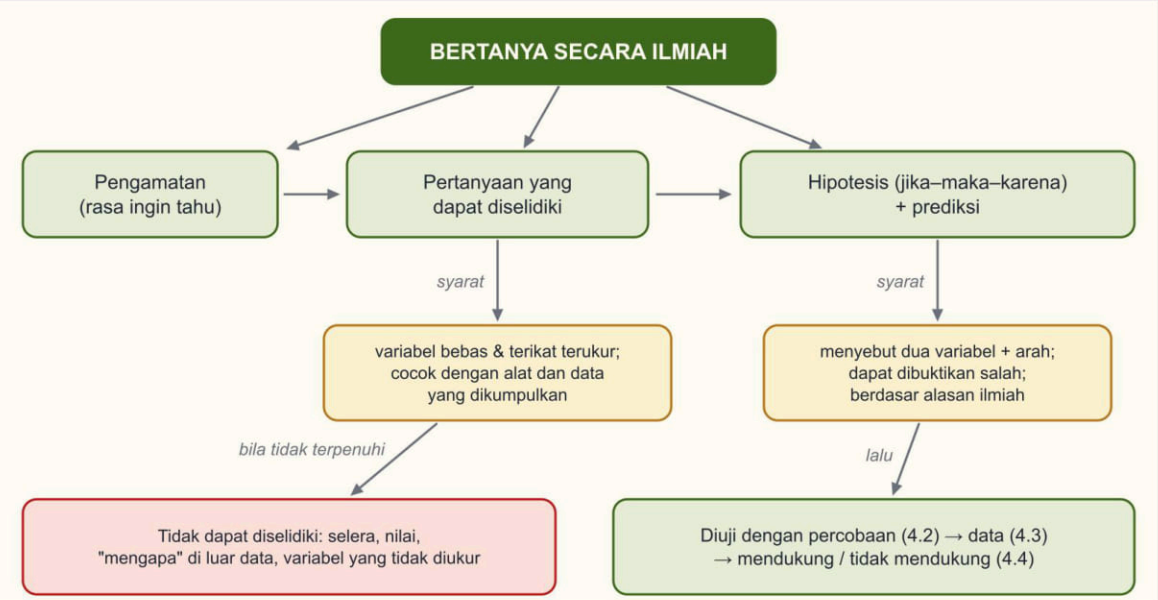
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Siklus penyelidikan: mengamati → bertanya → hipotesis dan prediksi → merancang dan mengumpulkan data → mengolah data → menyimpulkan dan mengevaluasi → mengomunikasikan.
- Pertanyaan yang dapat diselidiki menyebut variabel bebas dan variabel terikat yang dapat diukur, serta dapat dikerjakan dengan alat yang ada.
- Pertanyaan hanya tepat untuk suatu percobaan bila semua variabelnya benar-benar diubah atau diukur di percobaan itu; pereaksi hanya mendeteksi zat tertentu.
- Rumusan masalah = kalimat tanya; hipotesis = pernyataan dugaan yang menyebut arah hubungan.
- Hipotesis yang baik: jika–maka–karena, dapat dibuktikan salah, sesuai semua pengamatan, memilih zat atau keadaan yang dapat diukur, bukan sekadar letak.
- Prediksi = hasil yang diharapkan bila hipotesis benar; data nanti mendukung atau tidak mendukung.

Bagan pada Gambar 4.5 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 4.5 Peta konsep merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pertanyaan ilmiah dan hipotesis:

1. **Daftar isi percobaan**: apa yang diubah, apa yang diukur, apa yang dijaga sama, dan alat atau pereaksi apa yang dipakai.
2. **Periksa bentuk kalimat** yang diminta soal: pertanyaan (rumusan masalah) atau pernyataan (hipotesis)?
3. **Untuk setiap pilihan**, periksa: apakah semua variabelnya ada di daftar langkah 1? Apakah hubungannya jelas dan arahnya disebut? Apakah dapat diuji dan dapat dibuktikan salah?
4. **Untuk hipotesis dari pengamatan lapangan**, pilih yang menyebut zat atau keadaan yang dapat diukur dan sesuai dengan semua pengamatan.
5. **Pada soal Benar/Salah dan MCMA**, nilai setiap pertanyaan sendiri-sendiri dengan daftar di langkah 1. Jumlah jawaban benar tidak diberitahukan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Pertanyaan tentang variabel yang tidak diukur.** Terdengar ilmiah dan masuk akal secara biologi, tetapi data percobaan tidak dapat menjawabnya.
- **Pertanyaan tentang variabel yang justru dijaga sama.** Variabel kontrol tidak pernah berbeda, jadi pengaruhnya tidak dapat dilihat.
- **Pereaksi dipakai untuk zat yang bukan sasarannya**, misalnya lugol untuk protein.
- **Pertanyaan tentang selera, nilai, atau manfaat**, misalnya rasa, keindahan, atau "lebih baik".
- **Hipotesis yang ditulis sebagai pertanyaan**, atau rumusan masalah yang ditulis sebagai pernyataan.
- **Hipotesis yang selalu benar** sehingga tidak dapat diuji.
- **Hipotesis yang menyebut letak atau jarak** sebagai penyebab, padahal yang sebenarnya berpengaruh adalah zat atau keadaan di tempat itu.

> Contoh salah tafsir: dalam praktikum, murid mengukur tinggi kecambah jagung yang disiram air dengan kadar garam berbeda. Seorang siswa memilih pertanyaan "Apakah garam merusak akar jagung?" sebagai pertanyaan yang dapat dijawab percobaan itu. Pertanyaan ini terdengar masuk akal, tetapi praktikum tidak pernah mengamati akar; yang diukur hanya tinggi kecambah.

• BEDAH SOAL ASLI

Dua soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Keduanya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 26 (warna dan volume urine setelah olahraga, MCMA, 26 % benar). Murid membandingkan sampel urine saat istirahat dengan sampel setelah lari 20 menit dan minum banyak air. Kamu diminta memilih **semua** pertanyaan ilmiah yang tepat sebagai dasar penyelidikan praktikum itu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Konsep kunci: pertanyaan harus cocok dengan data percobaannya (bagian 5).
- Langkah: daftar yang diamati dalam praktikum (warna dan volume urine, keadaan saat pengambilan sampel) → coret setiap pertanyaan yang menyebut variabel di luar daftar itu → nilai sisa pertanyaan satu per satu.
- Pengecoh yang dipasang: pertanyaan tentang kadar gula darah dan detak jantung. Keduanya masuk akal secara biologi, tetapi tidak pernah diukur dalam praktikum. Pilihan yang tersisa juga harus dinilai sendiri-sendiri, karena jumlah jawabannya tidak disebutkan.

Rujukan: soal nomor 26 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

Nomor 23 (uji lugol pada nasi, tahu, dan pisang, Benar/Salah, 71 % benar). Ilustrasi menunjukkan perubahan warna tiga bahan makanan yang ditetesi larutan lugol. Kamu diminta menentukan pertanyaan mana yang dapat dikembangkan dari hasil percobaan itu.

- Konsep kunci: syarat pertanyaan yang dapat diselidiki (bagian 4) dan kecocokannya dengan pereaksi yang dipakai (bagian 5, tabel pereaksi).
- Langkah: tentukan zat yang dapat dideteksi oleh lugol → periksa setiap pertanyaan: apakah pertanyaan itu menanyakan zat yang memang diuji lugol?
- Pengecoh yang dipasang: pertanyaan tentang kandungan zat lain yang tidak dapat diuji dengan pereaksi tersebut.

Rujukan: soal nomor 23 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut berangkat dari pengamatan bahwa teman yang baru berolahraga lebih sering digigit nyamuk. Perhatikan cara memilih hipotesis yang dapat diuji: menyebut satu faktor yang dapat diubah dan akibat yang dapat diukur (bagian 6, Gambar 4.3).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Saat belajar kelompok di teras rumah pada suatu sore tahun 2026, Dimas memperhatikan bahwa Bayu, yang baru pulang bermain futsal, jauh lebih sering digigit nyamuk daripada teman-teman lain. Tubuh Bayu masih basah oleh keringat dan terasa hangat, dan napasnya masih terengah-engah. Dimas ingin menyelidiki penyebabnya di laboratorium sekolah dengan kotak kasa berisi nyamuk hasil pembiakan sekolah, tanpa membiarkan nyamuk menggigit orang.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Hipotesis yang dapat diuji dan sesuai dengan pengamatan Dimas adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Bila kain berkeringat dan kain basah air diletakkan di kotak nyamuk, nyamuk lebih banyak hinggap di kain berkeringat.
☐ B. Nyamuk menggigit Bayu lebih sering karena memang begitulah sifat alami nyamuk terhadap orang-orang tertentu.
☐ C. Bila wadah berisi air 37 °C dan air suhu ruang dipasang di kotak nyamuk, nyamuk lebih banyak hinggap di wadah hangat.
☐ D. Sebaiknya setiap murid memakai obat antinyamuk sebelum belajar kelompok agar tidak ada yang digigit nyamuk.
☐ E. Bila udara embusan napas dialirkan ke salah satu sisi kotak nyamuk, nyamuk lebih banyak berkumpul di sisi itu.

Pembahasan **Kunci: A, C, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: hipotesis adalah dugaan jawaban yang **dapat diuji** dengan pengamatan atau percobaan. Hipotesis yang baik menyebut variabel bebas dan variabel terikat yang dapat diukur, dan sering ditulis dalam bentuk "Bila ..., maka ...". Saran tindakan atau pernyataan yang tidak dapat dibuktikan salah bukan hipotesis.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✓ — Variabel bebas: ada tidaknya keringat (pembanding: kain basah air); variabel terikat: jumlah nyamuk yang hinggap. Sesuai pengamatan tubuh Bayu berkeringat.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan: kalimat ini hanya mengulang pengamatan tanpa menyebut faktor yang dapat diukur, sehingga tidak dapat diuji.
• Pernyataan 3 ✓ — Variabel bebas: suhu (sesuai tubuh Bayu yang hangat); variabel terikat: jumlah nyamuk yang hinggap. Dapat diuji tanpa nyamuk menggigit orang.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan: ini saran tindakan, bukan dugaan sebab yang dapat diuji.
• Pernyataan 5 ✓ — Variabel bebas: ada tidaknya udara embusan (sesuai napas Bayu yang terengah-engah); variabel terikat: jumlah nyamuk yang berkumpul di sisi kotak.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap pilihan, tulis variabel bebas dan variabel terikatnya, atau tulis "tidak ada" bila pilihan itu tidak menyebutnya.

1. Saat pulang sekolah pada 2026, Tari memperhatikan bahwa rumpun padi dalam jarak sekitar 5 m dari lampu jalan berbunga kira-kira dua minggu lebih lambat daripada padi di tengah sawah yang sama. Lampu itu menyala sepanjang malam. Menurut pemilik sawah, seluruh padi di sawah itu satu varietas dan ditanam pada hari yang sama. Tari ingin menjadikan pengamatan itu bahan penyelidikan untuk praktikum biologi di sekolah.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan tentang penyelidikan yang dapat dirancang Tari berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
"Sebaiknyakah lampu jalan di dekat sawah dimatikan pada malam hari?" adalah pertanyaan yang dapat dijawab langsung dengan percobaan.	○	○
"Apakah lama penyinaran pada malam hari memengaruhi waktu berbunga padi?" dapat diselidiki dengan lama penyinaran sebagai variabel bebas.	○	○
Pada penyelidikan itu, jumlah hari sejak tanam sampai bunga padi pertama muncul dapat dipakai sebagai variabel terikat.	○	○

2. Pada 2026, pengurus OSIS sebuah SMA di Bogor membuat taman tanaman obat berisi jahe, kunyit, serai, dan sambiloto di halaman belakang sekolah. Mereka ingin melakukan satu percobaan sederhana di taman itu selama satu semester dan mengusulkan beberapa pertanyaan. Pembina OSIS mengingatkan bahwa pertanyaan yang dipilih harus dapat dijawab dengan data yang mereka ukur sendiri di taman itu, memakai alat yang ada di sekolah, serta aman dan etis.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pertanyaan yang paling tepat untuk diselidiki adalah ....

A. Tanaman obat manakah yang paling bermanfaat bagi kesehatan seluruh warga sekolah dan masyarakat sekitar?
B. Mengapa sejak dahulu banyak keluarga di Indonesia memakai jahe dan kunyit sebagai bahan utama jamu?
C. Apakah taman tanaman obat membuat halaman belakang sekolah tampak lebih indah daripada sebelumnya?
D. Apakah air rebusan sambiloto dapat menyembuhkan malaria pada semua penderita yang meminumnya?
E. Bagaimana pengaruh banyaknya pupuk kompos per pot terhadap tinggi tanaman serai setelah enam minggu?

Kunci singkat: 1. 1S 2B 3B 2. E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Sebutkan empat syarat pertanyaan yang dapat diselidiki, lalu beri satu contoh pertanyaan dari kehidupanmu sehari-hari yang memenuhi keempatnya.
- Apa beda rumusan masalah, hipotesis, dan prediksi? Tulis ketiganya untuk satu percobaan sederhana.
- **Yang harus kuingat:** sebuah pertanyaan hanya tepat untuk suatu percobaan bila semua variabelnya benar-benar diubah atau diukur dalam percobaan itu; hipotesis yang baik menyebut arah hubungan, beralasan, dan dapat dibuktikan salah.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-4.1

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.2 · Merancang penyelidikan

BIO-4.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi menulis kompetensi ini sebagai *merancang penyelidikan ilmiah*. Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat seorang murid yang ingin menyelidiki pengaruh suhu terhadap pertumbuhan gulma di taman sekolah; kamu diminta memilih **langkah pertama** pengumpulan data (43 % benar). Contoh soal resmi Pusmendik juga menanyakan langkah pertama metode ilmiah untuk masalah gizi anak.

Merancang penyelidikan berarti memastikan bahwa hasil percobaan nanti **hanya dapat dijelaskan oleh satu hal**, yaitu variabel yang sengaja diubah. Setiap kelemahan rancangan membuka penjelasan lain.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menentukan variabel bebas, terikat, dan kontrol dalam sebuah rancangan;
- memilih kelompok kontrol yang tepat (kontrol negatif dan kontrol positif);
- menjelaskan pentingnya ulangan, ukuran sampel, dan pengacakan;
- merancang pengambilan sampel di lapangan dengan kuadrat dan transek;
- mengurutkan langkah penyelidikan dan memilih langkah pertama yang tepat.

◆ KONSEP INTI

Di sub bab 4.1 kamu sudah mengubah rasa ingin tahu menjadi pertanyaan dan hipotesis. Langkah berikutnya adalah merancang cara menjawabnya. **Rancangan penyelidikan** adalah rencana lengkap: apa yang diubah, apa yang diukur, apa yang dijaga sama, berapa banyak sampel, alat apa yang dipakai, dan bagaimana urutan kerjanya. Rancangan yang baik disebut **uji yang adil** (*fair test*): kelompok-kelompok yang dibandingkan hanya berbeda pada satu hal. Bila hasilnya berbeda, kamu dapat yakin perbedaan itu berasal dari hal tersebut. Rancangan yang buruk tetap menghasilkan angka, tetapi angka itu tidak dapat dipercaya. Petani yang mencoba pupuk baru, dokter yang menguji obat, dan siswa yang membuat percobaan kecambah semuanya memerlukan rancangan yang adil.

1. Tiga jenis variabel

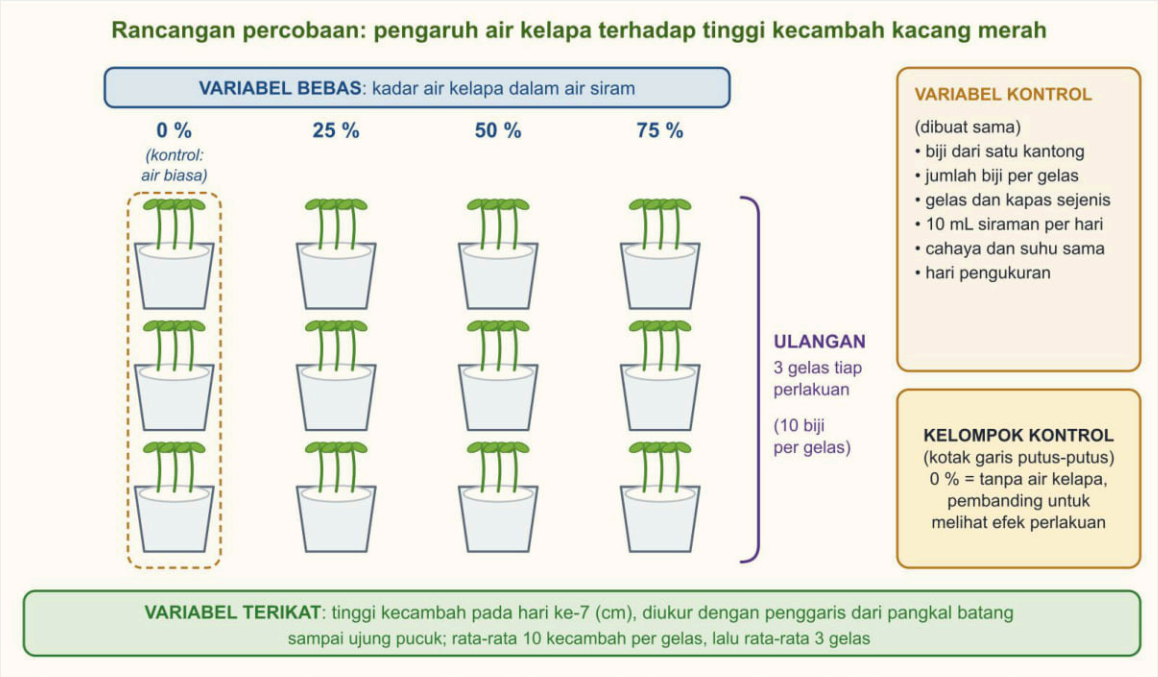
Ingat kembali tiga jenis variabel dari sub bab 4.1. Dalam rancangan, ketiganya ditulis secara rinci.

Variabel	Pertanyaan pengenal	Contoh: pengaruh air kelapa terhadap tinggi kecambah
Bebas	Apa yang **sengaja dibuat berbeda**?	kadar air kelapa dalam air siram: 0, 25, 50, 75 %

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Terikat	Apa yang **diukur** sebagai akibat?	tinggi kecambah pada hari ke-7 (cm)
Kontrol	Apa yang **harus dibuat sama** agar perbandingan adil?	jenis dan umur biji, jumlah biji per gelas, gelas dan kapas, volume siraman, cahaya, suhu, hari pengukuran

Gambar 4.6 memperlihatkan rancangan percobaan itu secara utuh. Air kelapa dipilih karena mengandung zat pengatur tumbuh alami (sitokinin) yang sering dipakai petani dan pembudidaya anggrek.



Gambar 4.6 Rancangan percobaan pengaruh air kelapa terhadap tinggi kecambah kacang merah: satu variabel bebas dengan empat taraf, tiga ulangan tiap taraf, variabel kontrol, kelompok kontrol, dan cara mengukur variabel terikat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Beberapa istilah penting dari gambar itu:

- **Perlakuan** atau **taraf** adalah nilai-nilai variabel bebas yang dipakai (0, 25, 50, 75 %). Rentang dan jarak taraf dipilih cukup lebar agar pengaruhnya dapat terlihat, tetapi masih masuk akal.
- **Aturan satu variabel bebas.** Dalam satu perbandingan, hanya satu hal yang boleh berbeda. Bila gelas 75 % juga diletakkan di jendela yang lebih terang, perbedaan tinggi tidak dapat lagi dikaitkan dengan air kelapa saja; mungkin cahayalah penyebabnya.
- **Variabel kontrol bukan berarti tidak penting.** Justru karena cahaya, suhu, dan air sangat memengaruhi kecambah, ketiganya harus dibuat sama.

Variabel terikat sebaiknya diukur **secara kuantitatif** dengan cara yang tertulis jelas: "tinggi dari pangkal batang sampai ujung pucuk, diukur dengan penggaris, pada hari ke-7 pukul 07.00". Cara ukur yang tertulis membuat semua anggota kelompok mengukur dengan cara sama.

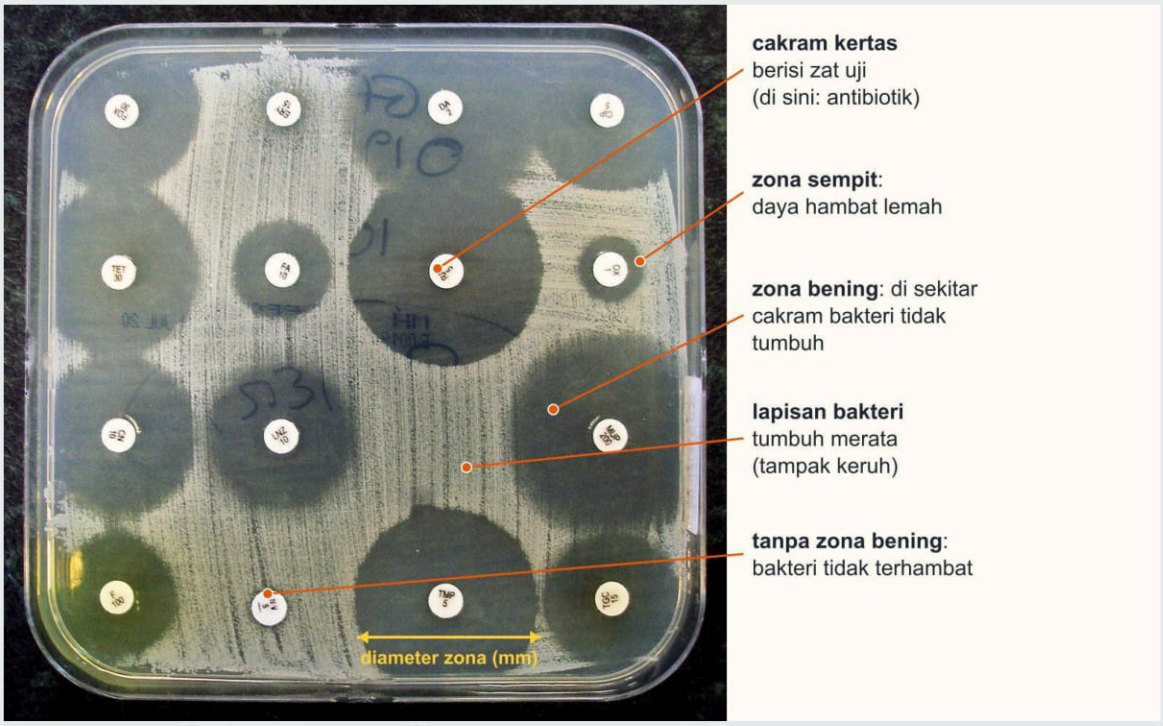
2. Kelompok kontrol: pembanding yang dapat dipercaya

Jangan tertukar antara **variabel kontrol** dan **kelompok kontrol**. Variabel kontrol adalah faktor yang dijaga sama di semua kelompok. **Kelompok kontrol** adalah kelompok pembanding yang diperlakukan sama persis, kecuali tidak diberi perlakuan yang diuji (atau diberi perlakuan yang hasilnya sudah diketahui). Dalam Gambar 4.6, gelas 0 % adalah kelompok kontrol. Tanpa kelompok ini kamu tidak tahu seberapa tinggi kecambah tumbuh dengan air biasa, sehingga tidak tahu apakah air kelapa menambah tingginya.

Kelompok kontrol ada dua macam. Contoh yang paling jelas adalah **uji daya hambat** zat terhadap bakteri, yang sering dipakai untuk menguji ekstrak tumbuhan obat. Caranya bertahap:

1. Bakteri disebar merata di permukaan cawan berisi **medium agar** (makanan bakteri yang berbentuk seperti agar-agar).
2. **Cakram kertas** kecil direndam dalam zat uji, lalu diletakkan di atas agar.
3. Cawan disimpan pada suhu tertentu (diinkubasi), biasanya 24 jam. Bakteri tumbuh menjadi lapisan keruh.
4. Bila zat uji menghambat bakteri, zat itu meresap dari cakram ke agar di sekitarnya, dan di sekeliling cakram terbentuk **zona bening**, yaitu daerah tanpa bakteri.
5. **Diameter zona bening** diukur dengan penggaris dalam milimeter. Makin lebar zona, makin kuat daya hambatnya (Gambar 4.7).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

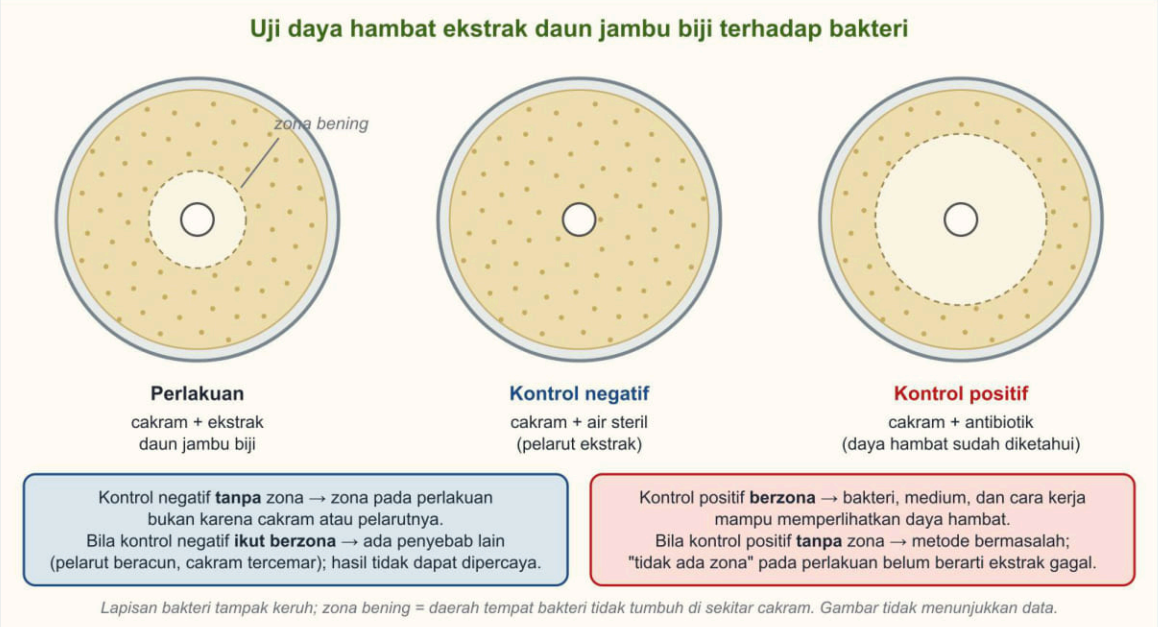


Gambar 4.7 Foto uji daya hambat beberapa antibiotik terhadap bakteri di cawan agar. Lebar zona bening berbeda-beda; satu cakram tidak membentuk zona sama sekali. Tulisan spidol pada cawan adalah catatan pemilik foto. Sumber: Dr Graham Beards, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0; label bahasa Indonesia ditambahkan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Misalkan kamu menguji ekstrak daun jambu biji dengan cara ini. Rancangan yang baik memakai dua kontrol (Gambar 4.8):

Jenis kontrol	Isinya	Hasil yang diharapkan	Fungsinya
Kontrol negatif	semua sama, tetapi cakram hanya berisi **pelarut** ekstrak (misalnya air steril), tanpa zat uji	tidak ada zona bening	memastikan zona pada perlakuan bukan berasal dari cakram, pelarut, atau cara kerja
Kontrol positif	cakram berisi zat yang **sudah diketahui** menghambat bakteri (misalnya antibiotik)	zona bening jelas	memastikan bakteri, medium, dan cara kerja memang mampu memperlihatkan daya hambat



Gambar 4.8 Peran kontrol negatif dan kontrol positif dalam uji daya hambat ekstrak daun jambu biji. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kedua kontrol itu "memeriksa" percobaannya sendiri. Bila kontrol negatif ikut membentuk zona bening, ada penyebab lain yang tidak terkendali, misalnya pelarutnya beracun bagi bakteri atau cakramnya tercemar. Bila kontrol positif tidak membentuk zona, ada yang salah dengan metode atau bahan, misalnya bakterinya sudah kebal atau inkubasinya terlalu singkat; maka hasil "tidak ada zona" pada ekstrak belum berarti ekstrak tidak bekerja.

Di bidang kesehatan, kelompok kontrol pada uji obat sering diberi **plasebo**, yaitu tablet yang tampak sama tetapi tanpa zat aktif. Dengan begitu, perbaikan karena sugesti ("merasa sudah minum obat") dapat dipisahkan dari efek obat yang sebenarnya.

3. Ulangan, ukuran sampel, dan pengacakan

Makhluk hidup bervariasi. Dua biji dari kantong yang sama dapat tumbuh dengan kecepatan berbeda; satu cawan bisa saja tercemar. Bila setiap perlakuan hanya memakai satu tanaman atau satu cawan, hasilnya bisa kebetulan. Karena itu rancangan yang baik memuat:

1. **Ulangan**: setiap perlakuan dibuat beberapa kali (misalnya tiga gelas per perlakuan, Gambar 4.6), lalu dihitung rata-ratanya. Ulangan juga memperlihatkan seberapa besar hasil

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bervariasi, dan membantu menemukan data yang menyimpang (sub bab 4.3).

2. **Ukuran sampel yang cukup**: dalam tiap ulangan dipakai cukup banyak individu, misalnya 10 biji per gelas. Makin besar sampel, makin kecil pengaruh satu individu yang aneh.
3. **Pengacakan**: individu dimasukkan ke kelompok secara acak (misalnya diundi), dan letak gelas di rak juga diacak. Pengacakan mencegah peneliti tanpa sadar memberi biji yang paling bagus ke kelompok yang diharapkan menang, dan meratakan pengaruh tempat (misalnya sudut rak yang lebih terang).

Jumlah ulangan yang "cukup" bergantung pada seberapa besar variasi. Di percobaan sekolah, tiga sampai lima ulangan per perlakuan sudah jauh lebih baik daripada satu.

4. Alat dan cara mengukur

Alat ukur harus **sesuai dengan yang ingin diketahui** dan cukup teliti. Mengukur tinggi kecambah yang hanya beberapa milimeter dengan meteran kain kurang teliti; penggaris berskala milimeter lebih tepat. Mengukur suhu tanah perlu termometer tanah yang ditancapkan pada kedalaman yang sama setiap kali. Dua sifat data yang baik:

- **Akurat**: hasil ukur dekat dengan nilai sebenarnya. Alat yang belum ditera (dikalibrasi), misalnya timbangan yang menunjukkan 5 g saat kosong, membuat data tidak akurat.
- **Teliti dan konsisten** (presisi): pengukuran berulang memberi hasil yang berdekatan. Ini tercapai bila alat, cara, waktu, dan orang yang mengukur sama.

Sebelum data dikumpulkan, siapkan **tabel pengamatan** kosong: kolom perlakuan, kolom ulangan, satuan, dan tanggal. Tabel yang disiapkan sejak awal mencegah data yang lupa dicatat.

5. Urutan langkah penyelidikan

Urutan umum sebuah penyelidikan:

1. Mengenali masalah dan mengumpulkan informasi awal (pengamatan, bacaan).
2. Merumuskan pertanyaan atau masalah.
3. Menyusun hipotesis.
4. Merancang percobaan: variabel, kontrol, ulangan, alat, langkah kerja, tabel pengamatan.
5. Mengumpulkan data.
6. Mengolah dan menganalisis data.
7. Menarik kesimpulan.
8. Mengomunikasikan hasil.

Di dalam langkah 5 pun ada urutan. Sebelum pengukuran berulang dimulai, peneliti harus menetapkan **di mana, pada apa, dan bagaimana** pengukuran dilakukan: memilih dan menandai sampel atau titik pengamatan, menyiapkan dan memeriksa alat, lalu mengukur keadaan awal. Langkah yang sudah berupa kesimpulan ("ternyata faktor X yang paling berpengaruh") tidak mungkin berada di awal pengumpulan data, karena kesimpulan baru dapat ditarik setelah data diolah.

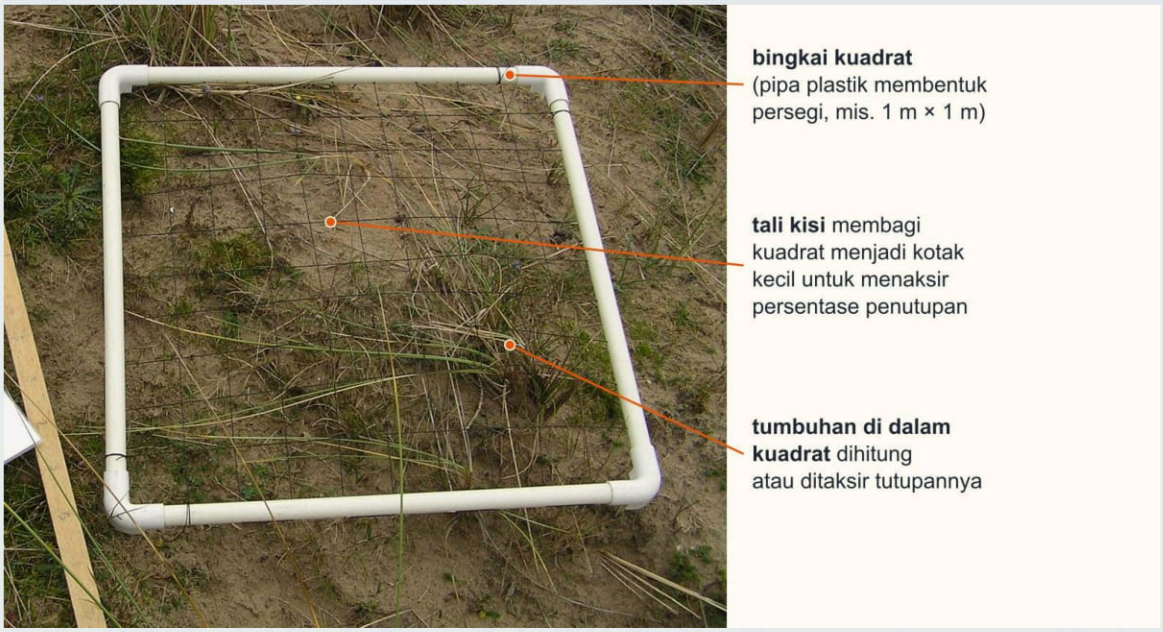
6. Penyelidikan lapangan: kuadrat dan transek

Tidak semua penyelidikan berupa percobaan di dalam ruangan. Di Bab 1 kamu mempelajari

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

populasi dan ekosistem. Untuk mengetahui berapa banyak tumbuhan di sebuah padang rumput, hutan mangrove, atau taman sekolah, kita tidak mungkin menghitung semuanya. Kita mengambil **sampel** (contoh) lalu menaksir keseluruhannya.

Alat yang paling sering dipakai adalah **kuadrat**, yaitu bingkai persegi dengan luas tertentu, misalnya 1 m × 1 m untuk rumput atau 10 m × 10 m untuk pohon (Gambar 4.9). Bingkai diletakkan di tanah, lalu tumbuhan di dalamnya dihitung atau ditaksir persentase penutupannya.



Gambar 4.9 Kuadrat dari pipa plastik yang diberi tali kisi, diletakkan di atas vegetasi rumput pantai. Sumber: Yohan euan o4, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0; dipotong, label bahasa Indonesia ditambahkan.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

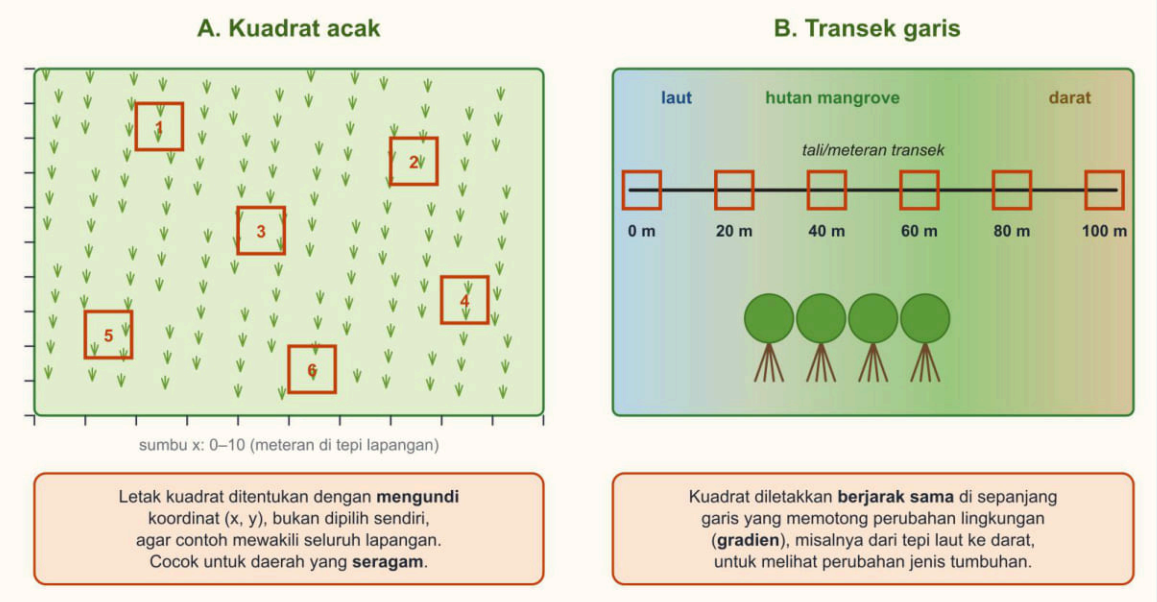
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Dari data kuadrat dapat dihitung:

- **Kepadatan** (densitas) = jumlah individu suatu jenis ÷ luas seluruh kuadrat yang diamati (individu/m^2).
- **Frekuensi** = banyaknya kuadrat yang memuat jenis itu ÷ banyaknya kuadrat × 100 %. Frekuensi menunjukkan seberapa merata jenis itu tersebar.
- **Persentase penutupan** = bagian luas kuadrat yang tertutup tumbuhan itu. Tali kisi membantu menaksirnya: bila tumbuhan menutupi 25 dari 100 kotak kecil, penutupannya sekitar 25 %.

Ada dua cara meletakkan kuadrat (Gambar 4.10):

1. **Kuadrat acak.** Letak kuadrat ditentukan dengan mengundi koordinat, bukan dipilih sendiri. Cara ini cocok untuk daerah yang tampak seragam. Bila peneliti memilih sendiri, ia cenderung memilih tempat yang paling lebat atau paling menarik, sehingga taksirannya berlebihan.
2. **Transek garis.** Seutas tali atau meteran dibentangkan memotong perubahan lingkungan, misalnya dari tepi laut ke darat melewati hutan mangrove. Kuadrat diletakkan pada jarak yang sama di sepanjang tali. Cara ini cocok untuk melihat bagaimana jenis tumbuhan berubah mengikuti perubahan keadaan (disebut **gradien**), misalnya kadar garam atau lama tergenang air laut.



Gambar 4.10 Dua cara meletakkan kuadrat: (A) acak untuk daerah yang seragam; (B) berjarak sama di sepanjang transek untuk daerah yang berubah bertahap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Jumlah kuadrat juga perlu dipikirkan. Kuadrat terus ditambah sampai penambahan kuadrat baru hampir tidak lagi menambah jenis baru atau tidak lagi banyak mengubah rata-rata. Satu hal lagi yang penting dalam penyelidikan lapangan: **ukur keadaan apa adanya**. Membersihkan lokasi, mencabuti tumbuhan lain, atau memindahkan tumbuhan ke pot untuk "memudahkan pengamatan" justru mengubah keadaan yang ingin diteliti. Variabel lingkungan seperti suhu, cahaya, atau kelembapan dicatat di titik yang sama dan dengan cara yang sama setiap kali.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Keselamatan dan etika

Rancangan yang baik juga aman dan etis:

- **Bakteri**: cawan agar yang sudah ditanami bakteri ditutup rapat dan diselotip, tidak dibuka di kelas, lalu dimusnahkan dengan benar (misalnya dipanaskan dalam panci bertekanan) setelah dipakai. Bakteri dari lingkungan dapat mengandung jenis penyebab penyakit.
- **Bahan kimia**: pakai jas lab, kacamata pelindung, dan sarung tangan; jangan mencicipi atau mencium langsung.
- **Manusia**: percobaan yang melibatkan teman (misalnya mengukur denyut nadi) memerlukan persetujuan, tidak membahayakan, dan menjaga kerahasiaan data pribadi.
- **Hewan dan lingkungan**: hindari menyakiti hewan, ambil sampel secukupnya, dan kembalikan lokasi lapangan seperti semula.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Merancang percobaan keasaman air siram

Di beberapa kota, air hujan dapat bersifat asam karena pencemaran udara. Dimas (tokoh fiktif) ingin tahu apakah air siram yang asam memengaruhi perkecambahan biji kacang panjang. Susun rancangan percobaannya. *Tokoh fiktif.*

1. Tulis pertanyaannya: "Bagaimana pengaruh pH air siram terhadap persentase biji kacang panjang yang berkecambah?"
2. Tentukan **variabel bebas** dan tarafnya: pH air siram 3, 4, 5, dan 6 (air suling diberi sedikit cuka, diperiksa dengan kertas pH atau pH meter), ditambah **kelompok kontrol** air suling pH ±7.
3. Tentukan **variabel terikat** dan cara ukurnya: persentase biji yang berkecambah pada hari ke-5. Biji dianggap berkecambah bila akarnya sudah keluar minimal 2 mm. Persentase = jumlah biji berkecambah ÷ jumlah biji × 100 %.
4. Daftar **variabel kontrol**: biji dari satu kantong dan umur sama; 20 biji per cawan; cawan dan kertas saring sejenis; volume siraman 5 mL per hari pada jam yang sama; semua cawan di ruang yang sama (suhu dan cahaya sama).
5. Tentukan **ulangan dan pengacakan**: 3 cawan per taraf, jadi 5 taraf × 3 cawan = 15 cawan. Biji dibagi ke cawan secara acak, dan letak cawan di meja diacak.
6. Siapkan **tabel pengamatan**: baris pH 3 sampai 7, kolom ulangan 1–3, kolom rata-rata.
7. Tulis langkah kerja berurutan: siapkan larutan dan periksa pH-nya → beri label cawan → letakkan biji → siram setiap hari → hitung kecambah pada hari ke-5 → isi tabel.

Kesimpulan: rancangan ini hanya mengubah pH, punya pembanding pH 7, memakai ulangan, dan mengukur hasil dengan cara yang tertulis jelas.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 2 — Menaksir kepadatan rumput teki

Kelompok Nadia (tokoh fiktif) meneliti rumput teki di lapangan sekolah seluas 600 m^2. Mereka meletakkan 5 kuadrat 1 m × 1 m secara acak dan menghitung rumput teki di dalamnya: 12, 8, 15, 10, dan 5 batang. Berapa kepadatan dan frekuensinya, dan berapa taksiran jumlah rumput teki di seluruh lapangan? *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Jumlah individu seluruh kuadrat: 12 + 8 + 15 + 10 + 5 = 50 batang.
2. Luas seluruh kuadrat: 5 × 1 m^2 = 5 m^2.
3. Kepadatan = 50 ÷ 5 m^2 = **10 batang/m^2**.
4. Frekuensi: rumput teki ditemukan di 5 dari 5 kuadrat = 5/5 × 100 % = **100 %**. Artinya rumput teki tersebar merata di lapangan.
5. Taksiran seluruh lapangan = 10 batang/m^2 × 600 m^2 = **6.000 batang**.
6. Periksa syaratnya: taksiran ini hanya masuk akal bila kuadrat diletakkan **acak** dan lapangan cukup seragam. Bila kelompok memilih tempat yang paling lebat, taksirannya terlalu tinggi. Hasil kuadrat juga cukup bervariasi (5 sampai 15 batang), sehingga menambah jumlah kuadrat akan membuat taksiran lebih dapat dipercaya.

Jawaban: kepadatan 10 batang/m^2, frekuensi 100 %, taksiran sekitar 6.000 batang.

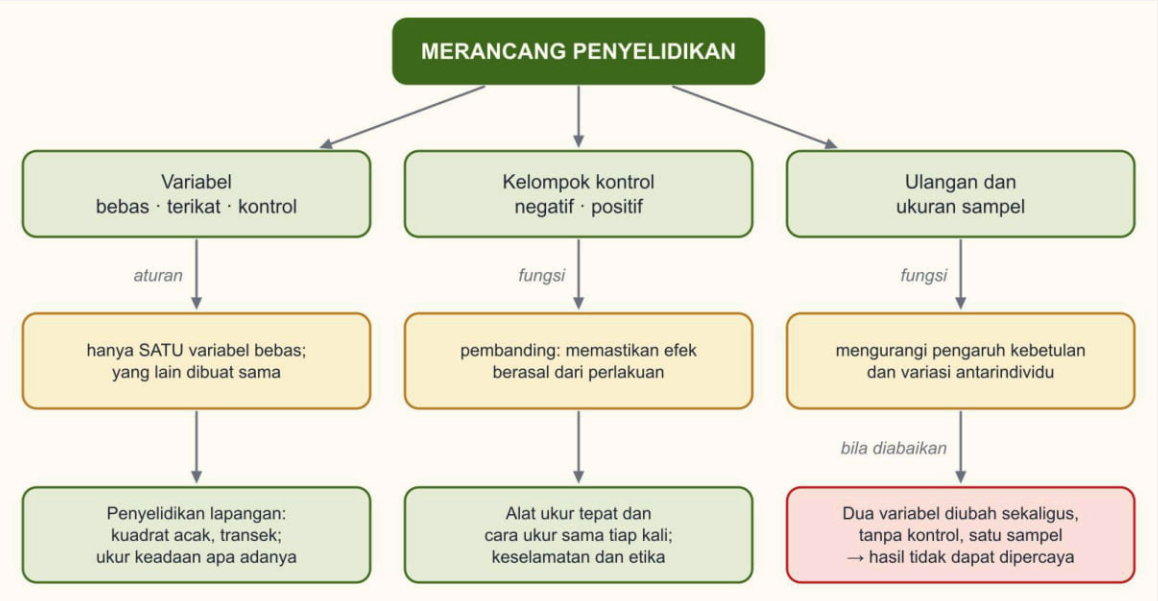
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Rancangan yang baik adalah uji yang adil: hanya variabel bebas yang berbeda; variabel kontrol dibuat sama.
- Variabel kontrol (faktor yang disamakan) berbeda dengan kelompok kontrol (pembanding tanpa perlakuan).
- Kontrol negatif harus tanpa efek; kontrol positif harus menunjukkan efek. Bila tidak, ada yang salah pada percobaan.
- Ulangan, sampel yang cukup, dan pengacakan mengurangi pengaruh kebetulan.
- Alat ukur harus sesuai dan cara ukur sama setiap kali; tabel pengamatan disiapkan sebelum data dikumpulkan.
- Di lapangan: kuadrat acak untuk daerah seragam, transek untuk gradien; ukur keadaan apa adanya.

Bagan pada Gambar 4.11 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 4.11 Peta konsep merancang penyelidikan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal rancangan penyelidikan:

1. **Tulis tujuan penyelidikan** dalam bentuk "pengaruh X terhadap Y".
2. **Tandai X (bebas) dan Y (terikat)**, lalu daftar semua hal lain yang dapat memengaruhi Y (calon variabel kontrol).
3. **Periksa rancangan di soal**: adakah lebih dari satu hal yang dibuat berbeda? Adakah kelompok kontrol? Adakah ulangan? Apakah alat ukurnya sesuai?
4. **Pada soal "langkah pertama/berikutnya"**, tentukan posisi keadaan di soal dalam urutan penyelidikan, lalu pilih langkah yang memang harus dilakukan sebelum langkah lain dapat dimulai.
5. **Pada soal perbaikan rancangan**, pilih perbaikan yang menutup penjelasan lain, bukan yang hanya membuat perbedaan tampak lebih besar.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Variabel terikat disebut variabel kontrol**, atau sebaliknya.
- **Variabel kontrol tertukar dengan kelompok kontrol.**
- **"Perbedaan akan lebih jelas bila dosisnya digandakan."** Memperbesar perlakuan tidak memperbaiki rancangan yang tidak adil.
- **Langkah yang sudah menyimpulkan** dipilih sebagai langkah pertama pengumpulan data.
- **Mengubah keadaan alami** (membersihkan lokasi, memindahkan objek ke pot) dianggap membuat data lebih baik.
- **Mengukur di satu tempat saja** untuk menyelidiki pengaruh faktor yang justru berbeda antartempat.
- **Variabel yang ikut berubah dianggap tidak berpengaruh**, misalnya suhu yang berbeda antartabung pada percobaan fotosintesis.

> Contoh salah tafsir: untuk menguji pengaruh musik terhadap pertumbuhan tanaman, seorang murid menaruh tanaman A di kamar yang diputar musik dan tanaman B di gudang tanpa musik. Tanaman A tumbuh lebih tinggi, dan ia menyimpulkan musik mempercepat pertumbuhan. Rancangannya tidak adil: kamar dan gudang juga berbeda cahaya dan suhunya. Perbedaan tinggi bisa disebabkan cahaya, bukan musik.

• BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 25 (suhu dan pertumbuhan gulma di taman sekolah, PG, 43 % benar). Murid merancang penyelidikan selama dua minggu di beberapa lokasi taman yang paparan sinar mataharinya berbeda. Kamu diminta memilih langkah pertama pengumpulan data.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Konsep kunci: urutan langkah penyelidikan (bagian 5) dan pengukuran lapangan yang konsisten tanpa mengubah keadaan (bagian 6).
- Langkah: tentukan variabel bebas (suhu) dan variabel terikat (pertumbuhan) → tanyakan apa yang harus ditetapkan **sebelum** pengukuran berulang dapat dimulai → coret pilihan yang menyimpulkan, mengubah keadaan, atau hanya mengukur di satu tempat.
- Pengecoh yang dipasang: mengukur tinggi tanaman di satu area saja, membersihkan gulma lain, memindahkan tanaman ke pot, dan menyimpulkan peran cahaya sebelum data dikumpulkan.

Rujukan: soal nomor 25 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas cara menaksir jumlah ikan di kolam tanpa menguras kolam. Perhatikan cara menghitung perkiraan dari perbandingan ikan bertanda dan syarat agar sampel mewakili seluruh kolam (bagian 3 dan 6).

►. Koperasi sebuah SMA memelihara ikan nila di kolam tanah. Pada 2026, murid ingin menaksir jumlah nila tanpa menguras kolam. Pada hari pertama mereka menjaring 60 ekor, memberi tanda kecil pada sirip ekornya, lalu melepaskannya kembali. Tiga hari kemudian mereka menjaring 80 ekor dan menemukan 12 ekor di antaranya bertanda. Cara ini menganggap bahwa perbandingan ikan bertanda pada tangkapan kedua sama dengan perbandingan ikan bertanda di seluruh kolam.
Data disusun untuk latihan soal.

Perkiraan jumlah ikan nila di kolam dan syarat agar perkiraan itu dapat dipercaya adalah ....

A. 400 ekor; ikan bertanda dilepas di satu sudut kolam agar mudah dijaring kembali pada hari ketiga
B. 128 ekor; tanda tidak mudah lepas dan tidak membuat ikan lebih mudah dimangsa atau dijaring
C. 128 ekor; ikan bertanda sudah bercampur merata dengan ikan lain sebelum penjaringan kedua
D. 400 ekor; ikan bertanda sudah bercampur merata dengan ikan lain sebelum penjaringan kedua
E. 400 ekor; selama tiga hari itu banyak benih baru menetas dan sebagian ikan bertanda dipanen

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: pada cara **tangkap–tandai–tangkap ulang**, perbandingan ikan bertanda pada tangkapan kedua dianggap mewakili perbandingan ikan bertanda di seluruh kolam:
ikan bertanda di tangkapan kedua ÷ seluruh tangkapan kedua = ikan yang ditandai ÷ jumlah seluruh ikan.
Anggapan itu hanya benar bila ikan bertanda **bercampur merata**, tanda tidak hilang dan tidak mengubah peluang ikan tertangkap, serta jumlah ikan tidak berubah (tidak ada kelahiran, kematian, atau panen) di antara dua penangkapan.

Langkah 1 – Susun perbandingan. 12/80 = 60/N.
Langkah 2 – Hitung. N = 60 × 80 ÷ 12 = 4.800 ÷ 12 = **400 ekor**.
Langkah 3 – Pilih syarat. Ikan bertanda harus sudah menyebar merata agar tangkapan kedua mewakili seluruh kolam.
Cek ulang: 60 dari 400 = 15 %; 12 dari 80 = 15 %. Perbandingannya sama.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan syarat terbalik: ikan yang dikumpulkan di satu sudut membuat tangkapan kedua tidak mewakili seluruh kolam.
• B ✗ — Jebakan salah hitung: 60 + 80 − 12 = 128 hanyalah jumlah ikan berbeda yang pernah tertangkap, bukan taksiran seluruh kolam. Syaratnya benar, tetapi angkanya salah.
• C ✗ — Jebakan salah hitung yang sama dengan B walaupun syaratnya benar.
• D ✓ — Angka dan syarat sama-sama tepat.
• E ✗ — Jebakan: kelahiran dan panen mengubah jumlah ikan di antara dua penangkapan sehingga melanggar anggapan cara ini.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis dulu tabel tiga variabel (bebas, terikat, kontrol).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Seorang murid menyelidiki pengaruh pH air terhadap penetasan telur ikan lele dengan rancangan dan hasil seperti pada gambar. Dari hasil itu ia menyimpulkan bahwa air ber-pH 8 paling buruk untuk penetasan telur lele, karena persentase telur yang menetas di baskom 3 paling kecil. Gurunya meminta murid lain menilai rancangan percobaan tersebut sebelum kesimpulan itu dipakai oleh kelompok pembudi daya lele di desanya pada 2026. *Data disusun untuk latihan soal.*

Penilaian yang paling tepat terhadap rancangan dan kesimpulan murid itu adalah ....



A. kesimpulan sudah sah karena jumlah telur, volume air, dan asal induk di ketiga baskom dibuat sama

B. pH air seharusnya dibuat sama di ketiga baskom agar perbandingan antarbaskom menjadi lebih adil

C. jumlah telur seharusnya dibuat berbeda di tiap baskom agar pengaruh pH terlihat dengan lebih jelas

D. suhu air baskom 3 lebih tinggi sehingga sedikitnya telur yang menetas belum tentu disebabkan pH

E. variabel bebasnya seharusnya jumlah telur yang menetas, sedangkan pH air dijadikan variabel terikat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Pada 2027, Gilang ingin mengetahui pengaruh lama penyinaran lampu terhadap pertumbuhan bibit sawi. Ia menanam 40 bibit sawi yang umurnya sama dalam pot sejenis berisi tanah yang sama, lalu membaginya menjadi empat kelompok. Setiap kelompok disinari lampu LED yang sama selama 6, 9, 12, atau 15 jam per hari di ruangan bersuhu 26 °C. Setiap pot disiram 50 mL air setiap pagi. Setelah tiga minggu, ia menimbang massa daun segar setiap bibit.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penentuan variabel yang tepat pada penyelidikan Gilang adalah ....

A. bebas: massa daun segar; terikat: lama penyinaran; kontrol: jenis lampu, suhu ruangan, dan volume air siraman
B. bebas: lama penyinaran; terikat: jenis lampu LED; kontrol: massa daun segar, suhu ruangan, dan volume air siraman
C. bebas: lama penyinaran; terikat: massa daun segar; kontrol: jenis lampu, suhu ruangan, dan volume air siraman
D. bebas: suhu ruangan; terikat: massa daun segar; kontrol: lama penyinaran, jenis lampu, dan volume air siraman
E. bebas: lama penyinaran; terikat: volume air siraman; kontrol: jenis lampu, suhu ruangan, dan massa daun segar

Kunci singkat: 1. D 2. C

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa hanya boleh ada satu variabel bebas dalam satu perbandingan? Apa beda variabel kontrol dan kelompok kontrol?
- Apa beda kontrol negatif dan kontrol positif? Apa artinya bila kontrol negatif ikut menunjukkan efek, dan bila kontrol positif tidak menunjukkan efek?
- **Yang harus kuingat:** rancangan yang baik membuat hasil hanya dapat dijelaskan oleh variabel bebas; kontrol, ulangan, pengacakan, dan cara ukur yang sama menutup penjelasan lain.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-4.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.3 · Mengolah dan menafsirkan data

BIO-4.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi menulis kompetensi ini sebagai *mengolah data dan menyimpulkan hasil penyelidikan*. Sub bab ini membahas bagian pertamanya: **mengolah dan membaca data dengan jujur**. Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat percobaan ekstrak bawang putih terhadap bakteri penyebab jerawat. Guru menyatakan data belum mendukung hipotesis, dan kamu diminta menjelaskan alasannya; hanya 32 % peserta yang menjawab benar. Contoh soal resmi Pusmendik juga meminta strategi terbaik berdasarkan tabel efektivitas obat dan penyemprotan pada dua wilayah.

Kunci sub bab ini: sebelum menyimpulkan, **periksa dulu apakah datanya layak dipercaya**, lalu baca perbedaannya dengan teliti.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyusun data dalam tabel yang baik dan memilih bentuk grafik yang tepat;
- menghitung rata-rata, selisih, persentase perubahan, dan laju dari tabel atau grafik;
- menilai konsistensi data ulangan dan mengenali data yang menyimpang;
- membandingkan perlakuan dengan kontrol secara adil dan memilih keputusan berdasarkan data.

◆ KONSEP INTI

Setelah percobaan selesai, kamu memegang setumpuk angka: tinggi kecambah, jumlah koloni, waktu perubahan warna. Angka mentah itu belum menjawab apa pun. Ia harus **diolah** (disusun, dihitung) lalu **ditafsirkan** (dibaca polanya dan dibandingkan). Bagian ini paling sering menjebak, karena kesalahan kecil, misalnya mengabaikan satu ulangan yang aneh atau lupa melihat kelompok kontrol, dapat membalik kesimpulan. Keterampilan mengolah data juga dipakai di luar sekolah: tenaga kesehatan membaca hasil laboratorium, petani membandingkan hasil panen, dan pemerintah membaca data penyakit untuk menentukan program.

1. Jenis data

Data kualitatif berupa keterangan sifat tanpa angka, misalnya warna larutan setelah ditetesi pereaksi (biru kehitaman, ungu), ada atau tidaknya gelembung, atau tingkat kekeruhan "jernih–agak keruh–keruh". **Data kuantitatif** berupa angka hasil menghitung atau mengukur, lengkap dengan satuannya. Data kuantitatif dibagi dua:

- **Diskret** (hasil menghitung, bilangan bulat): jumlah daun, jumlah koloni, jumlah biji yang berkecambah.
- **Kontinu** (hasil mengukur, bisa berkoma): tinggi tanaman 12,4 cm, suhu 27,5 °C, massa 3,25

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

g.

Data kualitatif kadang diubah menjadi angka agar mudah dibandingkan, misalnya skor kekeruhan 0–3. Namun angka seperti itu hanya urutan; skor 2 tidak berarti "dua kali lebih keruh" daripada skor 1.

2. Tabel yang baik

Tabel adalah cara pertama menata data. Tabel yang baik memiliki ciri berikut:

1. **Judul** yang menyebut apa yang diukur, pada apa, dan dalam kondisi apa.
2. **Kolom pertama berisi variabel bebas** (perlakuan), kolom berikutnya variabel terikat.
3. **Satuan ditulis di kepala kolom**, bukan diulang di setiap sel.
4. Setiap ulangan punya kolom sendiri, lalu ada kolom **rata-rata**.
5. Jumlah angka desimal sama dalam satu kolom, sesuai ketelitian alat.

Contoh tabel yang baik:

Tabel. Panjang akar kecambah kedelai (mm) setelah 4 hari pada tiga suhu

Suhu (°C)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
20	12	14	13	13,0
25	21	23	22	22,0
30	27	25	26	26,0

Data disusun untuk contoh.

Selama percobaan, catat **data mentah** langsung ke tabel pengamatan saat mengukur, jangan mengandalkan ingatan. Bila salah tulis, coret sekali sehingga angka lama masih terbaca, lalu tulis angka yang benar di sampingnya. Catat pula kejadian yang tidak biasa (cawan tumpah, lampu mati, tanaman dimakan semut), karena catatan seperti ini nanti membantu menjelaskan data yang aneh.

Dari tabel ini kamu langsung melihat tiga hal: ulangan dalam tiap suhu berdekatan (data konsisten), rata-rata naik dengan suhu, dan kenaikan dari 20 ke 25 °C (9 mm) lebih besar daripada dari 25 ke 30 °C (4 mm).

3. Rata-rata ulangan dan data yang menyimpang

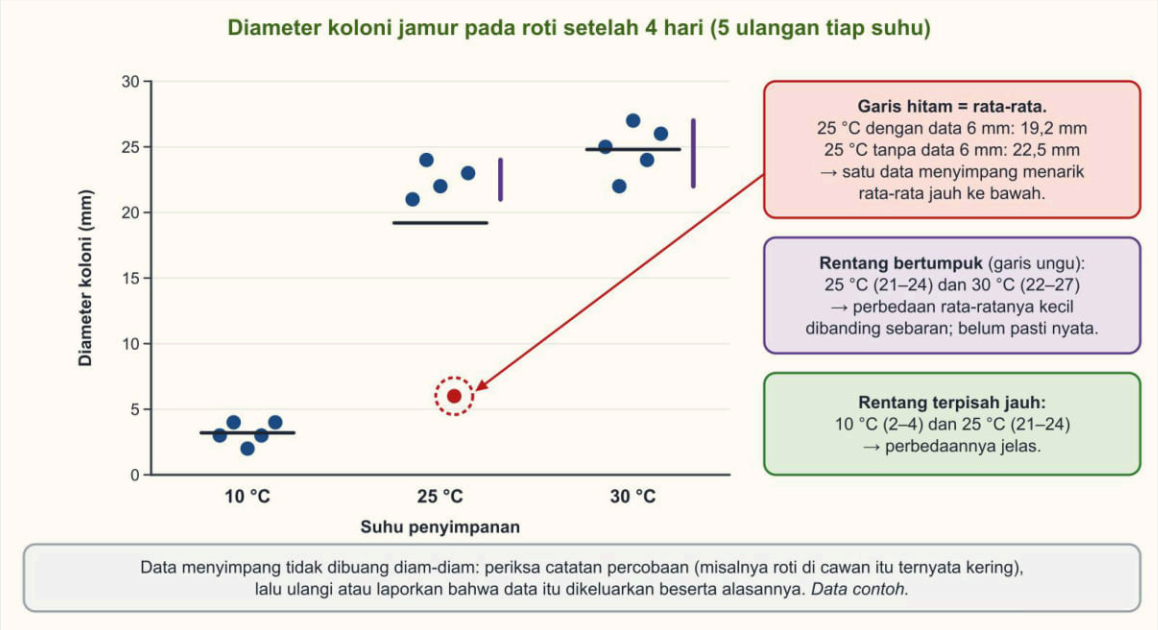
Rata-rata (rerata) = jumlah semua nilai ulangan ÷ banyaknya ulangan. Rata-rata meringkas ulangan menjadi satu angka, tetapi bisa menipu bila salah satu ulangan sangat berbeda. Karena itu, sebelum menghitung rata-rata, periksa tiga hal:

1. **Rentang**: selisih nilai tertinggi dan terendah dalam satu perlakuan. Rentang yang sempit berarti ulangan konsisten; rentang yang lebar berarti hasilnya kurang pasti.
2. **Data menyimpang** (pencilan): satu nilai yang jauh berbeda dari ulangan lainnya. Penyebabnya bisa kesalahan ukur, salah catat, atau sampel yang rusak (misalnya cawan tercemar atau tanaman dimakan serangga).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. **Pola tiap ulangan**: bila hipotesis menduga "makin besar X, makin besar Y", periksa apakah **setiap ulangan** mengikuti pola itu, bukan hanya rata-ratanya. Rata-rata dapat terlihat naik walaupun ulangan-ulangannya naik-turun tidak beraturan.

Gambar 4.12 memperlihatkan data diameter koloni jamur pada roti yang disimpan pada tiga suhu. Setiap titik adalah satu ulangan, dan garis hitam adalah rata-rata.



Gambar 4.12 Diameter koloni jamur pada roti setelah 4 hari pada tiga suhu penyimpanan. Satu data menyimpang pada 25 °C menarik rata-rata jauh ke bawah; rentang 25 °C dan 30 °C bertumpuk. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ada dua pelajaran dari gambar itu. Pertama, satu data menyimpang (6 mm) membuat rata-rata 25 °C turun dari 22,5 mm menjadi 19,2 mm, seakan-akan jamur pada 25 °C tumbuh jauh lebih lambat daripada pada 30 °C. Kedua, walaupun data menyimpang itu disisihkan, rentang 25 °C (21–24 mm) dan 30 °C (22–27 mm) **bertumpuk**. Artinya, selisih rata-rata keduanya kecil dibandingkan sebaran datanya, sehingga belum pasti keduanya berbeda nyata. Sebaliknya, rentang 10 °C (2–4 mm) terpisah jauh dari 25 °C, sehingga perbedaan itu jelas.

Apa yang dilakukan terhadap data menyimpang? **Jangan dibuang diam-diam**, dan jangan pula dibiarkan menarik rata-rata tanpa dibahas. Langkah yang jujur: periksa catatan percobaan untuk mencari penyebabnya, ulangi pengukuran bila mungkin, dan bila data itu dikeluarkan, laporkan bahwa data itu dikeluarkan beserta alasannya. Ada pula ukuran pemusatan lain, yaitu **median** (nilai tengah setelah data diurutkan), yang tidak banyak terpengaruh data menyimpang. Median ulangan 25 °C di atas adalah 22 mm.

4. Selisih, persentase perubahan, dan laju

Yang dihitung	Rumus	Catatan
Selisih	nilai akhir − nilai awal	tanda negatif berarti turun
Persentase perubahan	(nilai akhir − nilai awal) ÷ nilai **awal** × 100 %	pembagi selalu nilai awal

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Laju perubahan	selisih ÷ selang waktu	satuan misalnya mm/hari, mL/menit
Proporsi	bagian ÷ keseluruhan × 100 %	untuk membandingkan kelompok yang ukurannya berbeda

Contoh kecil: jumlah jentik nyamuk di sebuah bak mandi turun dari 80 menjadi 20 ekor setelah bak itu ditaburi bubuk pembasmi jentik. Selisihnya −60 ekor. Persentase perubahannya (20 − 80) ÷ 80 × 100 % = −75 %, artinya turun 75 %. Bila dibagi dengan nilai akhir (20), hasilnya keliru menjadi 300 %.

Untuk data yang diukur berkali-kali, **perubahan terbesar** dicari dengan membandingkan selisih antara **dua titik berurutan**, bukan dengan melihat titik yang nilainya paling tinggi atau paling rendah. Misalnya tinggi tanaman pada minggu ke-0 sampai ke-4 adalah 2, 5, 11, 15, 17 cm. Selisih tiap minggu: 3, 6, 4, 2 cm. Pertumbuhan tercepat terjadi antara minggu ke-1 dan ke-2 (6 cm/minggu), walaupun tinggi terbesar ada di minggu ke-4.

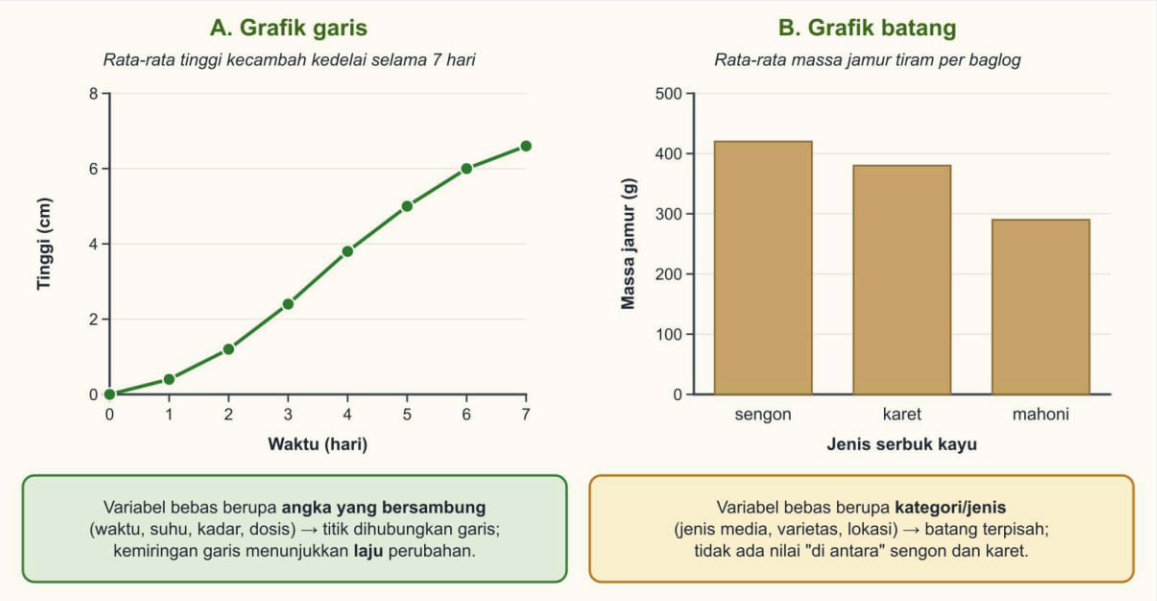
Proporsi penting ketika kelompok yang dibandingkan tidak sama besar. Kelas A berisi 40 siswa dan 10 di antaranya terkena flu; kelas B berisi 20 siswa dan 8 terkena flu. Dari jumlahnya, kelas A tampak lebih parah (10 > 8). Dari proporsinya, kelas B lebih parah: 8/20 = 40 %, sedangkan 10/40 = 25 %. Bandingkan jumlah dengan jumlah, persentase dengan persentase, dan jangan mencampur keduanya.

5. Memilih bentuk grafik

Grafik membuat pola lebih mudah dilihat daripada tabel. Bentuknya dipilih menurut jenis variabel bebas (Gambar 4.13):

- **Grafik garis** dipakai bila variabel bebas berupa angka yang bersambung, misalnya waktu, suhu, kadar, atau dosis. Titik-titik data dihubungkan garis karena ada nilai "di antara" dua titik. Kemiringan garis menunjukkan laju.
- **Grafik batang** dipakai bila variabel bebas berupa kategori atau jenis, misalnya jenis media, varietas, atau lokasi. Batang dibuat terpisah karena tidak ada nilai di antara dua kategori.
- **Diagram lingkaran** dipakai untuk memperlihatkan bagian dari keseluruhan, misalnya persentase jenis sampah di pantai.
- **Diagram pencar** (titik tanpa garis) dipakai untuk melihat hubungan dua variabel yang sama-sama diukur, misalnya tinggi badan dan massa badan siswa. Diagram ini dibahas lagi di sub bab 4.4.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 4.13 Memilih bentuk grafik: (A) grafik garis untuk variabel bebas yang bersambung; (B) grafik batang untuk variabel bebas berupa kategori. Data contoh. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Anatomi grafik yang baik

Grafik yang baik dapat dibaca tanpa penjelasan tambahan. Perhatikan bagian-bagiannya di Gambar 4.14:

1. **Judul** menyebut apa yang diukur, pada apa, dan dalam kondisi apa.
2. **Sumbu x** (mendatar) untuk variabel bebas, **sumbu y** (tegak) untuk variabel terikat. Keduanya diberi nama dan satuan.
3. **Skala teratur**: jarak antarangka sama, dan sumbu y sebaiknya dimulai dari 0. Sumbu yang tidak dimulai dari 0 dapat membuat perbedaan kecil tampak besar.
4. **Legenda** membedakan garis perlakuan dan garis kontrol.
5. **Garis tegak** (batang galat) pada titik data menunjukkan rentang ulangan, sehingga pembaca dapat menilai konsistensi data.



Gambar 4.14 Bagian-bagian grafik yang baik, dicontohkan dengan pertumbuhan sel ragi dalam larutan dengan dan tanpa gula. Data contoh. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Membaca tren dan membandingkan dengan kontrol

Setelah grafik siap, bacalah polanya. Pola yang umum:

- **Naik** atau **turun**: variabel terikat bertambah atau berkurang bila variabel bebas bertambah.
- **Naik lalu mendatar**: mula-mula naik cepat, lalu tidak bertambah lagi, seperti kurva sel ragi di Gambar 4.14. Biasanya ada faktor lain yang mulai membatasi, misalnya makanan atau ruang yang habis. Ingat konsep faktor pembatas fotosintesis di Bab 2.
- **Naik lalu turun**: ada titik puncak, seperti aktivitas enzim terhadap suhu. Nilai di puncak disebut **optimum**.

Baca tren dari **seluruh titik**, bukan dari satu titik. Satu titik yang naik di antara titik-titik yang turun belum menunjukkan tren naik.

Bandingkan setiap perlakuan dengan **kelompok kontrol**. Efek suatu perlakuan adalah **selisihnya dari kontrol** pada waktu yang sama, bukan nilainya sendiri. Bila kontrol pun berubah (misalnya tanaman tanpa pupuk tetap tumbuh), sebagian perubahan pada perlakuan bukan karena perlakuannya. Periksa pula apakah kontrolnya bekerja: kontrol negatif tidak menunjukkan efek, kontrol positif menunjukkan efek (sub bab 4.2).

Terakhir, baca data **hanya di dalam rentang yang diukur**. Menaksir nilai di antara dua titik yang diukur (**interpolasi**) cukup aman. Menaksir nilai di luar rentang (**ekstrapolasi**), misalnya menebak hasil pada suhu 50 °C padahal pengukuran hanya sampai 30 °C, berisiko salah karena pola dapat berubah. Pada Gambar 4.14, jumlah sel pada jam ke-4,5 dapat ditaksir sekitar 17 juta sel/mL, di antara nilai jam ke-4 (14) dan jam ke-5 (20). Menaksir jumlah sel pada jam ke-30 tidak aman: bisa saja sel mulai mati karena makanannya habis.

8. Memakai data untuk memilih tindakan

Kadang data dipakai untuk memutuskan sesuatu, misalnya obat mana yang dipakai atau cara pengendalian mana yang dipilih. Prinsipnya: **pilih yang paling didukung data untuk keadaan masing-masing**. Misalnya, hasil uji kepekaan bakteri di dua rumah sakit menunjukkan antibiotik P menghambat 90 % bakteri di kota pertama, tetapi hanya 40 % di kota kedua karena di sana banyak bakteri sudah resisten (Bab 1). Keputusan yang tepat bukan "pakai P di semua tempat", melainkan memakai P di kota pertama dan memilih antibiotik lain yang terbukti efektif di kota kedua. Strategi terbaik di satu tempat dapat menjadi strategi buruk di tempat lain bila keadaannya berbeda.

9. Keterbatasan data

Setiap data memiliki batas. Jumlah ulangan yang sedikit, alat yang kurang teliti, data yang hilang, atau pengamatan yang hanya dari satu tempat dan satu waktu membuat tafsiran harus hati-hati. Untuk data dari lembaga, misalnya data penyakit dari Kementerian Kesehatan atau data panen dari BPS, perhatikan sumber, tahun, satuan (misalnya "ribu orang" atau "per 100.000 penduduk"), dan cara pengumpulannya. Menyebut keterbatasan data bukan berarti datanya tidak berguna; justru itu menunjukkan bahwa tafsiranmu jujur.

Kesalahan pengukuran juga ada dua macam. **Kesalahan acak** membuat hasil ulangan berselisih

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sedikit ke atas dan ke bawah tanpa pola, misalnya karena mata membaca penggaris dari sudut yang sedikit berbeda atau karena setiap biji memang tidak persis sama. Kesalahan ini dikurangi dengan menambah ulangan lalu menghitung rata-rata. **Kesalahan sistematis** menggeser semua hasil ke arah yang sama, misalnya timbangan yang sudah menunjukkan 2 g sebelum diberi beban, sehingga semua massa tercatat 2 g terlalu besar. Menambah ulangan tidak menolong; yang diperlukan adalah memeriksa dan menera alatnya. Karena kesalahan sistematis menggeser perlakuan dan kontrol sama besar, selisih terhadap kontrol sering masih dapat dipakai, tetapi nilai mutlaknya tidak.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Rerata dan data yang menyimpang

Fajar (tokoh fiktif) menyiram kecambah kedelai dengan air sumur atau dengan air cucian beras. Tiap perlakuan memakai 3 cawan; nilai tiap cawan adalah rata-rata tinggi 10 kecambah pada hari ke-6. *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

Air siram	Cawan 1 (cm)	Cawan 2 (cm)	Cawan 3 (cm)
Air sumur	8,2	8,6	8,4
Air cucian beras	9,1	9,5	4,2

Di buku catatannya, Fajar menulis bahwa cawan 3 air cucian beras sempat terbalik pada hari ke-3. Bagaimana mengolah data ini?

1. Hitung rata-rata apa adanya. Air sumur: (8,2 + 8,6 + 8,4) ÷ 3 = 8,4 cm. Air cucian beras: (9,1 + 9,5 + 4,2) ÷ 3 = 7,6 cm. Bila berhenti di sini, air cucian beras tampak menghambat pertumbuhan.
2. Periksa rentang dan pola ulangan. Air sumur: rentang 8,2–8,6 cm, sangat konsisten. Air cucian beras: dua cawan 9,1 dan 9,5 cm, satu cawan 4,2 cm. Nilai 4,2 cm jauh dari dua nilai lainnya, jadi merupakan **data menyimpang**.
3. Cari penyebabnya di catatan. Cawan itu sempat terbalik, sehingga kecambahnya rusak. Penyebabnya bukan air cucian beras.
4. Hitung ulang tanpa cawan 3 dan laporkan alasannya: (9,1 + 9,5) ÷ 2 = 9,3 cm. Kini air cucian beras tampak sedikit lebih tinggi daripada air sumur (selisih 0,9 cm).
5. Nilai keyakinannya. Hanya tersisa dua cawan, sehingga sebaiknya percobaan diulang dengan lebih banyak cawan sebelum menyimpulkan.

Kesimpulan: satu data menyimpang dapat membalik kesimpulan. Data itu dikeluarkan dengan alasan tertulis, dan percobaan sebaiknya diulang.

Contoh 2 — Laju pemakaian oksigen dari respirometer

Respirometer sederhana berisi 5 g kecambah kedelai dan larutan KOH yang menyerap CO_2 (ingat respirasi di Bab 2: kecambah memakai O_2 dan mengeluarkan CO_2). Karena CO_2 diserap,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

setiap O_2 yang dipakai membuat tetes berwarna di pipa berskala bergeser mendekati tabung. Hasil pembacaan pada suhu 25 °C: *Data disusun untuk contoh.*

Waktu (menit)	0	5	10	15	20
Kedudukan tetes (mL)	0,00	0,20	0,42	0,61	0,80

1. Hitung selisih tiap 5 menit: 0,20; 0,22; 0,19; 0,19 mL. Selisihnya hampir sama, jadi lajunya tetap dan data konsisten.
2. Hitung laju rata-rata: 0,80 mL ÷ 20 menit = **0,04 mL O_2 per menit**.
3. Agar dapat dibandingkan dengan percobaan yang massanya berbeda, bagi dengan massa kecambah: 0,04 ÷ 5 g = **0,008 mL O_2 per gram per menit**.
4. Bila digambar, datanya membentuk garis lurus naik; kemiringan garis itulah lajunya. Grafik garis tepat karena variabel bebasnya (waktu) bersambung.

Jawaban: laju pemakaian O_2 sekitar 0,04 mL/menit atau 0,008 mL/(g·menit).

Contoh 3 — Jangan lupa kelompok kontrol

Kelompok tani di Grobogan menguji semprotan ekstrak daun mimba terhadap ulat pada tanaman kedelai. Petak A disemprot, petak B tidak disemprot (kontrol). Rata-rata ulat per 10 tanaman: *Data disusun untuk contoh.*

Petak	Sebelum	Setelah 7 hari
A (disemprot mimba)	30	12
B (kontrol)	30	24

Seorang anggota berkata, "Ekstrak mimba mengurangi ulat 60 %." Benarkah?

1. Hitung perubahan di petak A: (12 − 30) ÷ 30 × 100 % = −60 %. Angka 60 % berasal dari sini.
2. Lihat kontrol: tanpa semprotan pun, ulat di petak B turun (30 → 24), yaitu −20 %. Penurunan ini mungkin karena hujan, burung pemangsa, atau sebagian ulat sudah menjadi kepompong.
3. Efek perlakuan adalah selisih terhadap kontrol pada waktu yang sama: petak A memiliki 12 ulat, sedangkan kontrol 24 ulat. Pengurangan karena mimba = (24 − 12) ÷ 24 × 100 % = **50 %**.
4. Catat keterbatasannya: hanya satu petak tiap perlakuan, sehingga perlu ulangan beberapa petak agar perbedaan tempat tidak ikut berpengaruh.

Jawaban: klaim 60 % berlebihan; dibandingkan dengan kontrol, ekstrak mimba mengurangi ulat sekitar 50 %, dan hasil ini masih perlu diulang.

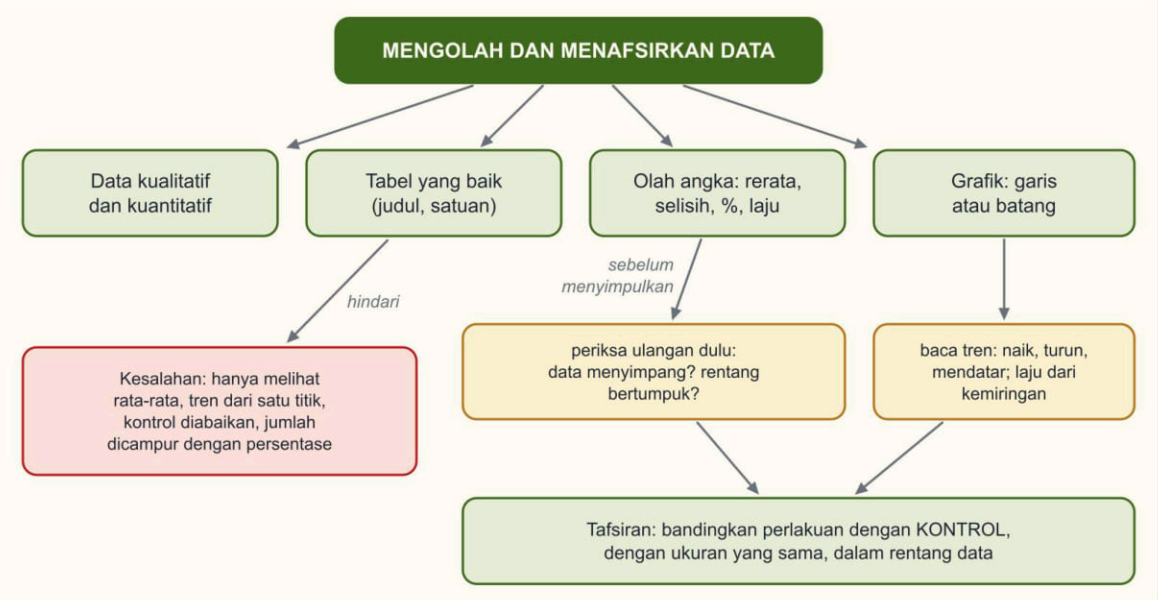
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Tabel yang baik: judul, variabel bebas di kolom pertama, satuan di kepala kolom, ulangan dan rata-rata.
- Sebelum menghitung rata-rata, periksa rentang, data menyimpang, dan pola tiap ulangan; data menyimpang dilaporkan, tidak dibuang diam-diam.
- Rentang dua perlakuan yang bertumpuk berarti perbedaan rata-ratanya belum pasti nyata.
- Persentase perubahan dibagi nilai awal; perubahan terbesar dicari dari dua titik berurutan; kelompok berbeda ukuran dibandingkan dengan proporsi.
- Grafik garis untuk variabel bebas bersambung, grafik batang untuk kategori; grafik yang baik punya judul, sumbu bersatuan, skala teratur, dan legenda.
- Efek perlakuan = selisih terhadap kontrol; baca tren dari semua titik dan hanya di dalam rentang data.

Bagan pada Gambar 4.15 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 4.15 Peta konsep mengolah dan menafsirkan data. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pengolahan data:

1. **Baca judul, sumbu, dan satuan** tabel atau grafik. Perhatikan satuan seperti "ribu" atau "per 100.000".
2. **Periksa kelayakan data**: adakah ulangan? Adakah data menyimpang? Apakah setiap ulangan mengikuti pola yang sama? Apakah kontrolnya bekerja?
3. **Hitung yang diminta** dengan rumus yang benar (bagian 4). Tulis angkanya sebelum membaca opsi.
4. **Bandingkan dengan adil**: dengan kontrol, dengan ukuran yang sama, dalam rentang data yang diukur.
5. **Baru setelah itu** nilai setiap pilihan, termasuk pilihan yang terdengar seperti kritik metode yang wajar tetapi tidak sesuai dengan apa yang tampak pada data.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Hanya melihat rata-rata.** Rata-rata tertinggi dikira pasti berbeda nyata, padahal rentangnya menumpuk dengan perlakuan lain.
- **Data yang tidak konsisten tidak terlihat**, karena siswa langsung membaca tren rata-ratanya.
- **Perubahan terbesar dibaca dari nilai terkecil atau terbesar**, bukan dari selisih dua titik berurutan.
- **Persen dihitung dengan pembagi yang salah.**
- **Kontrol diabaikan**, sehingga seluruh perubahan dianggap akibat perlakuan.
- **Tren ditarik dari satu titik**, atau diperpanjang jauh di luar rentang data.
- **Data dibuang tanpa alasan** hanya karena rentangnya lebar.
- **Jumlah dan persentase dicampur.**

> Contoh salah tafsir: pada percobaan tiga konsentrasi sabun antiseptik, rata-rata koloni bakteri adalah 40, 25, dan 30. Seorang siswa menyimpulkan "konsentrasi tengah paling efektif". Ia tidak memeriksa ulangannya: pada konsentrasi tengah nilainya 5, 20, dan 50. Rentangnya sangat lebar dan menumpuk dengan dua perlakuan lain, sehingga kesimpulan itu belum dapat diambil.

● BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 24 (ekstrak bawang putih dan zona bening, PG, 32 % benar). Percobaan memakai empat konsentrasi ekstrak, kontrol positif, dan kontrol negatif, dengan beberapa ulangan. Hipotesisnya: makin tinggi konsentrasi, makin lebar zona bening. Guru menyatakan data kurang mendukung hipotesis. Kamu diminta memilih alasannya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Konsep kunci: konsistensi data ulangan (bagian 3), terutama pemeriksaan pola pada setiap ulangan, serta fungsi kontrol (sub bab 4.2).
- Langkah: baca tabel per perlakuan dan per ulangan → periksa apakah setiap ulangan mengikuti pola "makin tinggi, makin lebar" → periksa juga apakah kontrolnya bekerja.
- Pengecoh yang dipasang: alasan yang menyalahkan jumlah ulangan, variasi konsentrasi, rentang konsentrasi, atau nilai kontrol. Semuanya terdengar seperti kritik metode yang wajar, tetapi tidak sesuai dengan apa yang sebenarnya tampak pada data.

Rujukan: soal nomor 24 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan data kadar CO_2 di ruang kelas pada hari jendela ditutup dan hari jendela dibuka. Perhatikan cara membaca tren, memakai data saat kelas kosong sebagai pembanding, dan memilih kesimpulan yang didukung data kedua hari (bagian 7).

►. Murid kelas XI mengukur kadar CO_2 udara di kelasnya (32 murid) pada dua hari dengan jadwal, jumlah murid, dan cuaca yang hampir sama. Pada hari Senin semua jendela ditutup, sedangkan pada hari Selasa jendela dibuka. Pada pukul 09.30–10.00 kelas kosong karena semua murid beristirahat di luar.

Pukul	Senin, jendela tertutup (ppm)	Selasa, jendela terbuka (ppm)
06.45 (kelas kosong)	450	440
08.00	1.150	620
09.00	1.700	690
10.00 (setelah istirahat)	1.250	610
11.00	1.800	700
12.00	2.200	720

Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling didukung data adalah ....

A. CO_2 bertambah karena respirasi murid di dalam kelas, dan jendela terbuka menjaga kadarnya jauh lebih rendah
B. CO_2 bertambah karena matahari makin terik menjelang siang, sehingga jendela perlu ditutup pada siang hari
C. CO_2 di kelas yang tertutup akan terus naik sampai murid pingsan kekurangan oksigen pada pukul 13.00
D. jendela terbuka mengurangi CO_2 yang dihasilkan setiap murid karena murid bernapas lebih pelan dan lebih dangkal
E. penurunan CO_2 pukul 10.00 pada hari Senin menandakan alat rusak sehingga data hari Senin harus dibuang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: membaca data berarti melihat **tren**, membandingkan dengan pembanding (**kontrol**), dan memeriksa titik yang tampak menyimpang sebelum membuangnya. Kesimpulan harus **sebatas data**. Manusia mengeluarkan CO_2 dari respirasi sel; di ruang tertutup CO_2 itu menumpuk, sedangkan ventilasi mengganti udara kelas dengan udara luar.

Langkah 1 – Baca tren Senin. Kelas kosong 450 ppm → naik terus selama ada murid (1.150; 1.700) → turun ke 1.250 setelah 30 menit kelas kosong → naik lagi sampai 2.200.
Langkah 2 – Tafsirkan penurunan pukul 10.00. Penurunan terjadi tepat saat murid keluar → sumber CO_2 adalah murid (respirasi). Data ini justru memperkuat kesimpulan, bukan tanda alat rusak.
Langkah 3 – Bandingkan dengan Selasa. Jumlah murid sama, tetapi CO_2 hanya 610–720 ppm → jendela terbuka mengalirkan CO_2 ke luar sehingga kadarnya jauh lebih rendah.
Cek ulang: kedua hari memakai jadwal, jumlah murid, dan cuaca yang hampir sama, sehingga perbedaan terbesar adalah jendela.

Analisis opsi:
• A ✓ — Didukung pola naik saat murid ada, turun saat kelas kosong, dan perbandingan Senin–Selasa.
• B ✗ — Jebakan sebab yang tidak didukung data: CO_2 turun saat istirahat walaupun matahari makin terik, dan hari Selasa yang cuacanya sama tidak naik tajam.
• C ✗ — Jebakan kesimpulan melampaui data: tidak ada data pukul 13.00 dan tidak ada data kadar oksigen.
• D ✗ — Jebakan salah tafsir: jendela terbuka tidak mengubah jumlah CO_2 yang dihasilkan murid, tetapi membuang CO_2 dari ruangan.
• E ✗ — Jebakan membuang data: penurunan itu punya penjelasan yang masuk akal (kelas kosong), jadi bukan data menyimpang.

Jawaban: A.

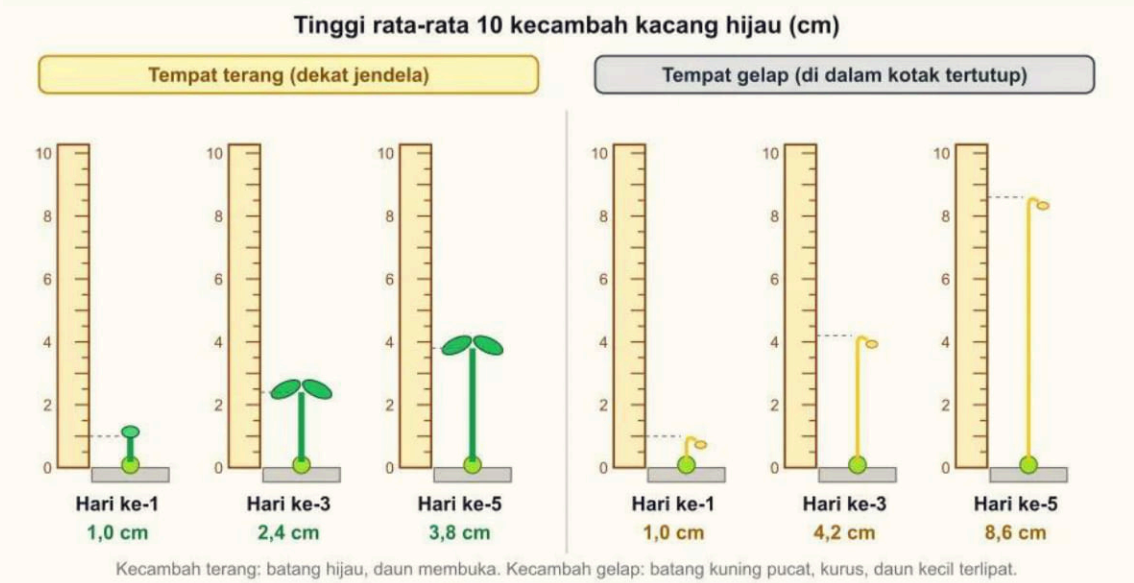
✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis hasil hitunganmu sebelum memilih jawaban.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Pada 2026, murid menanam biji kacang hijau di atas kapas basah dalam dua kelompok. Setiap kelompok berisi 10 biji, mendapat air yang sama, dan disimpan pada suhu ruang yang sama, tetapi satu kelompok diletakkan di tempat terang dan kelompok lain di dalam kotak tertutup yang gelap. Tinggi rata-rata kecambah diukur dengan penggaris pada hari ke-1, ke-3, dan ke-5 seperti pada gambar. Laju pertumbuhan dihitung dari hari ke-1 sampai hari ke-5.
Data disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang paling tepat berdasarkan data adalah ....

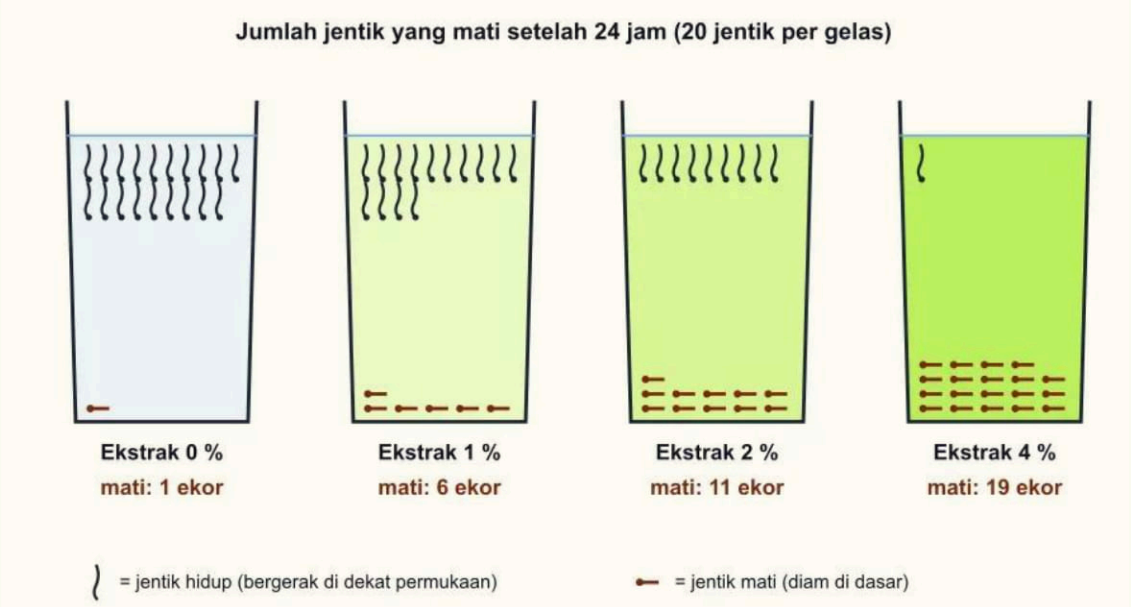


A. laju di gelap 1,9 cm/hari dan di terang 0,7 cm/hari; kecambah gelap memanjang cepat, tetapi tidak lebih sehat
B. laju di gelap 1,7 cm/hari dan di terang 0,8 cm/hari; kecambah gelap lebih sehat karena tumbuh paling tinggi
C. laju di gelap 2,2 cm/hari dan di terang 0,7 cm/hari; cahaya justru mempercepat pemanjangan batang kecambah itu
D. laju di gelap 1,9 cm/hari dan di terang 0,7 cm/hari; kecambah gelap memanjang karena fotosintesisnya aktif
E. laju di gelap 1,7 cm/hari dan di terang 0,8 cm/hari; kecambah gelap memanjang cepat, tetapi tidak lebih sehat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Pada 2026, Wulan menguji ekstrak daun pepaya sebagai pembasmi jentik nyamuk. Ia menyiapkan empat gelas berisi 200 mL air dengan kadar ekstrak yang berbeda, lalu memasukkan 20 jentik yang umurnya sama ke setiap gelas. Keempat gelas disimpan berdampingan pada suhu ruang. Setelah 24 jam, jentik yang tidak bergerak ketika disentuh lidi dihitung sebagai jentik mati. Hasilnya ditunjukkan pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang paling tepat berdasarkan data tersebut adalah ....



A. persentase jentik mati naik dari 30 % menjadi 95 % ketika kadar ekstrak dinaikkan dari 1 % menjadi 4 %
B. ekstrak 4 % hanya membunuh 19 % jentik sehingga ekstrak daun pepaya kurang ampuh sebagai pembasmi jentik
C. satu jentik yang mati pada gelas 0 % membuktikan bahwa air di gelas itu tercemar ekstrak dari gelas lain
D. persentase jentik mati pada kadar 2 % tepat dua kali persentase pada kadar 1 % karena kadarnya dua kali
E. ekstrak 4 % aman dipakai di bak mandi karena hanya membunuh jentik tanpa merusak makhluk hidup lain

Kunci singkat: 1. A 2. A

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Dalam satu perlakuan, nilai ulangannya 12, 13, dan 41. Apa yang sebaiknya kamu lakukan sebelum menghitung rata-rata?
- Mengapa perbedaan dua rata-rata belum tentu nyata? Kapan kamu memakai grafik garis, dan kapan grafik batang?
- **Yang harus kuingat:** periksa kelayakan data dulu, hitung dengan rumus yang benar, bandingkan dengan kontrol secara adil, baru simpulkan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-4.3

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode

BIO-4.4

◎ APA YANG DIUJI

Sub bab ini menyelesaikan kompetensi *mengolah data dan menyimpulkan hasil penyelidikan*: dari data yang sudah diolah ke **kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan**. Soal asli TKA 2025 mengujinya lewat percobaan kacang hijau pada tiga media tanam; kamu diminta menghubungkan hasil analisis data dengan hipotesis awal (54 % benar).

Kesalahan di sub bab ini biasanya bukan salah hitung, melainkan **salah ukuran**: menyimpulkan lebih jauh daripada data, atau sebaliknya terlalu ragu padahal data sudah cukup.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menilai apakah data mendukung atau tidak mendukung hipotesis;
- membatasi kesimpulan pada kondisi percobaan;
- membedakan hubungan (korelasi) dari sebab-akibat;
- mengevaluasi validitas dan keandalan metode, lalu mengusulkan perbaikan yang tepat.

◆ KONSEP INTI

Ini langkah terakhir siklus penyelidikan (Gambar 4.1). Pertanyaan sudah dirumuskan, hipotesis sudah disusun, percobaan sudah dijalankan, dan data sudah diolah. Sekarang data harus "berbicara": apa jawabannya atas pertanyaan, apakah dugaan awal didukung, dan seberapa jauh jawaban itu dapat dipercaya. Kesimpulan yang jujur tidak melebih-lebihkan dan tidak pula mengecilkan apa yang ditunjukkan data. Kemampuan ini penting di luar sekolah. Berita kesehatan, iklan produk, dan unggahan media sosial sering menulis "terbukti" atau "menyebabkan" dari data yang sebenarnya tidak cukup. Dengan memahami sub bab ini, kamu dapat menilai klaim seperti itu sendiri.

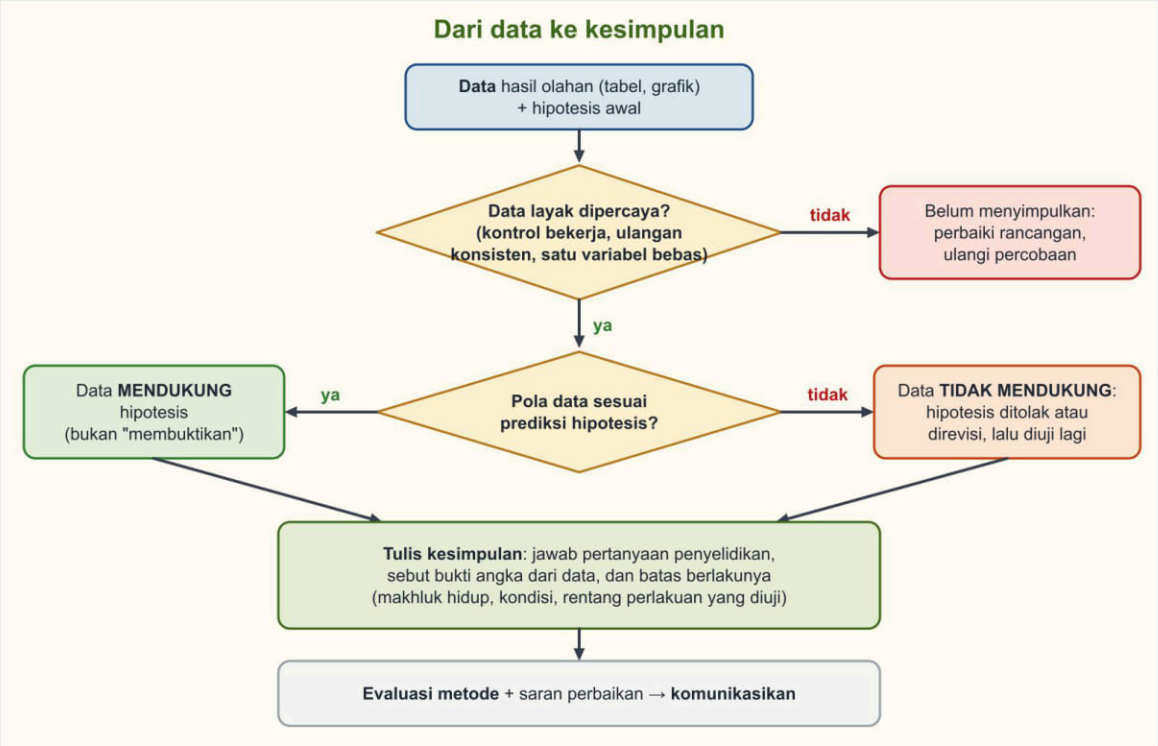
1. Kesimpulan menjawab pertanyaan penyelidikan

Kesimpulan yang baik memiliki empat unsur:

1. **Menjawab pertanyaan** penyelidikan secara langsung. Bila pertanyaannya "bagaimana pengaruh X terhadap Y", kesimpulannya menyebut pengaruh itu: naik, turun, atau tidak berpengaruh.
2. **Menyatakan nasib hipotesis**: didukung atau tidak didukung oleh data.
3. **Menyebut bukti** dari data, berupa angka atau pola, misalnya "rata-rata tinggi naik dari 8,4 cm menjadi 9,3 cm".
4. **Sebatas data**: berlaku untuk makhluk hidup, kondisi, dan rentang perlakuan yang diuji.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar 4.16 merangkum alur berpikir dari data ke kesimpulan.



Gambar 4.16 Alur dari data ke kesimpulan: periksa kelayakan data, bandingkan pola dengan prediksi, lalu tulis kesimpulan yang sebatas data dan evaluasi metodenya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Mendukung atau tidak mendukung hipotesis

Bandingkan **pola data** dengan **prediksi** yang diturunkan dari hipotesis (sub bab 4.1). Bila sesuai, data **mendukung** hipotesis. Bila tidak sesuai, data **tidak mendukung** hipotesis, dan hipotesis ditolak atau direvisi lalu diuji lagi.

Perhatikan kata yang dipakai. Data tidak pernah **membuktikan** hipotesis secara mutlak, karena percobaan lain dengan kondisi berbeda masih mungkin memberi hasil lain. Karena itu ilmuwan menulis "data mendukung", bukan "hipotesis terbukti benar".

Bacalah hipotesis dengan teliti sebelum menilainya. Beberapa hal yang sering membuat siswa keliru:

- **Hipotesis tentang perbedaan tidak gugur hanya karena semua kelompok sama-sama menunjukkan hasil.** Bila hipotesisnya "tanaman tumbuh lebih tinggi di media A daripada di media B", maka kenyataan bahwa tanaman di media B tetap tumbuh tidak membantah apa-apa. Yang dinilai adalah **perbedaannya**.
- **Satu hasil yang tidak terduga tidak otomatis membatalkan seluruh hipotesis.** Periksa apakah hasil itu memang bertentangan dengan inti hipotesis. Misalnya hipotesis membandingkan kecepatan tumbuh, lalu satu kelompok mati. Kematian itu perlu dijelaskan dan dicatat, tetapi belum tentu bertentangan dengan pola perbedaan yang diduga.
- **Hipotesis dapat didukung sebagian.** Misalnya hipotesis "makin banyak pupuk, makin berat hasil panen". Bila hasil naik dari 0 sampai 200 g pupuk lalu mendatar, hipotesis didukung untuk rentang 0–200 g, tetapi tidak untuk takaran di atasnya.

3. Kesimpulan sebatas data

Kesimpulan hanya berlaku untuk keadaan yang benar-benar diuji. Ada beberapa cara kesimpulan melampaui data:

Kesalahan	Contoh	Mengapa keliru
Generalisasi berlebihan	hasil pada satu varietas padi dikatakan berlaku untuk "semua tanaman pangan"	tanaman lain tidak diuji
Lompatan tempat	varietas padi yang unggul di rumah kaca dikatakan pasti unggul di sawah terbuka	di sawah ada hama, angin, dan cuaca yang tidak ada di rumah kaca
Lompatan makhluk	obat yang aman pada tikus dikatakan pasti aman pada manusia	tubuh manusia dan tikus tidak sama
Lompatan dosis atau rentang	hasil pada suhu 20–30 °C dikatakan berlaku untuk suhu berapa pun	di luar rentang, pola dapat berubah (ingat suhu optimum enzim)
Lompatan waktu	hasil pengamatan 2 minggu dikatakan berlaku untuk seumur tanaman	pengaruh jangka panjang belum diamati

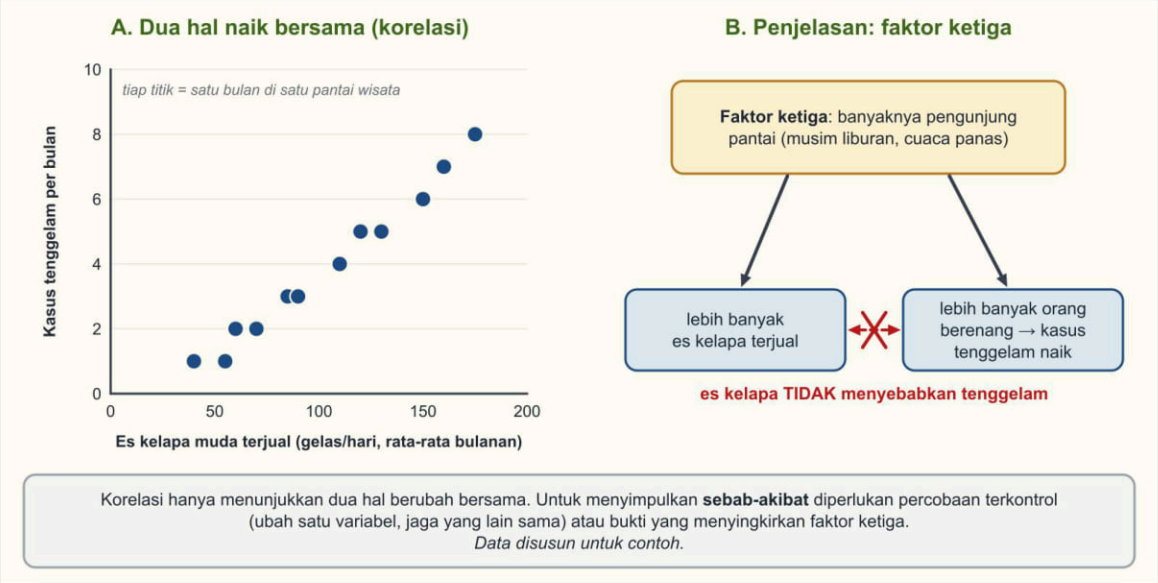
Klaim di luar data bukan selalu salah; hanya saja ia **belum didukung** oleh percobaan itu. Klaim seperti itu ditulis sebagai saran penelitian lanjutan, bukan sebagai kesimpulan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Korelasi bukan sebab-akibat

Korelasi berarti dua hal berubah bersama: bila yang satu naik, yang lain cenderung naik (korelasi positif) atau turun (korelasi negatif). Korelasi biasanya terlihat pada **diagram pencar**. Namun dua hal yang berubah bersama **belum tentu saling menyebabkan**. Ada tiga kemungkinan lain:

1. **Faktor ketiga** memengaruhi keduanya. Di sebuah pantai wisata, bulan-bulan dengan penjualan es kelapa muda yang tinggi juga memiliki lebih banyak kasus orang tenggelam (Gambar 4.17). Es kelapa tidak membuat orang tenggelam. Keduanya dipengaruhi faktor ketiga: banyaknya pengunjung saat musim liburan dan cuaca panas.
2. **Sebab-akibat terbalik.** Misalnya orang yang sedang sakit lebih sering minum obat, bukan obat yang membuat mereka sakit.
3. **Kebetulan**, terutama bila datanya sedikit.



Gambar 4.17 Dua hal yang naik bersama (A) dapat dijelaskan oleh faktor ketiga yang memengaruhi keduanya (B). Data contoh. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Untuk menyimpulkan sebab-akibat, diperlukan **percobaan terkontrol**: hanya satu variabel diubah, variabel lain dijaga sama, dan subjek dibagi secara acak (sub bab 4.2). Di bidang kesehatan, inilah bedanya **studi pengamatan** (peneliti hanya mencatat kebiasaan dan penyakit orang) dengan **uji klinis acak** (peneliti membagi peserta secara acak ke kelompok obat dan kelompok plasebo). Studi pengamatan berguna untuk menemukan dugaan, tetapi uji klinis yang dapat menguji sebab-akibat dengan lebih kuat.

5. Mengevaluasi metode: validitas dan keandalan

Setelah menarik kesimpulan, peneliti menilai seberapa kuat kesimpulan itu dengan mengevaluasi metodenya. Dua ukuran utamanya:

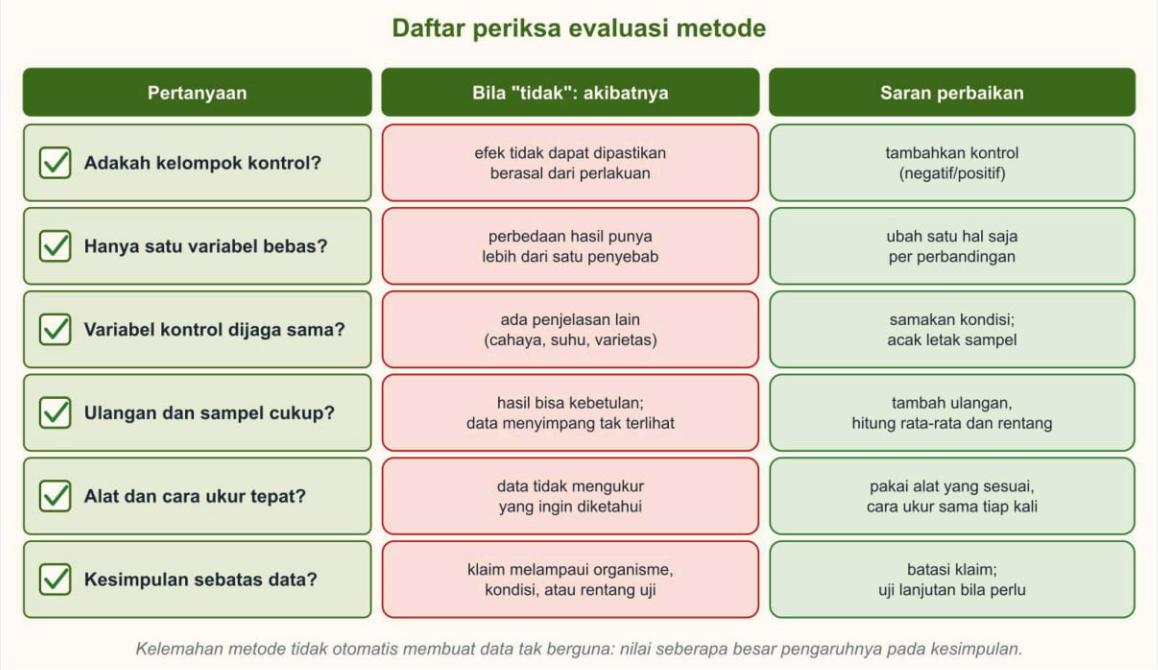
- **Validitas**: apakah percobaan benar-benar menguji apa yang ingin diuji? Percobaan valid bila adil (hanya satu variabel bebas, variabel kontrol dijaga sama, ada kelompok kontrol) dan bila alat ukurnya mengukur variabel terikat yang dimaksud. Mengukur "kesuburan tanah"

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

hanya dari warna tanah, misalnya, kurang valid.

- **Keandalan** (reliabilitas): apakah hasilnya akan sama bila percobaan diulang? Keandalan meningkat dengan ulangan, sampel yang cukup, dan cara ukur yang konsisten. Ulangan yang hasilnya berdekatan menunjukkan data yang andal.

Gambar 4.18 berisi daftar periksa yang dapat kamu pakai untuk setiap percobaan.



Gambar 4.18 Daftar periksa evaluasi metode: pertanyaan yang diajukan, akibat bila tidak terpenuhi, dan saran perbaikannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kelemahan metode tidak selalu berarti data tidak berguna. Tentukan **seberapa besar** kelemahan itu memengaruhi kesimpulan. Pengukuran suhu ruang yang lupa dicatat pada satu hari mungkin hanya kelemahan kecil; tidak adanya kelompok kontrol adalah kelemahan besar yang membuat kesimpulan tentang efek perlakuan tidak dapat diambil.

6. Saran perbaikan yang tepat sasaran

Saran perbaikan harus **menutup kelemahan utama**, bukan sekadar menambah kegiatan. Bandingkan:

Kelemahan	Saran yang tepat	Saran yang tidak menolong
tanaman perlakuan dan kontrol diletakkan di tempat yang cahayanya berbeda	letakkan semua di tempat yang sama, acak letaknya	menggandakan dosis pupuk agar perbedaan lebih jelas
hanya satu tanaman per perlakuan	tambah ulangan, hitung rata-rata dan rentang	mengukur tanaman itu lebih sering
tidak ada kelompok kontrol	tambahkan kelompok tanpa perlakuan	memperpanjang lama percobaan

Saran yang baik juga **spesifik**: bukan "percobaan diperbaiki", melainkan "tiap perlakuan memakai lima pot yang diletakkan acak di rak yang sama".

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Jangan terlalu ragu

Kebalikan dari kesimpulan yang melampaui data adalah kesimpulan yang terlalu ragu. Bila data jelas, konsisten antarulangan, kontrolnya bekerja, dan menjawab pertanyaan, kesimpulan **dapat diambil**, walaupun penelitian lanjutan selalu mungkin dilakukan. Pernyataan "belum dapat disimpulkan" hanya tepat bila ada kelemahan nyata yang menghalangi kesimpulan, misalnya tanpa kontrol, tanpa ulangan, data saling bertentangan, atau perbedaan yang sangat kecil dibandingkan sebaran data. Alasan umum seperti "selalu perlu penelitian lebih lanjut" tidak cukup untuk menunda kesimpulan bila datanya sendiri sudah jelas menjawab pertanyaan.

8. Mengomunikasikan hasil

Hasil penyelidikan baru bermanfaat bila disampaikan kepada orang lain, sehingga mereka dapat memeriksa, mengulangi, dan memakainya. Laporan penyelidikan biasanya berisi:

1. **Judul** yang menyebut variabel bebas, variabel terikat, dan makhluk hidup yang diteliti.
2. **Pendahuluan**: latar belakang, rumusan masalah, dan hipotesis.
3. **Metode**: alat dan bahan, rancangan (variabel, kontrol, ulangan), dan langkah kerja, cukup rinci agar orang lain dapat mengulanginya.
4. **Hasil**: tabel dan grafik, tanpa tafsiran panjang.
5. **Pembahasan**: tafsiran data, kaitannya dengan teori, dan evaluasi metode.
6. **Kesimpulan dan saran**.
7. **Daftar pustaka**.

Hasil juga dapat disampaikan lewat poster atau presentasi. Apa pun bentuknya, laporan harus **jujur**: semua data dilaporkan, termasuk data yang tidak sesuai harapan dan data yang dikeluarkan beserta alasannya.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1 — Menilai empat kesimpulan percobaan pupuk kandang

Kelompok Ayu (tokoh fiktif) menguji hipotesis "makin banyak pupuk kandang, makin berat sawi yang dipanen". Mereka memakai empat takaran pupuk kandang per polibag, masing-masing 5 polibag, dengan varietas, tanah, siraman, dan letak yang sama. Massa sawi setelah 30 hari: *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

Pupuk kandang (g per polibag)	0	100	200	300
Rata-rata massa sawi (g)	52	78	95	97
Rentang 5 polibag (g)	48–56	74–83	90–99	92–101

Nilailah empat kesimpulan berikut.

(a) "Pupuk kandang menambah massa sawi; kenaikan terbesar terjadi dari 0 ke 100 g, dan di atas 200 g massa hampir tidak bertambah." (b) "Takaran 500 g per polibag akan menghasilkan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sawi yang paling berat." (c) "Pupuk kandang meningkatkan hasil panen semua sayuran daun." (d) "Hipotesis terbukti benar untuk semua takaran yang diuji."

1. Periksa kelayakan data: ada kelompok kontrol (0 g), 5 ulangan, variabel kontrol dijaga sama, dan rentang ulangan sempit. Data layak.
2. Baca pola: selisih berurutan 26, 17, dan 2 g. Rentang 200 g (90–99) dan 300 g (92–101) bertumpuk, jadi keduanya belum berbeda nyata.
3. Kesimpulan (a): sesuai dengan selisih dan rentang. **Tepat.**
4. Kesimpulan (b): 500 g tidak diuji, dan polanya justru sudah mendatar. Ini ekstrapolasi di luar rentang. **Tidak tepat.**
5. Kesimpulan (c): hanya sawi yang diuji. Generalisasi berlebihan. **Tidak tepat.**
6. Kesimpulan (d): data **mendukung** hipotesis untuk 0–200 g, tetapi dari 200 ke 300 g massa tidak bertambah nyata. Kata "terbukti" juga terlalu kuat. **Tidak tepat.**

Jawaban: hanya kesimpulan (a) yang tepat; hipotesis didukung untuk rentang 0–200 g.

Contoh 2 — Satu tanaman per perlakuan

Bagas (tokoh fiktif) ingin tahu apakah air bekas cucian ikan dapat dipakai sebagai pupuk cair untuk tomat. Ia menanam dua bibit tomat dari satu bungkus benih dalam pot yang sama ukurannya, di tempat yang sama. Pot P disiram air bekas cucian ikan, pot Q disiram air sumur. Setelah 4 minggu, tomat P setinggi 34 cm dan tomat Q 29 cm. Bagas menyimpulkan, "Air bekas cucian ikan mempercepat pertumbuhan tomat." Apa kelemahan utama percobaannya, dan bagaimana memperbaikinya? *Data disusun untuk contoh; tokoh fiktif.*

1. Pakai daftar periksa Gambar 4.18. Ada kontrol (pot Q), hanya satu variabel bebas (jenis air siram), variabel kontrol dijaga sama (benih, pot, tempat). Bagian-bagian ini sudah baik.
2. Temukan yang belum terpenuhi: **ulangan dan ukuran sampel**. Tiap perlakuan hanya memakai satu tanaman.
3. Jelaskan akibatnya: bibit tomat dari satu bungkus pun dapat berbeda kecepatan tumbuhnya. Selisih 5 cm bisa saja karena bibit P kebetulan lebih kuat, bukan karena air siramnya. Dengan satu tanaman, tidak ada cara untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antarindividu.
4. Usulkan perbaikan yang tepat sasaran: pakai minimal 5 pot untuk tiap perlakuan, bagi bibit ke dua kelompok secara acak, acak juga letak pot, lalu bandingkan rata-rata dan rentang kedua kelompok.
5. Nilai kesimpulan Bagas: belum dapat dipertanggungjawabkan. Hasilnya cukup menjadi alasan untuk mengulang percobaan dengan rancangan yang lebih baik.

Kesimpulan: kelemahan utamanya tidak ada ulangan; perbaikannya menambah jumlah tanaman tiap perlakuan dengan pembagian acak, bukan menambah takaran air bekas cucian ikan.

Contoh 3 — Dari korelasi ke bukti yang lebih kuat

Petugas puskesmas di sebuah kecamatan mendata 12 dusun. Dusun yang lebih banyak rumahnya memakai sumur gali berjarak kurang dari 10 m dari tangki septik cenderung lebih banyak mencatat kasus diare pada balita. Kepala puskesmas berkata, "Jarak sumur yang terlalu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dekat dengan tangki septik menyebabkan diare." Bagaimana menilai pernyataan ini? *Data disusun untuk contoh.*

1. Kenali jenis datanya: petugas hanya **mencatat** keadaan tiap dusun, tidak mengubah apa pun. Ini studi pengamatan, jadi yang ditemukan adalah **korelasi**.
2. Cari faktor ketiga yang mungkin: dusun dengan banyak sumur dekat tangki septik mungkin juga dusun yang padat, kurang air bersih untuk cuci tangan, atau jauh dari puskesmas. Faktor-faktor ini juga dapat menaikkan kasus diare.
3. Nilai apakah ada mekanisme yang masuk akal: ya. Bakteri dari tinja dapat merembes melalui tanah ke air sumur, dan diare sering disebabkan bakteri yang tertelan bersama air minum (ingat peranan bakteri di Bab 1).
4. Usulkan bukti yang lebih kuat: periksa air sumur di laboratorium untuk bakteri koliform tinja, bandingkan sumur yang dekat dan yang jauh dari tangki septik, lalu catat apakah balita yang minum air dari sumur tercemar lebih sering diare setelah faktor lain (cara memasak air, cuci tangan) disamakan.

Kesimpulan: pernyataan itu masuk akal sebagai **hipotesis**, tetapi data dusun saja baru menunjukkan korelasi. Pemeriksaan air dan perbandingan yang menyamakan faktor lain diperlukan sebelum menyebutnya sebab-akibat.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

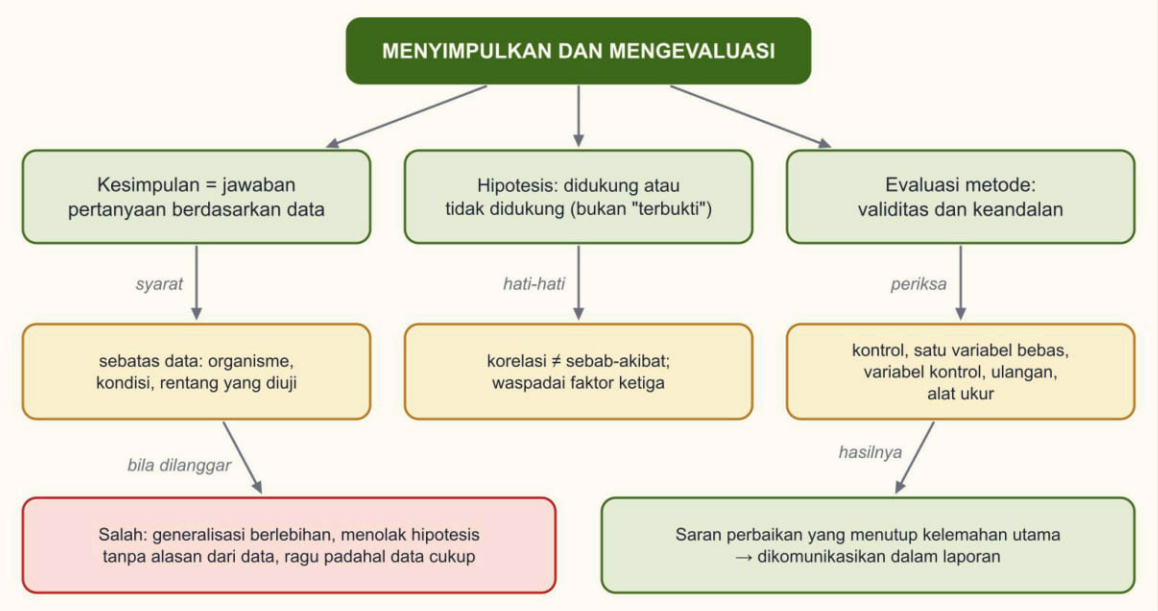
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- Kesimpulan menjawab pertanyaan, menyebut bukti dari data, dan berlaku sebatas makhluk hidup, kondisi, dan rentang yang diuji.
- Data mendukung atau tidak mendukung hipotesis, bukan membuktikan; hipotesis tentang perbedaan dinilai dari perbedaannya.
- Korelasi bukan sebab-akibat: waspadai faktor ketiga, sebab terbalik, dan kebetulan.
- Validitas = menguji yang ingin diuji secara adil; keandalan = hasil sama bila diulang.
- Saran perbaikan harus menutup kelemahan utama dan spesifik.
- Jangan terlalu ragu: bila data jelas, konsisten, dan menjawab pertanyaan, kesimpulan dapat diambil.

Bagan pada Gambar 4.19 merangkum hubungan antarkonsep di sub bab ini.



Gambar 4.19 Peta konsep menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal kesimpulan dan evaluasi:

1. **Tulis hipotesis atau klaim** yang sedang dinilai, lalu tandai apa yang sebenarnya diduga: perbedaan, arah, atau besar pengaruh.
2. **Ringkas data dalam satu kalimat**: apa pola utamanya, konsistenkah, adakah kontrol?
3. **Bandingkan klaim dengan data**: apakah klaim itu sebatas data, melampaui data, atau menyimpulkan sebab dari korelasi?
4. **Bila diminta evaluasi metode**, pakai daftar periksa Gambar 4.18 dan pilih kelemahan yang paling menentukan.
5. **Nilai alasan di setiap opsi**, bukan hanya kata "didukung" atau "ditolak". Opsi dengan kesimpulan benar tetapi alasan keliru tetap salah.

Jebakan yang sering dipasang:

- **"Ditolak karena semua perlakuan tetap menunjukkan hasil."** Hipotesis tentang perbedaan tidak gugur hanya karena semua kelompok sama-sama tumbuh.
- **Kesimpulan melampaui data**: satu kelompok, satu jenis makhluk, satu tempat, lalu disimpulkan untuk semua.
- **Korelasi dibaca sebagai sebab-akibat.**
- **Selalu memilih "belum dapat disimpulkan".** Pilihan ini terdengar hati-hati, tetapi salah bila datanya sudah cukup.
- **Perbaikan metode yang tidak menyentuh kelemahan utama**, misalnya hanya memperbesar dosis atau mengganti alat ukur.

> Contoh salah tafsir: data dari beberapa sekolah menunjukkan bahwa sekolah dengan lebih banyak kantin juga memiliki lebih banyak siswa yang sakit perut. Seorang siswa menyimpulkan "jumlah kantin menyebabkan sakit perut". Ternyata sekolah dengan banyak kantin juga sekolah dengan siswa paling banyak. Jumlah siswa adalah faktor ketiga; untuk menilai pengaruh kantin, yang perlu dibandingkan adalah **persentase** siswa yang sakit dan kebersihan makanannya.

• BEDAH SOAL ASLI

Satu soal asli TKA 2025 menguji sub bab ini. Soalnya ada utuh di **Simulasi 1**. Kerjakan dulu di sana dengan waktu sungguhan, lalu bandingkan caramu dengan uraian berikut.

Nomor 27 (kacang hijau pada tiga media tanam, PG, 54 % benar). Hipotesis murid: kacang hijau tumbuh lebih cepat di media tanah daripada di pasir atau tanah liat. Tabel tinggi tanaman selama empat hari disajikan. Kamu diminta memilih pernyataan yang paling tepat menghubungkan hasil analisis data dengan hipotesis.

- Konsep kunci: mendukung atau tidak mendukung hipotesis (bagian 2) dan jangan terlalu ragu (bagian 7).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Langkah: baca pola data (media mana yang paling tinggi dan paling cepat) → bandingkan dengan isi hipotesis → nilai setiap pilihan: apakah alasannya sesuai dengan data dan dengan isi hipotesis?
- Pengecoh yang dipasang: "ditolak karena semua media tetap menumbuhkan tanaman", alasan kematian tanaman yang tidak sesuai data, keraguan berlebihan, dan anggapan bahwa perbedaan kecil berarti hipotesis harus direvisi.

Rujukan: soal nomor 27 pada Soal Asli TKA 2025; pembahasannya ada di Bagian D.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan percobaan asap rokok pada kecambah beserta kesimpulan seorang murid. Perhatikan cara menilai apakah kesimpulan masih sebatas data dan apakah rancangannya cukup kuat (bagian 3 dan 5, Gambar 4.18).

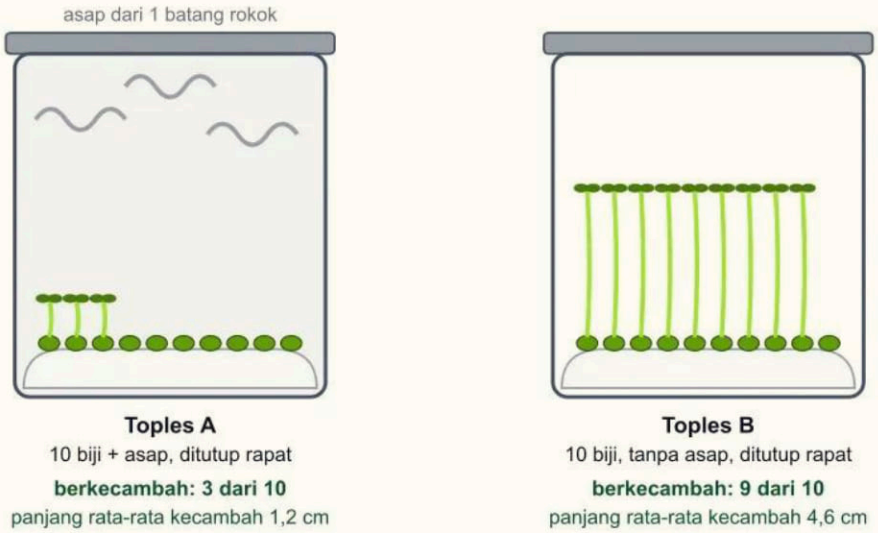
NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Seorang murid ingin mengetahui pengaruh asap rokok terhadap perkecambahan kacang hijau. Ia menyiapkan dua toples kaca seperti pada gambar, masing-masing berisi 10 biji di atas kapas yang dibasahi air dalam jumlah sama. Setelah lima hari ia mencatat hasilnya, lalu menulis kesimpulan, "Asap rokok menghambat perkecambahan dan pertumbuhan semua jenis tumbuhan."
Data disusun untuk latihan soal.

Penilaian yang paling tepat terhadap kesimpulan murid tersebut adalah ....

Percobaan perkecambahan kacang hijau dengan dan tanpa asap rokok



Keadaan hari ke-5. Kedua toples: kapas + 20 mL air, di meja yang sama, suhu ruang 28 °C.

A. kesimpulan sudah tepat karena selisih jumlah biji yang berkecambah di toples A dan B sangat besar
B. kesimpulan belum tepat karena toples B seharusnya juga diberi asap agar kedua toples diperlakukan sama
C. kesimpulan melampaui data karena hanya kacang hijau yang diuji dan tiap perlakuan hanya satu toples
D. kesimpulan belum tepat karena asap rokok mengandung CO_2 yang justru mempercepat fotosintesis kecambah
E. kesimpulan tidak dapat diterima karena biji kacang hijau tidak memerlukan udara untuk dapat berkecambah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: kesimpulan harus **sebatas data**: hanya berlaku untuk makhluk hidup, perlakuan, dan keadaan yang benar-benar diuji. Hasil juga lebih dapat dipercaya bila setiap perlakuan diberi **ulangan** (beberapa wadah), karena satu wadah dapat saja berbeda oleh kebetulan. Kelompok kontrol tidak diberi perlakuan yang diuji.

Langkah 1 – Baca gambar. Toples A (asap): 3 dari 10 berkecambah, 1,2 cm. Toples B (tanpa asap): 9 dari 10 berkecambah, 4,6 cm. Air, tempat, dan suhu sama.
Langkah 2 – Nilai cakupan kesimpulan. Yang diuji hanya kacang hijau, padahal kesimpulan menyebut "semua jenis tumbuhan" → melampaui data.
Langkah 3 – Nilai rancangan. Hanya satu toples per perlakuan → tanpa ulangan, sehingga hasil belum dapat dipastikan bukan kebetulan.
Cek ulang: data memang menunjukkan perbedaan besar pada kacang hijau, jadi kesimpulan yang sebatas data adalah "asap rokok menghambat perkecambahan kacang hijau pada percobaan ini" dan perlu diperkuat dengan ulangan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan terlalu yakin: selisih besar tidak membenarkan perluasan ke semua jenis tumbuhan, apalagi tanpa ulangan.
• B ✗ — Jebakan konsep kontrol: toples B adalah kontrol; bila diberi asap, tidak ada lagi pembanding.
• C ✓ — Menunjuk dua kelemahan yang tampak pada gambar dan kesimpulan.
• D ✗ — Jebakan: kecambah muda belum banyak berfotosintesis, dan data justru menunjukkan pertumbuhan yang terhambat.
• E ✗ — Jebakan miskonsepsi: biji yang berkecambah memerlukan O_2 untuk respirasi.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis klaim yang dinilai dan satu kalimat ringkasan datanya.

1. Hipotesis seorang murid: "Lampu kuning tidak menarik serangga." Ia berencana mengganti lampu kantin dengan lampu kuning agar tidak ada serangga yang datang. Pada 2026 ia memasang tiga lampu dengan daya dan terang yang sama, yaitu putih, kuning, dan biru, berjarak 20 m satu sama lain di kebun sekolah. Di bawah setiap lampu diletakkan nampan berisi air sabun. Setiap pagi serangga yang terperangkap dihitung. Hasilnya sebagai berikut.

Malam ke-	Lampu putih	Lampu kuning	Lampu biru
1	148	22	171
2	126	18	160
3	155	25	182

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

Penilaian yang paling tepat terhadap hipotesis murid itu adalah ....

A. data mendukung hipotesis karena serangga di lampu kuning selalu paling sedikit pada ketiga malam
B. data tidak dapat dinilai karena jumlah serangga di setiap lampu berubah-ubah dari malam ke malam
C. data tidak mendukung hipotesis karena lampu kuning tetap didatangi serangga walau jauh lebih sedikit
D. data mendukung hipotesis karena rata-rata serangga di lampu kuning kurang dari seperempat lampu putih
E. data tidak mendukung hipotesis karena lampu biru menarik serangga lebih banyak daripada lampu putih

2. Pada 2026, seorang penyuluh pertanian menyimpan benih jagung dari satu kali panen di dua gudang yang suhunya sama, tetapi kelembapan udaranya berbeda. Setiap tiga bulan, 100 benih dari setiap gudang dikecambahkan dengan cara yang sama, lalu dihitung persentase benih yang berkecambah (daya kecambah). Setiap pengujian diulang tiga kali dan hasilnya dirata-ratakan.

Lama simpan (bulan)	0	3	6	9
Daya kecambah, gudang kering (%)	96	94	90	85
Daya kecambah, gudang lembap (%)	96	82	55	21

Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling didukung oleh data tersebut adalah ....

A. kelembapan gudang belum berpengaruh pada tiga bulan pertama karena daya kecambah kedua gudang masih di atas 80 %
B. daya kecambah turun makin lama benih disimpan, dan penurunannya jauh lebih cepat di gudang yang lembap
C. benih yang disimpan di gudang kering tidak mengalami penurunan daya kecambah selama sembilan bulan
D. kelembapan tinggi membuat benih jagung berjamur sehingga embrio di dalam benih mati selama penyimpanan
E. semua jenis benih tanaman pangan sebaiknya disimpan di gudang kering dan paling lama selama sembilan bulan

3. Label sebuah hand sanitizer berbunyi "membunuh 99,9% kuman". Pada tahun 2026, empat murid menempelkan telapak tangan kanannya pada cawan agar, lalu menggosok tangan dengan hand sanitizer itu selama 20 detik dan, setelah kering, menempelkan telapak tangan yang sama pada cawan agar baru. Semua cawan diinkubasi 48 jam pada suhu yang sama. Hasilnya ditunjukkan pada grafik. Murid 3 mengaku hanya memakai

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

beberapa tetes karena botolnya hampir habis.

Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat berdasarkan data adalah ....



A. klaim 99,9% terbukti benar, karena jumlah koloni bakteri turun pada keempat murid setelah hand sanitizer dipakai

B. hand sanitizer menurunkan jumlah koloni, tetapi klaim 99,9% tidak didukung karena tiap murid turun di bawah 90%

C. hand sanitizer tidak efektif membunuh bakteri, karena jumlah koloni murid 3 hanya berkurang 12 koloni setelah dipakai

D. hand sanitizer membunuh sekitar 76,6% bakteri penyebab penyakit di tangan, karena total koloni turun dari 368 menjadi 86

E. belum ada kesimpulan apa pun yang dapat diambil, karena jumlah koloni awal pada keempat murid berbeda-beda

Kunci singkat: 1. C 2. B 3. B

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Sebutkan tiga cara sebuah kesimpulan dapat melampaui data, masing-masing dengan satu contoh.
- Apa beda validitas dan keandalan? Kapan pilihan "belum dapat disimpulkan" tepat, dan kapan justru keliru?
- **Yang harus kuingat:** kesimpulan menjawab pertanyaan, didukung data, dan sebatas kondisi percobaan; korelasi belum tentu sebab-akibat; perbaikan metode harus menutup kelemahan utama.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-4.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 4

BIO-KB4

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 4 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

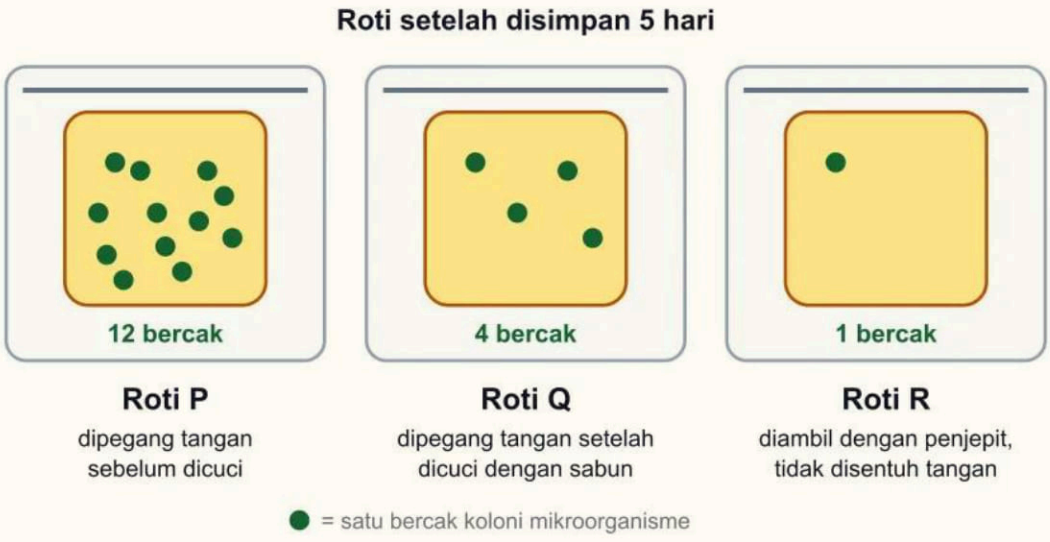
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-KB4

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Seorang murid memasukkan tiga potong roti tawar tanpa pengawet ke dalam kantong plastik berklip. Roti P dipegang dengan tangan sebelum dicuci, roti Q dipegang setelah tangan dicuci dengan sabun, dan roti R diambil dengan penjepit bersih. Setiap roti diberi beberapa tetes air, lalu disimpan di lemari selama 5 hari. Hasilnya ditunjukkan pada gambar.

Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** bila pertanyaan berikut dapat dijawab dengan data percobaan tersebut, atau **Salah** bila tidak dapat dijawab.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Jenis bakteri apa yang paling banyak terdapat pada telapak tangan murid sebelum mencuci tangan?	○	○
Apakah mencuci tangan dengan sabun mengurangi banyaknya bercak mikroorganisme yang tumbuh pada roti?	○	○
Apakah roti yang dipegang tangan sebelum dicuci ditumbuhi lebih banyak bercak daripada roti yang tidak disentuh?	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Seorang murid membantu ibunya berjualan tomat di pasar. Ia mencatat bahwa tomat yang kulitnya tergores saat diangkut mulai berjamur dan berlendir pada hari ke-2, sedangkan tomat berkulit utuh dari keranjang yang sama baru membusuk pada hari ke-6. Semua tomat dipetik pada hari yang sama dari kebun yang sama, sama matangnya, dan disimpan di tempat yang sama.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Hipotesis yang paling tepat untuk menjelaskan pengamatan tersebut dan dapat diuji adalah ....

A. tomat tergores lebih cepat busuk karena dipetik lebih awal sehingga kulitnya masih tipis dan lunak
B. kulit yang tergores menjadi jalan masuk mikroorganisme pengurai sehingga tomat lebih cepat busuk
C. tomat tergores lebih cepat busuk karena berada di bagian keranjang yang lebih panas dan lembap
D. tomat tergores busuk karena mikroorganisme muncul dengan sendirinya dari daging buah yang terbuka
E. semua buah berkulit rusak pasti busuk dalam dua hari, apa pun jenis buah dan cara menyimpannya

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Seorang murid memasukkan 20 biji kacang hijau ke setiap tabung seperti pada gambar. Air yang sudah direbus hampir tidak mengandung oksigen terlarut, dan lapisan minyak mencegah oksigen dari udara larut kembali. Ketiga tabung disimpan bersama di tempat yang sama pada suhu ruang selama 3 hari.
Data disusun untuk latihan soal.

Pertanyaan penyelidikan yang dapat dijawab dengan percobaan tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Bagaimana pengaruh cahaya terhadap panjang kecambah kacang hijau?
☐ B. Apakah biji kacang hijau memerlukan air untuk dapat berkecambah?
☐ C. Berapa banyak oksigen yang dipakai biji yang berkecambah setiap jam?
☐ D. Apakah lapisan minyak meracuni biji sehingga biji di tabung B mati?
☐ E. Apakah biji tanpa oksigen gagal berkecambah walaupun tersedia air?

4. Murid mengamati lumut pada empat tembok sekolah dan mencatat keadaan setiap tembok.

Tembok	Letak	Cahaya	Permukaan tembok	Tutupan lumut
P	dekat keran, sisi utara	teduh	basah hampir sepanjang hari	70 %
Q	dinding gudang, sisi utara	teduh	kering	5 %
R	dekat talang air, sisi timur	terang	basah hampir sepanjang hari	75 %
S	dinding kelas, sisi timur	terang	kering	5 %

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

Hipotesis yang paling tepat untuk diuji lebih lanjut berdasarkan data tersebut adalah ....

A. makin teduh permukaan tembok, makin luas tutupan lumut yang tumbuh di atasnya
B. bagaimana pengaruh kelembapan tembok terhadap luas tutupan lumut di sekolah?
C. makin basah permukaan tembok, makin luas tutupan lumut yang tumbuh di atasnya
D. lumut lebih banyak tumbuh pada tembok yang letaknya dekat keran atau talang air
E. tembok sisi utara selalu ditumbuhi lumut lebih luas daripada tembok sisi timur

5. Pengurus OSIS ingin mengetahui apakah pohon-pohon di halaman sekolah penting bagi burung. Di halaman itu ada enam pohon jambu air (tiga di antaranya sedang berbuah) dan lima pohon glodokan yang tidak berbuah. Mereka hanya memiliki teropong sederhana, jam, dan buku catatan.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pertanyaan yang paling tepat agar keingintahuan OSIS tersebut dapat diselidiki dengan alat yang ada adalah ....

A. Apakah jumlah burung yang hinggap per jam berbeda antara jambu air yang berbuah dan yang tidak?
B. Apakah burung di halaman sekolah merasa lebih nyaman tinggal di pohon jambu air daripada glodokan?
C. Mengapa semua jenis burung di Indonesia memerlukan pohon untuk dapat bertahan hidup di alam?
D. Apakah menanam lebih banyak pohon di halaman sekolah merupakan tindakan yang paling baik?
E. Bagaimana cara burung mengetahui letak pohon jambu air yang sedang berbuah di halaman?

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Seorang murid membuat kotak pengamatan yang dibagi menjadi empat bagian seperti pada gambar. Dua bagian ditutup kain hitam sehingga gelap, dan dua bagian beralas tisu basah sehingga lembap. Dua puluh ekor cacing tanah diletakkan di tengah kotak, lalu setelah 10 menit jumlah cacing di setiap bagian dihitung.
Data disusun untuk latihan soal.

Hipotesis yang ditulis dengan benar dan didukung oleh hasil percobaan tersebut adalah ....



A. bagaimana pengaruh cahaya dan kelembapan terhadap tempat berkumpulnya cacing tanah?
B. cacing tanah hanya dapat hidup di tempat yang gelap dan sama sekali tidak tahan cahaya
C. cacing tanah memilih tempat gelap karena matanya sangat peka terhadap cahaya matahari
D. cacing tanah lebih banyak berkumpul di bagian gelap-lembap daripada terang-kering
E. makin tinggi suhu bagian kotak, makin sedikit cacing tanah yang berkumpul di sana

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Penjual tahu di kantin sekolah merendam tahu putih dalam dua baskom air. Air baskom pertama diganti setiap pagi, sedangkan air baskom kedua tidak pernah diganti. Seorang murid memperhatikan bahwa tahu di baskom kedua sudah berlendir dan berbau asam pada hari ke-2, sedangkan tahu di baskom pertama masih segar hingga hari ke-3. Ia ingin menyelidikinya lebih lanjut.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pertanyaan "Apakah tahu yang masih segar lebih baik bagi tubuh?" merupakan rumusan masalah yang dapat diselidiki dari pengamatan itu.	○	○
Pertanyaan "Bagaimana pengaruh frekuensi penggantian air rendaman terhadap waktu munculnya lendir pada tahu?" dapat diselidiki.	○	○
Kalimat "Makin sering air rendaman diganti, makin lama tahu mulai berlendir" merupakan sebuah rumusan masalah.	○	○

8. Seorang murid ingin menyelidiki pengaruh kadar gula dalam air vas terhadap lama bunga potong tetap segar. Gula dapat dipakai sel bunga sebagai bahan respirasi. Rancangannya sebagai berikut.

Vas	Bunga	Volume larutan	Kadar gula	Letak vas
A	5 tangkai krisan	300 mL	0 %	meja di dalam kelas
B	5 tangkai krisan	300 mL	2 %	meja di dalam kelas
C	5 tangkai krisan	300 mL	4 %	dekat jendela, terkena matahari siang

Lama bunga tetap segar dicatat dalam hari.
Data disusun untuk latihan soal.

Kelemahan utama rancangan tersebut adalah ....

A. kadar gula yang dipilih terlalu berdekatan sehingga perbedaan lama segarnya tidak akan jelas
B. volume larutan di ketiga vas sama sehingga tidak ada vas yang dapat dijadikan pembanding
C. bunga seharusnya diamati satu hari saja agar perbedaan lama segarnya mudah dibandingkan
D. jenis bunga di ketiga vas sama sehingga pengaruh jenis bunga terhadap gula tidak diketahui
E. letak vas C berbeda dari vas lain sehingga hasilnya tidak dapat dikaitkan dengan gula saja

9. Murid ingin menguji apakah plester luka yang mengandung antiseptik menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Tiga potong kentang rebus yang sama besar diletakkan di

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

cawan bersih, lalu permukaannya disentuh jari yang sama. Potongan 1 ditutup plester antiseptik, potongan 2 ditutup plester biasa tanpa antiseptik dengan ukuran sama, dan potongan 3 dibiarkan terbuka. Setelah 4 hari, bercak mikroorganisme di bagian yang sama pada setiap potongan dihitung.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Fungsi potongan 2 dalam rancangan percobaan tersebut adalah ....

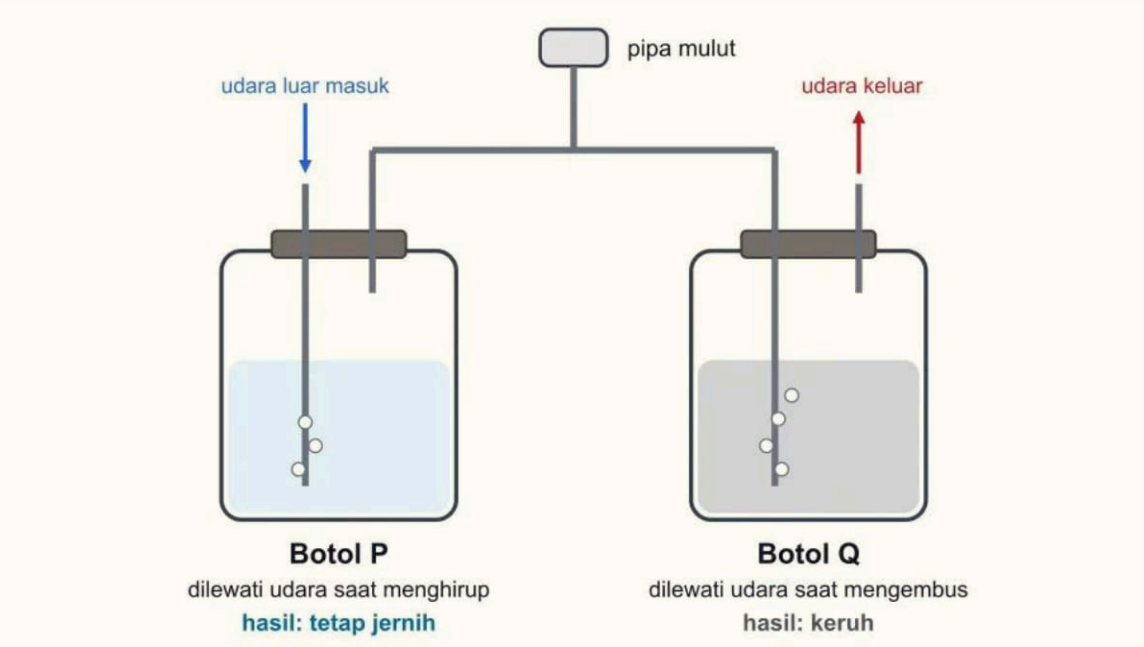
A. memberi bagian kentang yang lebih lembap agar mikroorganisme tumbuh lebih cepat daripada potongan 1
B. menunjukkan bahwa berkurangnya bercak disebabkan antiseptik, bukan karena kentang tertutup plester
C. menjadi kontrol positif yang pasti menunjukkan bercak mikroorganisme paling banyak di antara ketiganya
D. menguji pengaruh ukuran plester terhadap banyaknya bercak yang tumbuh di permukaan kentang
E. menggantikan potongan 3 sehingga potongan kentang yang terbuka sebenarnya tidak diperlukan lagi

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Air kapur yang jernih menjadi keruh bila bereaksi dengan karbon dioksida. Seorang murid menyusun alat seperti pada gambar; kedua botol berisi air kapur jernih dalam jumlah sama. Saat murid menghirup udara melalui pipa mulut, udara luar masuk melalui botol P. Saat ia mengembuskan napas, udaranya keluar melalui botol Q. Setelah satu menit bernapas melalui alat itu, hasilnya seperti pada gambar.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Fungsi botol P dalam percobaan tersebut adalah ....



A. menyimpan oksigen tambahan agar murid tetap dapat bernapas selama percobaan
B. menggantikan botol Q bila air kapur di botol Q sudah terlalu keruh untuk diamati
C. menjadi pembanding bahwa udara yang dihirup tidak cepat mengeruhkan air kapur
D. mengukur banyaknya oksigen yang dipakai tubuh selama satu menit bernapas
E. menjadi variabel terikat yang nilainya sengaja diubah-ubah oleh murid

11. Pada corong Berlese, hewan tanah bergerak menjauhi panas dan cahaya lampu di atas corong, lalu jatuh ke wadah di bawahnya. Murid ingin membandingkan jumlah hewan tanah di kebun sekolah dan di lapangan rumput dengan rancangan berikut.

Lokasi	Waktu pengambilan	Jumlah sampel	Kedalaman	Lama di corong
Kebun sekolah	pukul 07.00	1	10 cm	24 jam
Lapangan rumput	pukul 13.00	1	5 cm	12 jam

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

Perbaikan rancangan yang paling tepat adalah ....

A. mengambil beberapa sampel per lokasi dengan waktu, kedalaman, dan lama di corong yang sama
B. memakai lampu yang lebih terang pada corong agar hewan tanah lebih cepat turun ke dalam wadah
C. menambahkan serasah ke tanah lapangan agar keadaan kedua lokasi menjadi sama dan adil
D. hanya menghitung hewan yang berukuran besar agar penghitungan di kedua lokasi lebih mudah
E. mengambil sampel lapangan di bawah pohon agar lebih mudah dibandingkan dengan kebun

12. Murid ingin mengetahui pengaruh suhu terhadap kerja enzim amilase dalam ludah. Tiga tabung masing-masing diisi larutan amilum dan ludah yang sudah diencerkan, lalu diletakkan di penangas bersuhu 5 °C, 37 °C, dan 70 °C. Setiap menit, setetes campuran dari tiap tabung diteteskan pada lugol. Murid mencatat waktu sampai tetesan tidak lagi berwarna biru kehitaman.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Hal yang harus dibuat sama pada ketiga tabung agar perbandingannya adil adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Suhu penangas air tempat setiap tabung diletakkan selama percobaan.
☐ B. Volume dan kadar larutan amilum yang dimasukkan ke setiap tabung.
☐ C. Waktu sampai tetesan campuran tidak lagi berwarna biru kehitaman.
☐ D. Volume ludah encer serta cara mengencerkan ludah untuk tiap tabung.
☐ E. Keasaman (pH) campuran di dalam setiap tabung selama percobaan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

13. Seorang murid ingin mengetahui apakah ayam kampung yang dilepas di kebun (umbaran) bertelur lebih banyak daripada ayam yang dikurung di kandang. Rencananya, ia membandingkan tiga ayam umbaran miliknya dengan tiga ayam kandang milik tetangga yang umurnya tidak diketahui. Jumlah telur setiap kelompok dicatat setiap hari selama dua bulan.

Kasus disusun untuk latihan soal.

Perbaikan yang paling tepat agar hasil penyelidikan dapat dipercaya adalah ....

A. menghitung telur ayam miliknya dua kali sehari agar data yang terkumpul menjadi jauh lebih banyak
B. memberi pakan tambahan kepada ayam umbaran agar perbedaan jumlah telurnya tampak lebih jelas
C. memilih ayam tetangga yang paling jarang bertelur agar perbedaan kedua kelompok terlihat jelas
D. mengandangkan semua ayam miliknya juga agar keadaan kedua kelompok sama dan perbandingan adil
E. memakai banyak ayam seumur dari satu peternak, lalu menentukan cara pemeliharaannya secara acak

14. Air rendaman puntung rokok mengandung zat beracun yang dapat mencemari selokan. Murid menumbuhkan umbi bawang merah di atas gelas berisi air sumur (0 %) atau air sumur yang dicampur air rendaman puntung rokok 5 % dan 10 %. Setiap perlakuan memakai tiga umbi yang sama besar. Panjang akar terpanjang diukur setelah 5 hari.

Perlakuan	Umbi 1	Umbi 2	Umbi 3
0 %	42	45	44
5 %	30	28	31
10 %	12	40	10

Satuan: mm.

Data disusun untuk latihan soal.

Langkah pengolahan data yang paling tepat sebelum murid menarik kesimpulan adalah ....

A. langsung menghitung rata-rata 10 %, yaitu sekitar 21 mm, karena semua data harus selalu dipakai
B. membuang semua data 10 % karena salah satu ulangannya berbeda jauh dari kedua ulangan lainnya
C. menyimpulkan air rendaman 10 % tidak menghambat pertumbuhan akar karena ada nilai 40 mm
D. memeriksa ulang umbi 2 pada 10 % atau mengulang pengukurannya sebelum rata-rata dihitung
E. mengganti nilai 40 dengan 11 agar data 10 % menjadi seragam dan pola penurunannya terlihat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

15. Murid menanam bunga kertas (*Zinnia elegans*) berwarna kuning, putih, dan merah, masing-masing 10 tanaman, secara berdampingan di taman sekolah. Selama tiga hari, pukul 09.00–09.15, mereka menghitung kunjungan serangga penyerbuk ke setiap kelompok warna.

Warna bunga	Hari 1	Hari 2	Hari 3
Kuning	14	16	15
Putih	9	11	10
Merah	2	13	6

Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

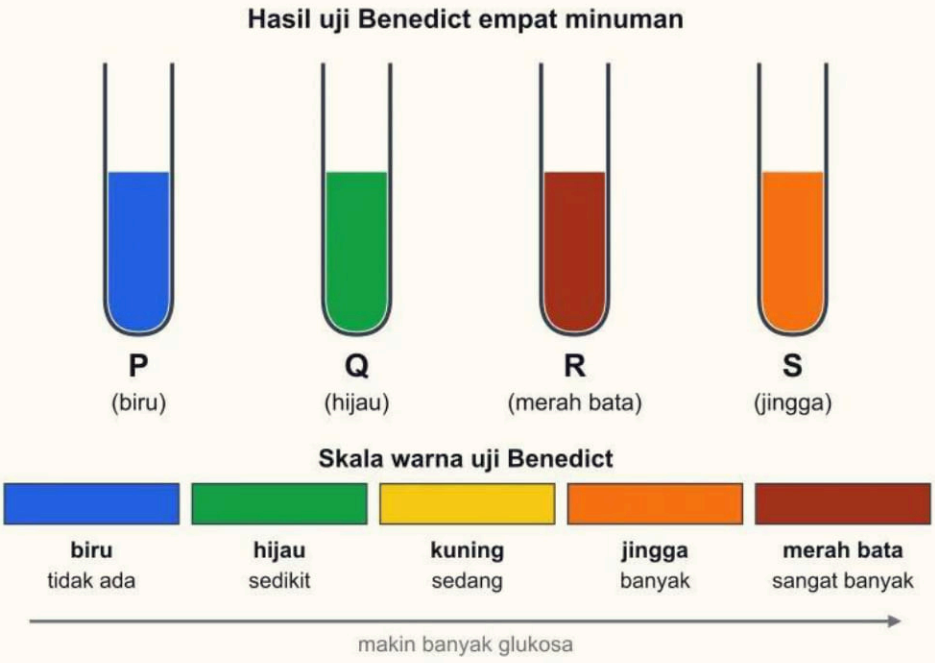
Pernyataan	**Benar**	**Salah**
Rata-rata kunjungan pada bunga kuning sama dengan 1,5 kali rata-rata kunjungan pada bunga putih.	○	○
Bunga merah selalu menjadi kelompok yang paling jarang dikunjungi pada setiap hari pengamatan.	○	○
Rentang data bunga merah paling lebar sehingga rata-ratanya paling kurang dapat dipercaya.	○	○

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Pereaksi Benedict berubah warna bila dipanaskan bersama glukosa; makin banyak glukosa, warnanya makin bergeser ke arah merah bata. Murid menguji empat minuman kemasan (P, Q, R, dan S) dengan jumlah sampel dan pereaksi yang sama. Hasilnya ditunjukkan pada gambar beserta skala warnanya.
Data disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang sesuai dengan hasil uji tersebut adalah ....



A. minuman P sama sekali tidak terasa manis karena tidak mengandung gula jenis apa pun
B. minuman S mengandung glukosa lebih banyak daripada minuman R berdasarkan warnanya
C. urutan kadar glukosa dari yang terendah adalah P, Q, R, lalu S sesuai urutan hurufnya
D. minuman Q tidak mengandung glukosa karena warnanya tidak berubah menjadi merah bata
E. minuman R mengandung glukosa paling banyak, sedangkan glukosa di P tidak terdeteksi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

17. Murid memasukkan 4 ekor lalat buah (*Drosophila*) dewasa ke botol berisi potongan pisang, lalu menutupnya dengan kain kasa. Jumlah lalat dewasa dihitung setiap 3 hari dan disajikan pada grafik. Pisang tidak ditambah selama pengamatan.
Data disusun untuk latihan soal.

Selang waktu dengan laju pertambahan jumlah lalat tertinggi adalah ....



A. hari ke-18 sampai ke-21, karena jumlah lalat pada selang itu paling banyak
B. hari ke-12 sampai ke-15, karena pertambahan jumlah lalatnya paling besar
C. hari ke-9 sampai ke-12, karena kurva mulai naik tajam sesudah hari ke-9
D. hari ke-24 sampai ke-27, karena pisang mulai habis dan banyak lalat mati
E. hari ke-0 sampai ke-3, karena makanan melimpah dan lalat masih sedikit

18. Deterjen berenzim mengandung protease, enzim pengurai protein. Murid mencuci potongan kain yang sama besar dan diberi noda kuning telur yang sama selama 20 menit dalam air bersuhu berbeda, lalu memperkirakan persentase noda yang hilang.

Deterjen	Suhu air	Noda hilang
berenzim	20 °C	35 %
berenzim	40 °C	85 %
berenzim	60 °C	55 %
berenzim	90 °C	15 %
tanpa enzim	40 °C	25 %

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

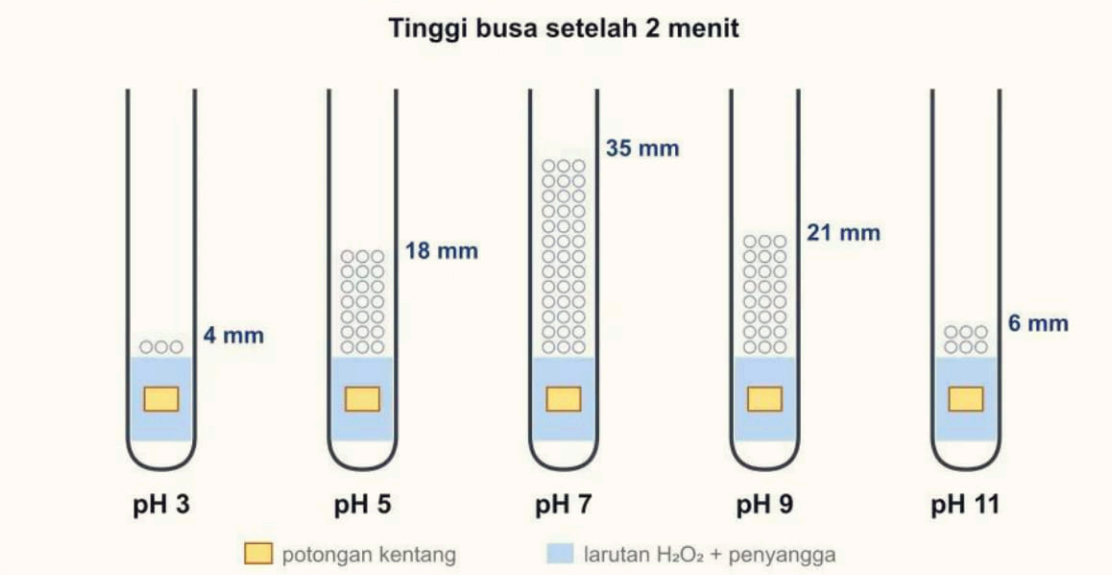
Data disusun untuk latihan soal.

Penafsiran data yang paling tepat adalah ....

A. di antara suhu yang diuji, deterjen berenzim paling efektif pada 40 °C dan terlemah di 90 °C
B. makin tinggi suhu air, makin banyak noda yang hilang pada semua suhu yang diuji dalam percobaan
C. enzim pada 20 °C sudah rusak karena noda yang hilang lebih sedikit daripada noda pada 40 °C
D. suhu 90 °C paling baik untuk mencuci karena air yang sangat panas melarutkan noda paling cepat
E. noda hilang terutama karena panasnya air, bukan karena enzim yang terkandung di dalam deterjen

19. Kentang mengandung enzim katalase yang menguraikan hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air dan gas oksigen sehingga terbentuk busa. Murid memasukkan potongan kentang berukuran sama ke lima tabung berisi H_2O_2 yang diberi larutan penyangga dengan pH berbeda. Tinggi busa setelah 2 menit ditunjukkan pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Persentase penurunan tinggi busa dari pH 7 ke pH 9 beserta cara menghitungnya yang benar adalah ....



A. sekitar 60 %, yaitu tinggi busa pada pH 9 dibagi tinggi busa pada pH 7
B. sekitar 67 %, yaitu selisih tinggi busa dibagi tinggi busa pada pH 9
C. sekitar 40 %, yaitu selisih tinggi busa dibagi tinggi busa pada pH 7
D. sekitar 14 %, yaitu selisih tinggi busa pada pH 7 dan pH 9 dalam mm
E. sekitar 83 %, yaitu selisih busa pH 7 dan pH 11 dibagi busa pH 7

20. Pada uji waktu reaksi, seorang teman memegang penggaris tegak lalu melepaskannya tanpa aba-aba, dan murid menangkapnya secepat mungkin. Makin pendek jarak penggaris

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

jatuh sebelum tertangkap, makin cepat waktu reaksinya. Setiap nilai adalah rata-rata lima kali tangkapan.

Murid	Tangan dominan (cm)	Tangan lainnya (cm)
1	12	18
2	15	16
3	10	17
4	20	19
5	11	15

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang sesuai dengan data tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Murid 4 bereaksi paling cepat karena jarak tangkapnya paling panjang.
☐ B. Pada empat dari lima murid, jarak tangkap tangan dominan lebih pendek.
☐ C. Rata-rata jarak tangkap tangan dominan pada kelompok ini adalah 13,6 cm.
☐ D. Data membuktikan tangan dominan setiap orang selalu bereaksi lebih cepat.
☐ E. Selisih rata-rata jarak tangkap kedua tangan pada kelompok ini 3,4 cm.

21. Murid mengukur volume udara embusan terkuat dengan botol 5 L terbalik di dalam bak air. Ia membandingkan anggota marching band pemain alat tiup dengan murid lain di kelasnya.

Kelompok	Jumlah murid	Latihan fisik (baris-berbaris, lari)	Rata-rata volume embusan
Pemain alat tiup	10	3 kali seminggu	3,4 L
Bukan anggota band	10	tidak rutin	3,0 L

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

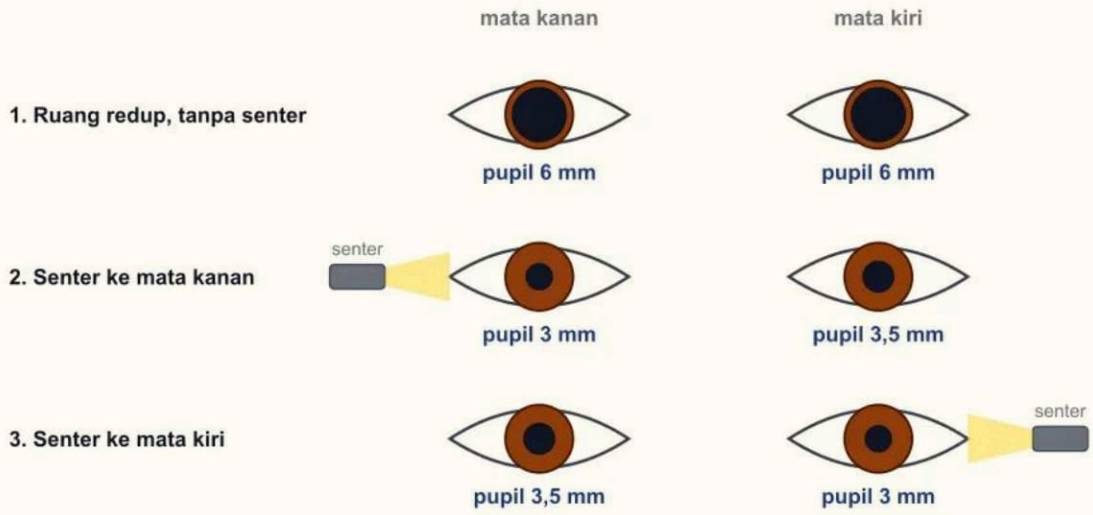
Ia menyimpulkan, "Bermain alat musik tiup menyebabkan volume embusan napas meningkat."
Data disusun untuk latihan soal.

Penilaian yang paling tepat terhadap kesimpulan tersebut adalah ....

A. kesimpulan tepat karena rata-rata pemain alat tiup lebih besar 0,4 liter daripada murid lain
B. kesimpulan salah karena volume embusan hanya ditentukan oleh ukuran tubuh, bukan latihan
C. kesimpulan tepat asalkan jumlah murid di setiap kelompok ditambah menjadi dua kali lipat
D. kesimpulan belum dapat dipastikan karena pemain alat tiup juga lebih rutin berlatih fisik
E. kesimpulan belum tepat karena botol terbalik di bak air tidak dapat mengukur volume udara

22. Seorang murid duduk di ruang redup selama 5 menit. Temannya lalu menyinari salah satu mata murid itu dengan senter kecil dari samping selama 2 detik, sementara teman lain mengukur diameter pupil kedua matanya dengan kartu pengukur pupil. Hasil ketiga keadaan ditunjukkan pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat dan sebatas data percobaan tersebut adalah ....



A. cahaya senter merusak saraf mata sehingga pupil kedua mata ikut mengecil
B. pada murid ini, menyinari satu mata membuat pupil kedua matanya mengecil
C. pupil hanya mengecil pada mata yang disinari, sedangkan pupil lainnya tetap
D. pupil semua hewan bertulang belakang pasti mengecil dengan cara yang sama
E. pupil mata yang tidak disinari mengecil lebih banyak daripada yang disinari

23. Sebuah SMA dengan 600 murid memasang wastafel dan sabun di depan setiap kelas pada Juli 2026. Petugas UKS mencatat 24 surat izin sakit karena diare pada semester Januari–

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Juni 2026 dan 9 surat pada semester Juli–Desember 2026. Pada Agustus 2026, kantin sekolah juga direnovasi dan semua penjual wajib memakai penutup makanan. Seorang murid menyimpulkan bahwa wastafel menurunkan kasus diare.
Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Data menunjukkan jumlah izin sakit karena diare lebih sedikit pada semester setelah wastafel dipasang.	○	○
Perubahan kantin pada semester yang sama membuat penurunan kasus tidak dapat dikaitkan dengan wastafel saja.	○	○
Data membuktikan bahwa pemasangan wastafel merupakan satu-satunya penyebab turunnya kasus diare.	○	○

24. Murid ingin mengetahui pengaruh mulsa jerami terhadap jumlah cacing tanah di kebun sekolah. Bedengan P diberi mulsa jerami dan terletak di bawah naungan pohon ketapang, sedangkan bedengan Q tanpa mulsa terletak di tempat terbuka. Setelah sebulan, cacing dihitung pada lima titik di setiap bedengan.

Bedengan	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Kelembapan tanah
P (mulsa, teduh)	11	13	12	14	10	38 %
Q (tanpa mulsa, terbuka)	3	2	4	3	3	21 %

Murid menyimpulkan, "Mulsa jerami meningkatkan jumlah cacing tanah."
Data disusun untuk latihan soal.

Kelemahan metode yang paling menentukan terhadap kesimpulan tersebut adalah ....

A. bedengan P juga lebih teduh sehingga perbedaan cacing dapat disebabkan naungan pohon
B. jumlah titik tiap bedengan terlalu sedikit sehingga datanya sama sekali tidak dapat dipakai
C. mulsa jerami seharusnya dibuat lebih tebal agar perbedaan jumlah cacing makin jelas
D. kelembapan tanah tidak perlu diukur karena tidak berhubungan dengan jumlah cacing
E. cacing seharusnya dihitung di bedengan Q saja karena bedengan P sudah diberi perlakuan

25. Hipotesis seorang murid: "Kulit telapak tangan tetap mengeluarkan air walaupun tidak tampak berkeringat." Ia duduk tenang di kelas bersuhu 26 °C hingga telapak tangannya kering, lalu membungkus tangan kirinya dengan kantong plastik bening yang diikat longgar di pergelangan (kantong A). Kantong B yang sama, kosong dan diikat, diletakkan di

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

meja di sampingnya. Setelah 10 menit, hasilnya seperti pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang paling tepat menghubungkan hasil percobaan dengan hipotesis adalah ....



A. hipotesis ditolak karena kantong B sama sekali tidak berembun selama sepuluh menit
B. hipotesis terbukti untuk seluruh kulit tubuh semua orang dalam keadaan apa pun
C. belum dapat disimpulkan karena kantong B yang kosong tidak ikut menghasilkan embun
D. data mendukung hipotesis karena hanya kantong berisi tangan yang berembun
E. embun berasal dari udara kelas yang lembap, bukan dari air yang keluar dari kulit

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	___ / 7	Ulangi hlm. 331
Sub bab 4.2 · Merancang penyelidikan	8, 9, 10, 11, 12, 13	___ / 6	Ulangi hlm. 347
Sub bab 4.3 · Mengolah dan menafsirkan data	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	___ / 7	Ulangi hlm. 363
Sub bab 4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode	21, 22, 23, 24, 25	___ / 5	Ulangi hlm. 379

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian C · Simulasi TKA

Kerjakan setelah semua bab selesai. Simulasi 1 memakai soal asli TKA 2025; simulasi berikutnya adalah paket prediksi. Kerjakan tiap simulasi dalam sekali duduk sesuai waktunya, tanpa membuka materi.

Daftar simulasi

Simulasi	Jumlah soal	Waktu	Kode LMS
Simulasi 1 — Soal Asli TKA 2025	27 soal	65 menit	BIO-FIN1
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	BIO-FIN2
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	BIO-FIN3
Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	BIO-FIN4

Saran: beri jeda beberapa hari antarsimulasi. Setelah tiap simulasi, cocokkan jawaban di Bagian D lalu ulangi sub bab yang ditunjuk tabel anjuran sebelum mengerjakan simulasi berikutnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 1 — Soal Asli TKA 2025

BIO-FIN1

Petunjuk

Jumlah soal: 27. Waktu: 65 menit.

Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 1 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-FIN1

1. Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus*) adalah spesies endemik Indonesia yang kini berstatus kritis dan hanya ditemukan di Taman Nasional Ujung Kulon. Populasinya terus menurun akibat pembangunan infrastruktur yang mengganggu habitat alaminya. Keragaman genetik yang rendah meningkatkan risiko penyakit dan menurunkan peluang kelangsungan hidup keturunannya. Selain itu, gangguan manusia seperti perburuan menyebabkan perubahan perilaku yang menghambat reproduksi.

Dengan mencermati informasi tersebut, pernyataan manakah yang berkaitan dengan penurunan populasi Badak Jawa dan faktor penyebabnya?
(Jawaban benar lebih dari satu. Pilih semua jawaban yang benar.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Perdagangan cula yang mengancam keberlangsungan spesies Badak Jawa.
☐ B. Deforestasi dan konversi lahan yang mengurangi ruang jelajah Badak Jawa.
☐ C. Perubahan pola migrasi yang menyebabkan distribusi populasi lebih tersebar dan sulit dilacak.
☐ D. Gangguan ekosistem akibat masuknya spesies lain ke Ujung Kulon sehingga meningkatkan kompetisi.
☐ E. Minimnya variasi genetik membuat badak menjadi sulit beradaptasi dengan lingkungan sekitar.

2. Suatu wilayah dataran tinggi mengalami peningkatan signifikan dalam konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di udara. Data dari stasiun pemantauan lingkungan menunjukkan bahwa konsentrasi CO_2 meningkat dari 410 ppm menjadi 480 ppm, sebagian besar akibat pembukaan lahan dengan cara pembakaran dan aktivitas industri pengolahan mineral. Wilayah ini didominasi oleh hutan pinus dan semak endemik yang memiliki laju fotosintesis tinggi dan pertumbuhan musiman yang sangat dipengaruhi oleh faktor abiotik. Selama kurun waktu yang sama, para peneliti mencatat bahwa kepadatan daun pada

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pohon pinus meningkat. Namun, juga terjadi perubahan komposisi spesies semak karena tidak semua spesies dapat beradaptasi terhadap perubahan tersebut.

Berdasarkan informasi tersebut, dampak yang paling mungkin terjadi akibat peningkatan CO_2 terhadap tumbuhan di wilayah tersebut adalah ....

A. terhambatnya proses fotosintesis karena CO_2 dalam konsentrasi tinggi mengganggu aktivitas stomata
B. penurunan jumlah daun akibat peningkatan transpirasi dan suhu lingkungan yang ekstrem
C. meningkatnya produksi biomassa pada jenis tumbuhan tertentu yang toleran terhadap peningkatan CO_2
D. penurunan kadar klorofil karena CO_2 yang berlebihan menyebabkan stres fisiologis
E. tidak terjadi perubahan karena semua jenis tumbuhan memiliki plastisitas fisiologis yang sama terhadap lingkungan

3. Produk pangan pada era modern banyak dikemas agar tetap awet dan higienis. Salah satu contohnya adalah produk ikan awetan. Namun, beberapa kasus keracunan masih terjadi akibat bakteri *Clostridium botulinum*. Produk ikan awetan yang terkontaminasi biasanya memiliki kemasan rusak atau bocor, bau menyengat, warna pudar, dan rasa tidak enak. Gejala keracunan yang muncul pada konsumen antara lain masalah penglihatan, kelemahan otot, kesulitan menelan, mual, muntah, dan sakit perut. Keracunan ini dapat menyebabkan risiko kesehatan serius, termasuk gangguan sistem saraf dan bahkan kematian jika tidak ditangani dengan cepat. Kasus ini menunjukkan pentingnya pengolahan dan penyimpanan makanan yang tepat agar pertumbuhan bakteri berbahaya dapat dicegah.

Berdasarkan informasi tersebut, mekanisme utama peran *Clostridium botulinum* dalam menyebabkan keracunan ikan awetan adalah ....

A. menguraikan protein dan lemak dalam ikan menjadi senyawa berbahaya sehingga menimbulkan gangguan pencernaan, mual, dan kram perut
B. menghasilkan senyawa yang menghambat sinyal saraf dan kontraksi otot sehingga penglihatan terganggu dan otot melemah
C. menyerap komponen ikan ke dalam dinding sel bakteri untuk bertahan hidup sehingga menyebabkan gangguan pencernaan dan saraf optik
D. mengubah gula dan asam amino dalam ikan menjadi senyawa alkohol yang memengaruhi koordinasi dan saraf penglihatan
E. menghasilkan gas pada kondisi anaerob yang meningkatkan tekanan di dalam kemasan ikan sehingga memengaruhi kualitas fisik produk

4. Sekelompok murid SMA melakukan percobaan kerja enzim protease dengan menggunakan putih telur sebagai substrat. Putih telur dimasukkan ke dalam 3 (tiga) tabung reaksi dengan label berturut-turut A, B, dan C dengan perlakuan yang berbeda. Ketiga tabung reaksi tersebut selanjutnya ditempatkan ke dalam bak yang berisi air dengan suhu 37 °C

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

selama 30 menit. Perlakuan dan hasil percobaan untuk setiap tabung reaksi adalah sebagai berikut.

Tabung	Perlakuan	Kondisi Larutan
A	2 ml putih telur + 1 ml protease	Agak keruh
B	2 ml putih telur + 1 ml protease + 1 ml HCl	Bening
C	2 ml putih telur + 1 ml protease + 1 ml NaOH	Keruh

Aktivitas enzim diamati dari kondisi larutan tiap tabung. Semakin bening larutan, semakin optimal kerja enzim protease.

Berdasarkan hasil percobaan ini, faktor utama yang memengaruhi kerja enzim protease adalah ....

A. konsentrasi enzim protease dalam tabung reaksi
B. pH lingkungan tempat enzim protease bekerja
C. jenis substrat yang digunakan dalam percobaan
D. suhu larutan selama percobaan berlangsung
E. waktu inkubasi enzim protease dengan substrat

5. Skema berikut menunjukkan siklus respirasi seluler.

Dengan mencermati skema respirasi seluler tersebut, manakah dari proses berikut yang terjadi pada tahap berlabel A?



A. Gugus gula bereaksi dengan oksaloasetat kemudian masuk ke siklus Krebs.
B. Proses pengubahan glukosa menjadi asam piruvat dengan penambahan gugus oksigen.
C. Pelepasan elektron dari NADH dan $FADH_2$ untuk menghasilkan ATP.
D. Proses oksidasi suksinat menjadi fumarat disertai produksi $FADH_2$.
E. Produksi ATP melalui penambahan gugus fosfat ke molekul gula.

6. Tanaman *Lantana camara* yang berasal dari Amerika Tengah diperkenalkan ke beberapa daerah di Indonesia Timur sebagai tanaman hias dan penutup lahan karena kemampuannya bertahan di tanah kering. Namun, tanaman ini menunjukkan pertumbuhan yang sangat agresif. Data dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam menyebutkan bahwa pada tahun 2022 *Lantana camara* telah mendominasi lebih dari 35%

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

padang savana di Taman Nasional Wasur, Papua, menggantikan rumput asli seperti *Imperata cylindrica* yang sebelumnya menopang populasi burung cenderawasih, kupu-kupu endemik *Ornithoptera priamus*, dan berbagai reptil kecil. Selain itu, pengamatan lapangan menunjukkan bahwa jumlah spesies serangga penyerbuk menurun hingga 40% dalam waktu kurang dari lima tahun sejak dominasi *Lantana*. Para ahli ekologi mengkhawatirkan bahwa perubahan vegetasi ini akan berdampak jangka panjang terhadap struktur komunitas dan siklus ekologis di kawasan tersebut.

Berdasarkan informasi tersebut, dampak ekologis utama dari invasi tanaman tersebut terhadap keanekaragaman hayati lokal adalah ....

A. menggantikan tanaman endemik melalui dominasi ruang dan senyawa alelopatik, sehingga menurunkan keberagaman flora dan fauna
B. meningkatkan kesuburan tanah dan memicu regenerasi tanaman lokal karena adaptasi Lantana terhadap lingkungan marginal
C. tidak berdampak signifikan karena Lantana hanya menyebar di lahan kritis dan tidak mengganggu komunitas alami
D. meningkatkan jumlah vegetasi hutan sekunder dan menyediakan tempat bersarang baru bagi burung dan reptil kecil
E. memfasilitasi interaksi simbiotik antara tanaman lokal dan Lantana, sehingga memperkaya komposisi tumbuhan di habitat tersebut

7. Lintah merupakan hewan yang sering ditemukan di daerah lembap seperti hutan hujan tropis. Hewan ini sangat bergantung pada makhluk hidup lain agar dapat bertahan hidup. Lintah juga diketahui cukup berbahaya saat menempel pada tubuh hewan lain, seperti rusa, kerbau liar, bahkan manusia.

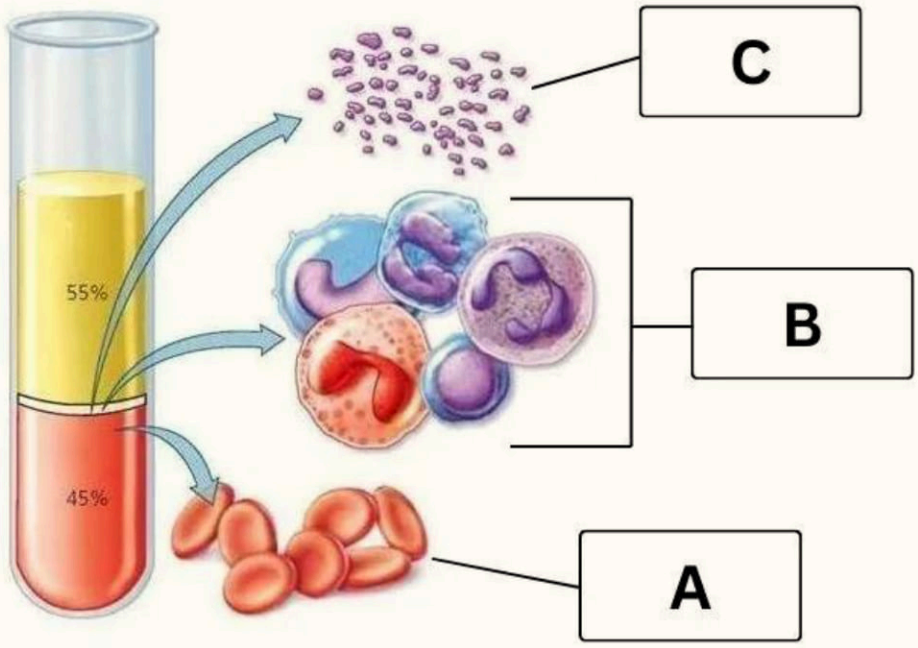
Dalam interaksinya dengan makhluk hidup lain, lintah akan ....

A. berkompetisi dengan inang untuk mendapatkan makanan
B. memanfaatkan tubuh inangnya sebagai sumber nutrisi
C. melekatkan diri pada makhluk hidup lain untuk membersihkan darahnya
D. menempel pada inang untuk mendapatkan perlindungan dari predator
E. hidup bebas berdampingan dengan makhluk hidup lain di hutan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

8. Gambar berikut merupakan komponen penyusun jaringan darah manusia.

Dengan mencermati struktur ketiga komponen darah tersebut, pernyataan berikut yang menunjukkan persamaan komponen berlabel B dan C adalah ....



A. memiliki inti sel dan berperan dalam pertahanan tubuh terhadap patogen
B. tidak berinti dan berperan dalam pengangkutan oksigen ke jaringan tubuh
C. tidak memiliki inti sel dan berfungsi membawa hormon ke seluruh tubuh
D. berbentuk tidak beraturan dan diproduksi di sumsum tulang
E. berbentuk bulat pipih dan berfungsi dalam pengangkutan karbon dioksida

9. Murid kelas XI membuat produk daur ulang limbah berupa vas bunga dari sampah plastik. Ketika sedang memotong sedotan dengan *cutter*, jari salah satu murid tidak sengaja tergores hingga mengeluarkan darah.

Jika produksi trombokinase dalam tubuh murid tersebut berkurang secara signifikan, apa dampak yang terjadi? Tentukan **Benar** atau **Salah** pernyataan berikut terkait akibat yang terjadi pada proses pembekuan darah murid tersebut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Darah terus mengalir karena vitamin K tidak dapat diubah menjadi benang fibrin.	○	○
Luka lambat menutup karena trombokinase tidak dapat mengaktifkan protrombin menjadi trombin.	○	○
Pembekuan darah menjadi lebih cepat karena aktivitas fibrinogen dalam mengalirkan darah berkurang.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Setiap kali menghadapi ulangan harian, Vito mengalami gejala yang kurang mengenakkan. Jantungnya berdegup sangat kencang, muncul keringat dingin, tangan gemetar, sulit menelan, sering ingin buang air kecil, napas tersengal-sengal, serta tekanan darahnya naik hingga 140/90 mmHg. Gejala-gejala ini biasanya muncul beberapa menit sebelum ujian dimulai dan hilang sekitar 15 menit setelah kertas ulangan dikumpulkan. Reaksi tubuh seperti ini merupakan bagian dari respons "lawan atau lari" yang dipicu oleh sistem saraf simpatis. Dalam kondisi cemas, kelenjar adrenal melepaskan hormon adrenalin ke aliran darah, sehingga memengaruhi kerja berbagai organ tubuh.

Manakah mekanisme kerja hormon adrenalin yang paling tepat sesuai dengan gejala yang dialami Vito?

A. Otot polos pembuluh darah menyempit sehingga aliran darah ke organ tertentu meningkat dan tekanan darah bertambah cepat.
B. Saluran udara di paru-paru menyempit lalu memicu napas menjadi lebih cepat untuk mencukupi kebutuhan oksigen tubuh.
C. Detak jantung menjadi lebih kuat sehingga jumlah darah yang keluar dari jantung berkurang dan otot tubuh bergetar.
D. Kandung kemih menjadi lebih peka terhadap rangsang, disertai aliran darah ke ginjal yang meningkat sehingga timbul rasa ingin buang air kecil.
E. Gerakan otot saluran pencernaan di tenggorokan melambat karena otot polosnya berkontraksi dan menghambat proses menelan.

11. Seorang pengemudi truk berusia 45 tahun mengalami kecelakaan lalu lintas setelah kendaraan yang dikemudikannya tiba-tiba keluar jalur. Berdasarkan keterangan saksi, pengemudi terlihat mengantuk dan sempat memejamkan mata beberapa detik sebelum tabrakan terjadi. Riwayat medis dan hasil keterangan yang diperoleh menunjukkan ia sering terbangun di malam hari dengan napas terengah-engah dan mendengkur keras. Pemeriksaan medis mengungkapkan adanya gangguan *obstructive sleep apnea* (OSA), yaitu saluran napas atas tersumbat berulang kali saat tidur. Hasil rekam jantung (EKG) menunjukkan adanya pola detak jantung yang tidak teratur.

Berdasarkan informasi tersebut, hubungan gejala yang dialami pengemudi tersebut dengan komplikasi yang muncul adalah ....

A. gangguan napas saat tidur menyebabkan kurangnya oksigen sehingga meningkatkan risiko detak jantung tidak teratur
B. dengkur keras mengganggu kualitas tidur sehingga mencegah terjadinya penyumbatan saluran napas atas
C. microsleep terjadi karena saluran napas tetap terbuka sepanjang malam sehingga tubuh kekurangan tidur
D. kekurangan oksigen saat tidur membuat pasien lebih jarang mengalami kantuk berlebihan pada siang hari
E. aritmia muncul akibat penurunan kadar karbon dioksida yang memicu otot jantung bekerja lebih stabil

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Seorang pekerja tambang mengalami gejala lemah otot, kelelahan ekstrem, dan penurunan kesadaran setelah terpapar senyawa arsenik dari air tanah di daerah pertambangan. Pemeriksaan toksikologi menunjukkan akumulasi arsenik anorganik dalam darahnya. Senyawa ini diketahui menghambat enzim piruvat dehidrogenase, enzim kunci dalam konversi piruvat menjadi asetil-KoA sebelum masuk ke siklus Krebs.

Dampak langsung dari gangguan ini terhadap metabolisme sel adalah ....

A. akumulasi asetil-KoA karena tidak dapat masuk ke siklus Krebs
B. penurunan NAD^+ akibat meningkatnya aktivitas rantai transpor elektron
C. penurunan pembentukan ATP karena terganggunya produksi asetil-KoA
D. produksi asam laktat meningkat akibat percepatan siklus Krebs
E. peningkatan fosforilasi oksidatif karena piruvat menumpuk dalam sitoplasma

13. Seorang pria berusia 35 tahun sering mengalami sakit kepala, kaku pada tengkuk leher, nyeri dada, dan sesak napas. Dokter menyarankan agar ia menjaga dan menurunkan kadar kolesterolnya. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan:

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Nilai Normal
Tekanan Darah	190/120	120/80 mmHg
Denyut Jantung	98	60–80 kali/menit
Kadar kolesterol LDL (*low-density lipoproteins*)	195	<100 mg/dL
Kadar kolesterol HDL (*high-density lipoproteins*)	65	≥60 mg/dL

Berkaitan dengan keluhan yang dialami, manakah aktivitas atau kebiasaan yang sering dilakukan oleh pria tersebut selama beberapa tahun terakhir? Tentukan apakah setiap pernyataan berikut **Sesuai** atau **Tidak Sesuai** dengan kondisi kesehatan pria tersebut. *(Benar = Sesuai, Salah = Tidak Sesuai)*

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	**Benar**	**Salah**
Sering mengonsumsi makanan tinggi lemak jenuh dan cepat saji sehingga kadar LDL meningkat.	○	○
Terkadang mengikuti kelas yoga dan meditasi beberapa kali sebulan untuk kesehatan jantung, sehingga LDL tetap tinggi.	○	○
Sering mengalami stres kerja dan kurang tidur kronis, yang dapat memengaruhi tekanan darah dan denyut jantung.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

14. Seorang pria bernama Pak Gito, berusia 69 tahun, ditemukan di pasar pada suatu pagi. Beliau tersesat dan lupa jalan kembali ke rumah, serta tidak ingat bagaimana beliau sampai ke pasar pagi itu. Saat ditanya oleh warga setempat, Pak Gito lupa akan namanya dan nama keluarganya. Selain itu, Pak Gito juga sering mengulangi pertanyaan yang sama, "Saya di mana?", meskipun pertanyaan tersebut sudah dijawab oleh warga. Setelah dilakukan pemeriksaan melalui MRI, Pak Gito didiagnosis mengalami gejala penyakit Alzheimer.

Apa hubungan antara gejala yang dialami Pak Gito dengan gangguan pada mekanisme fisiologis akibat penyakit Alzheimer? Tentukan **Benar** atau **Salah** pada pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

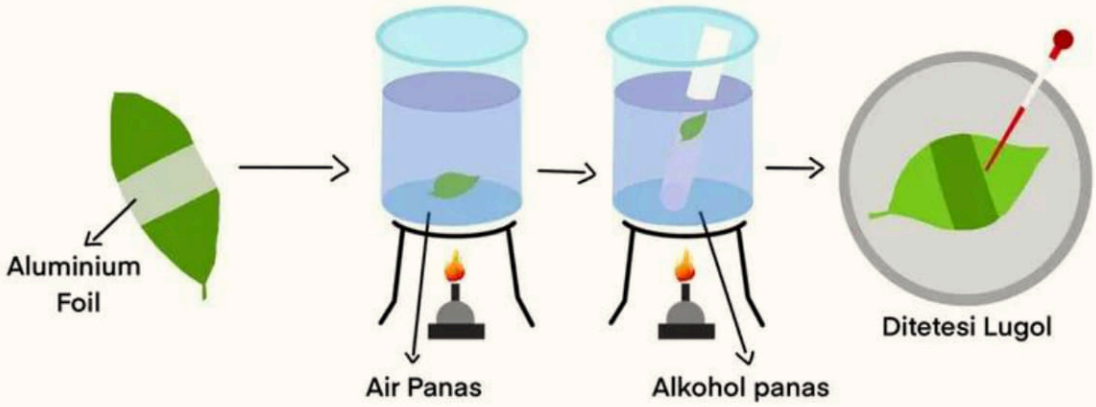
Pernyataan	Benar	Salah
Kerusakan pada area lobus parietal dan hipokampus menyebabkan gangguan pada memori spasial yang berkaitan dengan lokasi dan arah.	○	○
Penumpukan protein abnormal yang terjadi pada area hipotalamus mengakibatkan penurunan ingatan, baik nama maupun lokasi.	○	○
Plak yang terbentuk pada sel saraf menghalangi komunikasi antarsel dan mengakibatkan penurunan fungsi kognitif seperti memori dan bahasa.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

15. Seorang murid ingin menyelidiki proses fotosintesis pada tumbuhan. Ia memilih daun tanaman kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*) yang masih menempel di batang dan menutup sebagian permukaannya dengan aluminium foil. Daun tersebut dibiarkan terpapar cahaya matahari selama 6 jam agar proses fotosintesis dapat berlangsung. Setelah itu, daun dipetik, direbus dalam air panas untuk mematikan jaringan, dan direndam dalam alkohol panas untuk melarutkan klorofil. Kemudian, foil dilepas dan daun ditetesi larutan lugol (iodium) untuk menguji keberadaan amilum. Ilustrasi percobaan digambarkan sebagai berikut.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bagian daun yang terbuka berubah warna menjadi biru kehitaman (positif amilum), sedangkan bagian yang tertutup tetap berwarna pucat (negatif amilum).

Berdasarkan percobaan tersebut, faktor yang memengaruhi fotosintesis pada daun tersebut adalah ....



A. intensitas cahaya pada permukaan daun
B. konsentrasi karbon dioksida di udara
C. lebar dan tipisnya permukaan daun
D. ketersediaan klorofil pada daun
E. suhu optimal untuk kerja enzim fotosintesis

16. Seorang murid kesulitan tidur meskipun tubuhnya sudah terasa lelah. Ia sering menggunakan ponsel hingga larut malam untuk mengerjakan tugas dan menonton video. Akibatnya, ia merasa mengantuk saat pelajaran pagi dan sulit fokus di kelas.

Hormon yang produksinya kemungkinan terganggu karena kebiasaan tersebut adalah ....

A. adrenalin
B. kortisol
C. melatonin
D. oksitosin
E. tiroksin

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

17. Pak Junaidi (40 tahun), seorang kuli bangunan, bekerja tiada henti pada kondisi panas terik. Karena terlalu fokus bekerja, Pak Junaidi kurang minum. Tiba-tiba Pak Junaidi pingsan. Saat diperiksa, diketahui bahwa suhu tubuh Pak Junaidi sangat tinggi (40,5 °C), kulit memerah, tidak berkeringat, dan denyut nadi cepat. Pak Junaidi dinyatakan mengalami serangan panas (*heat stroke*).

Apa penyebab utama kegagalan tubuh Pak Junaidi dalam mempertahankan suhu normalnya?

A. Dehidrasi membuat proses berkeringat terhenti, sehingga panas tidak dapat dikeluarkan secara efektif.
B. Pelebaran pembuluh darah di kulit menyebabkan tubuh menyimpan panas berlebihan di dalam darah.
C. Tingginya suhu tubuh menyebabkan otot bekerja lebih cepat, sehingga suhu tubuh tidak bisa turun.
D. Kurangnya cairan menyebabkan meningkatnya aliran darah yang justru menaikkan suhu tubuh.
E. Kondisi lingkungan yang panas menyebabkan tubuh berhenti mengatur suhu tubuh untuk menghemat energi.

18. Dini, seorang perempuan berusia 25 tahun, dan suaminya, Dono, yang berusia 28 tahun telah menikah selama satu tahun, tetapi belum dikaruniai keturunan. Hasil observasi menunjukkan bahwa Dini mengalami siklus haid yang tidak teratur (sekitar 2 hingga 4 bulan sekali), wajahnya banyak berjerawat, dan berat badannya meningkat. Pemeriksaan ultrasonografi (USG) memperlihatkan adanya kista pada ovarium kiri Dini. Berdasarkan pemeriksaan tersebut, dokter mendiagnosis Dini mengalami PCOS (*Polycystic Ovary Syndrome* / Sindrom Ovarium Polikistik).

Berdasarkan gejala yang dialami Dini, solusi mana saja yang tepat agar Dini dapat mengalami kehamilan?
(Jawaban benar lebih dari satu. Pilih semua jawaban yang benar.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Mengonsumsi suplemen peningkat hormon prolaktin secara rutin agar siklus haid teratur.
☐ B. Operasi pengangkatan ovarium karena ovarium yang terkena kista tidak akan berfungsi lagi.
☐ C. Menerapkan pola makan sehat dan rutin berolahraga agar hormon menjadi seimbang.
☐ D. Mendapatkan suntikan hormon FSH/LH di bawah observasi dokter untuk merangsang ovulasi.
☐ E. Mengikuti program bayi tabung dengan sperma Dono agar peluang mendapat keturunan lebih besar.

19. Alika, seorang remaja berumur 12 tahun, selama dua bulan terakhir mengalami beberapa gejala, antara lain sering buang air kecil, rasa haus yang berlebihan, mudah lapar, serta

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

penurunan berat badan secara drastis. Setelah menjalani serangkaian pemeriksaan laboratorium, diketahui bahwa kadar gula puasa Alika mencapai 300 mg/dL dan terdapat antibodi anti-GAD (*anti-glutamic acid decarboxylase*) pada sampel darahnya sebagai penanda autoimun. Berdasarkan hasil pemeriksaan tersebut, dokter mendiagnosis Alika menderita diabetes melitus tipe 1. Dokter menjelaskan bahwa gejala diabetes tipe 1 mirip dengan diabetes tipe 2 yang lebih umum terjadi di masyarakat, tetapi penyebabnya berbeda.

Bagaimana mekanisme autoimun pada diabetes melitus yang diderita Alika dapat menyebabkan peningkatan kadar gula dalam darah (hiperglikemia)?

A. Limfosit B menyerang sel alfa pankreas yang berperan sebagai penghasil glukagon.
B. Kompleks antigen-antibodi menghambat kerja hormon insulin dan glukagon.
C. Infeksi bakteri pada pankreas menghancurkan reseptor insulin dan glukagon.
D. Sel T sitotoksik merusak sel beta pankreas yang menghasilkan insulin.
E. Antibodi menghambat kerja hormon insulin dalam mengubah glukosa menjadi glikogen.

20. Bu Mita sedang hamil 6 bulan. Beberapa minggu terakhir, Bu Mita sering merasa lemas dan pusing. Bu Mita juga merasakan bahwa gerakan bayi di kandungannya menjadi lemah atau jarang bergerak. Bu Mita segera memeriksakan diri ke dokter kandungan. Dari pemeriksaan tersebut, diketahui bahwa kadar hemoglobin dalam darahnya rendah, yaitu 7 g/dL (normalnya >11 g/dL). Ternyata, Bu Mita selama ini tidak suka makan daging dan sayuran hijau.

Berdasarkan gejala dan hasil pemeriksaan tersebut, bagaimana kondisi Bu Mita dapat memengaruhi janinnya?

A. Rendahnya hemoglobin menyebabkan darah ibu mengalir cepat melalui plasenta sehingga janin kelebihan berat badan.
B. Janin kekurangan oksigen yang dibawa hemoglobin sehingga perkembangan otak dan organ kurang optimal.
C. Hemoglobin rendah menyebabkan darah ibu pekat sehingga janin tidak tumbuh karena kurang asupan nutrisi.
D. Risiko perdarahan pada ibu ketika persalinan karena hemoglobin membantu proses pembekuan darah.
E. Janin rentan mengalami infeksi karena hemoglobin berfungsi menyerang bakteri dan virus dalam rahim.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

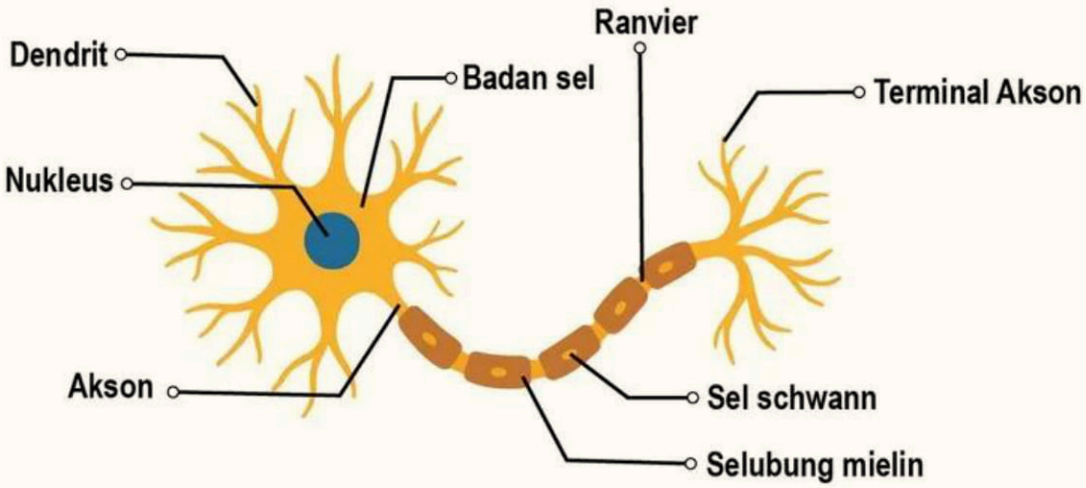
21. Seorang murid mengalami gejala ruam kulit, gatal, dan sesak napas setiap kali mengonsumsi udang atau cumi-cumi. Pemeriksaan laboratorium menunjukkan kadar imunoglobulin E (IgE) dalam darahnya meningkat secara signifikan setelah mengonsumsi makanan laut tersebut, padahal zat itu seharusnya tidak berbahaya.

Kondisi tersebut merupakan contoh gangguan sistem imun yang melibatkan respons kekebalan tubuh secara ....

A. spesifik, karena melibatkan antibodi yang mengenali antigen secara khas
B. nonspesifik, karena melibatkan sel fagosit dan respons inflamasi umum
C. pasif alami, karena antibodi diperoleh tanpa stimulasi antigen
D. spesifik alami, karena disebabkan infeksi mikroorganisme patogen
E. nonspesifik alami, karena terjadi tanpa paparan antigen luar

22. Perhatikan gambar struktur sel neuron berikut!

Dalam proses penghantaran impuls saraf, setiap bagian neuron memiliki perannya masing-masing. Salah satu bagian penting ditandai dengan bentuk bulat yang berada di tengah badan sel. Bagian tersebut berperan dalam ....



A. menyusun lapisan pelindung akson untuk mempercepat impuls
B. mengatur seluruh aktivitas sel saraf termasuk sintesis protein
C. menghantarkan impuls saraf ke otot dan kelenjar
D. menerima rangsangan dari lingkungan eksternal
E. membentuk celah sinapsis sebagai penghubung antarneuron

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Perhatikan ilustrasi percobaan berikut ini!

Ilustrasi menggambarkan hasil percobaan seorang murid. Dia meneteskan larutan lugol ke dalam nasi, tahu, dan pisang yang telah dihaluskan.

Pertanyaan apa yang ingin dijawab oleh murid melalui percobaan? Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pertanyaan berikut yang dapat dikembangkan berdasarkan ilustrasi hasil percobaan murid.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Mengapa nasi menunjukkan warna biru kehitaman setelah ditetesi lugol?	○	○
Bagaimana kandungan amilum pada pisang matang memengaruhi hasil uji?	○	○
Apakah warna ungu menunjukkan bahwa tahu mengandung protein tinggi?	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

24. Sekelompok murid melakukan percobaan mengenai efektivitas daya hambat ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) terhadap pertumbuhan bakteri penyebab jerawat. Percobaan dilakukan dengan cara merendam cakram kertas pada ekstrak bawang putih, lalu meletakkannya pada cawan berisi agar. Kertas ini memiliki sifat inert (tidak bereaksi dengan zat uji) dan mudah menyerap cairan ekstrak/antibiotik sehingga dapat melepaskan zat tersebut perlahan ke medium agar. Terdapat 4 (empat) perlakuan dan 2 (dua) kontrol yang digunakan dalam percobaan. Variabel terikat yang diukur adalah diameter zona bening (mm) yang dihasilkan setelah inkubasi selama 24 jam. Murid menetapkan hipotesis "Semakin tinggi konsentrasi ekstrak bawang putih, semakin lebar diameter zona bening". Dari percobaan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut.

Perlakuan	Zona bening ulangan 1 (mm)	Ulangan 2 (mm)	Ulangan 3 (mm)
Kontrol negatif: air steril	0	0	0
A (cakram + ekstrak bawang putih 25%)	1,3	1,5	3,2
B (cakram + ekstrak bawang putih 50%)	2,1	5,5	2,6
C (cakram + ekstrak bawang putih 75%)	3,2	3,8	3,5
D (cakram + ekstrak bawang putih 100%)	7,5	1,5	7,7
Kontrol positif: amoksisilin	25	24	26

Berdasarkan hasil percobaan tersebut, guru menyampaikan bahwa data yang diperoleh kurang dapat mendukung hipotesis. Mengapa demikian?

A. Ulangan yang dilakukan terlalu banyak.
B. Konsentrasi ekstrak bawang putih kurang bervariasi.
C. Terdapat data yang tidak konsisten pada perlakuan.
D. Rentang konsentrasi ekstrak terlalu besar.
E. Data kontrol positif dan negatif terlalu ekstrem.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

25. Seorang murid tertarik menyelidiki bagaimana suhu lingkungan memengaruhi pertumbuhan gulma di area taman sekolah. Ia mengamati bahwa beberapa area taman yang lebih teduh atau lebih terkena sinar matahari menunjukkan perbedaan pertumbuhan tanaman liar. Murid tersebut merancang penyelidikan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap pertumbuhan tanaman liar selama dua minggu, dengan mencatat data di beberapa lokasi berbeda di taman sekolah yang memiliki tingkat paparan cahaya matahari yang bervariasi.

Langkah pertama yang harus dilakukan murid dalam proses pengumpulan data adalah ....

A. mengukur tinggi tanaman liar setiap hari di area yang paling banyak terkena sinar matahari
B. menentukan lokasi pengamatan yang konsisten dan mencatat suhu di tiap lokasi secara berkala
C. membersihkan area dari gulma lain sebelum memulai pengamatan agar hasilnya tidak terganggu
D. menyimpulkan bahwa cahaya matahari adalah faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan
E. memindahkan beberapa tanaman liar ke pot agar bisa diamati di lokasi yang lebih terkontrol

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

26. Sekelompok murid melakukan praktikum untuk mengamati pengaruh aktivitas fisik terhadap pengeluaran zat sisa metabolisme. Dalam kegiatan ini, mereka membandingkan warna dan volume urine yang dihasilkan pada dua kondisi berbeda seperti ditunjukkan gambar berikut.

Sampel A: saat istirahat dalam kondisi normal tanpa keringat.
Sampel B: setelah melakukan olahraga lari selama 20 menit serta minum air dalam jumlah banyak.

Pertanyaan ilmiah mana yang paling tepat untuk dijadikan dasar penyelidikan dalam praktikum tersebut?
(Jawaban benar lebih dari satu. Pilih semua jawaban yang benar.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Bagaimana keringat yang dikeluarkan selama olahraga memengaruhi kadar gula darah?
☐ B. Apakah jumlah cairan yang diminum memengaruhi volume urine setelah berolahraga?
☐ C. Bagaimana kaitan antara banyaknya keringat dengan jumlah urine yang keluar?
☐ D. Mengapa urine setelah olahraga tampak lebih pekat dibanding saat istirahat?
☐ E. Apakah peningkatan detak jantung saat olahraga memengaruhi warna urine yang dihasilkan?

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

27. Seorang murid melakukan eksperimen untuk menguji hipotesisnya bahwa "Tanaman kacang hijau akan tumbuh lebih cepat jika ditanam pada media tanah dibandingkan media pasir atau tanah liat." Ia menanam biji kacang hijau dalam pot berisi media tanam berbeda (pasir, tanah, dan tanah liat) dan menyiramnya dengan volume air yang sama setiap hari. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan selama 4 hari. Berikut adalah hasil eksperimennya.

Waktu (hari)	Tinggi pada media pasir (cm)	Tinggi pada media tanah (cm)	Tinggi pada media tanah liat (cm)
1	0	0	0
2	1	1,5	0,5
3	1,5	2,6	0,8
4	2	3,7	Mati

Berdasarkan hasil percobaan tersebut, pernyataan yang paling tepat untuk menghubungkan hasil analisis data dengan hipotesis awal adalah ....

A. data mendukung hipotesis karena pertumbuhan tanaman tercepat dan tertinggi terjadi pada media tanah dibandingkan dua media lainnya
B. hipotesis sebaiknya ditolak karena tanaman tetap tumbuh pada semua media, termasuk pasir dan tanah liat
C. hipotesis tidak terbukti karena tanaman pada media tanah liat mengalami kematian sebelum hari keempat
D. hipotesis belum dapat disimpulkan secara pasti karena data lingkungan dan pengulangan percobaan tidak tersedia untuk memastikan validitas hasil
E. hipotesis memerlukan revisi karena meskipun pertumbuhan di media tanah paling tinggi, perbedaan pertumbuhan di antara media tidak terlalu besar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lembar jawaban

No	A	B	C	D	E
1					
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○
9					

No	A	B	C	D	E
10	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○
13					
14					
15	○	○	○	○	○
16	○	○	○	○	○
17	○	○	○	○	○
18					

No	A	B	C	D	E
19	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○
21	○	○	○	○	○
22	○	○	○	○	○
23					
24	○	○	○	○	○
25	○	○	○	○	○
26					
27	○	○	○	○	○

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 1, 9, 13, 14, 18, 23, 26): jawab langsung pada soalnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya	1	___ / 1	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya	3	___ / 1	Ulangi hlm. 40
Sub bab 1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian	2, 6, 7	___ / 3	Ulangi hlm. 62
Sub bab 2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim	4	___ / 1	Ulangi hlm. 101
Sub bab 2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi	5, 12	___ / 2	Ulangi hlm. 120
Sub bab 2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis	15	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 3.1 · Sistem sirkulasi	8, 9, 13	___ / 3	Ulangi hlm. 175
Sub bab 3.2 · Sistem respirasi	11	___ / 1	Ulangi hlm. 197
Sub bab 3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis	17	___ / 1	Ulangi hlm. 214
Sub bab 3.4 · Sistem saraf	14, 22	___ / 2	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.5 · Sistem hormon	10, 16	___ / 2	Ulangi hlm. 251
Sub bab 3.6 · Sistem imun	19, 21	___ / 2	Ulangi hlm. 274
Sub bab 3.7 · Sistem reproduksi	18, 20	___ / 2	Ulangi hlm. 293
Sub bab 4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis	23, 26	___ / 2	Ulangi hlm. 331
Sub bab 4.2 · Merancang penyelidikan	25	___ / 1	Ulangi hlm. 347
Sub bab 4.3 · Mengolah dan menafsirkan data	24	___ / 1	Ulangi hlm. 363
Sub bab 4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode	27	___ / 1	Ulangi hlm. 379

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

BIO-FIN2

Petunjuk

Jumlah soal: 25. Waktu: 60 menit.

Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 2 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-FIN2

1. Maleo (*Macrocephalon maleo*) adalah burung endemik Sulawesi. Maleo tidak mengerami telurnya, tetapi mengubur telur di pasir pantai yang dipanaskan matahari atau di tanah hangat dekat sumber panas bumi. Pada 2026, petugas di sebuah pantai tempat maleo bertelur mencatat dua masalah utama: hampir semua telur digali warga untuk dijual, dan hutan di belakang pantai, tempat maleo dewasa mencari makan, dibuka menjadi kebun jagung. Jumlah anak maleo yang menetas di pantai itu terus menurun.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Upaya pelestarian yang paling tepat karena menyasar kedua penyebab penurunan tersebut adalah ....

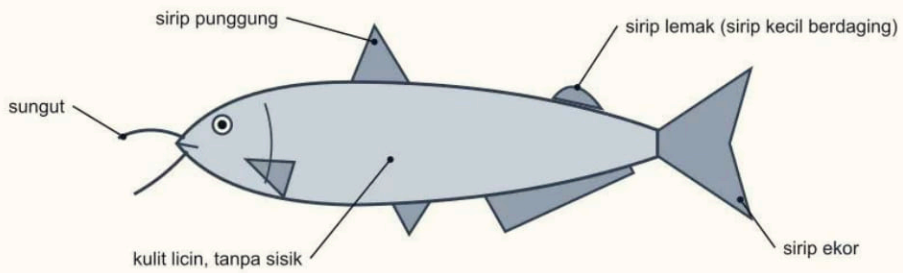
A. melindungi pantai bertelur dari penggalian telur dan mempertahankan hutan di belakangnya untuk tempat mencari makan
B. memindahkan semua maleo dewasa ke kebun binatang agar dapat berkembang biak dengan aman tanpa gangguan warga sekitar
C. memberi pakan jagung tambahan di pantai agar maleo dewasa tidak perlu lagi masuk ke hutan untuk mencari makanannya
D. menetaskan telur sitaan di penangkaran lalu melepas anaknya, sambil tetap mengizinkan warga memanen sebagian telur
E. melarang perburuan maleo dewasa dengan senapan di hutan sekitar pantai agar jumlah burung yang bertelur tetap terjaga

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Di sebuah pasar ikan, seorang murid menggambar seekor ikan air tawar (ikan X) seperti pada gambar. Ia lalu memakai kunci determinasi pada gambar, yang disusun untuk lima jenis ikan yang dijual di pasar itu. Temannya, yang hanya melihat sungut dan kulit ikan X yang licin, langsung menyebut ikan X sebagai lele. Murid itu ingin memastikan jawabannya dengan menelusuri kunci langkah demi langkah.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Nama ikan X dan jalur kunci determinasi yang benar adalah ....

Ikan X (tampak samping)



Kunci determinasi lima jenis ikan di pasar

1a. Ada sungut di sekitar mulut	**ke nomor 2**
1b. Tidak ada sungut	**ke nomor 4**
2a. Tubuh bersisik	**Ikan mas**
2b. Tubuh tidak bersisik (kulit licin)	**ke nomor 3**
3a. Sirip punggung panjang hampir sampai ekor, tanpa sirip lemak	**Lele**
3b. Sirip punggung pendek, diikuti sirip lemak kecil di dekat ekor	**Patin**
4a. Sirip ekor bergaris-garis tegak berwarna gelap	**Nila**
4b. Sirip ekor bercagak dalam, tanpa garis gelap	**Bandeng**

A. lele, dengan jalur 1a → 2b → 3a, karena ikan X bersungut dan kulitnya licin tanpa sisik
B. ikan mas, dengan jalur 1a → 2a, karena ikan X bersungut dan bentuk tubuhnya memanjang
C. patin, dengan jalur 1a → 2b → 3b, karena sirip punggung pendek dan diikuti sirip lemak
D. patin, dengan jalur 1a → 2a → 3b, karena ikan X bersungut dan memiliki sirip lemak kecil
E. bandeng, dengan jalur 1b → 4b, karena sirip ekor ikan X bercagak dalam tanpa garis gelap

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Bu Ratna (45 tahun) minum antibiotik berspektrum luas, yaitu antibiotik yang membunuh banyak jenis bakteri, selama dua minggu untuk mengobati infeksi kulit. Menjelang akhir pengobatan, muncul bercak putih seperti lapisan susu di lidah dan pipi bagian dalamnya yang ternyata jamur *Candida*, disertai diare. Jamur itu sebenarnya sudah lama hidup dalam jumlah sedikit di mulut dan usus Bu Ratna tanpa menimbulkan sakit. Dokter mengatakan keluhan itu akan membaik setelah pengobatan antibiotik selesai.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk munculnya keluhan Bu Ratna adalah ....

A. jamur itu menjadi kebal terhadap antibiotik selama dua minggu pengobatan sehingga berkembang biak lebih cepat
B. antibiotik merusak sel-sel selaput lendir mulut dan usus sehingga jamur mudah menembus ke dalam jaringan tubuh
C. Bu Ratna tertular jamur dari lingkungan rumah sakit karena daya tahan tubuhnya turun selama masa pengobatan
D. jamur ikut terbunuh oleh antibiotik, lalu sisa sel jamur menumpuk sehingga lidah memutih dan usus teriritasi
E. bakteri baik di mulut dan usus ikut terbunuh sehingga jamur dan kuman lain berkembang tanpa ditekan pesaing

4. Sebuah desa di lereng pegunungan pada ketinggian sekitar 1.800 m dahulu bebas malaria, sedangkan desa di dataran rendah di bawahnya sering mengalami wabah. Catatan puskesmas menunjukkan suhu rata-rata desa pegunungan itu naik sekitar 1,5 °C selama 40 tahun terakhir. Pada 2026, petugas mulai menemukan jentik nyamuk *Anopheles* di genangan air desa itu, dan kasus malaria tercatat pada warga yang tidak pernah bepergian ke dataran rendah. Perkembangan jentik nyamuk dan parasit malaria di tubuh nyamuk diketahui melambat atau terhenti pada suhu rendah.
Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk kasus tersebut adalah ....

A. warga pegunungan belum memiliki antibodi malaria sehingga gigitan nyamuk dari dataran rendah langsung menular
B. suhu yang naik melonggarkan faktor abiotik yang dahulu membatasi hidup nyamuk dan perkembangan parasit di sana
C. nyamuk malaria berevolusi menjadi tahan dingin sehingga dapat hidup di pegunungan walaupun suhunya tidak berubah
D. pemangsa jentik di dataran rendah bertambah banyak sehingga nyamuk terdesak pindah dan menetap di pegunungan
E. genangan air di pegunungan bertambah sehingga nyamuk yang sejak dulu sudah ada di sana menjadi jauh lebih banyak

5. Murid-murid sebuah SMA di Sumedang mengukur keadaan sungai di tiga titik pada pagi hari yang sama. Titik P berada sebelum permukiman, titik Q berada 50 m di bawah saluran

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

limbah sebuah pabrik tahu, dan titik R berada 2 km di bawah titik Q. Hasilnya sebagai berikut.

Titik	Suhu air (°C)	Oksigen terlarut (mg/L)	Jumlah jenis hewan air	Hewan yang paling banyak
P	25	7,6	11	nimfa capung, udang air tawar
Q	26	1,8	2	cacing merah (*Tubifex*)
R	25	5,9	7	siput air, ikan kecil

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat untuk rendahnya oksigen terlarut di titik Q adalah ....

A. suhu air di titik Q naik tajam akibat limbah sehingga oksigen yang dapat larut dalam air berkurang banyak
B. bahan organik limbah tahu diuraikan bakteri yang berkembang pesat sehingga oksigen terlarut banyak terpakai
C. cacing merah yang sangat banyak di titik Q memakai sebagian besar oksigen sehingga hewan lain tidak bertahan
D. jenis hewan air di titik Q sedikit sehingga tidak ada makhluk hidup yang menghasilkan oksigen ke dalam air
E. air sungai di titik Q mengalir paling deras sehingga oksigen terbawa ke hilir dan menumpuk di titik R

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Seorang murid membuat jeli dari bubuk gelatin. Gelatin adalah protein yang rantainya saling terjalin membentuk jeli padat ketika dingin. Larutan gelatin hangat yang sama dituang ke empat gelas, diberi perlakuan seperti pada gambar, lalu disimpan di lemari es. Murid itu juga mengukur keasaman sari nanas segar dan sari nanas yang sudah direbus; keduanya ber-pH 3,7.
Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat berdasarkan hasil percobaan tersebut adalah ....



A. rasa asam nanas segar menghalangi gelatin mengeras, dan perebusan menghilangkan sebagian besar keasaman itu
B. gula di dalam nanas kaleng membantu gelatin mengeras, sedangkan potongan nanas segar tidak mengandung gula
C. potongan nanas segar lebih hangat daripada nanas rebus sehingga larutan gelatin terlambat menjadi dingin
D. nanas segar mengandung enzim pengurai protein yang menjadi rusak bila nanas dipanaskan terlebih dahulu
E. nanas segar menyerap air dari larutan gelatin sehingga jeli tidak mempunyai cukup air untuk mengeras

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Pada 2026, beberapa warga menebar tumbukan akar tuba ke sebuah sungai kecil untuk menangkap ikan. Akar tuba mengandung zat yang menghambat aliran elektron pada rantai transpor elektron di mitokondria. Tidak lama kemudian banyak ikan mengapung lemas lalu mati, padahal air sungai masih mengandung cukup oksigen dan ikan masih menggerakkan insangnya. Pemeriksaan sel otot ikan yang masih hidup menunjukkan bahwa glikolisis tetap berlangsung, tetapi kadar ATP-nya turun sangat jauh.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat mengapa ikan tetap mati walaupun glikolisis masih berlangsung adalah ....

A. glikolisis hanya menghasilkan sedikit ATP, sedangkan transpor elektron, penghasil ATP terbanyak, terhenti
B. oksigen tidak dapat masuk ke dalam darah karena zat dari akar tuba menutup seluruh permukaan insang ikan
C. sel otot beralih ke fermentasi yang menghasilkan ATP lebih banyak, tetapi asam laktatnya meracuni tubuh ikan
D. zat dari akar tuba menghentikan glikolisis di sitoplasma sehingga piruvat tidak lagi terbentuk di dalam sel
E. oksigen yang tidak terpakai menumpuk di dalam sel otot lalu meracuni sel sehingga sel-sel itu berhenti bekerja

8. Pada 2026, Bu Sumi membuat tape singkong. Singkong dikukus, didinginkan, ditaburi ragi tape, lalu dibungkus daun pisang rapat-rapat dan disimpan dua hari. Ragi tape mengandung jamur yang menguraikan pati singkong menjadi gula dan khamir yang mengolah gula itu. Pada hari pertama tape terasa manis; pada hari kedua tape berbau alkohol dan bungkusnya sedikit menggembung. Satu bungkus yang daunnya robek justru berjamur di permukaan dan hampir tidak berbau alkohol.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk perubahan tape tersebut adalah ....

A. gula hasil penguraian pati diubah menjadi alkohol dan oksigen sehingga bungkus menggembung oleh oksigen
B. pati diuraikan menjadi gula, lalu gula difermentasi tanpa oksigen menjadi alkohol dan karbon dioksida
C. alkohol terbentuk lebih dulu, lalu diubah oleh jamur menjadi gula sehingga tape terasa makin manis
D. bungkus yang rapat membuat khamir bernapas aerob sehingga gula diubah menjadi alkohol lebih cepat
E. udara dari bungkus yang robek mempercepat fermentasi sehingga alkohol terbentuk lalu cepat menguap

9. Seorang murid melubangi daun bayam dengan sedotan sehingga diperoleh cakram daun yang sama besar. Udara di dalam cakram dikeluarkan dengan alat suntik tanpa jarum sehingga semua cakram tenggelam. Sepuluh cakram lalu dimasukkan ke setiap gelas

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dengan perlakuan seperti pada gambar. Cakram daun dapat mengapung bila gas berkumpul di ruang antarsel di dalamnya.
Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan hasil percobaan.

Percobaan cakram daun bayam (10 cakram tiap gelas, diamati setelah 15 menit)



Lampu LED tidak memanaskan air; suhu keempat gelas tetap 27 °C. Soda kue (natrium bikarbonat) melepaskan CO_2 terlarut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Tidak adanya cakram yang mengapung di gelas 3 menunjukkan bahwa sel-sel cakram daun tidak melakukan respirasi dalam gelap.	○	○
Cakram di gelas 1 dan gelas 2 mengapung karena oksigen hasil fotosintesis berkumpul di ruang antarsel daun.	○	○
Perbandingan gelas 1 dan gelas 4 menunjukkan bahwa kekurangan CO_2 dapat membatasi fotosintesis walaupun cahayanya cukup.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Pak Hasan (52 tahun) gemar makanan asin seperti ikan asin dan mi instan. Setelah makan makanan asin ia sering merasa haus dan minum banyak air, tetapi jumlah urinenya tidak ikut bertambah. Pada beberapa pemeriksaan tahun 2026, tekanan darahnya 160/100 mmHg, sedangkan nilai normal sekitar 120/80 mmHg. Dokter memintanya mengurangi garam dan berolahraga teratur, karena tekanan darah tinggi yang dibiarkan bertahun-tahun membuat jantung harus bekerja jauh lebih keras.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa mengurangi garam dapat menurunkan tekanan darah dan meringankan kerja jantung Pak Hasan adalah ....

A. garam yang sedikit membuat darah lebih encer sehingga jantung berdenyut lebih lambat dan pembuluh menyempit
B. garam yang sedikit membuat pembuluh nadi menyempit sehingga aliran darah melambat dan tekanannya pun turun
C. garam yang sedikit mengurangi jumlah sel darah merah sehingga darah menjadi lebih ringan dipompa jantung
D. garam yang sedikit langsung melemahkan otot jantung sehingga darah dipompa dengan tekanan lebih rendah
E. garam yang sedikit mengurangi air yang ditahan tubuh sehingga volume darah dan beban jantung ikut turun

11. Pak Darto bekerja sebagai satpam dan hampir selalu berdiri selama 8 jam setiap hari. Beberapa tahun terakhir betisnya sering terasa berat dan bengkak pada sore hari. Di betisnya tampak pembuluh darah yang melebar, berkelok-kelok, dan berwarna kebiruan. Dokter menjelaskan bahwa katup di dalam pembuluh balik (vena) tungkainya tidak lagi menutup rapat, lalu menyarankan Pak Darto sering menggerakkan kakinya selama bertugas.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait kasus Pak Darto adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Darah dari tungkai naik ke jantung melawan gravitasi dengan bantuan katup vena dan tekanan otot betis.
☐ B. Pembuluh yang berkelok adalah arteri yang menegang karena jantung memompa darah terlalu kuat ke tungkai.
☐ C. Katup yang tidak menutup rapat membuat darah mengalir balik dan menggenang sehingga vena makin melebar.
☐ D. Menggerakkan kaki membuat otot betis berkontraksi sehingga darah di vena terdorong kembali ke arah jantung.
☐ E. Berdiri lama membuat jantung mengirim lebih banyak oksigen ke betis sehingga betis menjadi bengkak dan berat.

12. Dimas, penyelam bebas pemula, bernapas cepat dan dalam selama satu menit sebelum menyelam tanpa tabung di kolam pada 2026 agar dapat menahan napas lebih lama. Di

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bawah air ia tidak merasakan dorongan kuat untuk bernapas, tetapi tiba-tiba pingsan dan segera ditolong pelatihnya. Pelatih menjelaskan bahwa bernapas cepat sebelum menyelam hampir tidak menambah oksigen dalam darah karena hemoglobin sudah hampir jenuh, tetapi membuang banyak karbon dioksida.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa Dimas pingsan tanpa didahului dorongan kuat untuk bernapas adalah ....

A. oksigen yang ditimbun di paru-paru terlalu banyak sehingga meracuni sel-sel otak selama Dimas berada di bawah air
B. tekanan air di dasar kolam menekan dada sehingga paru-paru sama sekali tidak dapat lagi menukar gas pernapasan
C. karbon dioksida rendah menunda rangsang bernapas, sementara oksigen terus terpakai hingga tidak cukup bagi otak
D. kadar karbon dioksida yang tinggi melumpuhkan pusat pernapasan di otak sehingga Dimas tidak merasa perlu bernapas
E. kadar oksigen darah naik tajam sehingga pusat pernapasan berhenti bekerja karena napas tidak lagi diperlukan tubuh

13. Pada turnamen futsal antarsekolah 2026 yang berlangsung siang hari, Raka dan Bima bermain penuh selama dua babak dan sama-sama berkeringat sangat banyak. Selama jeda dan setelah pertandingan, Raka hanya minum air putih dalam jumlah banyak, sedangkan Bima minum oralit, yaitu larutan garam dan gula. Malam harinya betis Raka berulang kali kram dan ia merasa lemas, sedangkan Bima tidak. Keringat diketahui mengandung air dan garam mineral, terutama natrium klorida.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Raka kram karena air putih yang diminumnya langsung disaring ginjal sehingga tubuhnya tetap kekurangan air.
☐ B. Keringat membuang air dan garam, sedangkan air putih hanya mengganti airnya sehingga kadar garam tubuh Raka turun.
☐ C. Oralit mencegah kram karena gula di dalamnya langsung menjadi energi bagi otot yang sedang kekurangan oksigen.
☐ D. Garam mineral yang cukup diperlukan agar impuls saraf dan kontraksi otot berjalan normal sehingga Bima tidak kram.
☐ E. Kram pada Raka menunjukkan bahwa kelenjar keringatnya berhenti bekerja sehingga panas tubuh tidak dapat keluar.

14. Sebelum mencabut gigi geraham atas kanan Nadia pada 2026, dokter gigi menyuntikkan obat bius lokal ke gusi di sekitar gigi itu. Beberapa menit kemudian gusi dan bibir atas sebelah kanan terasa tebal dan mati rasa, dan Nadia tidak merasakan nyeri ketika giginya dicabut. Selama tindakan ia tetap sadar, dapat menjawab pertanyaan dokter, dan dapat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

menggerakkan lidah serta jari tangannya seperti biasa. Satu sampai dua jam kemudian rasa di gusinya kembali normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat tentang cara kerja obat bius lokal tersebut adalah ....

A. obat menghambat penghantaran impuls di saraf sekitar suntikan sehingga impuls nyeri tidak sampai ke otak
B. obat terbawa darah ke otak lalu menekan bagian otak besar yang mengolah rasa nyeri dari seluruh bagian tubuh
C. obat merusak reseptor nyeri di gusi sehingga rasa baru kembali setelah reseptor yang baru tumbuh menggantikan
D. obat melemaskan otot di sekitar gigi sehingga gigi mudah dicabut dan tidak ada tarikan yang menimbulkan nyeri
E. obat menghentikan kerja neuron motorik di wajah sehingga gusi tidak lagi dapat bereaksi terhadap rangsang

15. Pada 2027, Pak Wira, seorang pekerja bangunan, terjatuh dari tangga dan bagian belakang kepalanya membentur lantai beton. Setelah sadar, ia mengeluh pandangannya gelap pada sebagian besar bidang penglihatan. Dokter mata memastikan bola mata, lensa, dan retina kedua matanya normal, dan pupilnya tetap mengecil bila disinari. Pak Wira dapat berjalan lurus tanpa sempoyongan, berbicara lancar, dan mengingat kejadian sebelum jatuh. Pemindaian otak menunjukkan perdarahan pada otak besar bagian belakang (lobus oksipital).
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Penglihatan Pak Wira terganggu karena impuls dari retina yang sehat tidak dapat diolah menjadi penglihatan di lobus oksipital otak besar.	○	○
Otak kecil Pak Wira juga mengalami kerusakan, karena otak kecil terletak di bagian belakang kepala, dekat lobus oksipital.	○	○
Pupil yang masih mengecil bila disinari menunjukkan bahwa jalur refleks pupil tidak harus melewati lobus oksipital otak besar.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Pada 2026, Sinta (17 tahun, sehat) mengikuti pemeriksaan darah. Darahnya diambil pukul 07.00 sebelum sarapan nasi, lalu 1, 2, dan 3 jam sesudahnya. Selama itu ia hanya minum air putih dan duduk tenang. Hasilnya sebagai berikut.

Pukul	Glukosa darah (mg/dL)	Insulin darah (µU/mL)
07.00 (sebelum sarapan)	86	5
08.00	142	48
09.00	112	24
10.00	90	7

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan data.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Insulin naik setelah glukosa darah naik, lalu turun lagi ketika glukosa mendekati kadar awal; pola ini menunjukkan umpan balik negatif.	○	○
Glukosa darah turun setelah pukul 08.00 karena insulin mendorong sel mengambil glukosa dan hati menyimpannya sebagai glikogen.	○	○
Kadar insulin yang sudah rendah pada pukul 10.00 menunjukkan bahwa pankreas Sinta tidak lagi mampu menghasilkan insulin.	○	○

17. Bu Marlina (55 tahun) dua kali mengalami patah tulang pergelangan tangan hanya karena terjatuh ringan. Dalam setahun terakhir ia juga tiga kali menderita batu ginjal yang tersusun atas garam kalsium. Pemeriksaan pada 2027 menunjukkan kadar kalsium darahnya di atas normal. Pemindaian leher menemukan benjolan jinak pada salah satu kelenjar paratiroid yang membuat kelenjar itu menghasilkan hormon paratiroid secara berlebihan. Dalam keadaan normal, hormon paratiroid dilepaskan untuk menaikkan kadar kalsium darah yang turun.

Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat yang menghubungkan kedua keluhan Bu Marlina adalah ....

A. hormon yang berlebih menurunkan kalsium darah sehingga tulang rapuh dan sisa kalsium di ginjal mengendap
B. tulang yang patah melepaskan kalsium ke darah, lalu kalsium menumpuk di ginjal sehingga hormon itu naik
C. batu ginjal menghambat pembuangan kalsium sehingga kalsium darah naik dan tulang menyerap kalsium berlebih
D. hormon yang berlebih terus menarik kalsium tulang ke darah sehingga tulang rapuh dan urine kaya kalsium
E. hormon yang berlebih menghambat penyerapan kalsium di usus sehingga tulang dan ginjal kekurangan kalsium

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

18. Pak Gani (40 tahun) menderita tuberkulosis (TB) paru. Bakteri TB yang terhirup ditelan oleh makrofag di alveolus, tetapi banyak bakteri tidak terbunuh dan justru hidup serta berkembang biak di dalam makrofag itu. Pemeriksaan pada 2026 menunjukkan darah Pak Gani mengandung antibodi terhadap bakteri TB, tetapi infeksinya tetap berlanjut. Diketahui pula bahwa orang yang jumlah sel T-nya sangat rendah jauh lebih mudah sakit TB berat, walaupun tubuhnya masih dapat membentuk antibodi.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat berdasarkan kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Adanya antibodi di darah Pak Gani menunjukkan tubuhnya sudah kebal sehingga infeksi TB akan segera berhenti.

☐ B. Antibodi sulit menjangkau bakteri TB yang hidup di dalam makrofag sehingga antibodi saja tidak menghentikan infeksi.

☐ C. Sel T berperan penting karena dapat mengaktifkan makrofag dan menghancurkan sel yang di dalamnya terdapat bakteri TB.

☐ D. Makrofag gagal membunuh bakteri TB karena makrofag adalah pertahanan spesifik yang harus mengenali antigennya dahulu.

☐ E. Vaksin TB yang hanya memicu pembentukan antibodi lebih lemah perlindungannya daripada vaksin yang juga mengaktifkan sel T.

19. Pak Bayu (34 tahun) dinyatakan positif HIV tiga tahun lalu, tetapi berhenti minum obat antivirus. Pada 2026 ia datang ke puskesmas karena sariawan putih akibat jamur di mulut, diare lebih dari sebulan, dan batuk lama yang ternyata disebabkan tuberkulosis. Pemeriksaan darah menunjukkan jumlah sel T pembantu (sel T *helper*) yang sangat rendah. Dokter menjelaskan bahwa jamur dan kuman tersebut sebenarnya biasa ada di sekitar kita dan jarang membuat orang sehat sakit berat.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat mengapa infeksi tersebut menjadi berat pada Pak Bayu adalah ....

A. virus HIV menghancurkan antibodi yang beredar di dalam darah sehingga kuman yang masuk tidak lagi dapat dikenali

B. jamur dan kuman menjadi lebih ganas karena bercampur dengan virus HIV sehingga selaput lendir mudah dirusak

C. sel T pembantu yang berkurang tidak lagi mengaktifkan sel B dan sel T pembunuh sehingga respons imun spesifik lemah

D. sel darah merah ikut terinfeksi HIV sehingga pasokan oksigen ke jaringan turun dan jaringan mudah dirusak kuman

E. hanya pertahanan pertama seperti kulit, air liur, dan lendir yang rusak sehingga kuman dapat masuk tanpa hambatan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

20. Bu Fitri (29 tahun) mengikuti program kehamilan pada 2026. Siklus haidnya teratur 28 hari. Dokter memeriksa kadar hormon dalam darahnya pada beberapa hari dalam satu siklus (hari ke-1 = hari pertama haid). Hasilnya sebagai berikut.

Hari ke-	FSH (IU/L)	LH (IU/L)	Estrogen (pg/mL)	Progesteron (ng/mL)
2	6	5	40	0,5
8	7	6	110	0,6
13	14	52	290	1,0
16	5	9	110	5,0
22	3	4	170	15,0

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

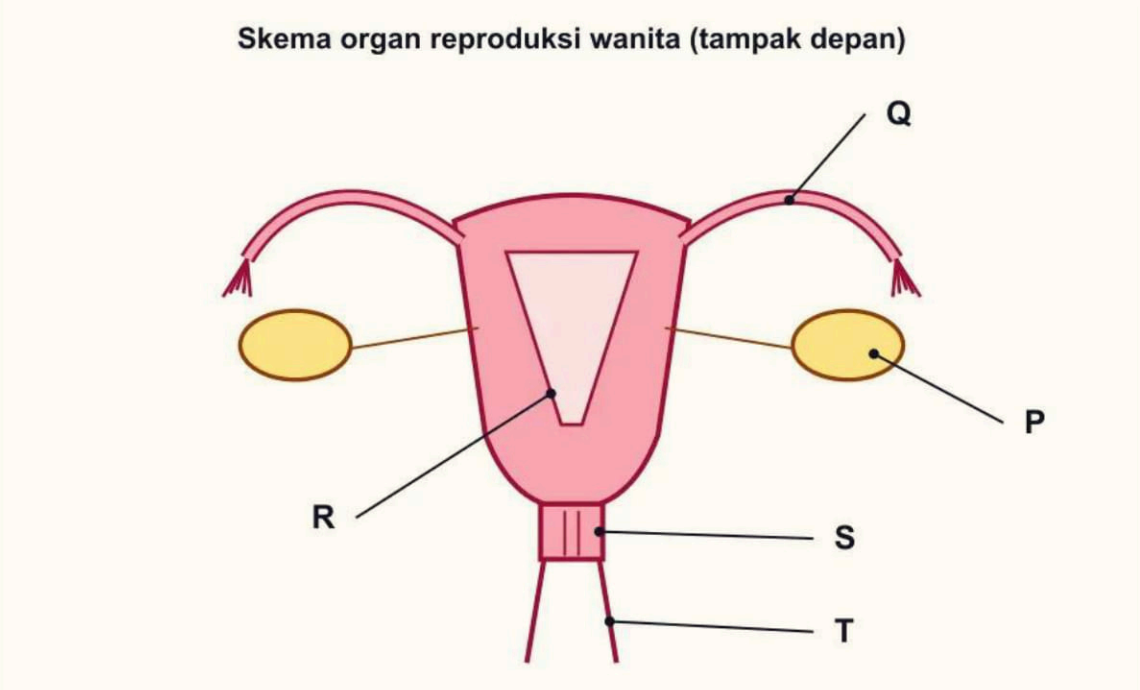
Kesimpulan yang paling tepat tentang waktu ovulasi dan asal progesteron pada hari ke-22 adalah ....

A. ovulasi sekitar hari ke-8 saat estrogen mulai naik; progesteron hari ke-22 dihasilkan oleh korpus luteum
B. ovulasi sekitar hari ke-22 saat progesteron tertinggi; progesteron itu dihasilkan folikel yang baru pecah
C. ovulasi sekitar hari ke-14 setelah lonjakan LH; progesteron hari ke-22 dihasilkan folikel yang sedang tumbuh
D. ovulasi sekitar hari ke-22 saat progesteron tertinggi; progesteron itu dihasilkan oleh kelenjar hipofisis
E. ovulasi sekitar hari ke-14 setelah lonjakan LH; progesteron hari ke-22 dihasilkan oleh korpus luteum

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

21. Gambar menunjukkan skema organ reproduksi wanita. Pada usia kehamilan 6 minggu, Bu Lestari mengalami nyeri perut bagian bawah di sisi kanan. Pemeriksaan USG menunjukkan bahwa embrio tidak tertanam di dalam rahim, melainkan di saluran yang menghubungkan indung telur dengan rahim. Dua tahun sebelumnya Bu Lestari pernah mengalami radang panggul yang membuat saluran itu menyempit, tetapi tidak tersumbat sepenuhnya. *Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.*

Bagian tempat embrio tertanam dan penjelasan yang paling tepat untuk kasus Bu Lestari adalah ....



A. P, karena sel telur sudah dibuahi di dalam P sehingga embrio langsung tertanam sebelum ovulasi terjadi

B. S, karena embrio terlanjur melewati rongga rahim lalu tertahan dan tertanam di leher rahim yang sempit

C. Q, karena penyempitan menahan sperma sehingga pembuahan terjadi di R lalu embrio bergerak kembali ke Q

D. Q, karena saluran yang sempit masih dilalui sperma, tetapi embrio yang menuju R tertahan lalu tertanam

E. R, karena dinding R yang pernah meradang menebal sehingga embrio tertanam terlalu dalam di lapisan ototnya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

22. Saat membantu di sawah pada 2026, Arif melihat sekelompok burung kuntul putih berjalan di belakang traktor yang sedang membajak dan berkali-kali mematuk tanah yang baru terbalik. Di petak sebelah yang belum dibajak hanya terlihat sedikit kuntul. Arif ingin menyusun hipotesis yang menjelaskan perilaku kuntul tersebut beserta prediksi yang dapat diperiksa dengan pengamatan.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

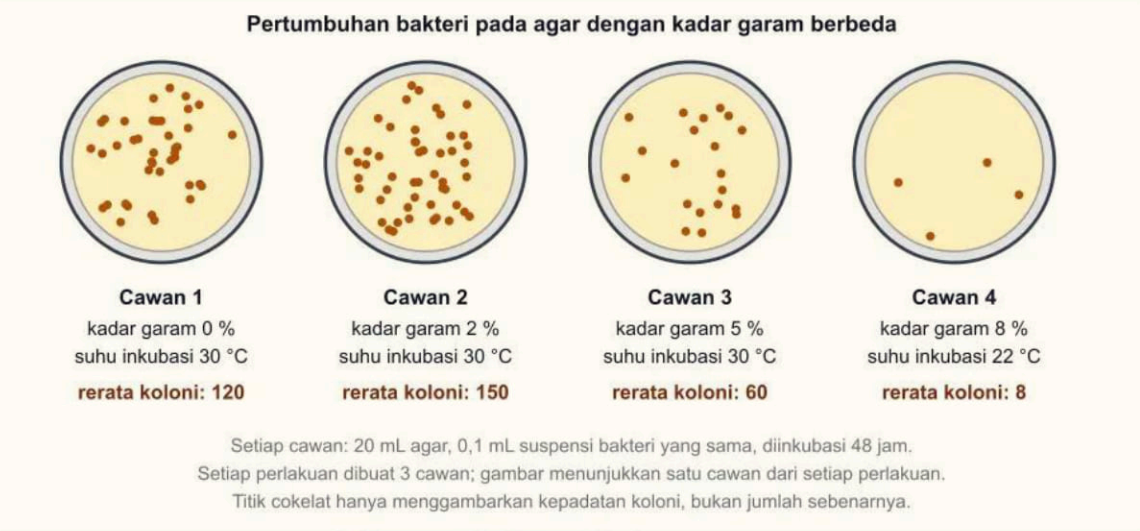
Pasangan hipotesis dan prediksi yang paling tepat adalah ....

A. hipotesis: kuntul tertarik pada suara mesin traktor; prediksi: kuntul lebih banyak mematuk di petak yang belum dibajak
B. hipotesis: pembajakan memunculkan hewan kecil yang dimakan kuntul; prediksi: tanah baru dibajak memuat lebih banyak hewan kecil
C. hipotesis: kuntul selalu berjalan di belakang traktor; prediksi: besok kuntul juga akan terlihat di belakang traktor yang sama
D. hipotesis: kuntul adalah burung yang membantu petani; prediksi: sawah yang sering didatangi kuntul memiliki hasil panen lebih baik
E. hipotesis: pembajakan memunculkan hewan kecil yang dimakan kuntul; prediksi: kuntul tetap mengikuti traktor yang tidak membajak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Seorang murid ingin mengetahui pengaruh kadar garam dalam media terhadap pertumbuhan bakteri yang diambil dari air rendaman ikan asin. Ia menyiapkan cawan agar dengan kadar garam berbeda, menanam bakteri, lalu menghitung koloni yang tumbuh. Rancangan dan hasilnya ditunjukkan pada gambar. Dari hasil itu ia menyimpulkan bahwa, di antara kadar yang diuji, garam 8 % paling menghambat pertumbuhan bakteri tersebut. *Data disusun untuk latihan soal.*

Kelemahan rancangan yang paling mengganggu kesimpulan murid tersebut adalah ....



A. kadar garam di atas 8 % tidak diuji sehingga kadar garam yang paling menghambat bakteri belum diketahui pasti
B. setiap perlakuan hanya dibuat satu cawan sehingga hasil yang diperoleh dapat terjadi karena kebetulan saja
C. cawan berkadar garam 8 % diinkubasi pada suhu lebih rendah sehingga pengaruh garam bercampur dengan suhu
D. volume suspensi bakteri pada setiap cawan berbeda sehingga jumlah bakteri awal pada tiap cawan tidak sama
E. cawan tanpa garam tidak perlu dibuat karena bakteri dari ikan asin hanya dapat hidup pada media bergaram

24. Pada 2026, lima murid mengukur denyut nadinya sambil duduk tenang. Setelah itu masing-masing minum segelas kopi, duduk tenang lagi, dan mengukur denyut nadinya 30 menit kemudian dengan cara yang sama. Hasilnya sebagai berikut.

Murid	Sebelum minum kopi (kali/menit)	30 menit sesudah minum kopi (kali/menit)
Ayu	72	84
Bagas	80	88
Citra	68	80
Doni	76	74
Eka	74	84

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan data.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Data menunjukkan bahwa kopi menaikkan denyut nadi setiap orang yang meminumnya.	○	○
Rerata denyut nadi kelima murid 30 menit sesudah minum kopi adalah 84 kali per menit, sesuai nilai yang paling sering muncul.	○	○
Data mendukung bahwa denyut nadi sebagian besar murid dalam kelompok ini naik setelah minum kopi, tetapi tidak semuanya.	○	○

25. Pada 2027, sekelompok murid meletakkan cakram kertas yang telah direndam ekstrak kunyit pada tiga cawan agar yang ditumbuhi bakteri *Escherichia coli* dari biakan laboratorium; beberapa galur bakteri ini dapat menyebabkan diare. Sebagai pembanding, cakram yang direndam air steril diletakkan pada tiga cawan lain. Setelah 24 jam, di sekitar cakram kunyit terbentuk zona bening rata-rata 11 mm, sedangkan di sekitar cakram air steril tidak ada zona bening. Mereka lalu menyimpulkan, "Minum air kunyit dapat menyembuhkan diare."
Data disusun untuk latihan soal.

Penilaian yang paling tepat terhadap kesimpulan murid tersebut adalah ....

A. kesimpulan melampaui data, karena hasil di cawan belum menunjukkan apa yang terjadi bila kunyit diminum
B. kesimpulan sudah tepat, karena zona bening muncul pada ketiga cawan dan tidak muncul pada cawan pembanding
C. kesimpulan tidak sah, karena percobaan itu tidak memakai kelompok kontrol sebagai pembanding zona bening
D. kesimpulan tidak sah, karena zona bening 11 mm terlalu kecil untuk menunjukkan adanya hambatan pada bakteri
E. kesimpulan sudah tepat, karena bakteri yang dihambat kunyit termasuk bakteri yang dapat menyebabkan diare

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lembar jawaban

No	A	B	C	D	E
1	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○
9					

No	A	B	C	D	E
10	○	○	○	○	○
11					
12	○	○	○	○	○
13					
14	○	○	○	○	○
15					
16					
17	○	○	○	○	○
18					

No	A	B	C	D	E
19	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○
21	○	○	○	○	○
22	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○
24					
25	○	○	○	○	○

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 9, 11, 13, 15, 16, 18, 24): jawab langsung pada soalnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya	1	___ / 1	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.2 · Prinsip klasifikasi dan kunci determinasi	2	___ / 1	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya	3	___ / 1	Ulangi hlm. 40
Sub bab 1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian	4, 5	___ / 2	Ulangi hlm. 62
Sub bab 2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim	6	___ / 1	Ulangi hlm. 101
Sub bab 2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi	7, 8	___ / 2	Ulangi hlm. 120
Sub bab 2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis	9	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 3.1 · Sistem sirkulasi	10, 11	___ / 2	Ulangi hlm. 175
Sub bab 3.2 · Sistem respirasi	12	___ / 1	Ulangi hlm. 197
Sub bab 3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis	13	___ / 1	Ulangi hlm. 214
Sub bab 3.4 · Sistem saraf	14, 15	___ / 2	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.5 · Sistem hormon	16, 17	___ / 2	Ulangi hlm. 251
Sub bab 3.6 · Sistem imun	18, 19	___ / 2	Ulangi hlm. 274
Sub bab 3.7 · Sistem reproduksi	20, 21	___ / 2	Ulangi hlm. 293
Sub bab 4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis	22	___ / 1	Ulangi hlm. 331
Sub bab 4.2 · Merancang penyelidikan	23	___ / 1	Ulangi hlm. 347
Sub bab 4.3 · Mengolah dan menafsirkan data	24	___ / 1	Ulangi hlm. 363
Sub bab 4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode	25	___ / 1	Ulangi hlm. 379

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

BIO-FIN3

Petunjuk

Jumlah soal: 25. Waktu: 60 menit.

Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 3 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-FIN3

1. Sekawanan gajah sumatra di sebuah kabupaten di Sumatra biasa berpindah mengikuti musim pakan, antara hutan di sisi barat dan hutan rawa di sisi timur. Pada 2026, jalan tol berpagar beton dibangun memotong jalur jelajah itu. Sejak itu, kelompok kecil berisi enam ekor betina tertahan di sisi timur. Kelompok besar di sisi barat, yang hutannya sempit, makin sering masuk ke kebun warga untuk mencari makan dan merusak tanaman. Warga mulai mengusir gajah dengan petasan.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Upaya yang paling tepat karena menyasar penyebab konflik dan terpecahnya kawanan gajah adalah ....

A. memindahkan semua gajah ke pusat konservasi gajah agar tidak lagi masuk ke kebun warga
B. memasang pagar listrik di sekeliling kebun warga agar gajah tidak dapat masuk ke kebun
C. membangun perlintasan satwa di bawah jalan tol yang tersambung dengan jalur jelajah gajah
D. menangkarkan gajah lalu melepas anaknya ke kelompok kecil agar jumlah anggotanya bertambah
E. menanam rumput pakan gajah di sepanjang tepi jalan tol agar gajah tidak kekurangan pakan

2. Pada 2027, telapak kaki Pak Harun (45 tahun) tertusuk paku berkarat sedalam kira-kira 2 cm saat ia membongkar kandang kambing. Lukanya kecil dan cepat tertutup. Seminggu sebelumnya, lengannya tergores seng sepanjang 10 cm, tetapi luka itu dangkal dan terbuka. Dokter puskesmas lebih mengkhawatirkan luka di kaki, membersihkannya sampai ke dasar luka, lalu memberikan suntikan pencegahan tetanus. Menurut dokter, spora bakteri tetanus banyak terdapat di tanah dan kotoran hewan, dan bakteri ini hanya dapat tumbuh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bila tidak ada oksigen.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Alasan yang paling tepat mengapa luka di kaki lebih berisiko menimbulkan tetanus adalah ....

A. karat besi yang terbawa masuk ke luka berubah menjadi racun yang membuat otot-otot tubuh kejang
B. luka gores yang terbuka lebih banyak terkena udara sehingga spora di sana cepat menjadi bakteri aktif
C. telapak kaki memiliki lebih sedikit pembuluh darah sehingga antibodi sukar mencapai luka di kaki
D. spora bakteri tetanus hanya terdapat pada paku, sedangkan pada lembaran seng tidak terdapat spora
E. luka tusuk yang dalam dan tertutup miskin oksigen sehingga spora dapat tumbuh menjadi bakteri aktif

3. Saat kegiatan pengamatan pada 2026, murid kelas X mencatat tiga hubungan antarmakhluk hidup.
(1) Anggrek menempel pada dahan pohon rambutan. Akarnya menyerap air hujan dan embun, sedangkan daun pohon rambutan di sekitarnya tetap rimbun.
(2) Benalu berdaun hijau tumbuh pada dahan pohon mangga. Akar isapnya menembus kayu dahan, dan ranting di ujung dahan itu mengering.
(3) Di akuarium laut sebuah tempat wisata, ikan badut bersembunyi di antara tentakel anemon laut yang menyengat ikan lain. Ikan badut mengusir ikan yang biasa memakan tentakel anemon.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

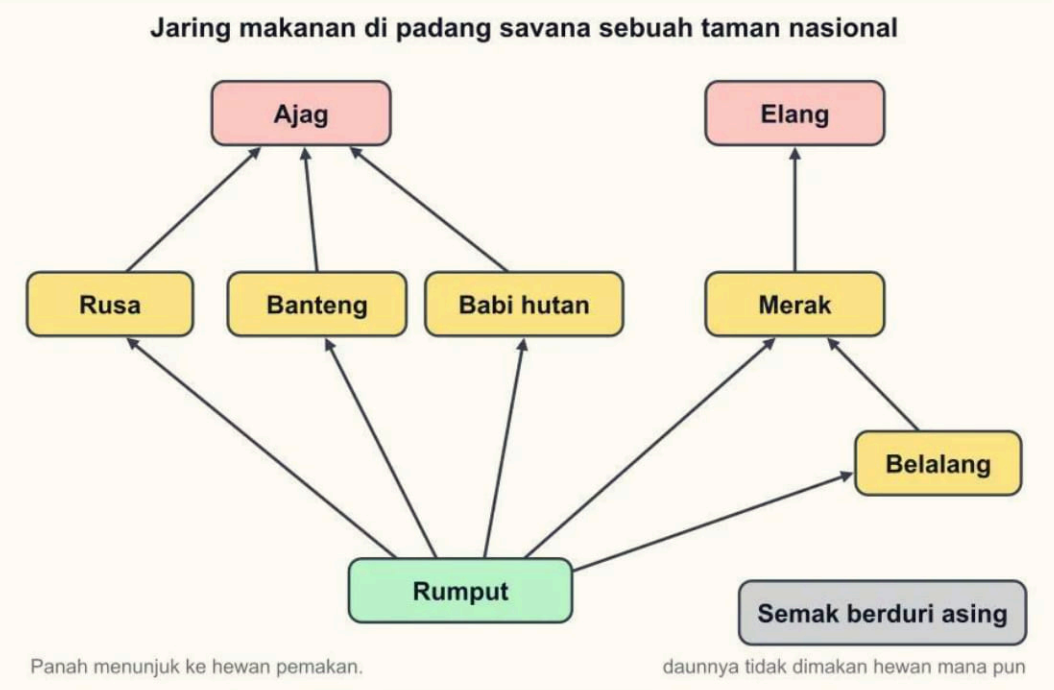
Pernyataan	Benar	Salah
Hubungan anggrek dengan pohon rambutan termasuk komensalisme karena anggrek mendapat tempat hidup, sedangkan pohon rambutan tidak dirugikan.	○	○
Hubungan benalu dengan pohon mangga termasuk komensalisme karena benalu berdaun hijau sehingga dapat membuat makanannya sendiri.	○	○
Hubungan ikan badut dengan anemon laut termasuk komensalisme karena hanya ikan badut yang memperoleh perlindungan dalam hubungan itu.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Gambar menunjukkan jaring makanan di padang savana sebuah taman nasional. Sejak beberapa tahun lalu, sejenis semak berduri yang berasal dari luar negeri menyebar dengan cepat. Pada 2027, semak itu sudah menutupi lebih dari separuh savana. Tajuknya yang rapat menaungi tanah sehingga rumput di bawahnya mati, sedangkan daunnya tidak dimakan satwa mana pun di sana. Sejauh ini petugas belum melihat perubahan jumlah ajag maupun elang.

Kasus disusun untuk latihan soal.

Bila semak itu terus meluas, dampak berantai yang paling mungkin terjadi beberapa tahun kemudian adalah ....



A. ajag bertambah karena rusa dan banteng yang kurus lebih mudah diburu, lalu elang ikut bertambah

B. ajag dan elang sama-sama berkurang karena semua mangsa keduanya bergantung pada rumput

C. hanya rusa dan banteng yang berkurang karena hanya keduanya yang memakan rumput di savana

D. elang tidak terpengaruh karena elang tidak memakan rumput maupun hewan yang dimangsa ajag

E. rumput pulih kembali karena rusa dan banteng beralih memakan daun semak berduri asing itu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Pada 2026, murid sebuah SMA di Lombok mengamati ikan di perairan dangkal dekat pantai dengan kacamata selam. Mereka membandingkan padang lamun dan dasar pasir terbuka yang letaknya berdekatan. Setiap tempat diamati pada 3 petak berukuran 5 m × 10 m, pada pagi hari saat air pasang. Rata-rata hasil tiap petak sebagai berikut.

Tempat	Ikan muda (ekor)	Ikan dewasa (ekor)	Jumlah jenis ikan
Padang lamun	86	12	17
Pasir terbuka	7	10	5

Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling didukung oleh data tersebut adalah ....

A. padang lamun lebih banyak dihuni ikan muda sehingga berperan sebagai tempat asuhan anak ikan
B. dasar pasir lebih disukai ikan dewasa karena perairan terbuka memudahkan ikan dewasa berburu
C. lamun menghasilkan lebih banyak oksigen sehingga ikan dari dasar pasir pindah ke padang lamun
D. ikan muda di dasar pasir habis dimangsa ikan dewasa sehingga jumlahnya jauh lebih sedikit
E. jumlah ikan dewasa yang hampir sama menunjukkan bahwa lamun tidak berpengaruh bagi ikan

6. Pak Rudi (50 tahun) sering merasa perih di ulu hati. Tanpa resep dokter, sejak awal 2026 ia minum obat maag jenis antasida (penetral asam) dalam jumlah banyak setiap kali sebelum makan. Beberapa bulan kemudian ia mengeluh perutnya terasa penuh dan begah lama sekali setiap kali makan daging atau telur, padahal makan nasi dan sayur tidak menimbulkan keluhan serupa. Dokter menyatakan bahwa keasaman lambung Pak Rudi terlalu rendah akibat obat tersebut.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk keluhan Pak Rudi adalah ....

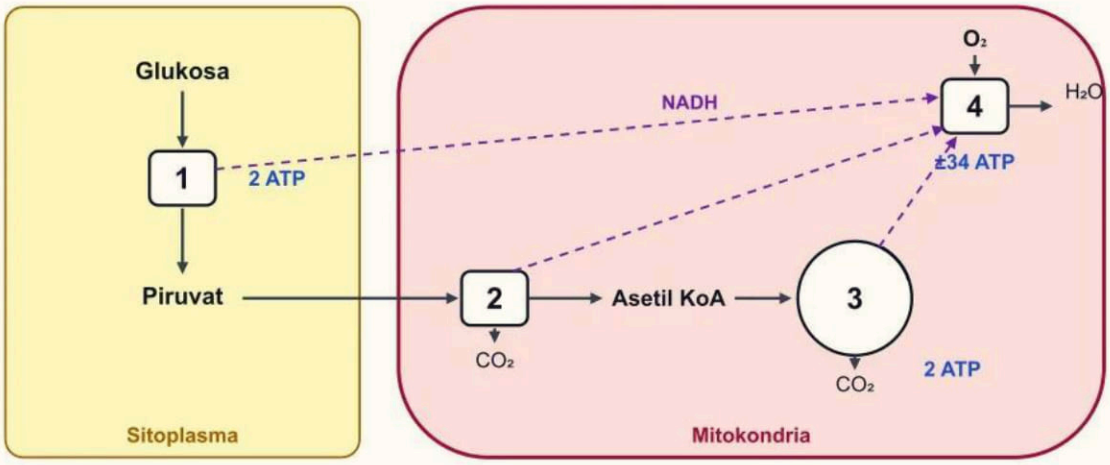
A. antasida langsung mengubah protein daging menjadi gumpalan keras sehingga tidak dapat dicerna
B. tanpa asam, amilase ludah berhenti bekerja di lambung sehingga daging dan telur lama tertahan
C. pH lambung yang naik membuat tripsin di dalam lambung tidak aktif mencerna daging dan telur
D. pH lambung yang naik membuat pepsin, yang bekerja optimum pada suasana asam, kurang aktif
E. pH lambung yang naik mempercepat kerja pepsin sehingga lambung cepat kosong dan terasa begah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Gambar menunjukkan skema tahap-tahap respirasi aerob dalam sel otot. Pada lomba lari 400 m tahun 2026, Rina berlari secepat mungkin sejak awal. Menjelang garis akhir, pasokan O_2 ke sel otot kakinya tidak lagi mencukupi kebutuhan, dan setelah lomba kadar asam laktat dalam darahnya meningkat. Meskipun begitu, sel otot kakinya masih memperoleh ATP untuk terus berkontraksi selama beberapa detik terakhir.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tahap yang tetap berlangsung dalam sel otot saat O_2 tidak mencukupi, beserta penjelasannya, adalah ....

Skema tahap respirasi aerob dalam sel otot



Garis putus-putus ungu: NADH (pembawa elektron) dari tahap 1, 2, dan 3 menuju tahap 4.

A. 4, karena O_2 yang tersisa di dalam sel otot masih cukup untuk menghasilkan ATP sebanyak saat istirahat

B. 1, karena tahap ini tidak memerlukan O_2 dan piruvatnya diubah menjadi asam laktat agar glikolisis berlanjut

C. 2 dan 3, karena keduanya tidak memakai O_2 secara langsung sehingga tetap menghasilkan ATP dalam jumlah besar

D. 1 dan 4, karena keduanya menghasilkan ATP, sedangkan tahap 2 dan 3 sama sekali tidak menghasilkan ATP

E. 3, karena tahap ini berlangsung di dalam mitokondria yang menyimpan cadangan O_2 khusus bagi sel otot

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

8. Pada awal 2027, kebun cabai Pak Wardi di tepi sungai tergenang banjir setinggi mata kaki selama 4 hari. Setelah air surut, banyak tanaman cabai yang layu walaupun tanahnya masih sangat basah. Ketika dicabut, akar tanaman yang layu berwarna cokelat kehitaman dan berbau seperti alkohol. Tanaman cabai di bedengan yang lebih tinggi dan tidak tergenang tetap segar.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat untuk menjelaskan kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Air yang terlalu banyak masuk ke sel-sel akar secara osmosis sehingga sel akar pecah dan tanaman layu.
☐ B. Air yang mengisi pori-pori tanah mendesak udara keluar sehingga sel akar kekurangan O_2 untuk respirasi.
☐ C. Sel akar beralih melakukan fermentasi yang menghasilkan jauh lebih sedikit ATP daripada respirasi aerob.
☐ D. Akar tetap mendapat cukup O_2 dari hasil fotosintesis daun sehingga busuknya akar hanya disebabkan jamur.
☐ E. Akar yang kekurangan ATP dan mulai rusak tidak mampu menyerap air dan mineral dengan baik sehingga layu.

9. Pak Darman menanam dua petak singkong dari stek yang sama pada tanah yang sama. Mulai bulan ketiga, daun muda dan tua di petak A dipetik habis setiap minggu untuk dijual sebagai sayur, sedangkan daun di petak B dibiarkan. Saat dipanen pada 2027, umbi singkong di petak A jauh lebih kecil dan lebih sedikit daripada umbi di petak B. Umbi singkong menyimpan cadangan makanan dalam bentuk pati.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pati di umbi petak B lebih banyak karena sel-sel umbi melakukan fotosintesis sendiri di dalam tanah.	○	○
Pemetikan daun mengurangi bagian tanaman yang menangkap cahaya sehingga gula hasil fotosintesis berkurang.	○	○
Sebagian gula hasil fotosintesis di daun diangkut ke umbi melalui floem, lalu disimpan sebagai pati.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Pada latihan Palang Merah Remaja tahun 2026, empat anggota memeriksa golongan darah sistem ABO masing-masing. Setetes darah setiap anggota diletakkan pada dua titik di kaca objek, lalu titik pertama ditetesi serum anti-A dan titik kedua ditetesi serum anti-B. Darah menggumpal bila sel darah merahnya memiliki antigen yang cocok dengan antibodi dalam serum. Hasilnya sebagai berikut.

Anggota	Serum anti-A	Serum anti-B
Rani	menggumpal	tidak menggumpal
Bima	tidak menggumpal	menggumpal
Citra	menggumpal	menggumpal
Dodi	tidak menggumpal	tidak menggumpal

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat berdasarkan hasil uji tersebut adalah ....

A. Rani memiliki antigen A, dan plasmanya mengandung antibodi anti-A
B. Bima memiliki antigen A, dan plasmanya mengandung antibodi anti-B
C. Dodi memiliki antigen A dan B, dan plasmanya tanpa anti-A dan anti-B
D. Citra tidak memiliki antigen, dan plasmanya memiliki anti-A dan anti-B
E. Citra memiliki antigen A dan B, dan plasmanya tanpa anti-A dan anti-B

11. Laras (16 tahun) menderita talasemia sejak kecil. Sel darah merahnya berbentuk tidak normal dan mudah pecah, sehingga kadar hemoglobinnya hanya sekitar 7 g/dL (normal pada remaja putri sekitar 12–16 g/dL). Ia tampak pucat, cepat lelah ketika berjalan menanjak, dan jantungnya berdebar kencang walaupun paru-parunya sehat. Setiap bulan pada 2026 ia menjalani transfusi sel darah merah, dan setelah transfusi keluhannya berkurang selama beberapa minggu.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

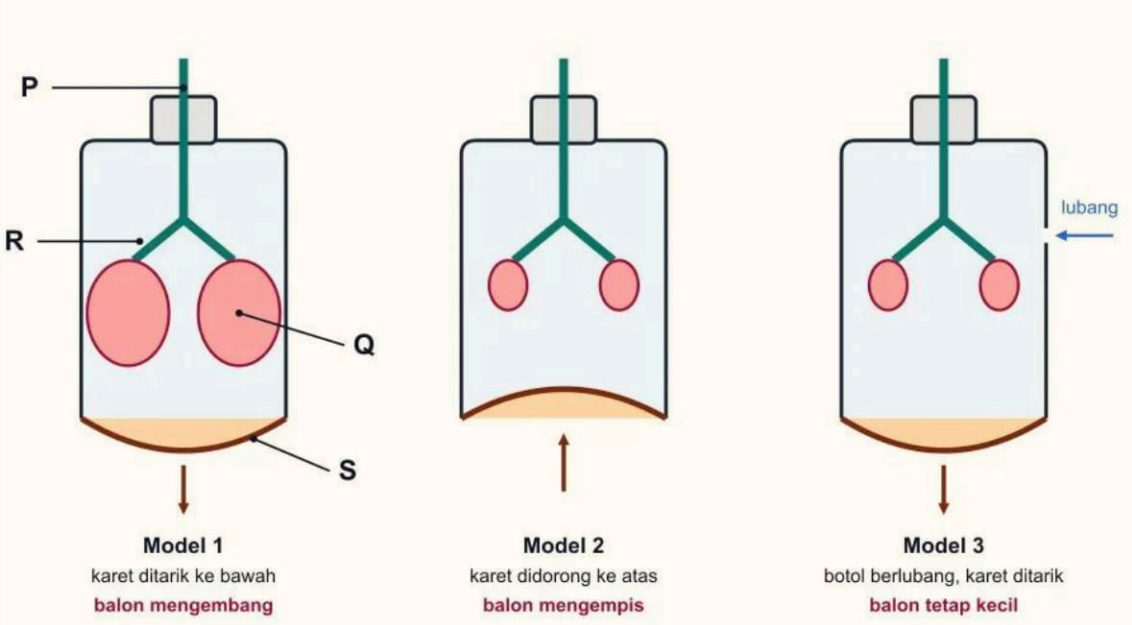
Penjelasan yang paling tepat untuk keluhan cepat lelah dan jantung berdebar pada Laras adalah ....

A. hemoglobin yang sedikit mengangkut lebih sedikit O_2 sehingga jantung berdenyut cepat untuk mencukupi jaringan
B. sel darah merah yang pecah melepaskan zat sisa yang meracuni otot jantung sehingga denyut jantung tidak teratur
C. hemoglobin yang sedikit membuat darah sukar membeku sehingga banyak darah hilang dan tekanan darah turun
D. paru-paru tidak dapat menghirup cukup udara karena hemoglobin rendah sehingga jantung harus bekerja lebih keras
E. sel darah putih ikut berkurang sehingga tubuh terus-menerus melawan infeksi dan otot menjadi cepat lelah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Murid membuat model sistem pernapasan dari botol plastik yang dasarnya dipotong. Sedotan bercabang dipasang menembus tutup botol, setiap ujung cabangnya diikat balon kecil, lalu bagian bawah botol ditutup lembaran karet. Gambar menunjukkan hasil tiga percobaan. Pada model 3, dinding botol sengaja dilubangi kecil sebelum karet ditarik ke bawah, dan balon tetap kecil walaupun karet ditarik sama jauhnya dengan model 1. *Kasus disusun untuk latihan soal.*

Pasangan bagian model dengan organ yang diwakilinya dan penjelasan hasil model 3 yang tepat adalah ....



A. Q mewakili diafragma; pada model 3 udara di dalam balon keluar melalui lubang sehingga balon tetap kecil

B. R mewakili paru-paru; pada model 3 udara luar masuk ke R melalui lubang sehingga R ikut mengembang

C. S mewakili diafragma; pada model 3 udara luar masuk ke R melalui lubang sehingga tekanan di R tidak turun

D. S mewakili diafragma; pada model 3 karet yang ditarik menaikkan tekanan di R sehingga balon tertekan

E. P mewakili tulang rusuk; pada model 3 lubang menghalangi udara luar masuk melalui P sehingga balon kecil

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

13. Pada 2026, Dimas (19 tahun) demam dan mual selama seminggu setelah beberapa kali makan di warung yang air minumnya diduga tercemar. Kemudian bagian putih matanya dan kulitnya menguning, urinenya berwarna cokelat pekat seperti teh, dan fesesnya pucat seperti dempul. Pemeriksaan menunjukkan radang hati akibat virus hepatitis A, sedangkan ginjalnya berfungsi normal. Feses normal berwarna cokelat karena mengandung zat warna empedu yang dikirim hati ke usus.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk ketiga perubahan warna tersebut adalah ....

A. ginjal ikut diserang virus sehingga sel darah merah lolos ke urine dan warna urine menjadi seperti teh
B. hati menghasilkan empedu berlebih sehingga zat warnanya menumpuk di kulit, di urine, dan di feses
C. sel darah merah dipecah jauh lebih banyak sehingga zat warna empedu berlebih masuk ke usus dan kulit
D. hati yang meradang gagal menyalurkan zat warna empedu ke usus sehingga zat itu menumpuk dalam darah
E. demam membuat tubuh kekurangan air sehingga urine pekat, sedangkan warna kulit dan feses berubah karena virus

14. Pada 2027, Pak Sulaiman (63 tahun) tiba-tiba tidak dapat menggerakkan lengan dan tungkai kanannya serta sulit berbicara, sedangkan lengan dan tungkai kirinya tetap normal. Hasil pemindaian menunjukkan sumbatan pembuluh darah yang merusak sebagian otak besar belahan kiri. Sumsum tulang belakangnya tidak cedera. Ketika dokter mengetuk tendon di bawah tempurung lutut kanannya, tungkai kanan itu tetap tersentak ke depan seperti pada orang sehat.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk kasus Pak Sulaiman adalah ....

A. jalur saraf gerak dari otak besar kiri menyilang ke sisi kanan, sedangkan refleks lutut cukup melalui sumsum tulang belakang
B. otak kecil kiri mengatur gerak tubuh sisi kanan, sedangkan refleks lutut terjadi karena otak besar kanan mengambil alih
C. darah dari sumbatan mengalir ke sumsum tulang belakang sisi kanan sehingga refleks pada lutut kanan tetap terjadi seperti biasa
D. neuron motorik di dalam tungkai kanan rusak akibat sumbatan, sedangkan refleks lutut kanan masih dikendalikan otak besar
E. saraf sensorik sisi kanan rusak sehingga otot kanan tidak bergerak, sedangkan refleks lutut dikendalikan otak besar kiri

15. Pada 2026, Bu Murni (40 tahun) memiliki beberapa bercak keputihan di lengan yang tidak terasa ketika disentuh kapas atau ditusuk jarum halus. Belakangan, telapak tangannya melepuh karena memegang panci panas tanpa ia sadari. Dokter mendiagnosis kusta dan menjelaskan bahwa bakteri penyebabnya merusak saraf tepi di kulit dan tangan. Bu Murni

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

masih dapat merasakan sentuhan di wajah dan kakinya, serta masih dapat menggerakkan jari-jarinya.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Telapak tangan melepuh tanpa terasa karena impuls dari reseptor panas di kulit tidak dihantarkan oleh neuron sensorik yang rusak.	○	○
Karena tidak merasakan panas, Bu Murni tidak segera menarik tangannya sehingga lukanya menjadi lebih parah.	○	○
Mati rasa pada bercak di lengan menunjukkan bahwa bakteri kusta telah merusak bagian otak besar yang mengolah rasa sentuh.	○	○

16. Aldi (17 tahun) menderita diabetes melitus tipe 1 sehingga pankreasnya hampir tidak menghasilkan insulin. Setiap pagi ia menyuntikkan insulin dengan dosis biasa sebelum sarapan. Suatu pagi pada 2026, setelah menyuntik insulin, ia terburu-buru berangkat ke sekolah tanpa sarapan. Satu jam kemudian ia gemetar, berkeringat dingin, lemas, dan sulit berkonsentrasi. Petugas UKS memberinya segelas teh manis, dan dalam 15 menit keluhannya mereda.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk kejadian tersebut adalah ....

A. insulin yang disuntikkan rusak karena perut kosong sehingga gula darah naik, lalu teh manis mengencerkannya
B. tanpa sarapan pankreas berhenti membuat glukagon sehingga gula darah turun, lalu teh manis memicu glukagon
C. insulin tetap memasukkan glukosa darah ke sel tanpa ada asupan sehingga gula darah turun, lalu teh menaikkannya
D. dosis insulin terlalu kecil sehingga glukosa tidak dapat masuk ke sel otot, lalu teh manis memberi energi langsung
E. insulin menghambat penyerapan glukosa di usus sehingga sel kekurangan energi, lalu teh manis memperlancarnya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

17. Bu Ratna (32 tahun) memeriksakan diri pada 2027 karena jantungnya sering berdebar walaupun sedang duduk. Berat badannya turun 6 kg dalam tiga bulan, padahal nafsu makannya justru meningkat. Ia mudah berkeringat dan merasa kepanasan di ruangan yang menurut orang lain sejuk. Lehernya tampak sedikit membesar. Hasil pemeriksaan darah menunjukkan kadar hormon tiroksin jauh di atas nilai normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat terkait kasus Bu Ratna adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tiroksin berlebih mempercepat metabolisme sel sehingga cadangan makanan cepat terpakai dan berat badan turun.

☐ B. Berat badan turun karena tiroksin berlebih menghambat penyerapan sari makanan di dalam lambung dan usus.

☐ C. Rasa kepanasan muncul karena kelenjar tiroid yang membesar menekan pusat pengatur suhu tubuh di otak.

☐ D. Metabolisme yang cepat menghasilkan banyak panas sehingga tubuh lebih banyak berkeringat untuk membuangnya.

☐ E. Jantung berdenyut lebih cepat untuk memenuhi kebutuhan O_2 dan zat makanan sel-sel tubuh yang meningkat.

18. Pada 2026, bidan di sebuah posyandu memperhatikan bahwa bayi berusia di bawah 6 bulan yang hanya diberi ASI lebih jarang mengalami diare daripada bayi seusianya yang diberi susu formula. Ia menjelaskan bahwa ASI, terutama yang keluar pada hari-hari pertama setelah melahirkan, mengandung antibodi yang melapisi saluran pencernaan bayi. Meskipun begitu, bidan tetap meminta semua bayi mendapat imunisasi rotavirus, virus penyebab diare berat, sesuai jadwal.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Alasan yang paling tepat mengapa imunisasi tetap diperlukan walaupun bayi mendapat ASI adalah ....

A. ASI memberi kekebalan aktif alami sehingga imunisasi hanya diperlukan bayi yang diberi susu formula

B. antibodi dari ASI memberi kekebalan pasif yang sementara, sedangkan imunisasi membentuk sel memori

C. antibodi dari ASI membentuk sel memori pada bayi, tetapi sel memori itu hanya melawan bakteri diare

D. imunisasi memberi kekebalan pasif karena vaksin berisi antibodi siap pakai yang lebih kuat dari ASI

E. antibodi dari ASI langsung dicerna enzim di lambung bayi sehingga sama sekali tidak memberi perlindungan

19. Pada 2027 terjadi kasus campak di sebuah SMA. Dua murid yang duduk sebangku dengan penderita, Raka dan Sinta, diperiksa kadar antibodi campaknya pada hari ke-3 dan ke-14 setelah kontak. IgM adalah antibodi yang dibentuk paling awal ketika tubuh pertama kali

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bertemu suatu antigen, sedangkan IgG terbentuk lebih lambat dan bertahan lama. Nilai 1,1 atau lebih dinyatakan positif. Raka kemudian demam dan muncul ruam, sedangkan Sinta tetap sehat.

Murid	IgM hari ke-3	IgM hari ke-14	IgG hari ke-3	IgG hari ke-14
Raka	0,4	6,8	0,3	2,9
Sinta	0,3	0,6	4,5	18,7

Data disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

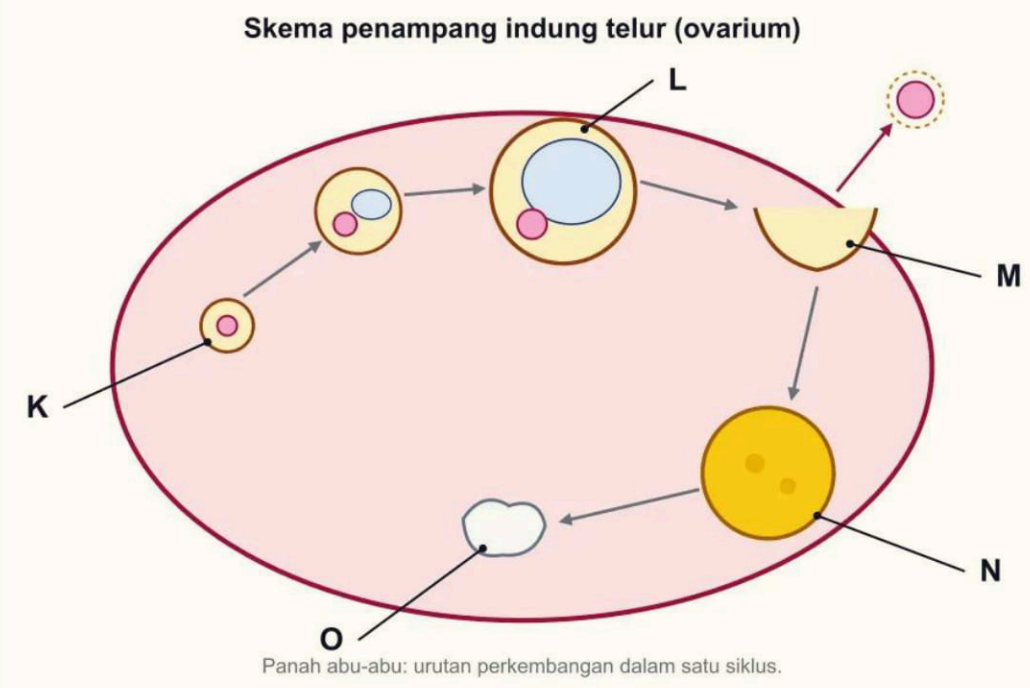
Penafsiran yang paling tepat berdasarkan data tersebut adalah ....

A. Sinta mengalami infeksi campak paling berat karena kadar antibodinya paling tinggi pada hari ke-14
B. Raka sudah kebal sejak awal karena IgM-nya meningkat tinggi sebelum gejala campaknya muncul
C. IgG Sinta pada hari ke-3 berasal dari ibunya sehingga Sinta mendapat kekebalan pasif alami
D. Raka pernah terpapar campak sebelumnya karena IgG-nya ikut naik menjadi positif pada hari ke-14
E. Sinta sudah memiliki sel memori campak sehingga IgG-nya cepat naik tinggi tanpa diawali IgM

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

20. Gambar menunjukkan skema penampang indung telur (ovarium) beserta urutan perkembangan folikel dalam satu siklus. Bu Fitri (30 tahun) mengalami keguguran dua kali, keduanya pada usia kehamilan sekitar 7 minggu. Pemeriksaan pada 2026 menunjukkan bahwa ovulasinya teratur, tetapi kadar progesteron dalam darahnya rendah pada paruh kedua siklus haid. Dokter menduga bagian yang terbentuk dari sisa folikel setelah sel telur dilepaskan tidak berfungsi dengan baik.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Bagian yang dimaksud dokter dan penjelasan yang paling tepat untuk keguguran Bu Fitri adalah ....



A. L, karena estrogen dari L mempertahankan dinding rahim sampai plasenta dapat menggantikannya
B. N, karena progesteron dari N memicu ovulasi berikutnya sehingga embrio baru dapat tertanam
C. O, karena bagian O menghasilkan progesteron selama kehamilan sampai bayi akhirnya dilahirkan
D. N, karena progesteron dari N mempertahankan dinding rahim yang tebal tempat embrio tertanam
E. K, karena folikel K yang masih kecil belum mampu menghasilkan sel telur yang dapat bertahan

21. Pada 2026, Bu Ayu terkena rubella (campak Jerman) saat usia kehamilannya 8 minggu, sedangkan Bu Tari terkena penyakit yang sama saat usia kehamilannya 32 minggu. Keduanya hanya mengalami demam ringan dan ruam selama beberapa hari. Dokter menjelaskan bahwa virus rubella dapat melewati plasenta pada kedua ibu, tetapi risiko bayi lahir dengan cacat bawaan, misalnya katarak, tuli, atau kelainan jantung, jauh lebih

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tinggi pada janin Bu Ayu.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan risiko tersebut adalah ....

A. pada minggu-minggu awal kehamilan organ janin sedang dibentuk sehingga gangguan virus membuatnya cacat
B. virus rubella hanya dapat melewati plasenta pada trimester pertama sehingga janin Bu Tari tidak terinfeksi
C. pada usia 8 minggu janin sudah membuat antibodi sendiri sehingga reaksi kekebalannya merusak organ janin
D. pada akhir kehamilan plasenta sudah sangat tebal sehingga virus tidak dapat lagi menembus plasenta itu
E. demam pada awal kehamilan jauh lebih tinggi sehingga suhu rahim naik dan merusak organ yang sudah jadi

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

22. Seorang murid ingin memanfaatkan air limbah rumah tangga untuk menyiram tanaman. Pada 2026 ia menyiapkan tiga pot cabai seperti pada gambar. Ketiga bibit seumur, tanahnya berasal dari karung yang sama, dan ketiga pot diletakkan berdampingan di halaman. Setiap pagi tiap pot disiram 200 mL air sesuai labelnya. Tinggi tanaman diukur pada minggu ke-4.

Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan rancangan dan hasil percobaan.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pertanyaan yang sesuai untuk diselidiki dengan rancangan ini adalah "Apakah volume air siraman memengaruhi tinggi tanaman cabai?"	○	○
Air sumur menjadi variabel bebas dalam percobaan ini karena tanaman yang disiram air sumur tumbuh paling pendek.	○	○
Hipotesis "Penyiraman dengan air kolam lele menghasilkan tanaman cabai yang lebih tinggi daripada penyiraman dengan air sumur" dapat diuji dengan rancangan ini.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Pada 2027, sekelompok murid membuat lotion pengusir nyamuk dengan mencampurkan ekstrak daun kemangi ke dalam lotion dasar tanpa pewangi. Mereka ingin mengetahui apakah ekstrak itu benar-benar mengurangi gigitan nyamuk dan seberapa baik kerjanya dibandingkan lotion antinyamuk pabrik. Guru mengingatkan bahwa lapisan lotion dasar yang kental mungkin sudah sedikit menghalangi nyamuk menggigit. Pengujian dilakukan dengan memasukkan lengan relawan ke kotak kasa berisi 30 nyamuk selama 5 menit, lalu menghitung gigitan.
Kasus disusun untuk latihan soal.

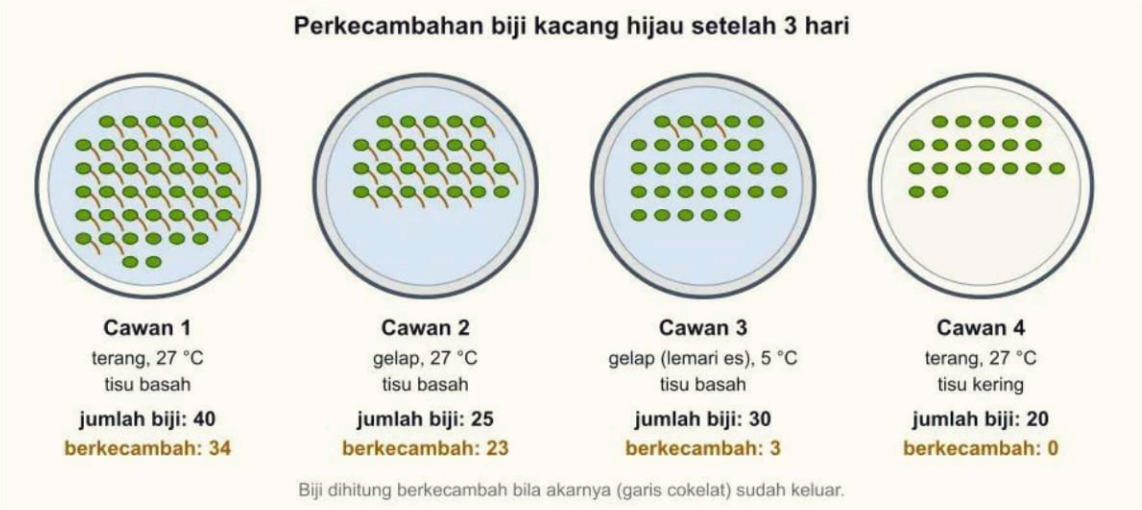
Rancangan kelompok uji yang paling tepat adalah ....

A. lotion kemangi, lotion pabrik, dan lengan tanpa olesan, tiap kelompok diuji pada relawan dan kotak yang berbeda
B. lotion kemangi berkadar ekstrak 5 %, 10 %, dan 15 %, diuji bergiliran pada lengan relawan yang sama di satu kotak
C. lotion kemangi, lotion dasar tanpa ekstrak, dan lotion pabrik, diuji bergiliran pada lengan relawan yang sama
D. lotion kemangi dan lotion pabrik saja, diuji bergiliran pada lengan relawan yang sama di satu kotak berisi nyamuk
E. lotion kemangi, lengan tanpa olesan, dan lotion pabrik, diuji bergiliran pada lengan relawan yang sama di satu kotak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

24. Seorang murid merendam biji kacang hijau semalam, lalu meletakkannya di atas tisu dalam empat cawan petri dengan perlakuan seperti pada gambar. Cawan 2 dan cawan 3 ditutup kotak karton sehingga gelap, dan cawan 3 disimpan di lemari es. Karena persediaan biji terbatas, jumlah biji di setiap cawan tidak sama. Setelah 3 hari, ia menghitung biji yang berkecambah.
Data disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang paling tepat berdasarkan data tersebut adalah ....



A. cawan 1 memberi hasil terbaik karena jumlah biji yang berkecambah di cawan itu paling banyak
B. persentase perkecambahan cawan 2 lebih tinggi daripada cawan 1 walaupun kecambahnya lebih sedikit
C. biji kacang hijau memerlukan cahaya untuk berkecambah karena cawan gelap berkecambah lebih sedikit
D. suhu rendah menghentikan perkecambahan sepenuhnya karena hanya sedikit biji di cawan 3 berkecambah
E. pengaruh suhu dapat diketahui dengan membandingkan cawan 3 dan 4 karena keduanya hanya sedikit berkecambah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

25. Pada 2026, Nanda ingin membuktikan bahwa masker medis menahan debu lebih baik daripada masker kain. Ia menyelipkan selembar tisu putih di balik masker. Pada hari Senin, Nanda memakai masker kain sambil berjalan kaki 2 jam di tepi jalan raya. Pada hari Kamis yang hujan sejak pagi, adiknya memakai masker medis di rute yang sama selama 2 jam. Tisu dari masker medis tampak lebih bersih, sehingga Nanda menyimpulkan bahwa masker medis lebih baik.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat untuk mengevaluasi percobaan Nanda adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Percobaan sudah adil karena kedua masker dipakai selama 2 jam di rute jalan raya yang sama persis.

☐ B. Hujan pada hari Kamis dapat mengurangi debu di udara sehingga kedua hasil tidak dapat dibandingkan.

☐ C. Kesimpulan sudah kuat karena perbedaan kebersihan tisu dapat terlihat dengan jelas tanpa alat ukur.

☐ D. Pemakai yang berbeda dapat bernapas dengan kuat dan cepat berbeda sehingga udara yang tersaring tidak sama.

☐ E. Hasil ini membuktikan bahwa masker medis pasti juga lebih baik dalam menahan virus daripada masker kain.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lembar jawaban

No	A	B	C	D	E
1	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○
3					
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8					
9					

No	A	B	C	D	E
10	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○
13	○	○	○	○	○
14	○	○	○	○	○
15					
16	○	○	○	○	○
17					
18	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
19	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○
21	○	○	○	○	○
22					
23	○	○	○	○	○
24	○	○	○	○	○
25					

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 3, 8, 9, 15, 17, 22, 25): jawab langsung pada soalnya.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya	1	___ / 1	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya	2	___ / 1	Ulangi hlm. 40
Sub bab 1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian	3, 4, 5	___ / 3	Ulangi hlm. 62
Sub bab 2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim	6	___ / 1	Ulangi hlm. 101
Sub bab 2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi	7, 8	___ / 2	Ulangi hlm. 120
Sub bab 2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis	9	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 3.1 · Sistem sirkulasi	10, 11	___ / 2	Ulangi hlm. 175
Sub bab 3.2 · Sistem respirasi	12	___ / 1	Ulangi hlm. 197
Sub bab 3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis	13	___ / 1	Ulangi hlm. 214
Sub bab 3.4 · Sistem saraf	14, 15	___ / 2	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.5 · Sistem hormon	16, 17	___ / 2	Ulangi hlm. 251
Sub bab 3.6 · Sistem imun	18, 19	___ / 2	Ulangi hlm. 274
Sub bab 3.7 · Sistem reproduksi	20, 21	___ / 2	Ulangi hlm. 293
Sub bab 4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis	22	___ / 1	Ulangi hlm. 331
Sub bab 4.2 · Merancang penyelidikan	23	___ / 1	Ulangi hlm. 347
Sub bab 4.3 · Mengolah dan menafsirkan data	24	___ / 1	Ulangi hlm. 363
Sub bab 4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode	25	___ / 1	Ulangi hlm. 379

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026

BIO-FIN4

Petunjuk

Jumlah soal: 25. Waktu: 60 menit.

Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 4 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio&node=BIO-FIN4

1. Pada 2026, petugas taman laut di sebuah pulau kecil di Nusa Tenggara menangkap nelayan yang memakai bom ikan dan potas (racun sianida). Ledakan bom menghancurkan karang menjadi pecahan, sedangkan potas yang disemprotkan ke celah karang membuat ikan pingsan dan karang di sekitarnya memutih lalu mati. Pada akhir 2027, penyelam mencatat bahwa jenis ikan karang di lokasi itu berkurang dari 64 jenis sebelum kerusakan menjadi 19 jenis, dan hamparan pecahan karang tertutup alga.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang tepat terkait kasus tersebut adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Kerusakan itu hanya menurunkan keanekaragaman tingkat gen karena jumlah ikan pada setiap jenis berkurang.

☐ B. Berkurangnya jenis ikan karang dari 64 menjadi 19 jenis menunjukkan keanekaragaman tingkat spesies turun.

☐ C. Karang yang mati akan segera diganti karang baru dalam beberapa bulan sehingga kerusakannya hanya sementara.

☐ D. Terumbu karang yang berubah menjadi hamparan pecahan karang beralga menunjukkan keragaman ekosistem turun.

☐ E. Menebar benih ikan karang saja sudah cukup memulihkan lokasi itu karena jumlah jenis ikan akan naik kembali.

2. Di kebun koleksi tanaman kering sebuah sekolah pada 2026, murid sulit membedakan kaktus pilar dan euforbia segitiga karena keduanya sama-sama berbatang hijau tebal, berduri, dan hampir tanpa daun. Namun, ketika batangnya dilukai, euforbia mengeluarkan getah putih seperti singkong dan karet, sedangkan kaktus tidak. Murid bertanya apakah kedua tumbuhan berduri itu berkerabat dekat. Guru lalu menunjukkan pohon kekerabatan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pada gambar, yang disusun dari perbandingan DNA.
Kasus disusun untuk latihan soal; pohon kekerabatan disederhanakan.

Kesimpulan yang paling tepat berdasarkan gambar dan pengamatan tersebut adalah ....

Pohon kekerabatan lima tumbuhan berdasarkan perbandingan DNA (disederhanakan)



Dua tumbuhan makin dekat kekerabatannya bila titik percabangan bersamanya makin dekat ke ujung cabang (makin ke kanan).

A. euforbia segitiga paling dekat dengan kaktus pilar karena bentuk batang keduanya hampir sama persis
B. kaktus pilar sama dekatnya dengan buah naga dan euforbia karena ketiganya tumbuh di tempat kering
C. singkong dan karet adalah leluhur ketiga tumbuhan lain karena letaknya paling bawah di pohon itu
D. euforbia lebih dekat dengan singkong, dan batang tebal berduri muncul terpisah pada dua kelompok
E. buah naga lebih dekat dengan euforbia segitiga karena keduanya sama-sama berbatang hijau berduri

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Pada 2026, kelompok wirausaha sebuah SMA di Bitung membuat nata de coco. Air kelapa disaring, direbus bersama gula, didinginkan, lalu diberi sedikit cuka dan biang yang berisi bakteri pembentuk nata. Wadah ditutup kertas koran yang berpori agar udara tetap dapat masuk, lalu didiamkan 8 hari. Di permukaan cairan terbentuk lapisan putih kenyal yang tersusun atas serat selulosa. Pada satu wadah yang tutupnya plastik dan diikat rapat sampai kedap udara, lapisan yang terbentuk sangat tipis.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat tentang hasil pada wadah yang ditutup rapat adalah ....

A. gula di dalam wadah menguap bersama air ketika ditutup rapat sehingga bakteri kekurangan makanan
B. bakteri pembentuk nata memerlukan oksigen untuk tumbuh dan mengubah gula menjadi serat selulosa
C. lapisan nata dibentuk oleh jamur dari udara luar yang tidak dapat masuk ke dalam wadah tertutup
D. cuka di dalam wadah tertutup menjadi terlalu asam sehingga bakteri di dalamnya mati sebelum tumbuh
E. serat selulosa hanya dapat dibentuk oleh makhluk berklorofil sehingga cahaya harus masuk ke wadah

4. Pada 2026, murid sebuah SMA mempelajari dua lereng di kaki gunung api. Lereng pertama dahulu tertutup endapan lahar panas yang mengeras menjadi batuan sehingga semua tumbuhan dan tanahnya hilang. Catatan pengamatan menunjukkan batuan itu mula-mula ditumbuhi bercak lumut kerak, lalu lumut, kemudian rumput dan paku, dan baru puluhan tahun kemudian semak serta pohon. Lereng kedua hanya mengalami kebakaran, tetapi tanahnya tetap ada; rumput dan semak tumbuh kembali dalam beberapa bulan.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat tentang perbedaan kedua lereng adalah ....

A. lereng lahar pulih lambat karena lumut kerak menghabiskan unsur hara sehingga rumput harus menunggu lama
B. lereng terbakar mengalami suksesi primer yang cepat karena abu kebakaran langsung menjadi tanah subur
C. kedua lereng mengalami suksesi sekunder, tetapi lereng lahar lambat karena batuannya masih sangat panas
D. pohon sulit tumbuh di lereng lahar karena bijinya tidak dapat terbawa angin atau hewan ke tempat itu
E. lereng lahar mengalami suksesi primer yang lambat karena tanah harus terbentuk lebih dulu dari batuan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Dua belas ekor rusa dilepas ke sebuah pulau kecil berpadang rumput yang tidak memiliki pemangsa rusa. Tidak ada rusa yang masuk atau keluar pulau. Petugas mencatat jumlah rusa dan persentase lahan yang masih tertutup rumput setiap awal tahun hingga 2026.

Tahun ke-	Jumlah rusa (ekor)	Tutupan rumput (%)
0	12	95
1	20	93
2	34	88
3	58	70
4	81	38
5	46	22
6	30	25

Data disusun untuk latihan soal.

Penjelasan yang paling tepat tentang perubahan populasi rusa dari tahun ke-4 sampai ke-6 adalah ....

A. pemangsa mulai datang ke pulau sehingga rusa yang mati menjadi lebih banyak daripada rusa yang lahir
B. rumput berkurang karena kemarau panjang sehingga rusa mati kekeringan walau jumlahnya masih wajar
C. jumlah rusa melampaui daya dukung pulau sehingga rumput habis dimakan dan rusa kekurangan makanan
D. jumlah rusa turun lebih dulu sehingga rumput tidak lagi dimakan, lalu tutupan rumput ikut berkurang
E. jumlah rusa pada tahun ke-6 sudah stabil sehingga populasi telah seimbang dengan daya dukung pulau

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Pada 2027, Raka (7 tahun) dibawa ke IGD karena demam 41,8 °C. Dokter segera menurunkan suhunya dengan kompres dan obat penurun panas. Dokter menjelaskan bahwa suhu tubuh di atas sekitar 41 °C berbahaya karena banyak enzim di dalam sel, termasuk sel otak, mulai berubah bentuk sehingga tidak dapat bekerja. Sebaliknya, pada operasi jantung tertentu suhu tubuh pasien sengaja diturunkan hingga sekitar 30 °C agar kebutuhan oksigen sel berkurang, lalu dinaikkan kembali setelah operasi tanpa merusak sel.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan kasus tersebut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Enzim tubuh bekerja paling cepat pada suhu 41,8 °C karena makin tinggi suhu, makin sering enzim bertemu substratnya.	○	○
Pada suhu yang sangat tinggi, bentuk sisi aktif enzim berubah sehingga substrat tidak lagi cocok dan reaksi melambat.	○	○
Suhu rendah saat operasi memperlambat kerja enzim, tetapi enzim dapat bekerja normal lagi setelah suhu tubuh dinaikkan.	○	○

7. Pada 2026, Dimas tersesat di hutan pegunungan selama lima hari dan hanya minum air sungai. Setelah ditemukan, berat badannya turun 4 kg dan otot lengannya tampak mengecil. Dokter menjelaskan bahwa cadangan glikogen di hati dan otot biasanya habis dalam satu sampai dua hari tanpa makan. Setelah itu tubuh menguraikan cadangan lemak dan sebagian protein otot, lalu hasil uraiannya dipakai sel untuk membentuk ATP sehingga Dimas tetap dapat berjalan walaupun lemas.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat tentang cara sel Dimas membentuk ATP dari cadangan lemak adalah ....

A. asam lemak dipecah menjadi asetil KoA yang masuk siklus Krebs, lalu transpor elektron menghasilkan ATP
B. lemak seluruhnya diubah dahulu menjadi glukosa, lalu glukosa itu difermentasi di otot untuk membentuk ATP
C. protein otot diubah langsung menjadi ATP tanpa melalui jalur respirasi sehingga otot lengannya mengecil
D. asam lemak masuk ke glikolisis di sitoplasma menggantikan glukosa sehingga ATP hanya dihasilkan glikolisis
E. sel berhenti memakai oksigen ketika menguraikan lemak sehingga ATP dihasilkan melalui respirasi anaerob

8. Seorang murid melakukan percobaan seperti pada gambar. Biru metilena adalah zat warna biru yang berubah menjadi tidak berwarna bila menerima hidrogen (bersama elektronnya), dan kembali biru bila bertemu oksigen. Ragi untuk tabung 2 direbus selama 10 menit lalu didinginkan lebih dulu. Setiap tabung ditutup lapisan minyak tipis agar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

oksigen dari udara tidak masuk. Ketiga tabung diletakkan bersama di penangas air bersuhu 35 °C dan diamati setelah 20 menit.
Data disusun untuk latihan soal.

Kesimpulan yang paling tepat dari hasil percobaan adalah ....

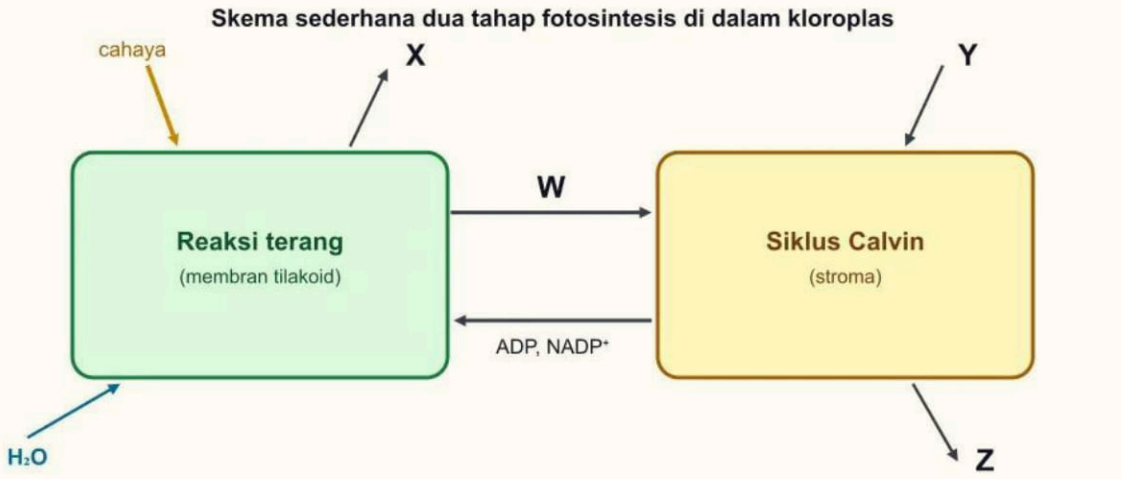


A. gula bereaksi langsung dengan biru metilena pada suhu 35 °C sehingga warna birunya hilang tanpa ragi
B. sel ragi menyerap zat warna biru metilena ke dalam selnya sebagai makanan sehingga cairan menjadi pudar
C. ragi yang direbus tetap hidup, tetapi tidak dapat bernapas pada suhu 35 °C sehingga warnanya tetap biru
D. hanya ragi hidup yang dapat menguraikan gula dan melepas hidrogen sehingga biru metilena menjadi pudar
E. ragi hidup menghasilkan oksigen yang memudarkan biru metilena sehingga tabung itu menjadi tidak berwarna

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

9. Gambar menunjukkan skema sederhana dua tahap fotosintesis. Huruf W, X, Y, dan Z mewakili zat yang dihasilkan atau diperlukan pada setiap tahap. Seorang peneliti menyinari tanaman muda dengan lampu terang, lalu mengalirkan udara yang sudah dihilangkan karbon dioksidanya ke dalam ruang kaca tertutup tempat tanaman itu berada. Sebelum perlakuan, tanaman itu berfotosintesis dengan laju yang tetap. Suhu, air, dan cahaya dijaga sama seperti sebelumnya.
Kasus disusun untuk latihan soal.

Perubahan yang paling mungkin terjadi di dalam kloroplas beberapa saat setelah perlakuan tersebut adalah ....



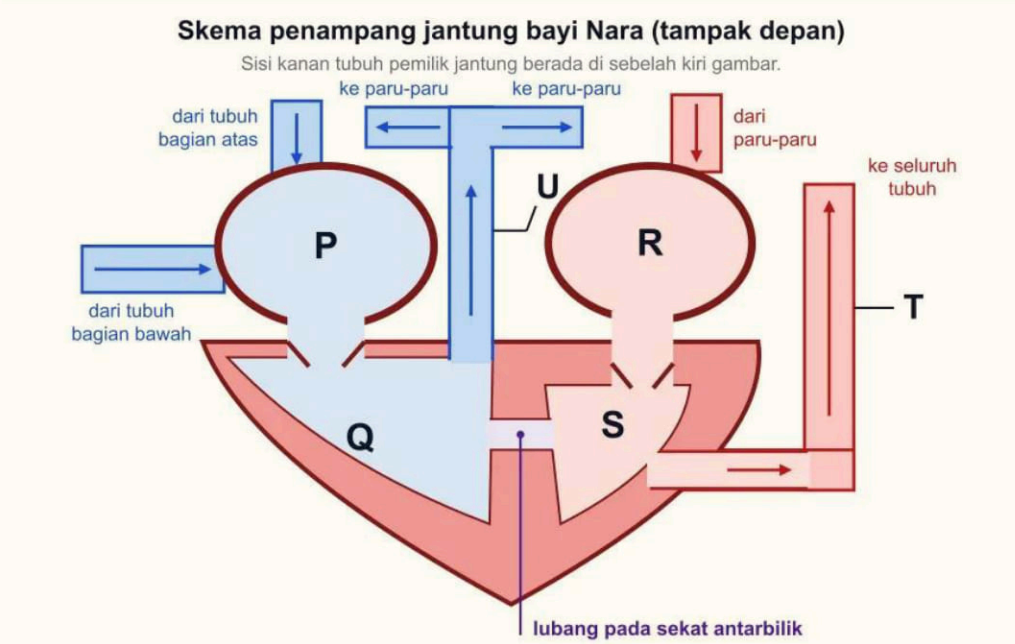
X keluar dari daun melalui stomata; Y masuk ke daun dari udara melalui stomata; Z diangkut ke bagian tumbuhan lain atau disimpan sebagai pati.

A. reaksi terang langsung berhenti karena Y diperlukan untuk memecah air sehingga X tidak lagi terbentuk
B. Z tetap terbentuk dari W saja karena cahaya masih cukup terang, sedangkan pelepasan X saja yang berkurang
C. X tetap dilepaskan dalam jumlah sama karena reaksi terang tidak bergantung pada kerja siklus Calvin
D. W tidak terbentuk lagi karena Y merupakan bahan pembuat W, sedangkan Z tetap dihasilkan siklus Calvin
E. Z tidak terbentuk dan W menumpuk karena tidak terpakai sehingga reaksi terang melambat dan X berkurang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Gambar menunjukkan skema jantung Nara (4 bulan) yang memiliki lubang pada sekat antara bilik kanan dan bilik kiri. Bibir dan kulit Nara tetap merah muda. Namun, setiap kali menyusu ia cepat lelah, napasnya cepat, dan dahinya berkeringat, sehingga berat badannya sulit naik. Dokter menjelaskan bahwa saat kedua bilik berkontraksi, tekanan darah di bilik kiri jauh lebih tinggi daripada tekanan di bilik kanan.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Arah aliran darah melalui lubang tersebut beserta akibatnya yang paling tepat adalah ....



A. dari Q ke S, sehingga darah miskin O_2 ikut dipompa melalui T ke seluruh tubuh dan bibir menjadi biru

B. dari S ke Q, sehingga darah kaya O_2 dipompa lagi melalui U ke paru dan jantung bekerja lebih berat

C. dari S ke Q, sehingga darah di U menjadi lebih miskin O_2 dan paru harus menyerap O_2 lebih banyak

D. dari P ke R, sehingga darah dari tubuh langsung masuk ke sisi kiri jantung tanpa melewati paru-paru

E. bolak-balik antara Q dan S dalam jumlah sama, sehingga kadar O_2 darah di T dan U menjadi sama besar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

11. Pada pemeriksaan kesehatan atlet tahun 2026, denyut jantung istirahat Galang, pendayung yang berlatih rutin selama lima tahun, adalah 52 kali per menit. Temannya, Yudi, yang jarang berolahraga, memiliki denyut istirahat 75 kali per menit. Tinggi dan berat badan keduanya hampir sama, dan jumlah darah yang dipompa jantung setiap menit saat istirahat juga hampir sama, sekitar 5 liter. Yudi khawatir bahwa denyut Galang yang lambat menandakan jantungnya lemah.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan denyut jantung keduanya adalah ....

A. tubuh Galang yang terlatih memerlukan oksigen jauh lebih sedikit sehingga darah yang dipompa per menit kecil
B. jantung Galang melemah akibat latihan berat sehingga tidak mampu lagi berdenyut cepat saat beristirahat
C. jantung Galang memompa lebih banyak darah pada setiap denyut sehingga denyut yang jarang sudah mencukupi
D. pembuluh darah Galang menyempit akibat latihan sehingga darah mengalir lebih cepat walau denyutnya jarang
E. darah Galang lebih kental karena banyak sel darah merah sehingga jantung terpaksa berdenyut lebih lambat

12. Pada malam libur akhir tahun 2026, Pak Hasan dan anaknya tidur di dalam mobil di area istirahat jalan tol dengan mesin tetap menyala agar AC hidup. Ternyata knalpot mobil bocor sehingga gas buang masuk ke kabin. Pagi harinya keduanya ditemukan lemas, pusing berat, dan sulit dibangunkan. Di rumah sakit, napas keduanya teratur dan paru-parunya bersih, tetapi sebagian besar hemoglobin mereka terikat karbon monoksida (CO). Dokter segera memberi oksigen murni melalui masker.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk gejala yang dialami Pak Hasan dan anaknya adalah ....

A. CO berikatan dengan hemoglobin lebih kuat daripada O_2 sehingga O_2 yang diangkut ke jaringan berkurang
B. CO merusak dinding alveolus sehingga O_2 tidak dapat berdifusi dari paru-paru ke dalam pembuluh kapiler darah
C. CO menghentikan gerak otot diafragma sehingga udara tidak dapat masuk dan keluar dari paru-paru
D. CO mengurangi jumlah sel darah merah dengan cepat sehingga darah kekurangan hemoglobin pengangkut
E. CO bereaksi dengan O_2 di udara kabin sehingga udara yang dihirup hampir tidak mengandung oksigen

13. Pada praktikum 2026 di laboratorium sekolah, murid menguji tiga contoh urine buatan yang meniru urine tiga pasien dengan pereaksi Benedict dan biuret. Hasilnya ditunjukkan pada gambar. Guru mengingatkan bahwa glomerulus menyaring darah: air, garam, glukosa, dan urea ikut tersaring, sedangkan sel darah dan protein yang berukuran besar tertahan.

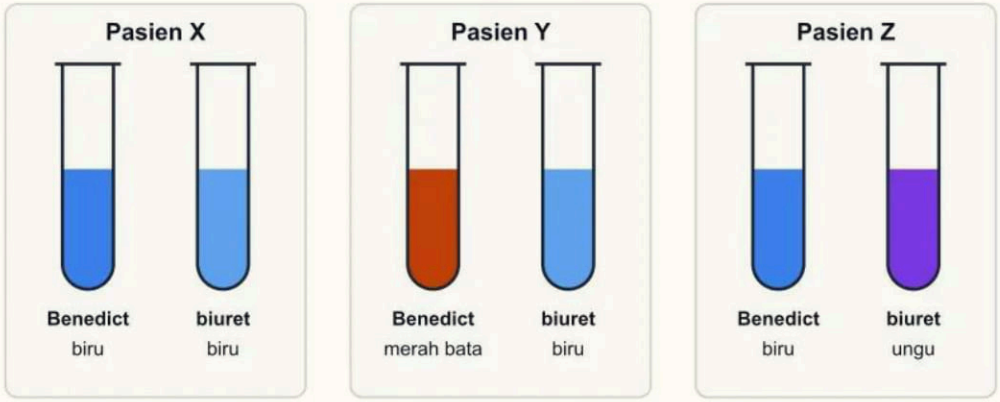
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sebagian besar zat yang berguna dalam filtrat kemudian diserap kembali oleh tubulus.
Data disusun untuk latihan soal.

Pernyataan yang paling tepat berdasarkan hasil uji tersebut adalah ....

Hasil uji urine tiga pasien

Uji Benedict (dipanaskan): biru = tidak ada glukosa; hijau, kuning, sampai merah bata = ada glukosa.
Uji biuret: biru = tidak ada protein; ungu = ada protein.



Setiap tabung berisi 2 mL urine dan 1 mL pereaksi.

A. urine Y mengandung protein karena tubulus Y gagal menyerap kembali protein yang biasanya ikut tersaring
B. urine Z mengandung glukosa karena glomerulus Z rusak sehingga glukosa tidak lagi dapat tersaring
C. urine X tidak normal karena tidak mengandung glukosa dan protein yang seharusnya ada di urine sehat
D. urine Y mengandung glukosa karena glomerulus Y bocor sehingga glukosa yang biasanya tertahan ikut keluar
E. urine Z mengandung protein sehingga kemungkinan penyaringan glomerulus Z rusak dan meloloskan protein

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

14. Pada 2026, Nanda berlari ke kantin agar tidak kehabisan makanan, lalu makan siang dengan porsi besar. Setengah jam kemudian ia duduk santai di kelas. Ia merasa mengantuk, perutnya berbunyi karena usus bergerak aktif, air liurnya banyak, dan denyut nadinya lebih pelan daripada saat ia berlari ke kantin. Guru menjelaskan bahwa kerja jantung, kelenjar ludah, dan usus diatur oleh sistem saraf otonom yang bekerja tanpa disadari. *Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.*

Pernyataan yang tepat terkait keadaan Nanda adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Saraf parasimpatis yang dominan setelah makan meningkatkan gerak usus dan pengeluaran air liur.

☐ B. Saraf simpatis yang dominan setelah makan memperlambat denyut jantung agar darah mengalir ke usus.

☐ C. Saat Nanda berlari ke kantin, saraf simpatis lebih dominan sehingga denyut jantungnya menjadi cepat.

☐ D. Gerak usus dan denyut jantung Nanda dapat diatur sesuai kehendaknya karena dikendalikan otak besar.

☐ E. Saraf simpatis dan parasimpatis bekerja berlawanan pada organ yang sama, misalnya jantung dan usus.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

15. Pada praktikum sistem saraf 2026, murid melakukan uji dua titik seperti pada gambar di empat bagian kulit. Kulit memiliki banyak reseptor sentuhan yang tersebar dengan kerapatan berbeda. Dua sentuhan hanya dapat dirasakan sebagai dua titik terpisah bila keduanya merangsang reseptor yang berbeda dan impulsnya dikirim ke otak melalui jalur saraf yang terpisah. Setiap bagian kulit diuji tiga kali pada setiap murid, dan hasil rerata lima murid ditunjukkan pada gambar.
Data disusun untuk latihan soal.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan hasil uji tersebut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Reseptor sentuhan paling rapat terdapat di ujung jari karena jarak dua titik yang masih dapat dibedakan di sana paling kecil.	○	○
Telapak tangan lebih peka untuk membedakan dua sentuhan daripada punggung tangan karena jarak dua titiknya lebih kecil.	○	○
Pada lengan bawah, dua ujung jangka yang berjarak 20 mm akan terasa sebagai dua titik karena jaraknya melebihi hasil telapak.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Bima (9 tahun) jauh lebih pendek daripada teman-teman sekelasnya, tetapi bentuk tubuhnya proporsional dan kecerdasannya normal. Pada 2026, pemeriksaan menunjukkan kadar hormon pertumbuhan dari kelenjar hipofisisnya rendah, sedangkan hormon tiroidnya normal. Foto rontgen tangan memperlihatkan lempeng pertumbuhan (cakram epifisis) di ujung tulang panjangnya masih terbuka. Dokter menyarankan terapi suntikan hormon pertumbuhan segera, dan menjelaskan bahwa terapi yang sama pada orang dewasa tidak akan menambah tinggi badan.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Alasan yang paling tepat untuk penjelasan dokter tersebut adalah ....

A. hormon pertumbuhan hanya dibuat hipofisis anak-anak sehingga sel orang dewasa tidak dapat menanggapinya
B. tiroksin Bima yang normal akan menggantikan kerja hormon pertumbuhan bila terapinya ditunda sampai dewasa
C. hormon pertumbuhan yang disuntikkan pada orang dewasa dicerna enzim sehingga tidak dapat mencapai tulang
D. pemanjangan tulang terjadi di lempeng pertumbuhan yang masih terbuka, sedangkan pada orang dewasa sudah menutup
E. sel-sel tubuh orang dewasa sudah berhenti membelah sehingga hormon pertumbuhan tidak lagi berpengaruh sama sekali

17. Pak Lukas menderita diabetes tipe 1 sejak remaja karena pankreasnya tidak lagi menghasilkan insulin. Setiap hari ia harus menyuntikkan insulin sebelum makan. Pada 2027 ia bertanya kepada apoteker mengapa insulin tidak dibuat dalam bentuk tablet, seperti obat diabetes milik tetangganya. Apoteker menjelaskan bahwa insulin adalah hormon yang tersusun atas rantai asam amino (protein), sedangkan tablet milik tetangganya bukan protein dan bekerja dengan cara lain.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Alasan yang paling tepat mengapa insulin tidak diberikan dalam bentuk tablet yang ditelan adalah ....

A. insulin dalam tablet akan langsung menaikkan kadar gula darah karena terserap bersama makanan
B. insulin akan diuraikan enzim pencerna protein di lambung dan usus sebelum sempat masuk ke darah
C. insulin hanya bekerja di otot tempat suntikan sehingga tidak berguna bila beredar di dalam darah
D. insulin dalam tablet akan dikeluarkan ginjal bersama urine sebelum mencapai hati dan sel otot
E. asam lambung mengubah insulin menjadi glukosa sehingga kadar gula darah justru meningkat tajam

18. Sebelum mulai bekerja pada 2026, Rina, petugas laboratorium baru di sebuah rumah sakit, mendapat vaksin hepatitis B sebanyak tiga dosis: bulan ke-0, bulan ke-1, dan bulan ke-6. Ia

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bertanya mengapa vaksin itu tidak cukup diberikan satu kali saja. Petugas menunjukkan catatan pemeriksaan rekan kerjanya: satu bulan setelah dosis pertama kadar antibodinya masih rendah, sedangkan setelah dosis ketiga kadar antibodinya jauh lebih tinggi dan tetap terdeteksi selama bertahun-tahun.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk pemberian vaksin berulang tersebut adalah ....

A. dosis pertama belum diserap tubuh sehingga hanya antigen dari dosis kedua dan ketiga yang bekerja
B. setiap dosis berisi antibodi siap pakai sehingga makin banyak dosis, makin banyak antibodi tersimpan
C. dosis berikutnya memicu respons sekunder yang lebih cepat dan kuat serta menambah sel memori
D. antibodi dari dosis pertama menghancurkan antigen dosis kedua sehingga respons tubuh menjadi lemah
E. vaksin berulang diperlukan karena virus hepatitis B menjadi kebal terhadap dosis vaksin sebelumnya

19. Saat berkemah di tepi hutan pada 2026, lengan Sinta digigit nyamuk. Ketika mengisap darah, nyamuk menyuntikkan air liur yang mengandung zat asing ke dalam kulit. Beberapa menit kemudian muncul bentol kemerahan yang terasa hangat dan gatal di tempat gigitan. Sel-sel di kulit sekitar gigitan melepaskan histamin, zat yang membuat pembuluh darah kecil melebar dan dindingnya lebih mudah dilalui cairan. Setelah diberi obat antihistamin, bentol dan gatalnya berkurang.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan kasus tersebut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pelebaran pembuluh darah di sekitar gigitan membuat lebih banyak darah mengalir ke sana sehingga kulit merah dan hangat.	○	○
Bentol muncul karena antibodi khusus terhadap air liur nyamuk dibentuk untuk pertama kalinya dalam beberapa menit.	○	○
Cairan yang keluar dari pembuluh yang dindingnya lebih mudah dilalui membuat kulit di sekitar gigitan membengkak.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

20. Bu Ratna (52 tahun) sudah 14 bulan tidak haid dan sering merasa panas tiba-tiba di wajah serta dada. Hasil pemeriksaan darahnya pada 2026 menunjukkan kadar FSH jauh di atas kadar wanita usia subur, sedangkan kadar estrogennya sangat rendah. Pemeriksaan USG memperlihatkan hampir tidak ada folikel di kedua ovariumnya. Dokter menyatakan bahwa Bu Ratna telah mengalami menopause dan kelenjar hipofisisnya bekerja normal.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Penjelasan yang paling tepat untuk kadar FSH yang tinggi, tetapi estrogen rendah, pada Bu Ratna adalah ....

A. hipofisis menghasilkan FSH berlebih sehingga folikel cepat habis dan ovarium berhenti membuat estrogen
B. FSH yang tinggi menghambat ovarium membuat estrogen sehingga haid berhenti dan muncul rasa panas
C. estrogen yang rendah membuat hipofisis berhenti membuat LH sehingga FSH yang dibuat ikut menumpuk
D. rahim berhenti menanggapi estrogen sehingga ovarium membuat FSH lebih banyak untuk memicu haid
E. folikel di ovarium hampir habis sehingga estrogen sedikit dan hambatannya pada hipofisis berkurang

21. Bu Sari (38 tahun) dan suaminya, Pak Bagas (45 tahun), berencana memiliki anak kedua pada 2027. Dokter menjelaskan bahwa jumlah folikel di ovarium Bu Sari sudah jauh berkurang dibandingkan ketika ia remaja, dan peluang hamil pada setiap siklus menurun seiring bertambahnya usia. Sebaliknya, Pak Bagas masih menghasilkan jutaan sperma setiap hari, walaupun mutu spermanya juga perlahan menurun. Dokter menyarankan keduanya menjaga kesehatan dan tidak menunda terlalu lama.
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut berdasarkan kasus tersebut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Ovarium Bu Sari masih membentuk oosit baru setiap bulan sehingga cadangan folikelnya dapat bertambah kembali.	○	○
Perbedaan keduanya terjadi karena pembelahan meiosis hanya berlangsung pada pembentukan sperma, tidak pada sel telur.	○	○
Sel induk sperma di testis Pak Bagas terus membelah sejak pubertas sehingga sperma tetap dibentuk walau usianya bertambah.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

22. Pada suatu hari cerah di bulan Mei 2026, murid mengamati sepetak taman sekolah setiap dua jam. Pada setiap waktu pengamatan mereka mengukur suhu udara, menghitung bunga yang sedang mekar, dan menghitung kupu-kupu yang hinggap selama 10 menit.

Pukul	Suhu udara (°C)	Bunga mekar	Kupu-kupu
07.00	24	12	3
09.00	27	30	14
11.00	31	34	22
13.00	33	31	15
15.00	30	18	6

Data disusun untuk latihan soal.

Rumusan pertanyaan penyelidikan yang paling sesuai dengan data yang dikumpulkan murid adalah ....

A. Apakah jumlah kupu-kupu yang hinggap di taman berkaitan dengan suhu udara dan jumlah bunga mekar?
B. Apakah kenaikan suhu udara membuat kupu-kupu lebih giat mengisap nektar dari bunga di taman sekolah?
C. Apakah kupu-kupu lebih menyukai bunga berwarna cerah daripada bunga berwarna pucat di taman sekolah?
D. Apakah jumlah bunga yang mekar di taman sekolah bergantung pada jumlah kupu-kupu yang hinggap di sana?
E. Mengapa kupu-kupu yang hinggap di taman paling banyak pada pukul 11.00 dan paling sedikit pukul 07.00?

23. Seorang murid ingin mengetahui pengaruh lama perendaman benih padi terhadap persentase benih yang berkecambah setelah 5 hari. Benih diambil dari satu karung yang sama, direndam dalam air sumur, lalu disemai di nampan berisi kertas basah. Rancangannya sebagai berikut.

Kelompok	Lama perendaman (jam)	Jumlah benih	Tempat semai	Suhu tempat semai (°C)
P	0	50	ruang laboratorium	27
Q	6	50	ruang laboratorium	27
R	12	50	ruang laboratorium	27
S	24	50	teras terkena matahari	34

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Data disusun untuk latihan soal.

Perbaikan rancangan yang paling tepat agar perbandingan keempat kelompok adil adalah ....

A. menambah jumlah benih kelompok S menjadi 100 butir karena benih kelompok itu direndam paling lama
B. menyemai benih kelompok S di ruang laboratorium bersuhu 27 °C seperti ketiga kelompok yang lain
C. menghapus kelompok P karena benih yang tidak direndam tidak dapat dibandingkan dengan kelompok lain
D. merendam benih semua kelompok selama 24 jam agar perlakuan keempat kelompok benar-benar sama
E. mengganti air sumur dengan air hujan untuk semua kelompok supaya air rendaman benih lebih bersih

24. Pada musim hujan 2026, murid menghitung jentik nyamuk di dua tempayan air di setiap rumah dari lima rumah: satu tempayan bertutup dan satu tempayan terbuka. Jentik dihitung seminggu sekali selama empat minggu, lalu air tempayan diganti. Tabel menunjukkan jumlah jentik dari empat kali penghitungan. Belakangan diketahui bahwa tutup tempayan di rumah 4 retak.

Rumah	Tempayan bertutup	Tempayan terbuka
1	0	46
2	2	38
3	0	55
4	21	41
5	1	50

Data disusun untuk latihan soal.

Pengolahan dan penafsiran data yang paling tepat adalah ....

A. rata-rata tempayan bertutup 4,8 jentik sehingga tutup tempayan hanya sedikit mengurangi jumlah jentik
B. rumah 4 menunjukkan bahwa tutup tempayan tidak berguna sehingga data keempat rumah lain perlu diulang
C. tempayan terbuka di rumah 3 berisi jentik terbanyak sehingga rumah 3 paling kotor di antara lima rumah
D. rata-rata tempayan terbuka 46 jentik, sedangkan tempayan bertutup yang utuh rata-rata kurang dari 1
E. rata-rata tempayan bertutup tanpa rumah 4 adalah 3 jentik, sehingga jauh lebih sedikit daripada terbuka

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

25. Untuk lomba karya ilmiah 2026, Fikri ingin menguji minyak serai sebagai pengusir nyamuk. Pada malam pertama ia tidur di kamarnya tanpa minyak serai dan esok paginya menghitung 9 bekas gigitan nyamuk. Pada malam kedua ia mengoleskan minyak serai di lengan dan kakinya, lalu tidur di kamar yang sama dan mendapat 2 bekas gigitan. Malam pertama cuaca cerah, sedangkan malam kedua hujan deras. Fikri menyimpulkan, "Minyak serai terbukti ampuh mengusir nyamuk."
Kasus disusun untuk latihan soal; tokoh fiktif.

Pernyataan yang tepat untuk menilai penyelidikan Fikri adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Kesimpulan Fikri sudah kuat karena jumlah gigitan turun lebih dari separuh setelah ia memakai minyak serai.

☐ B. Perbedaan cuaca kedua malam dapat ikut memengaruhi jumlah nyamuk sehingga hasilnya belum pasti karena serai.

☐ C. Satu malam untuk setiap keadaan tanpa ulangan belum cukup untuk menyimpulkan bahwa serai mengusir nyamuk.

☐ D. Data Fikri membuktikan bahwa minyak serai membunuh nyamuk di dalam kamar sebelum nyamuk sempat menggigit.

☐ E. Kesimpulan yang sesuai data adalah gigitan yang ia alami lebih sedikit pada malam ia memakai minyak serai.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lembar jawaban

No	A	B	C	D	E
1					
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○
6					
7	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
10	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○
13	○	○	○	○	○
14					
15					
16	○	○	○	○	○
17	○	○	○	○	○
18	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
19					
20	○	○	○	○	○
21					
22	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○
24	○	○	○	○	○
25					

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 1, 6, 14, 15, 19, 21, 25): jawab langsung pada soalnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya	1	___ / 1	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.2 · Prinsip klasifikasi dan kunci determinasi	2	___ / 1	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya	3	___ / 1	Ulangi hlm. 40
Sub bab 1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian	4, 5	___ / 2	Ulangi hlm. 62
Sub bab 2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim	6	___ / 1	Ulangi hlm. 101
Sub bab 2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi	7, 8	___ / 2	Ulangi hlm. 120
Sub bab 2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis	9	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 3.1 · Sistem sirkulasi	10, 11	___ / 2	Ulangi hlm. 175
Sub bab 3.2 · Sistem respirasi	12	___ / 1	Ulangi hlm. 197
Sub bab 3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis	13	___ / 1	Ulangi hlm. 214
Sub bab 3.4 · Sistem saraf	14, 15	___ / 2	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.5 · Sistem hormon	16, 17	___ / 2	Ulangi hlm. 251
Sub bab 3.6 · Sistem imun	18, 19	___ / 2	Ulangi hlm. 274
Sub bab 3.7 · Sistem reproduksi	20, 21	___ / 2	Ulangi hlm. 293
Sub bab 4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis	22	___ / 1	Ulangi hlm. 331
Sub bab 4.2 · Merancang penyelidikan	23	___ / 1	Ulangi hlm. 347
Sub bab 4.3 · Mengolah dan menafsirkan data	24	___ / 1	Ulangi hlm. 363
Sub bab 4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode	25	___ / 1	Ulangi hlm. 379

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian D · Kunci dan Pembahasan

Urutan sama dengan buku. Setiap pembahasan memuat konsep, langkah, dan alasan tiap pilihan. Baca pembahasan soal yang kamu jawab salah — dan juga yang kamu jawab benar tetapi menebak.

Latihan sub bab 1.1

No. 1 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: keanekaragaman hayati dipelajari pada tiga tingkat. **Tingkat ekosistem** adalah variasi tipe lingkungan beserta komunitasnya. **Tingkat spesies** adalah variasi jenis makhluk hidup di suatu tempat. **Tingkat gen** adalah variasi sifat bawaan di dalam satu spesies. Populasi yang tinggal sedikit individu hanya membawa sebagian kecil alel yang dulu dimiliki seluruh populasi, sehingga keragaman gennya turun.

Pernyataan 1 — Benar. Di sebagian besar lahan, hutan rawa gambut dengan komunitasnya yang kaya hilang dan diganti hamparan pakis dan semak dari sedikit jenis. Tipe lingkungan beserta komunitasnya berubah → kerusakan terjadi pada tingkat ekosistem.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan tertukar tingkat: betok, gabus, dan sepat adalah **jenis (spesies) yang berbeda**. Hilangnya beberapa jenis ikan berarti keanekaragaman tingkat spesies berkurang. Masih adanya gabus tidak mengubah hal itu.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan: spesies yang belum punah belum tentu keragaman gennya utuh. Dari pohon yang dulu tersebar luas kini tinggal belasan batang di satu petak → banyak alel ikut hilang bersama pohon yang terbakar, sehingga keragaman gen jelutung turun.
Cek ulang: ketiga tingkat saling terkait. Ekosistem yang rusak membuat spesies hilang, dan spesies yang tinggal sedikit kehilangan sebagian keragaman gennya.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 2 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: upaya pelestarian yang baik **menyasar penyebab** ancaman. **Pelestarian in situ** dilakukan di habitat asli (misalnya kawasan konservasi pantai), sedangkan **pelestarian ex situ** dilakukan di luar habitat asli atau dengan bantuan manusia di luar keadaan alaminya (penangkaran, penetasan telur yang dijaga, kebun binatang). Hewan yang lambat dewasa memperlihatkan dampak gangguan setelah jeda waktu yang panjang.

Langkah 1 – Kenali tiga ancaman. Telur diambil (perburuan), lampu menyesatkan tukik (gangguan habitat), sampah plastik termakan penyu di laut (pencemaran).
Langkah 2 – Cocokkan upaya dengan penyebabnya. Tukik menuju laut dengan mengikuti arah yang paling terang; lampu di darat membuatnya salah arah. Mematikan atau menutup lampu menghilangkan penyebab itu.
Langkah 3 – Gunakan data umur dewasa. Telur yang hilang pada 2026 adalah calon induk yang baru akan bertelur puluhan tahun lagi, sehingga penurunan induk baru tampak kemudian.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan konsep tertukar: in situ berarti di habitat aslinya, bukan "di negara yang sama". Kebun binatang adalah ex situ.
• Pernyataan 2 ✓ — Upaya ini langsung menghapus penyebab tukik salah arah.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan menyederhanakan: tukik yang tersesat ke darat mati kelelahan atau

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dimangsa, dan plastik yang termakan dapat membunuh penyu. Tiga ancaman itu harus ditangani bersama.
• Pernyataan 4 ✓ — Penetasan telur di penangkaran di luar habitat aslinya termasuk ex situ; tukiknya lalu dikembalikan ke alam.
• Pernyataan 5 ✓ — Menghubungkan data "baru dewasa setelah puluhan tahun" dengan waktu munculnya dampak.

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

Latihan sub bab 1.2

No. 1 Kunci: C

Konsep: pengelompokan tumbuhan memakai ciri tetap yang dapat diamati, bukan tempat tumbuh atau nama sehari-hari. Tabel memakai tiga ciri berurutan: ada tidaknya **pembuluh angkut**, berkembang biak dengan **spora atau biji**, dan apakah biji berada **di dalam bakal buah** (berbiji tertutup) atau tidak (berbiji terbuka).

Langkah 1 – K. Berpembuluh angkut dan berspora → **paku**. Tempat tumbuh yang lembap tidak dipakai sebagai dasar; lumut tidak berpembuluh angkut.
Langkah 2 – L. Melinjo berbiji. Kulit merahnya bukan dinding bakal buah, jadi bijinya tidak terbungkus bakal buah → **berbiji terbuka**.
Langkah 3 – M. Berbunga dan bijinya berada di dalam polong (buah dari bakal buah) → **berbiji tertutup**.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tempat tumbuh: K dianggap lumut karena hidup di tembok lembap, dan L dianggap berbiji tertutup karena disebut "buah".
• B ✗ — Jebakan tertukar: L dan M dibalik.
• C ✓ — Sesuai ketiga ciri pada tabel.
• D ✗ — K memiliki pembuluh angkut, jadi bukan lumut.
• E ✗ — Jebakan nama sehari-hari: "buah melinjo" sebenarnya biji berkulit, bukan buah sejati.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: makhluk hidup dikelompokkan berdasarkan **persamaan ciri penting** (susunan tubuh, anatomi, perkembangan), bukan berdasarkan habitat, kegunaan, atau kesan luar. Makin rendah takson yang dimiliki bersama, makin dekat kekerabatannya. Dua hewan dalam satu filum lebih dekat kekerabatannya daripada dua hewan dari filum yang berbeda.

Pernyataan 1 — Benar. Cangkang cumi-cumi tidak tampak dari luar, tetapi susunan dasar tubuhnya sama dengan kerang: lunak, tidak beruas, dan berselubung mantel yang membentuk cangkang (pada cumi-cumi cangkangnya tipis di dalam). Ciri penting inilah yang dipakai, bukan tampilan luar.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan dasar pengelompokan: habitat (dasar laut) dan manfaat (bahan pangan) tidak dipakai dalam klasifikasi. "Bertubuh lunak" juga hanya kesan luar; teripang tidak bermantel, bersimetri lima, berduri kapur, dan berkaki tabung, sehingga susunan tubuhnya berbeda dari kerang.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan ciri yang tidak dimiliki: sama-sama *tidak* memiliki suatu ciri bukan bukti kekerabatan. Guru menyebut kerang dan cumi-cumi satu filum, sedangkan teripang filum lain, sehingga kerang lebih dekat dengan cumi-cumi.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 1.3

No. 1 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: bakteri asam laktat memfermentasi gula susu (laktosa) menjadi **asam laktat**. Asam ini membuat susu berasa asam dan protein susu menggumpal sehingga susu mengental. Lingkungan yang asam (pH rendah) menghambat banyak bakteri pembusuk, sehingga makanan fermentasi lebih awet.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan sebab yang tidak didukung kasus: dadih didiamkan pada **suhu ruang**, sama dengan susu di gelas. Bakteri asam laktat justru tumbuh di dalam bambu; yang menghambat bakteri pembusuk adalah asam, bukan suhu.
Pernyataan 2 — Benar. Asam laktat → pH turun → bakteri pembusuk yang tidak tahan asam sulit tumbuh. Susu di gelas terbuka tidak mengalami pengasaman yang cepat ini sehingga lebih dulu dikuasai bakteri pembusuk.
Pernyataan 3 — Benar. Rasa asam dan susu yang mengental adalah tanda terbentuknya asam laktat dari laktosa oleh bakteri.
Cek ulang: perbandingan dadih dan susu di gelas memakai suhu yang sama, jadi perbedaan hasilnya tidak dapat dijelaskan oleh suhu.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 2 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: di dalam satu populasi bakteri selalu ada **variasi**: sebagian kecil bakteri sudah lebih tahan obat sejak awal. Obat membunuh bakteri yang peka lebih dulu. Bila pengobatan dihentikan sebelum waktunya, bakteri yang paling tahan tersisa, berkembang biak, dan menurunkan sifat tahannya. Inilah **seleksi**: obat tidak menciptakan sifat kebal, tetapi "memilih" bakteri yang sudah tahan. Kekebalan adalah sifat **bakterinya**, sehingga ikut berpindah ketika bakteri menular.

Langkah 1 – Baca urutan kejadian. Batuk hilang setelah 2 bulan → obat dihentikan (seharusnya 6 bulan) → kambuh dengan bakteri yang tidak mati oleh obat.
Langkah 2 – Gunakan petunjuk Rina. Rina belum pernah minum obat TB, tetapi bakterinya sudah kebal → yang kebal adalah bakteri yang ditularkan, bukan tubuh orangnya.
Langkah 3 – Hubungkan dengan seleksi. Gejala mereda karena jumlah bakteri turun, bukan karena semua bakteri mati; sisa bakteri yang paling tahan menjadi asal populasi baru.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✓ — Inilah proses seleksi bakteri tahan obat.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan: kekebalan obat bukan sifat tubuh pasien. Bukti: Rina belum pernah minum obat, tetapi bakterinya tetap kebal.
• Pernyataan 3 ✓ — Bakteri kebal dapat menular kepada orang lain.
• Pernyataan 4 ✓ — Gejala hilang lebih dulu daripada habisnya bakteri; itulah alasan obat TB harus diminum sampai tuntas.
• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan sebab-akibat: obat tidak "mengubah" bakteri menjadi kebal; obat menyingkirkan yang peka sehingga yang sudah tahan tersisa.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 4.

No. 3 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: penyakit bakteri dicegah dengan **memutus jalan penularannya**: dari sumber (tikus yang mengeluarkan bakteri bersama urine), melalui perantara (air dan lumpur yang tercemar), sampai ke pintu masuk tubuh (kulit yang luka dan selaput lendir). Vaksin bekerja **spesifik**: vaksin untuk satu penyakit hanya melatih kekebalan terhadap kuman penyebab penyakit itu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan salah jalur: kasus menegaskan penyakit ini tidak menular melalui udara; masker tidak menutup pintu masuk utamanya.
• Pernyataan 2 ✓ — Menutup pintu masuk: kulit yang luka tidak lagi kontak dengan air dan lumpur tercemar.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan kekebalan spesifik: BCG adalah vaksin untuk tuberkulosis dan tidak melindungi dari *Leptospira*.
• Pernyataan 4 ✓ — Mengurangi sumber: makin sedikit tikus, makin sedikit urine yang mencemari lingkungan rumah.
• Pernyataan 5 ✓ — Menutup luka dan membersihkan kulit mengurangi peluang bakteri masuk melalui luka.

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

Latihan sub bab 1.4

No. 1 Kunci: D

Konsep: hutan mangrove mempunyai dua fungsi penting di pantai. Akarnya yang rapat **menahan lumpur dan meredam gelombang** sehingga pantai terlindung dari abrasi. Di sela akarnya, anak ikan, udang, dan kepiting **berlindung dan mencari makan** sampai cukup besar (tempat asuhan).

Langkah 1 – Pisahkan dua perubahan. (1) Garis pantai mundur dan tambak rusak dihantam gelombang → abrasi. (2) Tangkapan ikan, udang, dan kepiting berkurang.
Langkah 2 – Cari satu sebab yang menjelaskan keduanya. Yang hilang adalah mangrove → pelindung pantai hilang (abrasi) dan tempat asuhan hilang (anak ikan dan udang yang tumbuh dewasa berkurang).
Langkah 3 – Cocokkan dengan usul Pak Rasyid. Menanam kembali mangrove memulihkan kedua fungsi itu.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan sebab-akibat: kekeruhan air tidak membuat gelombang lebih besar; abrasi terjadi karena peredam gelombangnya hilang.
• B ✗ — Jebakan konsep terbalik: cahaya justru dibutuhkan fitoplankton untuk berfotosintesis.
• C ✗ — Tidak ada petunjuk tentang burung di kasus, dan opsi ini tidak menjelaskan abrasi.
• D ✓ — Menjelaskan abrasi dan berkurangnya tangkapan dengan satu sebab.
• E ✗ — Jebakan: oksigen laut dekat pantai berasal dari udara dan fitoplankton; opsi ini juga tidak menjelaskan abrasi.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: E

Konsep: lebah dan tumbuhan berbunga membentuk **mutualisme**: lebah mendapat nektar dan serbuk sari sebagai makanan, sedangkan tumbuhan **diserbuki**. Bunga melon memerlukan serangga untuk memindahkan serbuk sari ke putik; tanpa penyerbukan, bakal buah tidak berkembang menjadi buah. Insektisida yang disemprotkan saat bunga mekar dan lebah aktif (pagi hari) ikut membunuh atau mengusir penyerbuk.

Langkah 1 – Bandingkan dua kebun. Perbedaannya: waktu dan cakupan penyemprotan. Pak Wahyu menyemprot seluruh kebun pada pagi hari, saat lebah aktif mengunjungi bunga.
Langkah 2 – Baca keadaan tanaman. Tanaman sehat, daun lebat, bunga banyak → masalahnya bukan kerusakan tanaman atau kurang bunga.
Langkah 3 – Cari tahap yang terputus. Bunga banyak, buah sedikit, lebah hilang → tahap penyerbukan yang terganggu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: bunga di kebun Pak Wahyu justru banyak dan mekar.
• B ✗ — Jebakan peran tertukar: kutu daun adalah hama pengisap cairan tanaman, bukan penyerbuk.
• C ✗ — Jebakan benar tetapi tidak sesuai kasus: hal itu dapat terjadi, tetapi tanaman Pak Wahyu tampak sehat sehingga tidak ada tanda serangan kutu yang berat.
• D ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: lebah menghilang setelah penyemprotan, bukan karena bunga tidak bernektar; lebah tetap datang ke kebun Bu Sri.
• E ✓ — Menghubungkan hilangnya penyerbuk dengan bunga yang tidak menjadi buah.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: faktor abiotik dan biotik saling memengaruhi. Zat hara dari pupuk (nitrogen, fosfat) membuat tumbuhan air tertentu tumbuh sangat cepat. Hamparan yang menutup permukaan **menghalangi cahaya**, sehingga tumbuhan air di bawahnya tidak dapat berfotosintesis dan berhenti menyumbang oksigen ke air. Bagian tumbuhan yang mati diuraikan **bakteri pengurai** yang memakai oksigen terlarut. Akibatnya oksigen terlarut turun dan hewan air seperti ikan berkurang.

Langkah 1 – Cari awal rantai. Limpasan pupuk → hara bertambah → eceng gondok tumbuh cepat dan menutup danau.
Langkah 2 – Ikuti dua jalur penurunan oksigen. (a) Cahaya terhalang → tumbuhan tenggelam tidak berfotosintesis → sumber oksigen di dalam air hilang. (b) Eceng gondok mati → diuraikan bakteri → oksigen terpakai.
Langkah 3 – Akhir rantai. Oksigen terlarut rendah → ikan berkurang.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: daun eceng gondok berada di atas air, sehingga oksigen hasil fotosintesisnya terutama lepas ke udara. Data juga menunjukkan oksigen di bawah hamparan justru lebih rendah.
• Pernyataan 2 ✓ — Sesuai data air lebih gelap dan tumbuhan tenggelam yang hilang.
• Pernyataan 3 ✓ — Sesuai data bagian eceng gondok yang membusuk dan oksigen yang rendah.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan melompati rantai: data menunjukkan penurunan ikan sejalan dengan rendahnya oksigen di bawah hamparan, bukan racun langsung dari pupuk.
• Pernyataan 5 ✓ — Itulah awal rantai kejadian.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 4 Kunci: A

Konsep: hubungan kelelawar pemakan nektar dan durian adalah **mutualisme**: kelelawar mendapat nektar, durian mendapat penyerbukan. Buah hanya terbentuk dari bunga yang diserbuki. Bila penyerbuk yang aktif pada saat bunga mekar hilang, bunga tetap muncul tetapi banyak yang tidak menjadi buah.

Langkah 1 – Baca data. Bunga tetap lebat → pohon sehat dan tetap berbunga. Buah sedikit → masalahnya pada tahap bunga menjadi buah, yaitu penyerbukan.
Langkah 2 – Cari penyerbuk yang hilang. Bunga mekar sore–malam; kelelawar datang malam dan membawa serbuk sari. Koloni kelelawar hilang setelah guanya ditambang.
Langkah 3 – Periksa penyerbuk lain. Lebah tetap ada, tetapi aktif siang hari, sehingga tidak dapat menggantikan kelelawar pada bunga yang mekar malam.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai waktu mekar bunga, peran kelelawar, dan data bunga lebat tetapi buah sedikit.
• B ✗ — Tidak ada data buah muda dimakan; lagi pula koloni kelelawar sudah menghilang dari daerah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

itu.
• C ✗ — Jebakan tidak membaca data: pohon tetap berbunga lebat, jadi pembentukan bunga tidak terganggu.
• D ✗ — Jebakan waktu: lebah aktif siang, sedangkan bunga mekar dan diserbuki pada malam hari; kehadiran lebah tidak menjelaskan turunnya buah.
• E ✗ — Jebakan jenis interaksi: data menunjukkan durian ikut dirugikan (buah turun), jadi durian juga diuntungkan oleh kelelawar. Hubungannya mutualisme.

Jawaban: A.

Kuis Akhir Bab 1

No. 1 Kunci: C

Konsep: keanekaragaman **gen** adalah variasi sifat di antara individu dalam **satu spesies**; keanekaragaman **spesies** adalah variasi jenis makhluk hidup; keanekaragaman **ekosistem** adalah variasi kesatuan makhluk hidup dengan lingkungannya.

Langkah 1 – Cari petunjuk. Teks menegaskan: semua varietas adalah **spesies yang sama**, *Zea mays*.
Langkah 2 – Bandingkan sifatnya. Warna biji, rasa, umur panen, dan ketahanan kering berbeda → variasi di dalam satu spesies.
Langkah 3 – Simpulkan. Variasi di dalam satu spesies = keanekaragaman gen.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: varietas bukan spesies; teks menyatakan satu spesies.
• B ✗ — Jebakan tingkat tertukar: yang dibandingkan sifat tanaman, bukan tempat tumbuh.
• C ✓ — Sesuai definisi dan didukung teks.
• D ✗ — Jebakan: tahan kering adalah sifat varietas, bukan bukti terbentuknya spesies baru.
• E ✗ — Pernyataan tentang ekosistem benar secara umum, tetapi tidak menjawab apa yang dijaga dengan menyimpan benih varietas.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: A

Konsep: keanekaragaman hayati tingkat **gen** adalah variasi gen di dalam satu spesies. Populasi kecil yang terisolasi tidak mendapat gen baru dari luar. Individu di dalamnya lama-kelamaan saling berkerabat, sehingga perkawinan sekerabat (silang dalam) makin sering. Akibatnya gen pembawa sifat merugikan lebih mudah muncul berpasangan dan keragaman gen menurun; keturunan menjadi lebih lemah dan rentan penyakit.

Langkah 1 – Cari petunjuk di kasus. Petak kecil, hanya ±20 ekor, **tidak dapat berpindah** → populasi kecil dan terisolasi.
Langkah 2 – Singkirkan penjelasan yang dibantah teks. "Makanan cukup" → kelemahan bukan karena kurang makanan.
Langkah 3 – Hubungkan dengan tingkat gen. Populasi kecil terisolasi → silang dalam → keragaman gen turun → keturunan lemah.
Cek ulang: perkiraan peneliti menyangkut beberapa **generasi**, cocok dengan perubahan susunan gen populasi, bukan peristiwa sesaat.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai petunjuk populasi kecil dan terisolasi.
• B ✗ — Jebakan: teks menyatakan makanan cukup; lagi pula kelemahan muncul pada keturunan, bukan karena kurang makan.
• C ✗ — Jebakan miskonsepsi: sifat yang diperoleh selama hidup ("menyesuaikan diri") tidak diwariskan dengan cara itu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• D ✗ — Jebakan membaca kasus: anoa di petak itu justru tidak dapat bertemu anoa dari petak lain.
• E ✗ — Jebakan sebab-akibat tanpa dasar: teks tidak menyebut perubahan suhu, dan suhu tidak menjelaskan kelemahan yang makin sering dari generasi ke generasi.

Jawaban: A.

No. 3 Kunci: B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: upaya pelestarian yang tepat menyasar **penyebab** penurunan. Dalam kasus ini penyebab utamanya adalah **hilang dan terpecahnya habitat** (fragmentasi): hutan menyempit dan petak-petaknya terputus.

Langkah 1 – Tentukan penyebab. Hutan dibuka, petak terpisah, orangutan tidak dapat berpindah mencari makanan dan pasangan.
Langkah 2 – Nilai tiap upaya.
• Opsi 1 ✗ — Konservasi ex situ dapat membantu sebagian individu, tetapi tidak memulihkan habitat; masalah populasi liar tetap.
• Opsi 2 ✓ — Jalur hutan penghubung (koridor) menyambung kembali petak yang terpisah.
• Opsi 3 ✗ — Jebakan: menambah jenis dari luar dapat menjadi spesies asing yang bersaing; tidak menyelesaikan fragmentasi.
• Opsi 4 ✓ — Mencegah hilangnya habitat yang tersisa = menyasar penyebab.
• Opsi 5 ✗ — Hanya menangani gejala (kekurangan makanan sesaat), sedangkan petak tetap terpisah dan menyempit.

Jawaban: opsi 2 dan 4.

No. 4 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: penurunan keanekaragaman hayati dapat disebabkan hilangnya habitat, **eksploitasi berlebihan** (perburuan dan perdagangan), spesies asing, pencemaran, dan perubahan iklim. Penyebab yang tepat ditentukan dari bukti kasus.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan: hilangnya hutan memang penyebab umum, tetapi teks menyebut hutan tempat hidupnya **masih ada**, dan burung lain yang tidak dijual masih mudah ditemukan di hutan yang sama.
Pernyataan 2 — Benar. Bukti pembanding: di hutan yang sama, jenis yang tidak diperdagangkan masih banyak; yang hilang adalah jenis yang ditangkap.
Pernyataan 3 — Benar. Penyebabnya penangkapan untuk perdagangan, sehingga pengaturan dan penegakan larangan menyasar penyebab itu.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 5 Kunci: E

Konsep: keanekaragaman **spesies** diukur dari **banyaknya jenis**, bukan dari banyaknya individu. Lahan dengan tumbuhan yang beragam menyediakan lebih banyak macam makanan dan tempat bersarang.

Langkah 1 – Baca kolom yang tepat. Jumlah jenis: hutan 21 > kebun campur 14 > sawit 5.
Langkah 2 – Hubungkan dengan ragam tumbuhan. Hutan sekunder paling beragam, kebun campur sedang, sawit satu jenis → urutannya sama dengan jumlah jenis burung.
Langkah 3 – Periksa variabel lain. Luas lahan dan cara pengamatan sama, jadi luas tidak dapat menjelaskan perbedaan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah kolom: banyaknya individu (104) tidak sama dengan banyaknya jenis (hanya 5).
• B ✗ — Salah baca data: jumlah jenis jelas berbeda (21, 14, 5).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• C ✗ — Jebakan generalisasi: kebun campur memang lebih baik dari sawit, tetapi jumlah jenisnya (14) lebih rendah daripada hutan (21).
• D ✗ — Jebakan: luas lahan dibuat sama, jadi bukan penjelas perbedaan.
• E ✓ — Didukung urutan data.

Jawaban: E.

No. 6 Kunci: B

Konsep: pelestarian **in situ** dilakukan di habitat aslinya (taman nasional, cagar alam, sawah petani). Pelestarian **ex situ** dilakukan di luar habitat asli (kebun raya, penangkaran, bank benih). Bank benih menjaga **keragaman gen** varietas.

Langkah 1 – Di mana disimpan? Di ruang penyimpanan bersuhu rendah, bukan di sawah → di luar habitat → ex situ.
Langkah 2 – Apa yang dijaga? Banyak varietas padi lokal (satu spesies) → keragaman gen.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: "in situ" tidak berarti "di dalam negeri", tetapi di habitat asli.
• B ✓ — Tepat tempat dan tujuannya.
• C ✗ — Dapat ditanam kembali tidak mengubah fakta bahwa penyimpanannya di luar habitat.
• D ✗ — Bank benih tidak menciptakan spesies baru; varietas padi masih satu spesies.
• E ✗ — Penyimpanan benih tidak menjaga ekosistem sawah.

Jawaban: B.

No. 7 Kunci: A

Konsep: pada kladogram, kekerabatan ditentukan oleh **titik percabangan (nenek moyang bersama) yang paling baru**, bukan oleh kemiripan satu sifat. Sifat yang muncul terpisah pada dua garis keturunan (seperti berdarah panas pada mamalia dan burung) tidak menunjukkan kekerabatan dekat.

Langkah 1 – Telusuri percabangan. Dari kanan: kadal dan ayam bercabang dari satu titik paling atas → nenek moyang bersama paling baru. Kucing bercabang lebih bawah, sebelum titik kadal–ayam.
Langkah 2 – Bandingkan. Nenek moyang bersama kadal–ayam lebih baru daripada nenek moyang bersama kucing–ayam → ayam lebih dekat ke kadal.
Langkah 3 – Nilai alasan teman. "Berdarah panas" tidak tercantum di kladogram; sifat itu muncul terpisah pada kucing dan ayam, sehingga bukan bukti kekerabatan.

Analisis opsi:
• A ✓ — Memakai titik percabangan, sesuai cara membaca kladogram.
• B ✗ — Jebakan: menganggap satu sifat yang mirip pasti berasal dari satu nenek moyang.
• C ✗ — Jebakan: ciri 1 dimiliki semua hewan sesudah batang 1 (katak, kucing, kadal, ayam), jadi tidak membedakan kekerabatan kucing–katak dari kucing–kadal.
• D ✗ — Jebakan: rambut dan bulu adalah ciri baru yang **berbeda** dan muncul di cabang masing-masing; justru menunjukkan keduanya berpisah.
• E ✗ — Jebakan salah baca gambar: kadal dan ayam berada sesudah ciri 2 (telur bercangkang), sedangkan ikan mas dan katak sebelum ciri itu.

Jawaban: A.

No. 8 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: klasifikasi modern mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan **persamaan struktur dan perkembangan** yang diwarisi dari nenek moyang bersama, bukan berdasarkan **habitat**. Makin banyak ciri penting yang sama, makin dekat kekerabatannya.

Pernyataan 1 — Benar. Ular air dan biawak sama-sama bersisik kering, bertelur bercangkang di darat, dan bernapas dengan paru-paru → kelompok reptil.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pernyataan 2 — Salah. Jebakan habitat: hidup di air bukan dasar pengelompokan. Ular air berbeda dari lele pada sisik, telur, dan alat napas.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan habitat lagi. Katak dewasa bernapas dengan paru-paru seperti biawak, sedangkan lele tidak; katak lebih dekat ke kelompok hewan berkaki empat.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 9 Kunci: D

Konsep: kunci determinasi dikotom selalu menawarkan **dua pernyataan berlawanan**; pilih yang cocok dengan ciri hewan, lalu ikuti petunjuk ke nomor berikutnya sampai bertemu nama.

Langkah 1 – Nomor 1. Tubuh beruas, kaki beruas → **1a**, lanjut ke 2.
Langkah 2 – Nomor 2. Kaki empat pasang → **2b** ("4 pasang atau lebih"), lanjut ke 4.
Langkah 3 – Nomor 4. Kaki empat pasang, tubuh dua bagian → **4a** = laba-laba.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: memilih langkah dari satu ciri saja (tidak bersayap) dan melewati jumlah kaki.
• B ✗ — Tubuh hewan itu beruas dan berkaki, jadi bukan 1b.
• C ✗ — Jebakan pilihan di nomor 4: tubuhnya dua bagian dengan empat pasang kaki, bukan panjang beruas-ruas.
• D ✓ — Urutan langkah dan hasil tepat.
• E ✗ — Hewan itu berkaki empat pasang, sehingga tidak mungkin melewati 2a.

Jawaban: D.

No. 10 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: struktur homolog memiliki susunan dasar yang sama karena berasal dari nenek moyang bersama, walaupun fungsinya bisa berbeda. **Fungsi yang sama** (terbang) dapat muncul pada kelompok yang tidak berkerabat dekat dengan bentuk yang berbeda. Kekerabatan dekat ditunjukkan oleh banyak ciri khas yang sama, misalnya rambut dan kelenjar susu pada mamalia.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan fungsi: terbang tidak menjadi dasar pengelompokan; struktur sayapnya berbeda (selaput kulit vs bulu), dan kelelawar bermamalia.
Pernyataan 2 — Benar. Susunan tulang yang sama pada lengan manusia, sayap kelelawar, dan sayap burung adalah homologi → nenek moyang bersama vertebrata berkaki empat.
Pernyataan 3 — Salah. Rambut dan kelenjar susu adalah ciri mamalia, dimiliki kucing tetapi tidak dimiliki burung → kelelawar lebih dekat ke kucing.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 11 Kunci: B

Konsep: nama ilmiah (tata nama ganda/binomial) terdiri atas **nama genus + penunjuk spesies**. Spesies dengan nama genus yang sama berarti berada dalam satu genus, sehingga lebih dekat kekerabatannya daripada spesies dari genus lain. Kemiripan satu sifat (ukuran, bau) bisa muncul pada kelompok yang tidak berkerabat dekat.

Langkah 1 – Lihat kata pertama nama ilmiah. *Rafflesia arnoldii* dan *Rafflesia gadutensis* → genus sama; *Amorphophallus* → genus lain.
Langkah 2 – Nilai alasan pengunjung. Ukuran dan bau bunga adalah kemiripan sifat, bukan bukti kekerabatan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: kemiripan satu sifat tidak menjamin satu genus; namanya pun berbeda genus.
• B ✓ — Tepat membaca nama genus.
• C ✗ — Jebakan: kata kedua bukan penanda famili; yang menunjukkan kelompok adalah kata pertama (genus).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• D ✗ — Jebakan generalisasi berlebihan: tempat hidup tidak menentukan genus.
• E ✗ — Kekerabatan ditentukan dari ciri struktur dan DNA, bukan habitat.

Jawaban: B.

No. 12 Kunci: D

Konsep: selain kromosom utama (nukleoid), banyak bakteri memiliki **plasmid**, yaitu DNA kecil berbentuk cincin. Plasmid sering membawa gen kebal antibiotik dan dapat disalin lalu dipindahkan ke bakteri lain melalui kontak antarsel (**konjugasi**). Karena itu resistensi dapat menyebar antarbakteri tanpa menunggu pembelahan.

Langkah 1 – Kenali bagian gambar. P = kapsul (lapisan lendir terluar), Q = dinding sel, R = nukleoid (kromosom utama), S = cincin kecil = plasmid, T = flagel.
Langkah 2 – Cari petunjuk kasus. Kekebalan datang dari **materi genetik** bakteri lain melalui **kontak langsung**, tanpa pembelahan → yang berpindah adalah DNA yang mudah dipindahkan.
Langkah 3 – Cocokkan. DNA kecil yang dapat disalin dan dipindahkan = plasmid (S).

Analisis opsi:
• A ✗ — Kapsul bukan materi genetik; kasus menyebut materi genetik yang dipindahkan.
• B ✗ — Jebakan miskonsepsi: bakteri tidak menjadi kebal karena "terbiasa"; lagi pula dinding sel bukan materi genetik.
• C ✗ — Jebakan konsep mirip: kromosom utama memang DNA, tetapi berukuran besar dan tidak dipindahkan utuh untuk menggantikan kromosom penerima.
• D ✓ — Plasmid membawa gen kebal dan dapat dipindahkan lewat kontak antarsel.
• E ✗ — Flagel adalah alat gerak, bukan pembawa gen; menghindar tidak membuat bakteri kebal.

Jawaban: D.

No. 13 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: resistensi antibiotik terjadi melalui **seleksi alam**. Di dalam populasi bakteri sudah ada variasi; sebagian kecil sel kebetulan memiliki gen kebal (karena mutasi atau menerima plasmid). Antibiotik membunuh sel yang peka, sel kebal bertahan dan membelah, sehingga proporsinya meningkat. Gen kebal pada plasmid juga dapat berpindah antarbakteri.

Langkah 1 – Bandingkan dua peternakan. Yang membedakan hanyalah pemakaian antibiotik terus-menerus → antibiotik menjadi **faktor seleksi**.
Langkah 2 – Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan miskonsepsi Lamarck: sel tidak "belajar" menjadi kebal; gen kebal sudah ada sebelum terpapar.
• Pernyataan 2 ✓ — Inti seleksi alam: yang peka mati, yang kebal bertahan dan berkembang biak.
• Pernyataan 3 ✓ — Pertukaran plasmid mempercepat penyebaran gen kebal.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan: dosis yang lebih tinggi justru terus menyeleksi bakteri kebal; sifat kebal yang sudah ada dalam gen tidak hilang karena dosis dinaikkan.
• Pernyataan 5 ✓ — Pemakaian terus-menerus menaikkan proporsi bakteri kebal di kandang itu.
Cek ulang: peternakan tanpa antibiotik dalam pakan masih memiliki bakteri yang peka → mendukung peran antibiotik sebagai faktor seleksi.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 14 Kunci: C

Konsep: pada pewarnaan Gram, bakteri **Gram positif** tampak ungu karena lapisan peptidoglikannya tebal; bakteri **Gram negatif** tampak merah muda karena peptidoglikannya tipis dan dilapisi **membran luar**. Membran luar menghalangi banyak antibiotik mencapai peptidoglikan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 1 – Baca warna. P ungu → Gram positif; Q merah muda → Gram negatif.
Langkah 2 – Hubungkan dengan cara kerja obat. Obat merusak pembentukan peptidoglikan. Pada Gram positif peptidoglikan berada di luar dan mudah dicapai; pada Gram negatif terhalang membran luar.
Langkah 3 – Cocokkan dengan hasil. P membaik, Q tidak → sesuai.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan Gram tertukar: Q merah muda = Gram negatif.
• B ✗ — Bakteri P memiliki dinding sel (justru tebal), karena itu tampak ungu.
• C ✓ — Sesuai warna dan cara kerja obat.
• D ✗ — Jebakan terbalik: P justru membaik, artinya peka; teks tidak menyebut plasmid.
• E ✗ — Teks tidak menyebut racun; jawaban harus didukung data warna Gram.

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: E

Konsep: bakteri asam laktat memfermentasi **laktosa** (gula susu) menjadi **asam laktat**. Asam menurunkan pH dan membuat protein susu menggumpal sehingga susu mengental. Bakteri aktif pada suhu hangat (sekitar 40–45 °C), sangat lambat pada suhu dingin, dan mati pada suhu sangat tinggi.

Langkah 1 – Baca gambar. Hanya gelas 2 (42 °C) yang mengental dengan pH turun ke 4,5; gelas 1 dan 3 tetap cair, pH tetap 6,6.
Langkah 2 – Hubungkan pH dengan bakteri. pH turun = asam terbentuk = bakteri bekerja.
Langkah 3 – Jelaskan gelas lain. 4 °C: bakteri hampir tidak aktif; 90 °C: bakteri mati.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: suhu dingin memperlambat, tidak harus membunuh; yang pasti dari data hanyalah tidak ada asam terbentuk.
• B ✗ — Jebakan terbalik: suhu 90 °C mematikan bakteri; pH yang tetap 6,6 menunjukkan tidak ada asam terbentuk.
• C ✗ — Jebakan: penggumpalan terjadi karena asam hasil bakteri; pH turun membuktikan peran bakteri.
• D ✗ — Teks menyebut jumlah biang sama (satu sendok) → variabel kontrol.
• E ✓ — Sesuai data pH dan kekentalan.

Jawaban: E.

No. 16 Kunci: B

Konsep: bakteri *Rhizobium* hidup di bintil akar tumbuhan polong-polongan (kedelai, kacang tanah). Bakteri ini **mengikat nitrogen (N_2) dari udara** menjadi senyawa nitrogen yang dapat dipakai tumbuhan. Tumbuhan memberi bakteri tempat tinggal dan zat makanan → mutualisme. Sisa akar dan bintil memperkaya tanah dengan nitrogen untuk tanaman berikutnya.

Langkah 1 – Petunjuk. Bintil di akar kedelai; jagung setelah kedelai lebih subur walau pupuknya sama.
Langkah 2 – Hubungkan. Tambahan nitrogen berasal dari pengikatan N_2 oleh bakteri bintil akar.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: penghuni bintil adalah bakteri, dan perannya mengikat N_2 udara, bukan menguraikan urea.
• B ✓ — Sesuai peran *Rhizobium*.
• C ✗ — Tidak ada data tentang hama; akar tidak "menyerap hama".
• D ✗ — Jebakan interaksi: hubungan bakteri–kedelai mutualisme, bukan parasitisme.
• E ✗ — Akar tidak menghasilkan oksigen di dalam tanah; tidak menjelaskan kesuburan.

Jawaban: B.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 17 Kunci: D

Konsep: bakteri merugikan dapat menyebabkan penyakit dengan dua cara: (1) **infeksi** — bakteri hidup berkembang biak di dalam tubuh; (2) **keracunan** — bakteri menghasilkan **racun (toksin)** di dalam makanan sebelum dimakan. Pada keracunan, membunuh bakteri tidak cukup bila racunnya tahan panas.

Langkah 1 – Petunjuk. Racun dihasilkan selama pembuatan tempe dan **tahan panas**.
Langkah 2 – Nilai pendapat. Menggoreng mungkin membunuh bakteri, tetapi racun yang sudah terbentuk tidak rusak → tetap berbahaya.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: menganggap bahaya hanya dari bakteri hidup (infeksi), padahal kasusnya keracunan oleh racun.
• B ✗ — Bertentangan dengan teks: racun tumbuh selama pembuatan tempe, sebelum dimakan.
• C ✗ — Suhu menggoreng tidak mempercepat pembelahan; bakteri justru terganggu oleh panas.
• D ✓ — Racun tahan panas tetap ada walau bakterinya mati.
• E ✗ — Jebakan generalisasi: teks menyebut keracunan terjadi **bila** tercemar bakteri tertentu.

Jawaban: D.

No. 18 Kunci: C

Konsep: bakteri berkembang biak dengan **pembelahan biner**: satu sel membelah menjadi dua. Selama keadaan mendukung, jumlah sel menjadi dua kali lipat setiap selang waktu yang sama (waktu generasi).

Langkah 1 – Cari pola. 500 → 1.000 → 2.000 → 4.000 → 8.000: dua kali lipat setiap **30 menit**.
Langkah 2 – Lanjutkan pola. Menit 150: 16.000; menit 180: **32.000**.
Cek ulang: dari menit 0 ke 180 ada 6 kali pembelahan → $500 \times 2^6 = 500 \times 64 = 32.000$. ✓

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: menganggap pertambahan tetap (bertambah sama banyak), padahal berlipat.
• B ✗ — Salah membaca selang waktu (60 menit).
• C ✓ — Sesuai pola dan perhitungan.
• D ✗ — Jebakan: memakai pertambahan terakhir sebagai pertambahan tetap.
• E ✗ — Salah pola (tiga kali lipat).

Jawaban: C.

No. 19 Kunci: E

Konsep: dalam jaring makanan, berkurangnya satu jenis memengaruhi **pemangsanya** (kehilangan makanan) dan **mangsanya**. Pemangsa yang punya beberapa sumber makanan akan beralih ke sumber lain sehingga tekanan pada mangsa lain meningkat.

Langkah 1 – Telusuri panah dari kepiting. Kepiting dimakan ikan kakap, burung bangau, dan biawak; kepiting memakan serasah daun.
Langkah 2 – Siapa yang paling bergantung? Biawak hanya memakan kepiting → kehilangan satu-satunya mangsa. Kakap dan bangau masih bisa memakan udang kecil → beralih ke udang.
Langkah 3 – Simpulkan. Biawak terancam kekurangan makanan; tekanan pada udang kecil meningkat.

Analisis opsi:
• A ✗ — Salah baca gambar: kepiting memakan serasah daun, bukan fitoplankton.
• B ✗ — Jebakan: kepiting tidak memakan udang dalam jaring ini; kepiting justru mangsa kakap, sehingga kakap kehilangan sebagian makanan.
• C ✗ — Salah baca gambar: biawak tidak memakan serasah daun.
• D ✗ — Jebakan: kepiting yang sedikit justru mengurangi makanan bangau.
• E ✓ — Sesuai arah panah.

Jawaban: E.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 20 Kunci: A

Konsep: pengurai (dekomposer), terutama bakteri dan jamur, menguraikan sisa makhluk hidup dan sampah organik menjadi zat-zat sederhana (mineral) yang kembali ke tanah dan diserap tumbuhan. Dengan begitu materi berdaur dalam ekosistem.

Langkah 1 – Apa yang terjadi? Sampah organik berubah menjadi bahan gembur yang menyuburkan tanaman.
Langkah 2 – Siapa pelakunya? Jamur dan bakteri menguraikan sampah → pengurai.

Analisis opsi:
• A ✓ — Peran pengurai.
• B ✗ — Jamur dan bakteri pengurai tidak berfotosintesis; mereka mendapat makanan dari sisa makhluk hidup.
• C ✗ — Mereka tidak memakan tumbuhan hidup.
• D ✗ — Parasit merugikan inang; kompos justru menyuburkan tanaman.
• E ✗ — Tidak ada data jamur dan bakteri memangsa cacing.

Jawaban: A.

No. 21 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: spesies asing invasif adalah spesies dari luar yang berkembang biak tak terkendali di habitat baru, biasanya karena musuh alaminya tidak ada, lalu merugikan spesies asli atau manusia. Pengendalian dengan memanfaatkan musuh alami (predator, parasit) disebut **pengendalian hayati**.

Pernyataan 1 — Benar. Teks menyebut hampir tidak ada hewan asli yang memangsanya → tidak ada penekan populasi → jumlahnya meledak.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan: bertambahnya satu jenis tidak otomatis menstabilkan ekosistem. Keong mas justru merusak produsen (padi) dan menggeser keseimbangan rantai makanan.
Pernyataan 3 — Benar. Itik memakan keong mas → hubungan predasi; memanfaatkan predator untuk menekan hama = pengendalian hayati. Data "jumlah keong berkurang" mendukungnya.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 22 Kunci: C

Konsep: semua makhluk hidup (siput dan tanaman) **bernapas** dan menghasilkan CO_2 siang dan malam. Tanaman hijau juga **berfotosintesis** dan memakai CO_2, tetapi hanya bila ada **cahaya**. Inilah salah satu hubungan produsen–konsumen dalam ekosistem: konsumen menghasilkan CO_2, produsen memakainya.

Langkah 1 – Bandingkan A dan B (sama-sama terang). Bedanya hanya ada tidaknya tanaman. B (siput saja) kuning → siput menghasilkan CO_2. A tetap biru → tanaman memakai CO_2 itu.
Langkah 2 – Bandingkan A dan C (isi sama). Bedanya terang dan gelap. C kuning → tanpa cahaya tanaman tidak berfotosintesis, CO_2 dari pernapasan siput dan tanaman menumpuk.
Langkah 3 – Botol D. Tanaman saja di tempat terang tetap biru → fotosintesis lebih besar daripada pernapasan tanaman.
Langkah 4 – Pilih kesimpulan yang didukung beberapa perbandingan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: botol B membuktikan siput menghasilkan CO_2; A biru karena CO_2-nya dipakai tanaman.
• B ✗ — Jebakan terbalik: biru berarti CO_2 rendah.
• C ✓ — Didukung perbandingan A–B dan A–C.
• D ✗ — Siput tetap bernapas dalam gelap; pernapasan tidak bergantung cahaya.
• E ✗ — Botol B terang tetapi kuning → cahaya tidak langsung mengubah warna indikator.

Jawaban: C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 23 Kunci: D

Konsep: jenis interaksi ditentukan dari untung-rugi kedua pihak: **mutualisme** (keduanya untung), **komensalisme** (satu untung, lainnya tidak terpengaruh), **parasitisme** (satu untung, lainnya dirugikan perlahan dengan tetap hidup), **predasi** (pemangsa membunuh dan memakan mangsa), **kompetisi** (berebut sumber daya yang sama).

Langkah 1 – Semut dan jeruk. Semut mendapat tempat bersarang; jeruk terlindung dari ulat (buah rusak lebih sedikit) dan pertumbuhannya tetap baik → keduanya untung → mutualisme.
Langkah 2 – Semut dan ulat. Semut memburu dan memakan ulat → predasi.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: pohon tidak dirugikan (pertumbuhan tetap baik); semut dan ulat tidak memperebutkan sumber yang sama.
• B ✗ — Data buah rusak lebih sedikit menunjukkan pohon diuntungkan; ulat dirugikan, bukan untung.
• C ✗ — Bagian kedua benar, tetapi alasan bagian pertama keliru: semut tidak memakan buah jeruk.
• D ✓ — Kedua bagian benar dan alasannya didukung kasus.
• E ✗ — Jebakan: semut memangsa (membunuh) ulat, bukan parasit.

Jawaban: D.

No. 24 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: mutualisme adalah interaksi yang menguntungkan kedua pihak. Faktor **abiotik** (suhu, cahaya, pH) memengaruhi makhluk hidup dan interaksinya. Pada pemutihan karang, suhu tinggi menyebabkan alga keluar; karang kehilangan warna dan sebagian besar makanannya.

Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✓ — Alga mendapat tempat tinggal dan bahan; karang mendapat hasil fotosintesis.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan: memutih karena alga keluar, bukan karena sel karang langsung mati; teks menyebut kematian terjadi bila keadaan berlangsung lama.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan kata mutlak "pasti": teks menyebut karang dapat mati bila keadaan berlangsung lama.
• Pernyataan 4 ✓ — Hasil fotosintesis alga adalah sumber makanan utama karang.
• Pernyataan 5 ✓ — Suhu (abiotik) memutus hubungan mutualisme (biotik).

Jawaban: pernyataan 1, 4, dan 5.

No. 25 Kunci: B

Konsep: energi mengalir satu arah dari produsen ke konsumen. Di setiap tingkat trofik, sebagian besar energi dipakai untuk bernapas, bergerak, dan hilang sebagai panas, atau tidak termakan; hanya **sekitar 10 %** yang berpindah ke tingkat berikutnya. Karena itu energi di puncak paling kecil dan hanya cukup menghidupi sedikit pemangsa puncak.

Langkah 1 – Baca piramida. 20.000 → 2.000 → 200 → 20 kJ.
Langkah 2 – Hitung perbandingan. Setiap tingkat hanya 1/10 tingkat sebelumnya (10 %).
Langkah 3 – Hubungkan dengan jumlah ikan gabus. Energi yang tersedia untuk ikan gabus paling kecil → jumlah ikan gabus paling sedikit.

Analisis opsi:
• A ✗ — Salah baca piramida: ikan gabus berada di tingkat IV dan memakan ikan kecil.
• B ✓ — Sesuai data (berkurang sepuluh kali di tiap tingkat).
• C ✗ — Jebakan terbalik: energi berkurang, bukan bertambah.
• D ✗ — Tidak mungkin seluruh energi berpindah; data menunjukkan hanya 10 %.
• E ✗ — Umur tidak menjelaskan pola energi dalam piramida.

Jawaban: B.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 2.1

No. 1 Kunci: E

Konsep: biji yang berkecambah membutuhkan gula untuk tumbuh. Biji itu membuat enzim **amilase** yang menguraikan cadangan pati menjadi gula. Bila belahan biji ditempelkan pada agar berpati, amilase merembes ke agar dan menguraikan pati di sekitarnya, sehingga daerah itu tidak berwarna biru-hitam ketika ditetesi iodin (**zona bening**). Enzim adalah protein; pemanasan tinggi membuatnya **rusak (terdenaturasi)**.

Langkah 1 – Baca gambar. Cawan 1: zona bening lebar. Cawan 2: tidak ada zona bening. Cawan 3: zona bening sempit.
Langkah 2 – Bandingkan cawan 1 dan 2. Bedanya hanya perebusan → enzim yang dilepas biji hidup rusak oleh panas, pati di cawan 2 tetap utuh.
Langkah 3 – Bandingkan cawan 1 dan 3. Biji yang berkecambah menghasilkan zona lebih lebar → enzim pengurai pati jauh lebih banyak pada biji yang berkecambah.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: iodin tetap bekerja di bagian agar lain di cawan yang sama (berwarna biru-hitam); zona bening berarti patinya sudah tidak ada.
• B ✗ — Jebakan: butir pati terlalu besar untuk diserap utuh; pati harus diuraikan dahulu oleh enzim.
• C ✗ — Jebakan sebab-akibat: perebusan tidak menambah pati; agar cawan 2 tetap biru-hitam karena enzimnya rusak.
• D ✗ — Jebakan salah baca gambar: zona bening cawan 3 lebih sempit, jadi enzimnya lebih sedikit.
• E ✓ — Sesuai perbandingan ketiga cawan.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: B

Konsep: enzim bekerja bila substrat masuk ke **sisi aktif** yang bentuknya cocok. **Penghambat kompetitif** (X) bentuknya mirip substrat dan bersaing menempati sisi aktif; karena menempelnya sementara, menambah substrat memperbesar peluang substrat yang menempati sisi aktif sehingga hambatan teratasi. **Penghambat nonkompetitif** (Y) menempel di bagian lain dan mengubah bentuk sisi aktif; substrat tidak dapat masuk ke sisi aktif yang berubah, berapa pun banyaknya substrat.

Langkah 1 – Baca gambar. Panel 2: X menempati sisi aktif. Panel 3: Y menempel di bagian bawah enzim dan sisi aktif menyempit.
Langkah 2 – Tabung 2. Substrat 10 kali lipat bersaing dengan X → sebagian besar sisi aktif ditempati substrat → laju mendekati tabung 1.
Langkah 3 – Tabung 3. Enzim yang ditempeli Y tetap berbentuk salah; menambah substrat tidak memulihkannya → laju tetap rendah.
Cek ulang: tabung 1 tidak menurun; tambahan substrat paling banyak membuat lajunya naik sampai enzim jenuh (mendatar), bukan turun.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tertukar: justru X yang dapat dikalahkan substrat, karena bersaing di tempat yang sama.
• B ✓ — Sesuai cara kerja X (bersaing) dan Y (mengubah bentuk sisi aktif).
• C ✗ — Jebakan menyamaratakan: substrat tidak dapat "mengusir" Y yang menempel di tempat lain.
• D ✗ — Jebakan: gambar menyebut kedua zat menempel sementara; X dapat lepas dan kalah bersaing dengan substrat yang berlimpah.
• E ✗ — Jebakan konsep jenuh: enzim jenuh berarti laju berhenti naik, bukan menurun.

Jawaban: B.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 3 Kunci: E

Konsep: enzim bersifat **spesifik**: laktase hanya memecah laktosa. Bila laktase sedikit, laktosa yang tidak tercerna sampai ke usus besar, lalu difermentasi bakteri usus menjadi gas dan zat yang menarik air (kembung dan diare). Keluhan berkurang bila laktosa yang masuk berkurang.

Langkah 1 – Cari perbedaan susu dan yogurt. Bahan asalnya sama. Bedanya, pada yogurt laktosa sudah dipakai bakteri sebagai makanan selama fermentasi.
Langkah 2 – Hubungkan dengan penyebab keluhan. Keluhan timbul dari laktosa yang tidak tercerna. Laktosa di yogurt sudah jauh berkurang → yang sampai ke usus sedikit → laktase Rani yang sedikit masih cukup.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan pH: asam tidak menambah jumlah laktase; perubahan pH justru cenderung menurunkan kerja enzim di luar pH optimumnya.
• B ✗ — Jebakan kespesifikan enzim: amilase memecah amilum, bukan laktosa.
• C ✗ — Jebakan tertukar zat: menggumpalnya protein susu tidak mengubah jumlah laktosa yang harus dicerna.
• D ✗ — Tidak ada data bahwa bakteri yogurt membunuh bakteri usus; penyebab keluhan adalah banyaknya laktosa yang tidak tercerna.
• E ✓ — Laktosa sudah dipakai bakteri yogurt, sehingga beban bagi laktase Rani kecil.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 2.2

No. 1 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: pembuatan tapai berlangsung bertahap. (1) Jamur dalam ragi menguraikan **pati menjadi gula** → rasa manis. (2) Khamir memfermentasi gula **tanpa oksigen** menjadi **alkohol (etanol) dan CO_2** → bau alkohol. Fermentasi hanya menghasilkan sedikit ATP. (3) Bila tapai terkena udara, **bakteri asam asetat** memakai **oksigen** untuk mengubah alkohol menjadi **asam asetat** → masam seperti cuka.

Pernyataan 1 — Benar. Gula tidak ditambahkan dari luar; gula berasal dari penguraian pati ketan oleh jamur, lalu sebagian gula itu difermentasi.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan bahan dan syarat: menurut keterangan, bakteri asam asetat mengubah **alkohol** dan memerlukan **oksigen**. Tapai terbungkus rapat belum masam karena oksigennya sangat sedikit, bukan karena tidak ada gula.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan konsep tertukar: alkohol adalah hasil **fermentasi** dalam keadaan hampir tanpa oksigen, dan fermentasi menghasilkan sedikit ATP, bukan respirasi aerob.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 2 Kunci: A

Konsep: jamur tidak berfotosintesis; ia menyerap zat makanan dari serbuk kayu dan dedak, lalu memecahnya melalui **respirasi aerob** yang memerlukan **oksigen**. Respirasi aerob menghasilkan banyak ATP untuk tumbuh. Bila oksigen habis, sel hanya dapat melakukan fermentasi yang menghasilkan sangat sedikit ATP, sehingga pertumbuhan hampir berhenti.

Langkah 1 – Cari satu-satunya perbedaan. Isi baglog dan ruang penyimpanan sama; yang berbeda hanya tutupnya: berpori (udara keluar-masuk) atau kedap udara.
Langkah 2 – Hubungkan dengan kebutuhan jamur. Baglog kedap → oksigen di dalamnya cepat habis terpakai → respirasi aerob terhambat → ATP sedikit → benang jamur tumbuh sangat sedikit.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai perbedaan perlakuan dan kebutuhan oksigen untuk respirasi aerob.
• B ✗ — Jebakan konsep tertukar: jamur tidak berklorofil sehingga tidak berfotosintesis.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• C ✗ — Jebakan: fermentasi menghasilkan ATP **jauh lebih sedikit**, bukan lebih banyak.
• D ✗ — Jebakan: respirasi aerob justru menghasilkan air; baglog kedap juga tidak kehilangan air ke udara.
• E ✗ — Jebakan: jamur mendapat nitrogen dari dedak, bukan dari udara; baglog yang berpori pun tidak memakai nitrogen udara.

Jawaban: A.

No. 3 Kunci: C

Konsep: sel otot memecah glukosa melalui glikolisis menjadi piruvat. Bila O_2 cukup, piruvat masuk mitokondria (respirasi aerob). Bila kebutuhan energi sangat tinggi dan O_2 yang dipasok jantung dan paru-paru **tidak mencukupi**, sebagian piruvat diubah menjadi **asam laktat** di sitoplasma (fermentasi asam laktat) agar glikolisis tetap menghasilkan ATP. Respirasi aerob tetap berjalan sejauh O_2 tersedia.

Langkah 1 – Baca pola tabel. Istirahat → jalan cepat → lari sedang: asam laktat naik sedikit (1,0 → 2,1). Lari sedang → lari cepat: melonjak (2,1 → 9,5).
Langkah 2 – Bandingkan dengan denyut jantung. Denyut naik cukup teratur (68 → 105 → 150 → 185), tetapi asam laktat tidak naik sebanding. Lonjakan terjadi hanya pada kegiatan terberat.
Langkah 3 – Tafsirkan. Pada lari cepat, kebutuhan O_2 otot melampaui pasokan → fermentasi asam laktat meningkat tajam.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan generalisasi: respirasi aerob tidak berhenti; fermentasi hanya menambah ATP ketika O_2 kurang.
• B ✗ — Jebakan salah baca data: kenaikan denyut dari 105 ke 150 hanya diikuti kenaikan asam laktat kecil; jantung juga bukan pembuat asam laktat.
• C ✓ — Sesuai konsep fermentasi asam laktat saat O_2 tidak mencukupi.
• D ✗ — Jebakan tempat: asam laktat dibentuk di sitoplasma dari piruvat, bukan di mitokondria melalui siklus Krebs.
• E ✗ — Jebakan arah proses terbalik: asam laktat diubah kembali menjadi glukosa di hati setelah olahraga, bukan oleh otot saat lari.

Jawaban: C.

Latihan sub bab 2.3

No. 1 Kunci: D

Konsep: laju fotosintesis ditentukan oleh faktor yang paling kurang dibandingkan kebutuhannya, yaitu **faktor pembatas** (cahaya, CO_2, suhu, air). Gula hasil fotosintesis daun diangkut dan disimpan sebagai pati di bulir padi; makin banyak fotosintesis, makin besar hasil gabah.

Langkah 1 – Singkirkan faktor yang sama. Varietas, petak, pupuk, jarak tanam sama; air cukup di kedua musim.
Langkah 2 – Bandingkan faktor yang berbeda. Lama penyinaran 4,1 vs 7,8 jam/hari (hampir dua kali lipat). Suhu hanya berbeda 1 °C.
Langkah 3 – Tentukan faktor pembatas. Saat musim hujan langit sering mendung → cahaya kurang → fotosintesis dibatasi cahaya → gula yang tersimpan di bulir lebih sedikit → hasil 5,2 ton/ha.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan konsep terbalik: stomata menutup bila tanaman **kekurangan** air, bukan saat air berlimpah.
• B ✗ — Jebakan salah baca data: selisih suhu hanya 1 °C, terlalu kecil dibandingkan selisih penyinaran yang hampir dua kali lipat.
• C ✗ — Jebakan tanpa dasar: tabel tidak memuat data respirasi, dan suhu yang hampir sama tidak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

menunjukkan respirasi jauh berbeda.
• D ✓ — Cahaya adalah faktor yang paling berbeda dan menjadi faktor pembatas pada musim hujan.
• E ✗ — Jebakan tidak membaca data: air sawah tetap cukup di kedua musim karena irigasi teknis.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: B

Konsep: uji amilum (percobaan Sachs): tanaman digelapkan dulu agar amilum lama habis; daun direbus untuk mematikan sel, direndam alkohol panas untuk **melarutkan klorofil**, lalu ditetesi lugol. **Biru kehitaman = ada amilum**; kuning kecokelatan = tidak ada amilum. Amilum baru terbentuk dari gula hasil fotosintesis, yang memerlukan cahaya dan klorofil.

Langkah 1 – Cari bukti klorofil. Air rebusan berwarna merah (pigmen merah larut dalam air), sedangkan alkohol menjadi **hijau** → daun bayam merah mengandung klorofil; warnanya hanya tertutup pigmen merah.
Langkah 2 – Bandingkan P dan Q. Keduanya digelapkan dua hari dan diuji dengan langkah yang sama. Hanya P yang dijemur, dan hanya P yang biru kehitaman → amilum baru terbentuk karena cahaya.
Cek ulang: Q menunjukkan bahwa langkah-langkah uji sendiri tidak menghasilkan warna biru kehitaman.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: alkohol yang menjadi hijau membuktikan klorofil ada; tidak ada data bahwa pigmen merah menggantikan klorofil.
• B ✓ — Sesuai kedua bukti: klorofil ada (alkohol hijau) dan amilum hanya terbentuk pada daun yang disinari.
• C ✗ — Jebakan mengabaikan pembanding: tanaman Q yang tidak dijemur tidak memiliki amilum, jadi cadangan lama sudah habis.
• D ✗ — Jebakan salah peran langkah: daun Q juga direbus dan direndam alkohol, tetapi tidak biru kehitaman.
• E ✗ — Tidak ada bayam hijau dalam percobaan, sehingga laju keduanya tidak dapat dibandingkan.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: E

Konsep: laju fotosintesis ditentukan oleh **faktor pembatas**, yaitu faktor yang paling kurang dibandingkan kebutuhannya: cahaya, CO_2, atau suhu. Siklus Calvin dijalankan oleh enzim, sehingga lajunya naik bila suhu mendekati suhu optimum enzim. Pada suhu rendah, enzim bekerja lambat walaupun cahaya dan CO_2 cukup.

Langkah 1 – Daftar yang berubah. Suhu naik (17 → 25 °C); cahaya sedikit **berkurang**; CO_2 **sama**; air dan pupuk cukup.
Langkah 2 – Singkirkan faktor yang bukan penyebab. Cahaya justru turun dan CO_2 tidak berubah, jadi keduanya tidak menjelaskan pertumbuhan yang lebih cepat.
Langkah 3 – Simpulkan faktor pembatasnya. Satu-satunya perubahan yang menguntungkan adalah suhu → di lahan terbuka, suhu rendah membatasi kerja enzim fotosintesis.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah baca data: cahaya di rumah plastik justru sedikit berkurang.
• B ✗ — Jebakan salah baca data: ventilasi dibuka sehingga kadar CO_2 sama dengan udara luar.
• C ✗ — Jebakan sebab-akibat: stomata yang menutup menghambat masuknya CO_2, sehingga fotosintesis turun, bukan naik.
• D ✗ — Jebakan sumber bahan: respirasi memang menyediakan ATP, tetapi gula yang dibakarnya berasal dari fotosintesis; tanaman tidak dapat tumbuh dari respirasi tanpa fotosintesis.
• E ✓ — Suhu adalah faktor pembatas; pemanasan mempercepat kerja enzim siklus Calvin.

Jawaban: E.

Kuis Akhir Bab 2

No. 1 Kunci: C

Konsep: kloroplas bermembran ganda. Di dalamnya ada **tilakoid** (bertumpuk menjadi **granum**) dan cairan **stroma**. Pigmen klorofil, rantai transpor elektron, dan ATP sintase tertanam di **membran tilakoid**; di sanalah **reaksi terang** berlangsung (air dipecah, O_2 dilepas, ATP dan NADPH dibentuk). **Siklus Calvin** di stroma menyusun gula dari CO_2 dengan memakai ATP dan NADPH dari reaksi terang.

Langkah 1 – Kenali bagian gambar. K = membran luar, L = membran dalam, M = tumpukan tilakoid (granum), N = stroma.
Langkah 2 – Letakkan titik kerja herbisida. "Membran tempat klorofil tertanam" = membran tilakoid → M. Aliran elektron reaksi terang berhenti → O_2 tidak dilepas (sesuai kasus).
Langkah 3 – Telusuri ke siklus Calvin. Tanpa reaksi terang, ATP dan NADPH tidak lagi dibentuk. Siklus Calvin di stroma kehabisan ATP dan NADPH sehingga gula tidak tersusun, walaupun CO_2 tetap masuk.
Cek ulang: kasus menyebut CO_2 tetap masuk → masalahnya bukan bahan baku, melainkan pasokan energi dari reaksi terang.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan membaca kasus: teks menyatakan CO_2 tetap dapat masuk; membran luar juga bukan tempat klorofil.
• B ✗ — Jebakan konsep mirip: stroma memang berisi enzim pengikat CO_2, tetapi herbisida bekerja di membran berklorofil; O_2 juga tidak dilepas dari stroma.
• C ✓ — Letak benar dan rantai sebab-akibat benar.
• D ✗ — Membran dalam tidak memompa air ke tilakoid; pemecahan air terjadi di membran tilakoid oleh energi cahaya.
• E ✗ — Jebakan: labelnya benar, tetapi alasannya keliru; klorofil tidak berubah menjadi gula.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: E

Konsep: krista adalah lipatan membran dalam mitokondria. Pada membran dalam tertanam rantai transpor elektron dan **ATP sintase**, sehingga di sinilah sebagian besar ATP dibentuk. Makin banyak lipatan, makin luas membran dalam dan makin banyak ATP yang dapat dibuat. Sel yang sangat boros energi (otot jantung) memiliki krista yang rapat.

Langkah 1 – Bandingkan gambar. Ukuran kedua mitokondria sama; X memiliki krista jauh lebih banyak dan dalam daripada Y. Ketebalan membran luar keduanya sama.
Langkah 2 – Hubungkan dengan kebutuhan energi. Otot jantung berkontraksi tanpa henti → perlu ATP sangat banyak → krista rapat → X. Sel lemak terutama menyimpan → kebutuhan ATP lebih kecil → Y.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 3 – Periksa alasannya. Krista rapat = membran dalam luas = tempat transpor elektron dan ATP sintase lebih banyak.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan fungsi tertukar: krista adalah tempat pembentukan ATP, bukan tempat menyimpan lemak.
• B ✗ — Jebakan tempat: glikolisis berlangsung di sitoplasma, bukan di matriks mitokondria.
• C ✗ — Salah baca gambar: membran luar X dan Y digambar sama tebal; mitokondria juga bukan wadah penyimpan lemak sel.
• D ✗ — Jebakan: pasangannya benar, tetapi alasannya keliru; glukosa dipecah menjadi piruvat di sitoplasma.
• E ✓ — Pasangan dan alasan sesuai struktur–fungsi krista.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: sel tumbuhan memiliki **kloroplas** (fotosintesis, hanya bila ada cahaya) dan **mitokondria** (respirasi aerob, siang dan malam). Fotosintesis memakai CO_2 dan melepas O_2; respirasi memakai O_2 dan melepas CO_2. ATP dari reaksi terang dipakai di dalam kloroplas untuk menyusun gula, sedangkan kebutuhan ATP sel lainnya dipenuhi respirasi.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan miskonsepsi "tumbuhan tidak bernapas pada siang hari". Mitokondria bekerja terus; pada siang hari pertukaran gasnya hanya tertutup oleh fotosintesis yang lebih cepat.
Pernyataan 2 — Benar. Tanpa cahaya, kloroplas tidak membentuk ATP, tetapi mitokondria tetap memecah gula dan membentuk ATP.
Pernyataan 3 — Benar. Malam hari tidak ada reaksi terang sehingga hanya respirasi yang menukar gas: O_2 dipakai, CO_2 dilepas. (Jumlah O_2 yang dipakai satu pot tanaman sangat kecil dibandingkan pernapasan manusia di kamar yang sama.)

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 4 Kunci: B

Konsep: enzim adalah protein; kerjanya bergantung pada **bentuk sisi aktif**. Suhu jauh di atas suhu optimum memutus ikatan yang menjaga bentuk protein sehingga sisi aktif rusak (**denaturasi**). Denaturasi umumnya **permanen**: enzim tidak pulih walaupun didinginkan. Suhu rendah hanya memperlambat enzim untuk sementara.

Langkah 1 – Cari yang dibuat berbeda. P dan Q sama-sama berisi getah pepaya dan direndam pada suhu ruang yang sama; bedanya hanya **perebusan** getah pada Q. R (air) adalah pembanding tanpa enzim.
Langkah 2 – Bandingkan hasil. P lunak (papain bekerja), Q sama dengan R (tidak ada kerja enzim).
Langkah 3 – Jelaskan. Perebusan mendenaturasi papain; setelah didinginkan pun enzim tetap rusak.
Cek ulang: P bekerja baik pada suhu ruang, jadi suhu ruang bukan penyebab Q gagal.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan membaca tabel: Q sudah didinginkan sampai suhu ruang, sama dengan P yang bekerja baik.
• B ✓ — Sesuai perbandingan P–Q dan sifat denaturasi.
• C ✗ — Jebakan miskonsepsi: enzim tidak habis terpakai; lagi pula saat direbus belum ada daging.
• D ✗ — Sebab-akibat tanpa dasar: tabel tidak menunjukkan perubahan kepekatan, dan enzim yang lebih pekat justru bekerja lebih cepat.
• E ✗ — Dibantah gelas P: pada suhu ruang yang sama papain segar bekerja.

Jawaban: B.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 5 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: kerja enzim dipengaruhi **pH** dan **suhu**. pH yang jauh dari optimum mengubah muatan sisi aktif sehingga substrat sulit menempel. Suhu sangat tinggi mendenaturasi enzim secara **permanen**; suhu rendah hanya **memperlambat sementara**. Enzim tidak habis terpakai.

Langkah 1 – Kelompokkan cara. Cara 1 = pH sangat asam; cara 2 = suhu sangat tinggi; cara 3 = suhu rendah; cara 4 = pembanding.
Langkah 2 – Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✓ — Asam kuat menggeser pH menjauhi optimum → aktivitas turun.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan suhu rendah dikira merusak: enzim di lemari es hanya melambat; bentuknya tidak rusak.
• Pernyataan 3 ✓ — Air mendidih mendenaturasi enzim; kerusakan itu tidak pulih pada suhu ruang.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan miskonsepsi: enzim tidak habis; ketiga cara itu mengubah kondisi kerja enzim.
• Pernyataan 5 ✓ — Setelah hangat kembali, enzim yang hanya melambat bekerja lagi sehingga irisan mulai cokelat.
Cek ulang: pernyataan 2 dan 5 saling bertentangan; hanya satu yang benar, yaitu 5.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

No. 6 Kunci: D

Konsep: enzim bersifat **spesifik**. Substrat harus cocok dengan bentuk **sisi aktif** enzim (model kunci–gembok atau ketepatan induksi). Dua zat yang tersusun dari bahan yang sama tetapi berbeda bentuk ikatannya dapat memerlukan enzim yang berbeda.

Langkah 1 – Cari petunjuk. Pati dan selulosa sama-sama rangkaian glukosa, tetapi **bentuk ikatannya berbeda**.
Langkah 2 – Terapkan sifat enzim. Amilase hanya cocok dengan bentuk ikatan pada pati; ikatan selulosa tidak pas dengan sisi aktifnya → tidak terurai.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan miskonsepsi: enzim tidak habis terpakai; orang yang makan sayur tanpa nasi pun tidak mencerna selulosa.
• B ✗ — Salah konsep: selulosa adalah karbohidrat (polisakarida); teks menyebut tersusun atas glukosa.
• C ✗ — Suhu tubuh adalah suhu optimum enzim tubuh; masalahnya kecocokan bentuk, bukan suhu.
• D ✓ — Sesuai sifat spesifik enzim.
• E ✗ — Jebakan pH: amilase pankreas justru bekerja di usus halus yang sedikit basa.

Jawaban: D.

No. 7 Kunci: E

Konsep: enzim **mempercepat** reaksi, tetapi **tidak mengubah jumlah produk akhir**. Jumlah produk ditentukan oleh jumlah substrat. Enzim juga tidak ikut habis atau berubah menjadi produk.

Langkah 1 – Tentukan substratnya. Setiap tangki berisi 1.000 kg pati; jumlah ini tidak berubah.
Langkah 2 – Terapkan sifat enzim. Menggandakan enzim membuat pati habis lebih cepat (mungkin kurang dari 8 jam), tetapi glukosa yang terbentuk tetap berasal dari 1.000 kg pati yang sama.
Langkah 3 – Nilai usul. Untuk menambah glukosa per tangki, yang harus ditambah adalah pati, bukan enzim.
Cek ulang: dengan dosis biasa pun pati sudah **habis** terurai → tidak ada pati tersisa yang dapat diubah lagi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan laju disamakan dengan hasil akhir.
• B ✗ — Berlebihan: enzim tidak saling menghentikan; tambahan enzim justru mempercepat reaksi.
• C ✗ — Jebakan miskonsepsi: enzim keluar dari reaksi tanpa berubah.
• D ✗ — Sebab-akibat tanpa dasar: kasus tidak menyebut perubahan pH; tangki dijaga pada pH optimum.
• E ✓ — Membedakan laju dan jumlah produk.

Jawaban: E.

No. 8 Kunci: C

Konsep: inhibitor kompetitif mirip substrat dan bersaing di **sisi aktif**; bila substrat ditambah banyak, substrat memenangkan persaingan dan laju kembali mendekati normal. **Inhibitor nonkompetitif** menempel di bagian lain enzim dan mengubah bentuk sisi aktif; menambah substrat **tidak** memulihkan laju.

Langkah 1 – Baca pada pati rendah. P (9) dan Q (10) sama-sama menurunkan laju dari 20 → belum dapat dibedakan.
Langkah 2 – Baca pada pati tinggi. Dengan P laju 57, hampir sama dengan tanpa ekstrak (60) → hambatan hilang saat substrat banyak → **kompetitif**. Dengan Q laju 30, tetap separuh dari 60 → hambatan tidak hilang → **nonkompetitif**.
Cek ulang: Q menurunkan laju separuhnya pada kedua kadar pati (20→10, 60→30) — pola khas nonkompetitif.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan terbalik: P yang pulih pada pati tinggi, jadi P yang kompetitif.
• B ✗ — Jebakan membaca satu baris saja; perbedaan muncul pada pati tinggi.
• C ✓ — Sesuai pola kedua baris tabel.
• D ✗ — Jebakan membaca satu titik: pada pati tinggi P justru hampir tidak menghambat, sedangkan Q tetap menghambat kuat.
• E ✗ — Generalisasi berlebihan: hambatan P hilang saat substrat banyak, jadi enzim tidak rusak permanen.

Jawaban: C.

No. 9 Kunci: A

Konsep: ragi dapat bernapas aerob bila ada O_2 dan berfermentasi bila O_2 tidak ada. Tanpa O_2, **transpor elektron** berhenti karena tidak ada penerima elektron terakhir; NADH menumpuk dan NAD^+ habis, sehingga dekarboksilasi oksidatif dan siklus Krebs ikut berhenti. **Glikolisis** tidak memerlukan O_2, tetapi memerlukan NAD^+. **Fermentasi alkohol** mengembalikan NADH menjadi NAD^+ sambil membentuk etanol dan CO_2, sehingga glikolisis terus memberi 2 ATP.

Langkah 1 – Kenali tahap dari zat masuk–keluar. W: glukosa → piruvat (glikolisis, sitoplasma). X: piruvat → asetil-KoA + CO_2 (dekarboksilasi oksidatif). Y: siklus yang mengolah asetil-KoA (siklus Krebs). Z: O_2 → H_2O, ATP banyak (transpor elektron). V: piruvat → etanol + CO_2 tanpa O_2 (fermentasi alkohol).
Langkah 2 – Hilangkan O_2. Z berhenti → NAD^+ tidak dikembalikan dari jalur aerob → X dan Y ikut berhenti.
Langkah 3 – Cari jalur yang tetap terbuka. W tetap berjalan karena V mengembalikan NAD^+ (lihat "NADH → NAD^+" pada V). Etanol terkumpul = bukti V berjalan.

Analisis opsi:
• A ✓ — Tahap dan alasannya benar.
• B ✗ — Jebakan "tidak langsung": X dan Y tidak memakai O_2 dalam reaksinya, tetapi berhenti karena NAD^+ habis ketika Z berhenti.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• C ✗ — Jebakan: V memerlukan piruvat dari W; glikolisis tidak memerlukan O_2.
• D ✗ — Etanol adalah hasil akhir fermentasi di sitoplasma, bukan penerima elektron di mitokondria.
• E ✗ — Jebakan sumber CO_2: CO_2 di tangki tertutup berasal dari V, bukan dari Y yang sudah berhenti.

Jawaban: A.

No. 10 Kunci: B

Konsep: biji yang masih hidup tetap melakukan **respirasi seluler**: cadangan makanan (pati → glukosa) dipecah menjadi CO_2 dan air untuk membentuk ATP. Sebagian besar energi glukosa dilepaskan sebagai **panas**. Biji yang basah bernapas jauh lebih cepat daripada biji kering.

Langkah 1 – Pengamatan 1: hangat. Panas dihasilkan dari dalam tumpukan → respirasi sel biji (dan mikroba) melepaskan panas.
Langkah 2 – Pengamatan 2: lebih ringan setelah sama-sama kering. Air sudah disamakan dengan pengeringan, jadi yang hilang adalah bahan kering → pati dipakai respirasi dan karbonnya keluar sebagai CO_2.
Cek ulang: satu penjelasan (respirasi) menjawab kedua pengamatan sekaligus.

Analisis opsi:
• A ✗ — Gabah ada di dalam karung, dan pengurangan air tidak menjelaskan berat yang tetap lebih ringan setelah sama-sama dikeringkan.
• B ✓ — Menjelaskan panas dan berkurangnya bahan kering.
• C ✗ — Jebakan katabolisme–anabolisme tertukar: menyusun pati memerlukan energi, dan pati tidak disusun dari air saja.
• D ✗ — Tidak ada dasar biologi; air tidak bereaksi dengan karung menghasilkan panas.
• E ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: panas justru tanda biji masih bernapas aktif.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: D

Konsep: respirasi seluler setiap makhluk hidup melepaskan **panas**. Kecambah hidup bernapas sangat aktif. Kecambah yang direbus sudah mati (enzimnya terdenaturasi), tetapi permukaannya dapat ditumbuhi **mikroba pengurai** yang juga bernapas dan melepaskan panas.

Langkah 1 – Bandingkan A dengan B. A (hidup) 33 °C jauh lebih tinggi daripada B (mati) 28 °C → sebagian besar panas di A berasal dari respirasi kecambah.
Langkah 2 – Bandingkan B dengan C. Bedanya hanya disinfektan. C tetap 26 °C, sedangkan B naik ke 28 °C → panas pada B berasal dari **mikroba** yang dibunuh disinfektan pada C.
Langkah 3 – Pahami peran C. C adalah pembanding yang memastikan kenaikan suhu B bukan dari kecambah mati itu sendiri.
Cek ulang: suhu awal semua termos 26 °C, jadi tidak ada panas sisa perebusan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: enzim yang terdenaturasi oleh perebusan tidak pulih walaupun didinginkan.
• B ✗ — Salah baca keterangan: suhu awal semua termos sudah 26 °C.
• C ✗ — Disinfektan tidak menyerap panas dari termos lain; setiap termos terpisah.
• D ✓ — Didukung perbandingan B–C.
• E ✗ — Penguraian pati memerlukan enzim; tanpa makhluk hidup, pati tidak terurai dan melepas panas dengan sendirinya.

Jawaban: D.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 12 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: buah yang sudah dipetik masih terdiri atas sel hidup yang **bernapas**. Respirasi aerob memakai gula dan O_2. Bila O_2 dikurangi, respirasi melambat dan gula lebih awet. Bila O_2 habis, sel beralih ke **fermentasi**, yang hanya menghasilkan 2 ATP per glukosa; untuk bertahan sel memecah gula lebih cepat, dan hasil fermentasi (etanol) menumpuk.

Langkah 1 – Bandingkan tiga keadaan. 21 % O_2 (biasa) → 3 % O_2 (awet) → hampir 0 % O_2 (bau alkohol).
Langkah 2 – Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan miskonsepsi: buah petik masih hidup dan bernapas; buktinya kadar O_2 berpengaruh.
• Pernyataan 2 ✓ — O_2 rendah memperlambat respirasi aerob → gula lebih lambat habis.
• Pernyataan 3 ✓ — Tanpa O_2 → fermentasi alkohol → bau alkohol.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan konsep tertukar: etanol adalah hasil akhir fermentasi di sitoplasma; tanpa O_2 rantai transpor elektron berhenti.
• Pernyataan 5 ✓ — ATP per glukosa kecil → gula dipakai lebih cepat; itulah sebabnya kadar O_2 dijaga sekitar 3 %, bukan 0 %.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 13 Kunci: C

Konsep: lemak tersusun atas karbon, hidrogen, dan oksigen. Pada respirasi seluler, karbon dilepas sebagai **CO_2** pada dekarboksilasi oksidatif dan siklus Krebs, sedangkan hidrogen (bersama elektronnya) akhirnya bergabung dengan O_2 di ujung rantai transpor elektron menjadi **H_2O**. Energinya ditangkap sebagai ATP dan panas; atom-atomnya tidak lenyap.

Langkah 1 – Telusuri karbon. Asam lemak → asetil-KoA → siklus Krebs → **CO_2** → dibawa darah ke paru-paru → diembuskan.
Langkah 2 – Telusuri hidrogen. $NADH/FADH_2$ → rantai transpor elektron → bergabung dengan O_2 → **H_2O** (keluar lewat urine, keringat, uap napas).
Langkah 3 – Bandingkan bagiannya. Sebagian besar massa lemak adalah karbon (dan oksigen yang ikut keluar bersama karbon sebagai CO_2), jadi jalan keluar utamanya adalah napas.
Cek ulang: energi dilepas sebagai ATP dan panas, tetapi massa atom tidak berubah menjadi energi.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan miskonsepsi "lemak dibakar habis menjadi energi": energi dilepas, tetapi atom-atomnya keluar sebagai CO_2 dan air.
• B ✗ — Keringat terutama berisi air dan garam, bukan lemak cair.
• C ✓ — Sesuai jalur respirasi.
• D ✗ — Jebakan: otot tersusun terutama atas protein; lemak yang dipecah tidak berubah menjadi otot.
• E ✗ — Lemak tubuh yang dipecah di sel tidak kembali ke usus; feses berisi sisa makanan yang tidak tercerna.

Jawaban: C.

No. 14 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: ragi melakukan **fermentasi alkohol**: glukosa → piruvat → etanol + **CO_2**. Gas CO_2 terperangkap di adonan sehingga adonan mengembang. Fermentasi dijalankan enzim; suhu jauh di atas optimum membunuh sel ragi dan mendenaturasi enzimnya secara permanen.

Pernyataan 1 — Benar. Air hangat mendekati suhu optimum enzim ragi → fermentasi berjalan → CO_2 mengembangkan adonan.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan sebab yang keliru: gula tidak hilang oleh air mendidih (bahan dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

takarannya sama); yang rusak adalah ragi beserta enzimnya.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan "didinginkan lalu pulih": ragi yang mati dan enzim yang terdenaturasi tidak pulih walaupun suhu kembali hangat.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 15 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: pada respirasi aerob, karbon glukosa dilepas sebagai **CO_2** pada dekarboksilasi oksidatif (2 CO_2) dan siklus Krebs (4 CO_2). **O_2** baru dipakai di tahap terakhir sebagai **penerima elektron terakhir** pada rantai transpor elektron, lalu bergabung dengan H^+ menjadi **H_2O**.

Pendapat Raka — Benar. Keenam karbon glukosa keluar sebagai CO_2 pada kedua tahap itu.
Pendapat Sinta — Salah. Jebakan miskonsepsi "O_2 diubah menjadi CO_2": siklus Krebs tidak memakai O_2 secara langsung; CO_2 berasal dari karbon glukosa, sedangkan O_2 yang dihirup menjadi air.
Pendapat Bayu — Benar. Itulah peran O_2 di ujung rantai transpor elektron.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 16 Kunci: A

Konsep: ikan berdarah dingin; suhu tubuhnya mengikuti suhu air. Reaksi respirasi seluler dijalankan **enzim** yang bekerja makin cepat bila suhu naik (sampai suhu optimum). Respirasi yang lebih cepat memerlukan **O_2 lebih banyak**, sehingga ikan memompa air melewati insang lebih sering.

Langkah 1 – Baca tren. Suhu naik 20 → 25 → 30 °C, gerakan tutup insang naik 52 → 70 → 96 per menit.
Langkah 2 – Hubungkan dengan respirasi. Gerakan tutup insang = laju pengambilan O_2 dari air → laju respirasi naik bersama suhu.
Langkah 3 – Jelaskan sebabnya. Suhu tubuh ikan naik → enzim respirasi lebih cepat → kebutuhan O_2 naik.
Cek ulang: air hangat juga melarutkan O_2 lebih sedikit, sehingga ikan perlu memompa lebih banyak air; hal ini menguatkan arah yang sama.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai tren dan konsep enzim–respirasi.
• B ✗ — Jebakan: insang adalah alat pertukaran gas, bukan pendingin tubuh; ikan berdarah dingin tidak mendinginkan tubuh dengan cara itu.
• C ✗ — Data menunjukkan ikan pada 20 °C tetap menggerakkan insang 52 kali per menit; ikan tidak berhenti bernapas.
• D ✗ — Sebab-akibat tanpa dasar: tabel tidak memuat kadar CO_2, dan CO_2 air yang menurun justru memudahkan ikan membuang CO_2.
• E ✗ — Jebakan: ikan di semua akuarium dibiarkan tenang dulu; lagi pula gerak yang lebih aktif justru menaikkan kebutuhan O_2, bukan menurunkannya.

Jawaban: A.

No. 17 Kunci: D

Konsep: dekarboksilasi oksidatif, siklus Krebs, dan transpor elektron berlangsung di **mitokondria**; hanya **glikolisis** yang berlangsung di sitoplasma dan tidak memerlukan O_2. Agar glikolisis terus berjalan, NADH harus dikembalikan menjadi NAD^+ melalui **fermentasi asam laktat**.

Langkah 1 – Cari petunjuk struktur. Sel darah merah dewasa **tidak memiliki mitokondria**.
Langkah 2 – Tentukan jalur yang masih mungkin. Tanpa mitokondria, tahap aerob tidak dapat berlangsung, berapa pun O_2 yang ada → hanya glikolisis (2 ATP).
Langkah 3 – Jelaskan asam laktat. NADH dari glikolisis dikembalikan menjadi NAD^+ dengan mengubah piruvat menjadi asam laktat.
Cek ulang: dengan cara ini sel darah merah tidak memakai O_2 yang diangkutnya, sehingga O_2 itu utuh sampai ke jaringan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: glikolisis memang tidak memerlukan O_2 sama sekali, jadi ketersediaan O_2 bebas bukan masalahnya.
• B ✗ — Jebakan tujuan: menyatakan maksud ("sengaja") tanpa dasar; penyebabnya ketiadaan mitokondria.
• C ✗ — Salah konsep: glikolisis tidak memakai O_2.
• D ✓ — Struktur (tanpa mitokondria) menjelaskan jalur yang dipakai.
• E ✗ — Tidak ada dasar: asam laktat berasal dari piruvat hasil pemecahan glukosa, bukan dari hemoglobin.

Jawaban: D.

No. 18 Kunci: B

Konsep: gelembung gas dari tumbuhan air yang disinari adalah **O_2 hasil fotosintesis**; banyaknya gelembung per menit menunjukkan laju fotosintesis. CO_2 adalah bahan **siklus Calvin**. Mendidihkan air mengusir gas terlarut, termasuk CO_2; soda kue ($NaHCO_3$) menambah CO_2 terlarut.

Langkah 1 – Cari yang dibuat berbeda. Suhu (27 °C), lampu, jarak, dan banyak *Hydrilla* sama. Yang berbeda adalah **kadar CO_2 terlarut**: Q paling sedikit (dididihkan), P sedang, R paling banyak (soda kue).
Langkah 2 – Cocokkan dengan hasil. Q 2 < P 18 < R 35 gelembung per menit → makin banyak CO_2, makin cepat fotosintesis.
Cek ulang: *Hydrilla* baru dimasukkan setelah air dingin, jadi tumbuhannya tidak pernah terkena air mendidih.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan variabel kontrol: suhu semua gelas sama 27 °C, dan *Hydrilla* tidak ikut dididihkan.
• B ✓ — Faktor yang berbeda dan arah hubungannya benar.
• C ✗ — Jebakan "benar tetapi tidak menjawab": cahaya memang diperlukan, tetapi dibuat sama di ketiga gelas.
• D ✗ — Jebakan konsep mirip: air mendidih memang kehilangan O_2, tetapi gelembung yang dihitung adalah O_2 hasil fotosintesis; perbedaan R dan P tidak dapat dijelaskan oleh O_2.
• E ✗ — Air P dan R sama-sama air kolam; yang membedakan R hanya soda kue.

Jawaban: B.

No. 19 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: fotosintesis memerlukan cahaya, CO_2, air, dan klorofil. CO_2 diikat di **siklus Calvin** (stroma) menjadi gula, yang disimpan sebagai **amilum**; amilum memberi warna biru kehitaman dengan lugol. Penyimpanan di tempat gelap menghabiskan amilum lama, sehingga amilum yang ditemukan pasti dibuat selama penjemuran.

Pernyataan 1 — Benar. KOH menghilangkan CO_2 dari udara sungkup A → siklus Calvin tidak mendapat CO_2 → tidak ada gula maupun amilum baru → daun A kuning kecokelatan.
Pernyataan 2 — Benar. Sungkup B sama dengan A dalam segala hal (kaca, cahaya, tanaman, cawan berisi cairan), kecuali isinya tidak menyerap CO_2. Inilah pembanding (kontrol).
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan salah baca percobaan: sungkup B juga dari kaca dan daunnya membentuk amilum, berarti cahaya dapat menembus kaca. Cahaya sama di kedua sungkup.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 20 Kunci: C

Konsep: CO_2 masuk ke daun melalui **stomata**, lalu menyebar lewat ruang antarsel jaringan bunga karang menuju sel-sel berkloroplas. Tanpa CO_2, siklus Calvin tidak dapat menyusun gula, sehingga

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

amilum tidak terbentuk. Air datang dari akar lewat xilem pada berkas pengangkut, bukan dari permukaan daun.

Langkah 1 – Kenali bagian gambar. P = epidermis atas, Q = jaringan palisade, R = jaringan bunga karang, S = stomata (dua sel penjaga) di epidermis bawah, T = berkas pengangkut.
Langkah 2 – Bandingkan ketiga daun. Daun 1 (atas dioles) tetap membentuk amilum → menutup permukaan atas tidak menghalangi cahaya maupun CO_2. Daun 2 (bawah dioles) gagal → yang tertutup adalah bagian di permukaan bawah, yaitu stomata.
Langkah 3 – Jelaskan. Stomata tertutup → CO_2 tidak masuk → siklus Calvin berhenti → tidak ada amilum.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan dibantah data: daun 1 yang permukaan atasnya dioles tetap membentuk amilum.
• B ✗ — Air sampai ke sel palisade dari xilem, bukan dari permukaan daun; Q juga tidak tertutup vaselin.
• C ✓ — Sesuai letak stomata dan peran CO_2.
• D ✗ — Vaselin hanya melapisi permukaan; lagi pula amilum diuji di daun itu sendiri sehingga pengangkutan tidak menentukan hasil.
• E ✗ — Vaselin tidak masuk ke ruang antarsel; pelepasan O_2 juga tidak menghentikan pembentukan amilum.

Jawaban: C.

No. 21 Kunci: B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: kemosintesis adalah penyusunan zat organik dari CO_2 dengan energi dari **oksidasi zat anorganik** (misalnya H_2S). Pelakunya adalah **produsen** (kemoautotrof), sama seperti tumbuhan, tetapi tidak memerlukan cahaya. Pengurai berbeda: pengurai memakai zat organik yang sudah ada.

Langkah 1 – Cari sumber karbon. CO_2 terlarut → zat organik baru → produsen.
Langkah 2 – Cari sumber energi. Reaksi H_2S dengan O_2 = oksidasi zat anorganik → kemosintesis.
Langkah 3 – Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: hidup di air berbau tidak berarti pengurai; bakteri ini tidak memakai zat organik yang sudah ada.
• Pernyataan 2 ✓ — Membuat zat organik dari CO_2 = produsen.
• Pernyataan 3 ✗ — Terowongan gelap dan energinya dari H_2S; bakteri ini tidak bergantung pada cahaya.
• Pernyataan 4 ✓ — Sesuai sumber energi pada teks.
• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan generalisasi "semua energi berasal dari matahari": energi pada rantai makanan terowongan ini masuk melalui kemosintesis.

Jawaban: pernyataan 2 dan 4.

No. 22 Kunci: E

Konsep: fitoplankton berfotosintesis (melepas O_2) **hanya bila ada cahaya**, tetapi bernapas (memakai O_2) **siang dan malam**, sama seperti ikan. Pada siang hari yang cerah, O_2 dari fotosintesis berlebih. Pada malam hari dan saat mendung tebal, fotosintesis sangat berkurang sementara semua makhluk di kolam tetap memakai O_2.

Langkah 1 – Perhatikan waktunya. Ikan megap-megap **menjelang subuh** = akhir malam panjang tanpa fotosintesis → O_2 terendah.
Langkah 2 – Perhatikan pembanding. Setelah **dua hari mendung**, fotosintesis siang hari pun kecil → O_2 tidak sempat terisi kembali → kematian massal.
Langkah 3 – Hubungkan dengan jumlah fitoplankton. Air hijau pekat = fitoplankton sangat banyak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

→ pemakaian O_2 untuk bernapas pada malam hari juga sangat besar.
Cek ulang: suhu air tidak banyak berubah, jadi penyebabnya bukan suhu.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan terbalik: pada siang hari fitoplankton justru menyerap CO_2 untuk fotosintesis.
• B ✗ — Jebakan miskonsepsi: fitoplankton tetap bernapas pada malam hari; justru itu yang menguras O_2.
• C ✗ — Fotosintesis tidak berlangsung pada malam hari dan tidak mengubah pakan menjadi O_2.
• D ✗ — Dibantah kasus: suhu air tidak banyak berubah, dan ikan tampak sehat pada siang hari.
• E ✓ — Menjelaskan waktu kejadian (subuh) dan pengaruh mendung.

Jawaban: E.

No. 23 Kunci: B

Konsep: klorofil **paling banyak menyerap cahaya biru-ungu dan merah**, dan **paling sedikit menyerap cahaya hijau** (sebagian besar dipantulkan, itulah sebabnya daun tampak hijau). Hanya cahaya yang diserap yang dapat dipakai pada reaksi terang.

Langkah 1 – Baca tabel. Merah 92 g dan biru 85 g, jauh di atas hijau 38 g, padahal jumlah cahaya dan faktor lain sama.
Langkah 2 – Hubungkan dengan penyerapan. Cahaya hijau sedikit diserap → sedikit energi untuk reaksi terang → sedikit ATP dan NADPH → sedikit gula → pertumbuhan kecil.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jumlah cahaya dibuat sama di semua rak, jadi cahaya hijau tidak lebih kuat.
• B ✓ — Sesuai sifat penyerapan klorofil dan data.
• C ✗ — Jebakan tahap tertukar: siklus Calvin tidak memakai cahaya secara langsung.
• D ✗ — Jebakan terbalik: daun tampak hijau justru karena cahaya hijau dipantulkan, bukan diserap.
• E ✗ — Sebab-akibat tanpa dasar: tidak ada data laju respirasi; warna cahaya tidak dijelaskan memengaruhi respirasi.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: A

Konsep: tumbuhan berfotosintesis (membentuk gula) hanya bila ada cahaya, tetapi **bernapas terus** (memakai gula). Tumbuhan baru dapat tumbuh bila gula yang dibentuk **melebihi** gula yang dipakai respirasi. Pada cahaya redup tertentu, laju fotosintesis sama dengan laju respirasi (**titik kompensasi cahaya**); di bawahnya, cadangan gula malah terkuras.

Langkah 1 – Singkirkan faktor yang sudah cukup. Air, pupuk, dan suhu tercukupi; yang berbeda dengan tanaman di jendela hanya **cahaya**.
Langkah 2 – Hubungkan dengan neraca gula. Cahaya redup → fotosintesis lambat → gula yang dibentuk tidak melebihi gula yang dipakai respirasi → tidak ada kelebihan bahan untuk tumbuh, bahkan cadangan terpakai → tanaman makin kurus.
Cek ulang: tanaman tidak langsung mati, tetapi tidak tumbuh dan makin kurus — cocok dengan neraca gula yang nol atau negatif, bukan fotosintesis yang berhenti total.

Analisis opsi:
• A ✓ — Menjelaskan mengapa tanaman tidak tumbuh dan makin kurus.
• B ✗ — Jebakan miskonsepsi: respirasi tidak memerlukan cahaya; tanaman tetap bernapas, justru itulah yang menguras gulanya.
• C ✗ — Air masuk melalui akar, bukan stomata; kasus juga tidak menyebut tanaman layu kekurangan air.
• D ✗ — Tidak ada dasar; kasus menyatakan pupuk diberikan teratur dan masalahnya pada cahaya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• E ✗ — Generalisasi berlebihan: lampu biasa memancarkan berbagai warna; masalahnya jumlah cahaya yang terlalu sedikit.

Jawaban: A.

No. 25 Kunci: A

Konsep: klorofil memerlukan unsur **magnesium** dan **nitrogen** untuk dibentuk. Tanaman yang kekurangan unsur ini daunnya menguning (**klorosis**). Klorofil yang sedikit berarti cahaya yang ditangkap untuk reaksi terang sedikit, sehingga gula yang dihasilkan juga sedikit dan pertumbuhan melambat.

Langkah 1 – Cari yang berbeda. Cahaya dan air sama; yang berbeda adalah kekurangan Mg dan N.
Langkah 2 – Hubungkan dengan fotosintesis. Mg dan N kurang → klorofil kurang (daun kuning) → penangkapan cahaya berkurang → fotosintesis lambat → pertumbuhan lambat.

Analisis opsi:
• A ✓ — Rantai sebab-akibat lengkap dan sesuai kasus.
• B ✗ — Jebakan terbalik: daun tampak kuning karena memantulkan cahaya kuning, bukan menyerapnya.
• C ✗ — Air masuk melalui akar, bukan melalui stomata; kasus juga menyatakan air tercukupi.
• D ✗ — Jebakan miskonsepsi: daun yang menguning tetap bernapas selama selnya hidup.
• E ✗ — Dibantah kasus: daun menguning berarti klorofil berkurang, dan tidak ada data suhu tanah.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 3.1

No. 1 Kunci: C

Konsep: pembekuan darah adalah **rantai reaksi**. Trombokinase dengan bantuan **ion kalsium (Ca^{2+})** mengubah protrombin menjadi trombin; trombin mengubah **fibrinogen** yang larut menjadi benang **fibrin** yang menjerat sel darah. Ion kalsium adalah pembantu, bukan bahan yang berubah menjadi fibrin. Bila satu mata rantai hilang, langkah sesudahnya tidak terjadi.

Langkah 1 – Baca gambar. Tabung 1: menggumpal. Tabung 2 (kalsium diikat): tidak menggumpal, sel darah hanya mengendap. Tabung 3 (kalsium ditambahkan kembali): menggumpal lagi.
Langkah 2 – Bandingkan tabung 1 dan 2. Satu-satunya beda adalah kalsium yang diikat → pembekuan berhenti.
Langkah 3 – Pakai tabung 3 sebagai bukti. Setelah kalsium tersedia lagi, darah yang sama membeku → yang hilang di tabung 2 memang kalsium, dan bagian lain rantai pembekuan (termasuk trombosit) masih berfungsi.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: tabung 3 membuktikan darah bersitrat masih dapat membeku bila diberi kalsium.
• B ✗ — Jebakan: cairan tabung 1 sudah kehilangan fibrinogen karena fibrinogennya sudah menjadi fibrin di dalam gumpalan; cairan tabung 2 masih mengandungnya.
• C ✓ — Sesuai perbandingan ketiga tabung.
• D ✗ — Jebakan: natrium sitrat diberikan sebelum darah membeku; tidak ada bekuan yang larut kembali.
• E ✗ — Jebakan konsep: kalsium adalah pembantu reaksi, bukan bahan penyusun fibrin. Fibrin berasal dari fibrinogen.

Jawaban: C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 2 Kunci: E

Konsep: di kapiler ada dua "tenaga" yang berlawanan. **Tekanan darah** mendorong cairan keluar dari kapiler ke jaringan. **Tekanan osmotik protein plasma**, terutama **albumin**, menarik cairan masuk kembali ke kapiler. Bila tarikan albumin terlalu lemah, misalnya pada kekurangan protein berat, cairan tertimbun di jaringan sehingga bagian tubuh bengkak (**edema**).

Langkah 1 – Kumpulkan data. Makan hampir tanpa lauk → protein sangat kurang. Albumin plasma sangat rendah. Jantung, ginjal, dan tekanan darah normal.
Langkah 2 – Singkirkan penyebab yang dibantah data. Tekanan di kapiler tidak naik (jantung dan tekanan darah normal), ginjal normal.
Langkah 3 – Hubungkan albumin dengan bengkak. Albumin rendah → tarikan cairan kembali ke kapiler lemah → cairan menumpuk di jaringan → kaki, wajah, dan perut bengkak; bekas tekanan lama hilang karena jaringan berisi cairan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: jantung dan tekanan darah normal.
• B ✗ — Jebakan: ginjal normal menurut pemeriksaan.
• C ✗ — Jebakan salah tafsir gejala: perut buncit dan kaki bengkak di sini berisi cairan (bekas tekanan lama hilang), bukan lemak.
• D ✗ — Jebakan tertukar fungsi: sel darah merah mengangkut O_2, bukan menarik cairan jaringan kembali ke pembuluh.
• E ✓ — Sesuai data albumin dan konsep pertukaran cairan di kapiler.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: E

Konsep: di kapiler, sebagian cairan plasma keluar ke sela-sela sel menjadi **cairan jaringan**. Sebagian besar cairan ini masuk kembali ke kapiler, dan sisanya diangkut **pembuluh limfa** (getah bening) lalu dikembalikan ke peredaran darah. Bila pembuluh limfa tersumbat, cairan jaringan tidak dapat mengalir pergi sehingga menumpuk dan bagian tubuh itu membengkak.

Langkah 1 – Cari letak masalah. Cacing dewasa menyumbat pembuluh limfa di pangkal paha, jalan keluar cairan dari tungkai.
Langkah 2 – Singkirkan sebab lain dengan data. Jantung, pembuluh darah, dan protein darah normal → bengkak bukan karena jantung lemah, vena tersumbat, atau protein darah rendah.
Langkah 3 – Simpulkan. Cairan jaringan tungkai tidak terangkut → menumpuk → tungkai membengkak.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan pembuluh tertukar: dokter menyebut pembuluh limfa, bukan vena, dan pembuluh darahnya normal.
• B ✗ — Jebakan konsep dari kasus lain (kekurangan protein): data menyebut kadar protein darah normal.
• C ✗ — Bertentangan dengan data jantung yang normal.
• D ✗ — Jebakan: cacing filaria tidak merusak sel darah merah, dan kekurangan oksigen tidak menjelaskan penumpukan cairan.
• E ✓ — Sesuai tempat penyumbatan dan fungsi pembuluh limfa.

Jawaban: E.

No. 4 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: saat pembuluh terluka, **trombosit** menempel pada dinding yang luka membentuk sumbat sementara. Trombosit yang pecah melepas **trombokinase**, yang dengan bantuan ion kalsium mengubah protrombin menjadi trombin; trombin mengubah fibrinogen menjadi benang fibrin yang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

menjerat sel darah. Bila trombosit sangat sedikit, kebocoran kecil pada pembuluh tidak segera tertutup sehingga darah merembes ke kulit (bintik merah) atau keluar dari hidung.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan tertukar sel darah: hemoglobin Raka tidak rendah. Bintik merah adalah darah yang merembes keluar dari pembuluh kecil karena sumbat trombosit tidak terbentuk, bukan eritrosit yang pecah.
Pernyataan 2 — Benar. Dengan trombosit 50.000/µL, sumbat sementara terbentuk lambat; menekan lebih lama membantu menahan darah sampai bekuan terbentuk.
Pernyataan 3 — Benar. Pembekuan adalah rantai reaksi. Pemicu awalnya, yaitu trombokinase yang dilepas trombosit, sedikit, sehingga pengubahan protrombin menjadi trombin dan fibrinogen menjadi fibrin ikut lambat.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 5 Kunci: A

Konsep: di dataran tinggi udara lebih tipis sehingga tekanan O_2 udara lebih rendah dan darah membawa O_2 lebih sedikit. Kekurangan O_2 yang berlangsung lama dideteksi ginjal, yang lalu melepas hormon perangsang pembentukan sel darah merah (eritropoietin). Hormon ini memerintahkan **sumsum tulang merah** membuat lebih banyak eritrosit, sehingga kadar hemoglobin juga naik. Dengan lebih banyak hemoglobin, setiap liter darah dapat mengangkut lebih banyak O_2 walaupun udaranya tipis. Ini contoh keterkaitan sistem respirasi dan sirkulasi.

Langkah 1 – Baca tabel. Dieng: hemoglobin dan eritrosit lebih tinggi (15,6 vs 14,2; 5,4 vs 4,9). Denyut nadi hampir sama (74 vs 72).
Langkah 2 – Singkirkan penjelasan lain. Peserta sama-sama sehat, tidak merokok, dan cukup gizi. Denyut nadi tidak berbeda jauh, jadi bukan jantung yang menjelaskan.
Langkah 3 – Hubungkan dengan lingkungan. Satu-satunya perbedaan menetap adalah ketinggian tempat tinggal → O_2 udara rendah → O_2 darah rendah → sumsum tulang dipicu (lewat hormon dari ginjal) → eritrosit bertambah.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai rantai sebab: O_2 darah rendah dalam waktu lama → sumsum tulang membuat eritrosit lebih banyak.
• B ✗ — Jebakan penjelasan semu: tidak ada data kehilangan cairan; peserta tinggal di sana sejak lahir, dan perbedaannya menetap.
• C ✗ — Jebakan salah baca data dan salah tempat: denyut hampir sama, dan eritrosit dibentuk di sumsum tulang, bukan di paru-paru.
• D ✗ — Jebakan fakta terbalik: udara pegunungan justru lebih tipis sehingga tekanan O_2-nya lebih rendah.
• E ✗ — Tidak ada data ukuran paru-paru; lagi pula O_2 yang lebih banyak justru tidak akan merangsang pembentukan eritrosit.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 3.2

No. 1 Kunci: B

Konsep: di alveolus, O_2 berdifusi dari udara ke darah dan CO_2 berdifusi dari darah ke udara. Dalam satu tarikan napas, **hanya sebagian** O_2 yang berpindah ke darah, sehingga udara yang diembuskan masih mengandung cukup banyak O_2.

Langkah 1 – Baca tabel. O_2: 21 % → 16 %. Hanya sekitar 5 % yang berkurang; 16 % masih tersisa.
Langkah 2 – Hubungkan dengan napas buatan. Udara embusan penolong yang ditiupkan ke paru korban masih membawa O_2 sekitar 16 %, cukup untuk berdifusi ke darah korban.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 3 – Periksa CO_2. CO_2 naik menjadi 4 %, tetapi itu tidak membuat udara embusan kehilangan manfaatnya karena O_2 masih tersedia.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: kenaikan CO_2 benar menurut tabel, tetapi CO_2 bukan perangsang jantung untuk berdenyut kembali dan bukan alasan napas buatan bermanfaat.
• B ✓ — Sesuai data O_2 dan konsep difusi di alveolus.
• C ✗ — Jebakan benar tetapi tidak menjawab: tabel tidak memuat uap air, dan uap air bukan alasan korban mendapat O_2.
• D ✗ — Jebakan salah baca tabel: kadar O_2 turun dari 21 % menjadi 16 %; O_2 dipakai terus, juga saat istirahat.
• E ✗ — Jebakan: paru-paru korban mengembang karena udara ditiupkan, bukan karena udaranya hangat.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: sistem pernapasan dan peredaran darah bekerja berurutan. Paru-paru menukar gas di alveolus, lalu oksigen diangkut darah terutama oleh **hemoglobin** di sel darah merah. Jumlah oksigen yang dibawa darah bergantung pada **banyaknya hemoglobin** dan pada **persentase hemoglobin yang terisi oksigen**. Oksimeter hanya mengukur persentase yang terisi, bukan banyaknya hemoglobin.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan salah baca data: 98 % berarti hampir semua hemoglobin yang **ada** sudah mengikat oksigen. Namun hemoglobin Dina hanya 7 g/dL, sekitar separuh nilai normal, sehingga jumlah oksigen yang diangkut tetap jauh berkurang.
Pernyataan 2 — Benar. Paru-paru normal dan saturasi 98 % → pertukaran gas baik. Masalahnya pada pengangkut: hemoglobin sedikit → oksigen ke otot berkurang → cepat lelah dan terengah-engah saat naik tangga.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan: hemoglobin yang ada sudah hampir penuh (98 %). Bernapas lebih cepat tidak dapat menambah jumlah hemoglobin, sehingga pasokan oksigen tidak pulih sepenuhnya. Yang diperlukan adalah memulihkan hemoglobin (zat besi).

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 3 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: banyaknya O_2 yang masuk ke darah ditentukan oleh **tekanan O_2** udara, bukan hanya persentasenya. Udara yang tekanannya rendah lebih renggang, sehingga setiap tarikan napas membawa lebih sedikit molekul O_2 dan hemoglobin yang terisi O_2 berkurang. Tubuh mengimbangi dengan bernapas lebih cepat dan jantung berdenyut lebih cepat. Bila O_2 darah turun jauh, kemoreseptor di aorta dan arteri leher ikut merangsang pusat pernapasan. Otak paling peka terhadap kekurangan O_2 sehingga timbul pusing.

Pernyataan 1 — Benar. Persentase sama (21 %), tetapi tekanan udara hanya dua pertiga → molekul O_2 per tarikan napas lebih sedikit → saturasi turun dari 98 % menjadi 86 %.
Pernyataan 2 — Benar. Denyut yang lebih cepat membuat darah lebih sering melewati paru-paru dan jaringan, sehingga pengantaran O_2 per menit bertambah.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan fakta dan pemicu: tidak ada data bahwa udara puncak lebih kaya CO_2. Pemicu napas cepat di sini adalah O_2 darah yang rendah. Bernapas cepat justru membuang CO_2 lebih banyak.
Cek ulang: keluhan hilang setelah turun, sesuai dengan tekanan O_2 udara yang kembali lebih tinggi.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 3.3

No. 1 Kunci: A

Konsep: ginjal mengatur jumlah air dalam urine. Bila tubuh kekurangan air, **ADH** meningkat sehingga lebih banyak air diserap kembali dan urine menjadi sedikit dan **pekat**. Zat terlarut dalam urine yang pekat, misalnya garam kalsium atau **asam urat**, lebih mudah mengendap dan membentuk kristal yang lama-kelamaan menjadi batu. Urine yang lama ditahan memberi waktu lebih lama bagi kristal untuk terbentuk.

Langkah 1 – Cari kebiasaan yang berkaitan dengan air. Jarang minum → urine pekat (sesuai keterangan dokter).
Langkah 2 – Cari kebiasaan yang menambah zat sisa. Jeroan kaya bahan pembentuk asam urat → zat sisa dalam urine bertambah.
Langkah 3 – Gabungkan. Zat sisa banyak + air sedikit + urine lama ditahan → zat mengendap → batu.

Analisis opsi:
• A ✓ — Menghubungkan urine pekat dengan pengendapan zat sisa.
• B ✗ — Jebakan berlebihan: kurang minum tidak membuat ginjal berhenti menyaring; batu terbentuk di saluran kemih, bukan di pembuluh darah.
• C ✗ — Jebakan: gas dari minuman tidak berubah menjadi batu; batu adalah endapan garam atau asam urat.
• D ✗ — Jebakan arah terbalik: kurang minum justru menaikkan ADH sehingga urine pekat, bukan encer.
• E ✗ — Jebakan tertukar zat: jeroan kaya protein dan bahan pembentuk asam urat, bukan glukosa; glukosa juga tidak membentuk batu ginjal.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: A

Konsep: ginjal menjaga kadar garam dan air darah tetap stabil (**homeostasis**). Kelebihan garam dibuang bersama urine, tetapi urine manusia tidak dapat lebih asin daripada batas tertentu. Bila kadar garam yang masuk lebih tinggi daripada kadar garam terpekat yang dapat dibuat ginjal, setiap garam yang dibuang harus "ditemani" air dalam jumlah lebih banyak daripada air yang ikut masuk.

Langkah 1 – Bandingkan kadar garam. Air laut lebih asin daripada urine terpekat yang dapat dibuat ginjal.
Langkah 2 – Hitung secara kualitatif. Misalkan 1 liter air laut diminum. Untuk membuang seluruh garamnya, ginjal perlu membuat urine lebih dari 1 liter. Kekurangannya diambil dari cairan tubuh.
Langkah 3 – Simpulkan. Makin banyak air laut diminum, makin banyak air tubuh yang hilang → lebih dehidrasi dan lebih haus daripada awak yang tidak minum.
Cek ulang: darah yang pekat justru merangsang pelepasan ADH; ADH tinggi membuat urine sepekat mungkin, tetapi tetap tidak cukup pekat.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai batas kepekatan urine dan keseimbangan air.
• B ✗ — Jebakan berlebihan: kasus tidak menunjukkan ginjal berhenti bekerja; masalahnya kehilangan air.
• C ✗ — Jebakan kata mutlak: air laut tetap diserap usus; justru garamnya yang ikut masuk ke darah.
• D ✗ — Jebakan arah hormon terbalik: darah yang pekat meningkatkan pelepasan ADH, bukan menghentikannya.
• E ✗ — Jebakan arah osmosis terbalik: darah yang lebih asin menarik air **keluar** dari sel sehingga sel mengerut.

Jawaban: A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 3 Kunci: D

Konsep: glukosa berukuran kecil, sehingga **selalu ikut tersaring** di glomerulus ke dalam filtrat. Di tubulus proksimal, glukosa diserap kembali oleh protein pengangkut yang **jumlahnya terbatas**. Selama glukosa darah tidak terlalu tinggi, semua glukosa terangkut kembali sehingga urine bebas glukosa. Bila glukosa darah sangat tinggi, pengangkut bekerja pada batas kemampuannya dan sisanya lolos ke urine.

Langkah 1 – Bandingkan dua pemeriksaan. Glukosa darah 260 → urine bergula; 150 → urine tanpa gula. Penyaringan ginjal normal pada keduanya.
Langkah 2 – Tentukan tahap yang berubah. Penyaringan tetap normal, jadi glukosa tetap tersaring. Yang berubah adalah jumlah glukosa di filtrat: kini tidak melebihi kemampuan pengangkut tubulus untuk menyerapnya kembali.
Cek ulang: 150 mg/dL masih di atas normal puasa (70–99 mg/dL), jadi Pak Halim belum "di bawah normal".

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah tahap: glukosa memang selalu tersaring di glomerulus orang sehat; data juga menyebut penyaringan normal.
• B ✗ — Jebakan mekanisme karangan: obat tidak menutup pori glomerulus; bila tertutup, zat sisa seperti urea juga tidak tersaring.
• C ✗ — Jebakan salah baca angka: 150 mg/dL masih di atas normal.
• D ✓ — Sesuai konsep batas kemampuan reabsorpsi glukosa di tubulus.
• E ✗ — Jebakan tahap tertukar: glukosa tidak ditambahkan ke urine pada augmentasi; glukosa di urine berasal dari filtrat yang gagal diserap kembali.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 3.4

No. 1 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: neuron sensorik membawa impuls dari reseptor (misalnya di kulit) ke sistem saraf pusat, sedangkan **neuron motorik** membawa perintah dari sistem saraf pusat ke otot. Rasa sakit baru disadari bila impuls dari reseptor sampai ke otak dan diolah di otak besar. Bagian yang rusak menentukan fungsi yang hilang.

Pernyataan 1 — Benar. Telapak kaki tidak merasakan tusukan dan lecet → impuls dari reseptor kulit kaki tidak sampai ke otak → jalur sensorik di tungkai terganggu.
Pernyataan 2 — Benar. Jari kaki masih dapat digerakkan dan Bu Rahmi berjalan normal → perintah dari otak masih sampai ke otot kaki melalui neuron motorik.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan salah letak kerusakan: ujung jari tangan masih peka, jadi otak besar masih mampu mengolah rasa. Kerusakannya ada pada saraf tepi di tungkai, bukan di otak.
Cek ulang: dokter menyebut kerusakan pada "saraf tepi di tungkai", cocok dengan gangguan yang hanya terjadi di kaki.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 2 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: gerak yang tepat membutuhkan rangkaian lengkap: reseptor → neuron sensorik → otak (mengolah dan memutuskan) → neuron motorik → otot. **Otak kecil** mengatur keseimbangan dan koordinasi gerak. Banyak zat adiktif, termasuk alkohol, mengganggu kerja sinapsis di sistem saraf pusat sehingga pengolahan impuls melambat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan arah terbalik: semua gejala menunjukkan kerja saraf yang **melambat** (bicara lambat, menjawab lambat, reaksi lambat), bukan dipercepat.
• Pernyataan 2 ✓ — Berjalan sempoyongan walaupun otot sehat adalah tanda keseimbangan dan koordinasi terganggu, yaitu tugas otak kecil.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan tidak membaca data: otot dan matanya sehat. Yang lambat adalah pengolahan di sistem saraf.
• Pernyataan 4 ✓ — Bicara, menjawab, dan menangkap penggaris sama-sama melambat → pengolahan di sistem saraf pusat tertekan.
• Pernyataan 5 ✓ — Makin lama waktu reaksi, makin jauh mobil melaju sebelum kaki sempat menginjak rem; inilah bahaya mengemudi setelah minum alkohol.

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

No. 3 Kunci: D

Konsep: impuls **sensorik** dari kulit dan otot kaki naik melalui saraf spinal ke sumsum tulang belakang lalu ke otak; impuls **motorik** dari otak turun melalui sumsum tulang belakang dan saraf spinal ke otot kaki. Bila penghantaran di satu bagian dihambat, bagian tubuh yang sarafnya melewati daerah itu kehilangan rasa dan gerak, sedangkan bagian yang sarafnya keluar lebih tinggi tetap normal.

Langkah 1 – Petakan gejala. Hilang: rasa dan gerak dari perut ke bawah. Tetap ada: kesadaran, bicara, napas, gerak tangan.
Langkah 2 – Cari letak hambatan. Otak dan batang otak bekerja (sadar, napas normal). Saraf tangan dan saraf otot pernapasan keluar dari sumsum tulang belakang bagian leher, jauh di atas tempat suntikan → tidak terkena. Saraf perut bawah dan kaki melewati daerah pinggang → terkena.
Langkah 3 – Jenis impuls. Rasa hilang (sensorik) dan gerak hilang (motorik) → keduanya dihambat. Pulih dalam beberapa jam → hambatannya sementara.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan letak: bila obat bekerja di otak besar, kesadaran dan bicara ikut terganggu.
• B ✗ — Jebakan hanya sebagian benar: kaki tidak dapat digerakkan karena impuls motorik ikut dihambat, bukan karena takut.
• C ✗ — Jebakan: rasa dan gerak pulih tiga jam kemudian, jadi tidak ada kerusakan permanen.
• D ✓ — Sesuai letak suntikan, gejala, dan pemulihannya.
• E ✗ — Jebakan letak: batang otak mengatur napas dan denyut jantung; napas Bu Fitri normal.

Jawaban: D.

No. 4 Kunci: E

Konsep: impuls dihantarkan sepanjang akson neuron sensorik (dari kaki ke otak) dan neuron motorik (dari otak dan sumsum tulang belakang ke otot). Penghantaran impuls memerlukan sel saraf yang mendapat pasokan O_2 dan glukosa dari darah. Bila saraf dan pembuluh darah tertekan lama, penghantaran impuls terganggu **sementara**: rasa hilang dan otot sulit digerakkan. Setelah tekanan dilepas, aliran darah dan penghantaran impuls pulih.

Langkah 1 – Perhatikan gejalanya. Rasa hilang (sensorik) dan sulit digerakkan (motorik), hanya pada kaki yang tertekan.
Langkah 2 – Perhatikan pemulihannya. Pulih dalam sepuluh menit setelah posisi diubah → gangguan sementara, bukan kerusakan.
Langkah 3 – Nilai pendapat paman. Neuron yang benar-benar putus tidak tersambung lagi dalam hitungan menit.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan pendapat dalam kasus: akson yang terputus tidak tersambung kembali dalam

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

beberapa menit.
• B ✗ — Jebakan salah tempat: keluhan hanya pada satu kaki yang tertekan, bukan gangguan otak kecil.
• C ✗ — Jebakan tertukar sel: impuls rasa dikirim oleh neuron sensorik, bukan oleh otot.
• D ✗ — Kerusakan yang tidak dapat pulih bertentangan dengan data: kaki kembali normal dalam sepuluh menit.
• E ✓ — Tekanan menghambat penghantaran impuls untuk sementara; setelah tekanan hilang, fungsi pulih.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 3.5

No. 1 Kunci: C

Konsep: hormon pertumbuhan (GH) dari hipofisis depan merangsang pertumbuhan tulang dan otot. Tulang panjang (misalnya tulang paha dan tungkai) bertambah panjang di **lempeng pertumbuhan** dekat ujung tulang. Setelah masa remaja selesai, lempeng ini menutup dan tulang panjang tidak dapat memanjang lagi. GH berlebih pada orang dewasa (**akromegali**) membuat tulang tangan, kaki, dan wajah **menebal dan melebar**, tetapi tinggi badan tidak bertambah. GH berlebih pada masa anak menyebabkan tubuh sangat tinggi (gigantisme).

Langkah 1 – Baca data hormon. Tumor menghasilkan GH berlebih; tiroksin dan gula darah normal → penyebabnya GH.
Langkah 2 – Perhatikan waktu. Tinggi badan sudah tetap sejak usia 20 tahun; pembesaran baru terjadi lima tahun terakhir (usia ±37 tahun) → GH berlebih muncul setelah lempeng pertumbuhan menutup.
Langkah 3 – Simpulkan. GH tetap merangsang tulang, tetapi tulang panjang tidak dapat memanjang lagi, sehingga tulang hanya menebal.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: pemeriksaan menunjukkan GH berlebih, bukan berkurang.
• B ✗ — Jebakan tertukar hormon: kadar tiroksin normal.
• C ✓ — Menjelaskan pembesaran dan tinggi badan yang tetap sekaligus.
• D ✗ — Jebakan: GH merangsang tulang dan otot; ukuran sepatu, cincin, dan rahang yang menonjol menunjukkan tulang ikut membesar.
• E ✗ — Jebakan: pada masa anak GH bekerja memanjangkan tulang tanpa perlu menunggu bertahun-tahun; pada orang dewasa tulang panjang tidak dapat memanjang lagi berapa pun lamanya.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: hipofisis melepas **TSH** yang merangsang kelenjar tiroid membuat **tiroksin**. Tiroid memerlukan **iodium** sebagai bahan tiroksin. Tiroksin menaikkan laju metabolisme dan panas tubuh. Kadar tiroksin diatur dengan **umpan balik negatif**: bila tiroksin cukup, pelepasan TSH ditekan; bila tiroksin rendah, TSH terus dilepas.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan tidak membaca data: tiroksin Bu Darman rendah, bukan berlebihan.
• Pernyataan 2 ✓ — Tanpa iodium, tiroksin tidak cukup dibuat → umpan balik negatif hilang → TSH tinggi terus merangsang tiroid → kelenjar membesar (gondok).
• Pernyataan 3 ✓ — Tiroksin rendah → metabolisme melambat → energi dan panas tubuh berkurang → mudah lelah dan kedinginan.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan sebab-akibat: TSH sudah tinggi. Masalahnya adalah bahan (iodium),

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bukan kurangnya rangsangan; rangsangan tambahan justru dapat memperbesar kelenjar.
• Pernyataan 5 ✓ — Penyebabnya kekurangan iodium dari makanan; garam beriodium memberi bahan pembuat tiroksin.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 3 Kunci: B

Konsep: ADH (hormon antidiuretik) dilepaskan dari hipofisis dan bekerja pada tubulus ginjal agar lebih banyak air **diserap kembali** ke darah. ADH banyak → urine sedikit dan pekat. ADH sedikit → air sedikit diserap kembali → urine banyak dan encer, tubuh kehilangan air, lalu timbul rasa haus.

Langkah 1 – Baca petunjuk. Operasi di dekat hipofisis → hormon dari hipofisis dapat terganggu.
Langkah 2 – Singkirkan sebab lain. Glukosa darah dan urine normal → bukan diabetes melitus. Ginjal sehat → bukan kerusakan ginjal.
Langkah 3 – Cocokkan dengan hormon. Urine sangat banyak dan encer → air tidak diserap kembali → ADH kurang. Rasa haus adalah akibat kehilangan air.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan penyakit mirip: tidak ada glukosa di urine, dan insulin dibuat pankreas, bukan hipofisis.
• B ✓ — Sesuai letak operasi, sifat urine, dan data yang menyingkirkan sebab lain.
• C ✗ — Jebakan kerja hormon terbalik: ADH berlebih membuat urine sedikit dan pekat.
• D ✗ — Bertentangan dengan data ginjal yang sehat.
• E ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: haus muncul karena banyak air terbuang, bukan penyebab urine banyak; operasinya mengenai daerah hipofisis.

Jawaban: B.

No. 4 Kunci: A

Konsep: pankreas adalah kelenjar ganda: sebagian besar selnya membuat getah pencernaan yang dialirkan ke usus halus, sedangkan **pulau Langerhans** di dalamnya membuat hormon. **Insulin** (sel beta) membantu sel otot dan sel lemak menyerap glukosa serta membuat hati menyimpan glukosa sebagai glikogen, sehingga gula darah turun. **Glukagon** (sel alfa) memecah glikogen hati sehingga gula darah naik. Insulin adalah satu-satunya hormon utama yang menurunkan gula darah.

Langkah 1 – Kenali organnya. Organ yang juga membuat getah pencernaan untuk usus halus dan pengobatannya memerlukan kapsul enzim → pankreas, yaitu label S (di belakang lambung). P = hipofisis, Q = tiroid, R = adrenal, T = ovarium.
Langkah 2 – Hubungkan dengan gula darah. Sebagian pankreas diangkat → sel beta berkurang → insulin kurang → glukosa sulit masuk sel → gula darah tinggi; maka ia perlu suntikan insulin.
Cek ulang: bila yang hilang hanya sel penghasil glukagon, gula darah justru cenderung turun, bukan naik.

Analisis opsi:
• A ✓ — Label tepat, dan hormon yang hilang memang hormon penurun gula darah (insulin).
• B ✗ — Jebakan arah terbalik: mengangkat kelenjar penghasil hormon penaik gula darah akan menurunkan, bukan menaikkan, gula darah. Adrenal juga tidak membuat getah pencernaan.
• C ✗ — Jebakan tertukar kelenjar: tiroid mengatur laju metabolisme, tidak membuat getah pencernaan, dan bukan pengatur utama gula darah.
• D ✗ — Jebakan generalisasi: hipofisis tidak memerintah pelepasan insulin; insulin dilepas langsung bila gula darah naik. Hipofisis juga tidak membuat getah pencernaan.
• E ✗ — Label benar, tetapi hormonnya tertukar: hormon pemecah glikogen (glukagon) menaikkan gula darah, sehingga kehilangannya tidak membuat gula darah naik.

Jawaban: A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 5 Kunci: A, C

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: kortisol adalah hormon stres jangka panjang dari **korteks adrenal**, dilepas atas perintah ACTH dari hipofisis. Kortisol menaikkan gula darah dengan membuat glukosa dari bahan lain, membantu menjaga tekanan darah, serta menekan peradangan dan kerja sistem imun. Stres berminggu-minggu membuat kortisol terus tinggi, sehingga daya tahan tubuh turun dan gula darah cenderung naik. **Adrenalin** dari medula adrenal bekerja cepat dan diuraikan dalam hitungan menit.

Analisis pernyataan:

• Pernyataan 1 ✓ — Sesuai efek kortisol: imun ditekan → sering flu, luka lambat pulih.

• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan salah simpul: semua hasil kembali normal setelah stres berakhir, jadi tidak ada kerusakan pankreas yang menetap.

• Pernyataan 3 ✓ — Kortisol menaikkan glukosa darah; kenaikannya kecil (108 mg/dL) dan hilang setelah stres berakhir.

• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan tertukar bagian adrenal: kortisol berasal dari korteks adrenal atas perintah ACTH; medula adrenal melepas adrenalin.

• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan lama kerja hormon: adrenalin diuraikan dalam beberapa menit, sehingga tidak dapat bertahan berbulan-bulan.

Jawaban: pernyataan 1 dan 3.

Latihan sub bab 3.6

No. 1 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: sistem imun mempunyai tiga lapis pertahanan. Lapis pertama bersifat **nonspesifik** dan mencegah kuman masuk: kulit, lendir, silia, enzim, dan **asam lambung** yang sangat asam sehingga membunuh sebagian besar kuman yang tertelan bersama makanan. Pertahanan nonspesifik bekerja terhadap kuman apa saja dan tidak mempunyai memori.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan tertukar konsep: asam lambung membunuh kuman apa pun tanpa mengenali jenisnya, jadi termasuk pertahanan **nonspesifik**. Pertahanan yang "mengingat" kuman yang pernah masuk adalah imunitas spesifik.

Pernyataan 2 — Benar. Obat membuat lambung kurang asam → lebih banyak kuman lolos hidup ke usus → peluang diare naik.

Pernyataan 3 — Salah. Jebakan tertukar lapis pertahanan: kasus menyebut efek obat itu adalah membuat lambung kurang asam, bukan menghentikan pembentukan antibodi. Yang melemah adalah pertahanan nonspesifik lapis pertama. Istri dan anaknya tidak sakit karena asam lambung mereka masih bekerja normal.

Cek ulang: makanan dan tempat makan sama; perbedaan yang disebut kasus hanyalah obat yang diminum Pak Johan.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 2 Kunci: E

Konsep: vaksin berisi antigen yang tidak berbahaya. Tubuh menanggapinya dengan **respons primer**: membentuk antibodi dan **sel memori**, yang memerlukan waktu. Inilah **kekebalan aktif buatan**. Bila virus yang sebenarnya datang kemudian, sel memori segera menjalankan **respons sekunder** yang cepat dan kuat. Vaksin mencegah, bukan menyembuhkan, sehingga harus diberikan **sebelum** paparan.

Langkah 1 – Baca petunjuk petugas. Vaksin berisi protein virus (antigen) → tubuh membuat kekebalan sendiri → aktif buatan.

Langkah 2 – Hubungkan dengan waktu. Pembentukan antibodi dan sel memori memerlukan waktu,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sedangkan vaksin tidak dapat menyembuhkan infeksi yang sudah ada → kekebalan harus terbentuk sebelum anak kelak mungkin terpapar.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan konsep tertukar: antibodi siap pakai adalah kekebalan pasif; vaksin HPV berisi antigen.
• B ✗ — Bertentangan dengan keterangan petugas bahwa vaksin tidak menyembuhkan infeksi yang sudah terjadi.
• C ✗ — Jebakan menggeneralisasi: orang dewasa tetap dapat membentuk sel memori; vaksinasi dewasa tetap ada.
• D ✗ — Jebakan urutan terbalik: vaksin bekerja dengan menyiapkan kekebalan sebelum paparan.
• E ✓ — Sesuai cara kerja kekebalan aktif dan alasan waktu pemberian.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: kekebalan digolongkan menurut **asal antibodinya**. **Kekebalan pasif** terjadi bila tubuh menerima antibodi jadi dari luar: bekerja langsung, tetapi tidak meninggalkan sel memori dan hanya bertahan beberapa minggu sampai bulan karena antibodinya diuraikan. Pemberian antibodi melalui suntikan atau plasma termasuk **pasif buatan**. **Kekebalan aktif** terjadi bila tubuh membuat antibodinya sendiri setelah bertemu antigen (sakit atau vaksin), sehingga terbentuk sel memori yang bertahan lama.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan tertukar isi: plasma donor berisi antibodi, bukan antigen. Menerima antibodi jadi adalah kekebalan pasif.
• Pernyataan 2 ✓ — Antibodi jadi langsung bekerja; karena itu virus turun hanya dalam dua hari.
• Pernyataan 3 ✓ — Antibodi pemberian tidak dibuat ulang oleh tubuh Pak Sony, sehingga lama-kelamaan habis diuraikan.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan: plasma tidak mengandung sel darah, termasuk limfosit memori.
• Pernyataan 5 ✓ — Tanpa sel memori dari plasma, perlindungan jangka panjang memerlukan kekebalan aktif, misalnya dari vaksin.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 4 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: pada **autoimun**, sistem imun gagal membedakan "diri sendiri" dari "asing", lalu menyerang sel tubuhnya sendiri. Pada **alergi**, sistem imun bereaksi berlebihan terhadap zat asing yang sebenarnya tidak berbahaya (alergen). Obat penekan imun melemahkan kerja sistem imun secara umum: serangan terhadap sendi berkurang, tetapi pertahanan terhadap kuman juga ikut turun.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan tertukar gangguan imun: tidak ada zat asing atau kuman di sendi; antibodinya menyerang jaringan sendi sendiri. Itu autoimun, bukan alergi.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan salah sebab: tidak ditemukan kuman di sendi, dan obat penekan imun tidak membunuh kuman. Radang mereda karena serangan sistem imun terhadap sendi ditekan.
Pernyataan 3 — Benar. Obat menekan sistem imun secara umum, sehingga Bu Sinta lebih mudah terkena infeksi seperti radang paru dan herpes zoster.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 3.7

No. 1 Kunci: E

Konsep: kehamilan adalah rantai tahap: ovulasi → sperma mencapai saluran telur → **pembuahan di saluran telur** → embrio bergerak ke rahim → **implantasi** (embrio menempel dan tertanam di lapisan dalam rahim, **endometrium**, yang kaya pembuluh darah) → embrio tumbuh. Cara berpikir untuk gangguan kesuburan: cari titik rantai yang terganggu.

Langkah 1 – Coret tahap yang terbukti normal. Ovulasi normal; saluran telur terbuka; sperma normal → pertemuan sperma dan sel telur serta pembuahan dapat terjadi.
Langkah 2 – Cari kelainan yang ditemukan. Benjolan menonjol ke rongga rahim; endometrium di atasnya tidak rata dan aliran darahnya berkurang.
Langkah 3 – Hubungkan dengan tahap rantai. Endometrium yang rusak menyulitkan embrio menempel dan mendapat makanan → implantasi terganggu.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: ovulasi normal menunjukkan sel telur terbentuk dan dilepaskan.
• B ✗ — Jebakan: saluran telur terbukti terbuka dan benjolan berada di dinding rahim, bukan di leher rahim.
• C ✗ — Jebakan: kasus menyebut ovulasi normal dan tidak memberi data hormon dari benjolan.
• D ✗ — Jebakan konsep: pembuahan terjadi di saluran telur, bukan di rongga rahim.
• E ✓ — Sesuai kelainan yang ditemukan dan tahap implantasi.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: B

Konsep: di dalam testis ada dua bagian dengan tugas berbeda. **Tubulus seminiferus** adalah tempat sperma dibentuk. **Sel Leydig** di antara tubulus membuat **testosteron** bila dirangsang **LH** dari hipofisis. Testosteron memunculkan ciri kelamin sekunder pria (kumis, suara berat). Cairan semen sebagian besar berasal dari kelenjar seperti prostat dan vesikula seminalis, bukan dari testis.

Langkah 1 – Pisahkan fungsi yang normal dan yang hilang. Normal: testosteron, ciri kelamin sekunder, volume semen, saluran sperma. Hilang: sperma.
Langkah 2 – Kaitkan dengan bagian testis. Testosteron normal → sel Leydig bekerja, dan LH dari hipofisis juga cukup. Sperma hampir tidak ada → tempat pembentukannya, tubulus seminiferus, rusak.
Langkah 3 – Hubungkan dengan riwayat. Radang testis akibat gondongan merusak jaringan pembentuk sperma sehingga testis mengecil.
Cek ulang: saluran tidak tersumbat, jadi masalahnya bukan pengeluaran, melainkan pembentukan sperma.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: testosteron normal, jadi sel Leydig masih bekerja.
• B ✓ — Sesuai pola fungsi yang hilang dan yang tetap normal.
• C ✗ — Jebakan: bila LH tidak dilepas, testosteron juga akan rendah.
• D ✗ — Jebakan: hasil pemeriksaan menyatakan saluran sperma tidak tersumbat.
• E ✗ — Jebakan tertukar fungsi: prostat menghasilkan sebagian cairan semen, bukan sperma; volume semen pun normal.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: B

Konsep: siklus menstruasi dimulai dari **FSH** yang mematangkan folikel. Folikel yang tumbuh menghasilkan **estrogen**, lalu lonjakan **LH** memicu **ovulasi**. Setelah ovulasi, korpus luteum menghasilkan progesteron; bila tidak terjadi kehamilan, progesteron turun dan dinding rahim luruh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

menjadi **haid**. Jadi, tanpa FSH dan LH yang cukup, folikel tidak matang, ovulasi tidak terjadi, dan siklus yang berakhir dengan haid tidak berjalan.

Langkah 1 – Bandingkan dua ibu. Waktu melahirkan sama; perbedaannya hanya cara menyusui. Bu Ika (tidak menyusui) haid pada bulan kedua → rahim sudah pulih dalam waktu itu.
Langkah 2 – Gunakan keterangan bidan. Menyusui sering → hormon menyusui tinggi → FSH dan LH ditekan.
Langkah 3 – Telusuri akibatnya. FSH rendah → folikel tidak matang → estrogen tidak naik dan tidak ada lonjakan LH → tidak ada ovulasi → tidak ada siklus yang berakhir dengan haid.
Cek ulang: perlindungan ini tidak sepenuhnya pasti; ovulasi dapat kembali sebelum haid pertama, terutama bila bayi mulai jarang menyusu.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membandingkan: rahim Bu Ika sudah pulih pada bulan kedua, sehingga waktu pemulihan rahim tidak menjelaskan haid Bu Ayu yang tertunda sampai bulan keenam.
• B ✓ — Sesuai keterangan bidan dan urutan siklus hormon.
• C ✗ — Jebakan meniru keadaan hamil: korpus luteum hanya bertahan lama bila terjadi kehamilan; lagi pula ovulasi tidak terjadi bila FSH dan LH tertekan.
• D ✗ — Jebakan arah terbalik: bila FSH tertekan, folikel tidak tumbuh sehingga estrogen justru rendah.
• E ✗ — Jebakan berlebihan: ovarium berisi banyak cadangan folikel; keadaan seperti menopause tidak terjadi setelah satu kehamilan.

Jawaban: B.

No. 4 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: FSH dan LH dari hipofisis merangsang ovarium mematangkan folikel, menghasilkan estrogen, dan melepaskan sel telur (ovulasi). Estrogen yang **tinggi** menekan FSH dan LH (umpan balik negatif); sebaliknya, estrogen yang **rendah** seharusnya membuat FSH dan LH **naik**. Tekanan fisik berat dan kekurangan energi dapat menekan pusat pengatur hormon di otak sehingga FSH, LH, dan estrogen sama-sama rendah.

Pernyataan 1 — Benar. FSH dan LH rendah, ovarium normal, dan haid kembali setelah pola makan dan latihan diperbaiki → masalahnya pada rangsangan hormon, bukan kerusakan ovarium.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan arah umpan balik: estrogen yang rendah seharusnya **menaikkan** FSH dan LH. Karena ketiganya rendah bersamaan, keadaan ini bukan umpan balik yang wajar, melainkan tanda pengatur di atas ovarium sedang ditekan.
Pernyataan 3 — Benar. Tanpa FSH dan LH yang cukup, folikel tidak matang dan lonjakan LH tidak terjadi, sehingga ovulasi kemungkinan besar tidak berlangsung.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 5 Kunci: B

Konsep: pada keadaan normal, sel telur yang diovulasikan ditangkap ujung saluran telur, **dibuahi di saluran telur**, lalu embrio membelah sambil berjalan ke rahim dan sekitar hari ke-5 masuk ke rongga rahim sebagai blastosis. Embrio **tertanam (implantasi) di dinding rahim** yang ditebalkan progesteron. Cara mengatasi gangguan kesuburan yang tepat adalah memperbaiki atau **melewati** titik rantai yang terganggu.

Langkah 1 – Cari titik rantai yang terganggu. Ovulasi teratur, rahim normal, sperma normal. Yang bermasalah hanya saluran telur yang tersumbat, tempat sperma dan sel telur seharusnya bertemu.
Langkah 2 – Lihat apa yang dilakukan bayi tabung. Sel telur diambil dari ovarium, dibuahi di cawan, embrio berumur lima hari dimasukkan ke rahim → seluruh tahap di saluran telur dilewati.
Langkah 3 – Pastikan tahap sesudahnya masih berjalan. Rahim normal → implantasi tetap dapat terjadi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah tempat: embrio dimasukkan ke rahim, dan implantasi normal terjadi di dinding rahim, bukan di ovarium.
• B ✓ — Tepat menunjuk titik yang dilewati dan tahap yang tetap berjalan.
• C ✗ — Jebakan salah baca data: ovulasi Bu Laila teratur; sumbatan tidak menghentikan ovulasi.
• D ✗ — Jebakan hormon: dinding rahim tetap memerlukan progesteron agar embrio dapat tertanam dan bertahan.
• E ✗ — Data menyebut sperma suami normal, jadi masalah utamanya bukan sperma.

Jawaban: B.

Kuis Akhir Bab 3

No. 1 Kunci: B

Konsep: otot jantung yang terus-menerus harus mendorong darah melawan tekanan yang tinggi akan **menebal**, sama seperti dinding bilik kiri menebal pada hipertensi. Ruang yang menebal adalah ruang yang **memompa ke pembuluh bertekanan tinggi** itu.

Langkah 1 – Kenali ruang pada gambar. P menerima darah "dari tubuh" (serambi kanan); Q memompa "ke paru-paru" (bilik kanan); R menerima "dari paru-paru" (serambi kiri); S memompa "ke seluruh tubuh" (bilik kiri).
Langkah 2 – Tentukan tekanan yang naik. Kasus: tekanan di **arteri pulmonalis** naik, sedangkan tekanan di lengan (peredaran besar) normal.
Langkah 3 – Cari ruang yang memompa ke arteri pulmonalis. Bilik kanan (Q) harus bekerja lebih berat → dindingnya menebal.
Cek ulang: tekanan darah lengan normal → bilik kiri (S) tidak mendapat beban tekanan tambahan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: serambi kanan hanya menampung darah dan mendorongnya ke bilik di bawahnya; kandungan oksigen darah tidak membuat dinding menebal.
• B ✓ — Bilik kanan memompa melawan tekanan arteri pulmonalis yang naik.
• C ✗ — Jebakan salah baca arah aliran: tekanan naik di pembuluh **sebelum** paru-paru (arteri pulmonalis), bukan di pembuluh yang membawa darah dari paru-paru ke serambi kiri.
• D ✗ — Jebakan: bilik kiri memang dindingnya paling tebal pada jantung normal, tetapi kasus tidak menyebut tekanan peredaran besar naik; tekanan lengan normal.
• E ✗ — Jebakan: berisi darah miskin oksigen bukan alasan dinding menebal; yang menentukan adalah beban tekanan saat memompa.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: arteri membawa darah **keluar dari jantung**. Dindingnya tebal dan elastis karena menahan tekanan tinggi dari setiap kontraksi bilik; karena itu darah dari arteri yang terpotong keluar **memancar dan berdenyut**. Arteri pada peredaran besar membawa darah kaya O_2 (merah terang) dari bilik kiri. **Vena** membawa darah **menuju jantung** dengan tekanan paling rendah, sehingga darahnya mengalir rata dan berwarna lebih gelap.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan konsep tertukar: tekanan vena rendah, sehingga darah vena mengalir rata, tidak memancar berdenyut. Denyut mengikuti irama jantung adalah ciri arteri.
Pernyataan 2 — Benar. Merah terang = kaya O_2; arteri di lengan adalah cabang aorta yang menerima darah dari bilik kiri.
Pernyataan 3 — Benar. Darah arteri mengalir dari jantung ke arah luka, sehingga tekanan pada sisi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

yang lebih dekat ke jantung menghambat aliran yang menuju luka.
Cek ulang: ketiga ciri (memancar, berdenyut, merah terang) konsisten menunjuk arteri.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 3 Kunci: E

Konsep: penutupan luka dimulai oleh **trombosit (keping darah)**: trombosit menempel dan membentuk sumbat, lalu trombosit yang pecah dan jaringan rusak melepaskan **trombokinase** yang memulai rantai protrombin → trombin → fibrin. Hemoglobin mengangkut oksigen; leukosit melawan infeksi. Keduanya tidak menentukan cepatnya pembekuan.

Langkah 1 – Bandingkan setiap angka dengan rujukan. Pak Rudi: hemoglobin rendah. Pak Seno: leukosit tinggi. Pak Tomi: trombosit sangat rendah (45.000, jauh di bawah 150.000).
Langkah 2 – Hubungkan dengan fungsi. Perdarahan lama = gangguan pembekuan → komponen yang berperan adalah trombosit.
Langkah 3 – Pilih. Pak Tomi.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan konsep tertukar: hemoglobin tidak berperan dalam pembentukan fibrin; Hb rendah menyebabkan pucat dan mudah lelah.
• B ✗ — Jebakan: leukosit yang tinggi menandakan tubuh sedang melawan infeksi, bukan menghancurkan bekuan.
• C ✗ — Jebakan: yang menyumbat luka adalah trombosit dan jaring fibrin, bukan eritrosit; eritrosit hanya ikut terjerat.
• D ✗ — Jebakan sebab-akibat tanpa dasar: trombosit Pak Seno normal.
• E ✓ — Trombosit sangat rendah → sumbat trombosit dan trombokinase berkurang → pembekuan lambat.

Jawaban: E.

No. 4 Kunci: C

Konsep: otot jantung mendapat darah dari **arteri koroner**. Kebiasaan merokok, makanan berlemak, dan kurang gerak memicu **aterosklerosis**: plak lemak menyempitkan arteri. Arteri yang sempit masih cukup mengalirkan darah saat istirahat, tetapi tidak cukup ketika jantung berdenyut lebih cepat dan kuat (kebutuhan O_2 otot jantung naik). Kekurangan O_2 itu menimbulkan nyeri dada.

Langkah 1 – Baca pola keluhan. Nyeri muncul saat naik tangga (beban naik) dan hilang saat istirahat (beban turun).
Langkah 2 – Cari pembuluh yang memberi darah ke otot jantung. Arteri koroner.
Langkah 3 – Hubungkan. Penyempitan koroner → pasokan tetap, kebutuhan naik → nyeri saat beraktivitas.
Cek ulang: faktor risiko (rokok, gorengan, kurang gerak) cocok dengan aterosklerosis.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: vena kava membawa darah kembali ke jantung, tidak memberi darah ke otot jantung; lagi pula aterosklerosis terjadi di arteri.
• B ✗ — Jebakan: arteri pulmonalis membawa darah ke paru-paru; paru yang "kekurangan darah" tidak menjelaskan nyeri yang hilang saat istirahat.
• C ✓ — Menjelaskan mengapa nyeri hanya muncul saat kebutuhan O_2 otot jantung naik.
• D ✗ — Jebakan membaca kasus: bila otot jantung kekurangan darah setiap saat, keluhan juga muncul saat istirahat; teks menyatakan tidak ada keluhan saat duduk atau tidur.
• E ✗ — Jebakan: katup tidak "bocor hanya saat bergerak"; kasus juga menyebut dugaan penyempitan pembuluh, bukan kelainan katup.

Jawaban: C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 5 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: darah = plasma (sebagian besar air) + sel darah. Plasma dipulihkan dari cairan yang diminum, sehingga cepat. Eritrosit dibuat di **sumsum tulang merah** atas perintah hormon **eritropoietin** dari **ginjal**, yang dilepas bila kadar oksigen darah turun. Setiap eritrosit baru memerlukan **hemoglobin**, dan hemoglobin memerlukan **zat besi**. Pembentukan eritrosit memakan waktu berminggu-minggu; itulah sebabnya donor berikutnya harus menunggu.

Langkah – Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: setelah kehilangan darah, jantung justru cenderung berdenyut sedikit lebih cepat agar oksigen tetap cukup sampai ke jaringan; darah tidak "habis terpakai".
• Pernyataan 2 ✓ — Keterkaitan ginjal (eritropoietin), darah, dan sumsum tulang.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan miskonsepsi: trombosit dan leukosit tidak berubah menjadi eritrosit; semua sel darah dibuat baru dari sel induk di sumsum tulang.
• Pernyataan 4 ✓ — Zat besi adalah bahan hemoglobin; inilah alasan saran makanan kaya zat besi.
• Pernyataan 5 ✓ — Volume plasma pulih dalam waktu singkat dari air yang diminum, sedangkan eritrosit perlu berminggu-minggu.
Cek ulang: saran petugas (minum, zat besi, menunggu beberapa minggu) masing-masing cocok dengan pernyataan 5, 4, dan 2.

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

No. 6 Kunci: D

Konsep: pertukaran gas di paru-paru terjadi secara **difusi** dari alveolus ke darah kapiler. Difusi cepat bila dinding alveolus dan dinding kapiler sangat **tipis** (masing-masing selapis sel). Bila dinding menebal (misalnya oleh jaringan parut akibat debu yang terhirup bertahun-tahun), jarak difusi bertambah dan O_2 yang masuk ke darah berkurang, terutama saat kebutuhan naik. Jantung lalu berdenyut lebih cepat untuk mengimbanginya.

Langkah 1 – Kenali label. P = rongga alveolus berisi udara; Q = dinding alveolus; R = dinding kapiler; S = eritrosit; T = bronkiolus.
Langkah 2 – Bandingkan kedua gambar. Yang berbeda hanya **Q**: jauh lebih tebal pada Pak Darmin. T, ukuran P, dan jumlah S sama.
Langkah 3 – Hubungkan dengan fungsi. Q tebal → jarak dari P ke S lebih jauh → difusi O_2 lambat → O_2 darah kurang saat menanjak → sesak dan berdebar.
Cek ulang: hemoglobin normal → masalahnya bukan pada kemampuan darah mengikat O_2, melainkan pada masuknya O_2.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah baca gambar: lebar T sama pada kedua gambar (penyempitan saluran adalah ciri asma).
• B ✗ — Jebakan: jumlah S sama pada kedua gambar, dan teks menyebut hemoglobin normal.
• C ✗ — Jebakan: ukuran rongga P sama; alveolus yang membesar dan menyatu adalah ciri penyakit lain, bukan yang tergambar.
• D ✓ — Sesuai perbedaan pada gambar dan menjelaskan sesak saat kebutuhan O_2 naik.
• E ✗ — Gambar tidak menunjukkan kebocoran kapiler; tidak ada darah di rongga alveolus.

Jawaban: D.

No. 7 Kunci: A

Konsep: udara masuk ke paru-paru karena **perbedaan tekanan**, bukan karena paru-paru "menyedot". Saat inspirasi, diafragma berkontraksi dan mendatar, otot antartulang rusuk mengangkat rusuk, sehingga **volume rongga dada membesar**. Tekanan di dalam paru-paru turun di bawah tekanan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

udara luar, lalu udara mengalir masuk. Paru-paru sendiri tidak berotot; ia mengikuti perubahan rongga dada.

Langkah 1 – Singkirkan yang dibantah teks. Hidung dan mulut bersih, udara segar → masalahnya bukan pada udara atau saluran napas.
Langkah 2 – Cari yang berubah. Dada ditekan tanah dari luar → rusuk tidak dapat terangkat dan rongga dada tidak dapat mengembang.
Langkah 3 – Hubungkan dengan tekanan. Volume tidak membesar → tekanan paru tidak turun → udara sulit masuk → sesak.
Cek ulang: setelah tanah di sekitar dada digali, ia lega kembali → penyebabnya tekanan pada dada.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai mekanisme inspirasi.
• B ✗ — Jebakan: bertentangan dengan teks (udara di sekitarnya segar).
• C ✗ — Jebakan miskonsepsi: paru-paru tidak berotot dan tidak menyedot udara.
• D ✗ — Jebakan arah: diafragma yang turun justru gerak inspirasi yang memperbesar rongga dada; tekanan dari luar tidak membuat rongga dada terlalu besar.
• E ✗ — Jebakan membaca kasus: teks menyatakan hidung dan mulut bersih.

Jawaban: A.

No. 8 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: pertukaran gas di alveolus terjadi secara **difusi** melalui dinding yang tipis dan lembap. Pada **radang paru**, sebagian alveolus terisi cairan radang, sehingga luas permukaan pertukaran berkurang dan O_2 sulit berdifusi ke darah. Kadar O_2 darah turun, lalu **jantung** berdenyut lebih cepat agar darah yang beredar tetap membawa cukup O_2 ke jaringan (keterkaitan sistem pernapasan dan sirkulasi).

Pernyataan 1 — Benar. Alveolus berisi cairan → difusi O_2 terhambat → O_2 darah rendah, sesuai data.
Pernyataan 2 — Benar. Denyut 110 kali per menit adalah respons jantung terhadap O_2 darah yang rendah.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan konsep tertukar: otot bronkus yang mengerut adalah ciri asma; teks menegaskan saluran napasnya tidak menyempit.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 9 Kunci: E

Konsep: urine terbentuk dalam tiga tahap. **Filtrasi** di glomerulus (P) menyaring air dan zat bermolekul kecil, termasuk glukosa dan asam amino; protein dan sel darah normalnya tertahan. **Reabsorpsi** terutama di tubulus kontortus proksimal (Q) menyerap kembali hampir semua glukosa dan asam amino. **Augmentasi** di tubulus distal (S) dan saluran pengumpul (T) menambahkan zat sisa; ADH mengatur penyerapan **air** di T.

Langkah 1 – Kenali label. P glomerulus, Q tubulus proksimal, R lengkung Henle, S tubulus distal, T saluran pengumpul.
Langkah 2 – Baca data. Glukosa dan asam amino di urine; protein tidak ada; gula darah normal.
Langkah 3 – Tarik kesimpulan. Glukosa dan asam amino memang selalu tersaring; normalnya diserap kembali di Q. Bila keduanya muncul di urine padahal kadar darah normal → penyerapan kembali di Q gagal. Protein tidak ada → glomerulus masih utuh.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: glukosa dan asam amino tersaring juga pada glomerulus yang sehat; glomerulus yang bocor ditandai **protein** di urine, dan protein tidak ada.
• B ✗ — Jebakan konsep tertukar: lengkung Henle berperan memekatkan urine, bukan menyerap kembali glukosa.
• C ✗ — Jebakan: ADH mengatur penyerapan air, bukan glukosa dan asam amino.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• D ✗ — Jebakan membaca data: kadar glukosa darah Pak Darsono normal.
• E ✓ — Kerusakan tubulus proksimal menjelaskan glukosa dan asam amino di urine tanpa protein.

Jawaban: E.

No. 10 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: homeostasis cairan dan suhu dikerjakan bersama oleh hipotalamus, hipofisis, ginjal, dan kulit. Kehilangan banyak air (diare) → darah lebih pekat → hipotalamus memicu rasa haus dan pelepasan **ADH** dari hipofisis → saluran pengumpul ginjal menyerap lebih banyak air → urine sedikit dan pekat. Untuk mempertahankan volume darah, produksi keringat juga berkurang; padahal penguapan keringat adalah cara utama membuang panas.

Langkah – Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan generalisasi: urine Rafi sedikit, bukan tidak ada; filtrasi tetap berlangsung.
• Pernyataan 2 ✓ — Sesuai urine yang sedikit dan berwarna gelap.
• Pernyataan 3 ✓ — Hipotalamus memantau kepekatan darah dan memicu rasa haus.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: ginjal justru menghemat air; membuang air tidak membuang panas dengan cara itu.
• Pernyataan 5 ✓ — Kulit kering tanpa keringat walaupun demam → pembuangan panas terganggu.
Cek ulang: setiap pernyataan benar didukung satu gejala di teks (urine gelap, haus, kulit kering).

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 11 Kunci: B

Konsep: saat tubuh panas, hipotalamus memerintahkan pembuluh darah kulit **melebar** dan kelenjar keringat aktif. Panas dibuang terutama ketika **keringat menguap**, karena penguapan membawa panas dari kulit. Keringat yang hanya menetes tanpa menguap tidak banyak mendinginkan. Udara yang sangat lembap memperlambat penguapan; udara berangin dan kering mempercepatnya.

Langkah 1 – Bandingkan dua keadaan. Lembap tanpa angin: keringat banyak, tubuh tetap panas. Teduh berangin, kaus kering: keringat sedikit, tubuh cepat sejuk.
Langkah 2 – Cari pembeda. Bukan jumlah keringat, melainkan kemudahan keringat **menguap**.
Langkah 3 – Simpulkan. Kelembapan tinggi menghambat penguapan → panas sulit dibuang.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: teks menyatakan keringatnya tetap bercucuran, jadi kelenjar keringat tidak berhenti.
• B ✓ — Menjelaskan kedua keadaan sekaligus.
• C ✗ — Jebakan miskonsepsi: keringat tidak menyimpan panas; masalahnya keringat tidak menguap.
• D ✗ — Jebakan arah terbalik: saat panas pembuluh darah kulit melebar, bukan menyempit.
• E ✗ — Jebakan: tubuh tidak berhenti menghasilkan panas; sejuk terjadi karena panas lebih mudah dibuang.

Jawaban: B.

No. 12 Kunci: C

Konsep: setiap bagian neuron punya tugas. **Badan sel** (Q) berisi inti dan mengatur seluruh kegiatan sel, termasuk **membuat protein**. Akson tidak dapat membuat sendiri sebagian besar bahannya; protein dan bahan lain dibuat di badan sel lalu diangkut sepanjang akson. Karena itu bagian akson yang terputus dari badan sel akan rusak, sedangkan bagian yang masih tersambung dapat dipelihara dan tumbuh kembali.

Langkah 1 – Kenali label. P dendrit, Q badan sel, R akson, S selubung mielin, T ujung akson.
Langkah 2 – Bandingkan dua potongan akson. Yang terpisah dari badan sel rusak; yang tersambung dengan badan sel tetap hidup dan tumbuh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 3 – Simpulkan. Pembedanya adalah hubungan dengan badan sel → badan sel (Q) menyediakan protein untuk pertumbuhan akson.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan membaca kasus: potongan akson yang terpisah justru rusak.
• B ✗ — Jebakan fungsi tertukar: mielin mempercepat hantaran impuls, tidak membuat impuls atau perintah.
• C ✓ — Sesuai perbedaan nasib kedua potongan akson.
• D ✗ — Jebakan: dendrit menerima rangsang, bukan memasok bahan pembentuk akson.
• E ✗ — Jebakan: neurotransmiter adalah zat pembawa sinyal di sinapsis, bukan bahan bangunan akson; lagi pula ujung akson berada di potongan yang terpisah.

Jawaban: C.

No. 13 Kunci: D

Konsep: gerak **refleks** melewati lengkung refleks yang pendek: reseptor → neuron sensorik → sumsum tulang belakang → neuron motorik → otot, **tanpa menunggu otak**. Gerak **sadar** dan rasa yang disadari memerlukan jalur naik-turun melalui sumsum tulang belakang menuju otak.

Langkah 1 – Tentukan letak cedera. Di punggung, di atas pinggang → jalur antara kaki dan otak terputus di titik itu.
Langkah 2 – Jelaskan gejala. Rasa dan gerak sadar hilang → impuls tidak dapat naik ke otak dan perintah otak tidak dapat turun.
Langkah 3 – Jelaskan refleks. Lengkung refleks lutut melewati sumsum tulang belakang **di bawah** cedera, sehingga tetap utuh.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: perintah otak ke otot kaki harus melalui sumsum tulang belakang; buktinya Andra tidak dapat menggerakkan kaki dengan sengaja.
• B ✗ — Jebakan: bila neuron sensorik rusak, ketukan tidak dapat memicu refleks, karena refleks dimulai dari neuron sensorik.
• C ✗ — Jebakan membaca kasus: teks menyebut sumsum tulang belakang yang cedera.
• D ✓ — Menjelaskan rasa dan gerak sadar yang hilang sekaligus refleks yang tetap ada.
• E ✗ — Jebakan miskonsepsi: refleks tidak diperintah otak; justru itulah yang membuatnya cepat.

Jawaban: D.

No. 14 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: tiap bagian otak punya tugas utama. **Otak kecil** mengatur keseimbangan dan koordinasi gerak; **batang otak** mengatur napas dan detak jantung; **otak besar** (lobus frontal) merencanakan gerak sadar; lobus oksipital mengolah penglihatan; hipokampus berperan dalam ingatan. Gejala menunjukkan bagian mana yang terganggu.

Pernyataan 1 — Benar. Sempoyongan dan gerakan meleset = gangguan keseimbangan dan koordinasi → otak kecil.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan: letak benturan saja tidak cukup; gejala batang otak (gangguan napas) tidak ada, karena napas Gilang normal.
Pernyataan 3 — Benar. Ia masih mengambil gelas (merencanakan dan memulai gerak sadar dari otak besar), tetapi gerakannya meleset (koordinasi terganggu).

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 15 Kunci: A

Konsep: denyut jantung dibangkitkan sendiri oleh **nodus SA** di dinding serambi kanan, sehingga jantung tetap berdenyut walaupun sarafnya terputus. Kecepatannya diubah oleh dua jalur: **saraf**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(sangat cepat, efeknya singkat) dan **hormon adrenalin** dari kelenjar adrenal yang dibawa **darah** (lebih lambat muncul, efeknya bertahan sampai hormon diuraikan).

Langkah 1 – Tentukan jalur yang hilang. Saraf ke jantung terputus → hanya jalur hormon yang tersisa.
Langkah 2 – Jelaskan "lambat naik". Saat bersepeda, adrenalin harus dilepas dulu ke darah dan beredar sampai ke jantung → perlu beberapa menit.
Langkah 3 – Jelaskan "lambat turun". Adrenalin tetap beredar sampai diuraikan → denyut lama kembali normal.
Cek ulang: jantung tetap berdenyut teratur → nodus SA bekerja.

Analisis opsi:
• A ✓ — Menjelaskan naik yang lambat dan turun yang lambat sekaligus.
• B ✗ — Jebakan membaca kasus: jantung tetap berdenyut teratur tanpa saraf, tanda nodus SA tetap ada dan bekerja.
• C ✗ — Jebakan miskonsepsi: saraf yang terputus tidak membawa perintah apa pun, apalagi dari otak donor.
• D ✗ — Jebakan: tidak ada petunjuk otot jantung lemah; kelemahan otot juga tidak menjelaskan denyut yang lama turun kembali.
• E ✗ — Jebakan konsep terbalik: hormon bekerja lebih lambat daripada impuls saraf.

Jawaban: A.

No. 16 Kunci: E

Konsep: insulin dari sel beta pankreas membuat sel menyerap glukosa dan hati menyimpannya sebagai glikogen, sehingga gula darah turun. Hormon hanya bekerja pada sel yang **menanggapinya melalui reseptor**. Bila sel kurang peka terhadap insulin (sering berkaitan dengan kegemukan dan kurang gerak), glukosa tetap tinggi; pankreas lalu membuat insulin lebih banyak lagi (umpan balik), tetapi tetap tidak cukup.

Langkah 1 – Baca tabel. Glukosa tinggi **dan** insulin tinggi.
Langkah 2 – Uji dugaan "kurang insulin". Insulin justru di atas normal → bukan kekurangan pembuatan insulin.
Langkah 3 – Simpulkan. Insulin banyak tetapi glukosa tidak turun → sel sasaran kurang menanggapi insulin.
Cek ulang: saran menurunkan berat badan dan berolahraga sesuai, karena keduanya membuat sel lebih peka terhadap insulin.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan membaca data: sel beta yang rusak membuat insulin **rendah**, sedangkan insulin Pak Hendra tinggi.
• B ✗ — Jebakan: tabel tidak memuat data glukagon; lagi pula insulin tidak dilepas untuk "melawan" glukagon, melainkan karena glukosa tinggi.
• C ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: insulin menurunkan glukosa; insulin tinggi adalah akibat glukosa yang terus tinggi.
• D ✗ — Jebakan arah terbalik: menyimpan glukosa sebagai glikogen justru menurunkan gula darah.
• E ✓ — Satu-satunya penjelasan yang cocok dengan kedua angka.

Jawaban: E.

No. 17 Kunci: B

Konsep: keluarnya ASI adalah contoh **koordinasi saraf–hormon**. Rangsang (isapan, bahkan suara tangis bayi) dibawa **saraf** ke **hipotalamus**; hipotalamus memerintahkan **hipofisis** melepaskan **oksitosin** ke darah. Oksitosin membuat sel otot di sekitar kelenjar susu berkontraksi sehingga ASI

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

terdorong keluar. **Prolaktin** berbeda: hormon ini merangsang **pembentukan** ASI. Stres dan cemas dapat menghambat pelepasan oksitosin.

Langkah 1 – Perhatikan petunjuk "mendengar tangisan". ASI keluar tanpa sentuhan → ada peran otak (saraf), bukan sekadar perasan.
Langkah 2 – Cari hormon pendorong ASI keluar. Oksitosin dari hipofisis.
Langkah 3 – Jelaskan pengaruh cemas. Cemas menghambat pelepasan oksitosin → ASI sulit keluar.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: tidak menjelaskan ASI yang keluar karena mendengar tangisan maupun ASI yang tertahan saat cemas.
• B ✓ — Jalur saraf → hipotalamus → hipofisis → oksitosin → ASI keluar.
• C ✗ — Jebakan hormon tertukar: prolaktin membentuk ASI, bukan mendorongnya keluar dalam sekejap.
• D ✗ — Jebakan: oksitosin tidak dibuat kelenjar susu; peran otak terbukti dari pengaruh suara tangis dan rasa cemas.
• E ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: cemas menghambat oksitosin; oksitosin yang naik justru mengeluarkan ASI.

Jawaban: B.

No. 18 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: umpan balik negatif pada poros hipotalamus → hipofisis (TSH) → tiroid (tiroksin). Bila tiroksin cukup atau berlebih, tiroksin menekan hipotalamus dan hipofisis sehingga TSH turun. Bila tiroksin kurang, tekanan itu melemah sehingga TSH naik. Iodium adalah **bahan** pembuat tiroksin. Pola TSH dan tiroksin dibaca berpasangan.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan membaca satu angka: pada K, tiroksin rendah dan TSH tinggi. Hipofisis justru bereaksi wajar (terus mendorong) karena tiroid tidak mampu membuat cukup tiroksin; sumber masalahnya di tiroid. Bila hipofisis yang berlebihan, tiroksin juga akan tinggi.
Pernyataan 2 — Benar. Tiroksin tinggi menekan hipofisis → TSH rendah; tiroid bekerja berlebihan tanpa perintah. Keluhannya (berdebar, berkeringat, berat badan turun) cocok dengan metabolisme yang terlalu cepat.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan arah: iodium adalah bahan baku tiroksin, sehingga menambah iodium tidak menurunkan tiroksin yang sudah berlebih.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 19 Kunci: C

Konsep: pertahanan tubuh berlapis. **Lapis pertama** (nonspesifik) mencegah kuman masuk: kulit yang utuh dengan lapisan sel mati dan keringat yang agak asam, selaput lendir, air mata, dan asam lambung. Lapis kedua (peradangan, fagositosis) dan lapis ketiga (limfosit, antibodi) baru bekerja setelah kuman masuk.

Langkah 1 – Tentukan bagian pertahanan yang rusak. Luka bakar luas → kulit di dada dan lengan hilang atau rusak.
Langkah 2 – Tentukan akibatnya. Lapis pertama terbuka lebar → kuman dari udara, tangan, dan alat mudah masuk ke jaringan.
Langkah 3 – Hubungkan dengan tindakan. Cuci tangan, masker, sarung tangan steril, dan pembatasan pengunjung mengurangi kuman yang sampai ke luka.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: luka bakar kulit tidak menghentikan kerja sumsum tulang; teks tidak menyebut kerusakan itu.
• B ✗ — Jebakan miskonsepsi: antibodi di dalam darah tidak "terbakar" oleh luka di kulit.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• C ✓ — Kulit, penghalang pertama, rusak sehingga kuman mudah masuk.
• D ✗ — Jebakan generalisasi: tindakan itu bertujuan menjauhkan kuman apa pun dari luka, bukan karena kuman rumah sakit "selalu" lebih ganas.
• E ✗ — Jebakan: panas api tidak membuat suhu tubuh terus tinggi, dan teks tidak menyebut sel fagosit berhenti bekerja.

Jawaban: C.

No. 20 Kunci: A, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: vaksin berisi antigen (virus yang dilemahkan atau bagiannya) yang merangsang **respons primer**: limfosit B dan T mengenali antigen, terbentuk antibodi dan **sel memori**. Saat virus asli masuk bertahun-tahun kemudian, sel memori segera membelah dan sel B berubah menjadi sel plasma, sehingga antibodi muncul **lebih cepat dan lebih banyak** (respons sekunder) sebelum penyakit berkembang. Kekebalan dari vaksin = **aktif buatan**.

Langkah – Nilai tiap pernyataan.
• Pernyataan 1 ✓ — Inti respons sekunder.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan aktif–pasif tertukar: vaksin berisi antigen, bukan antibodi; antibodi siap pakai (kekebalan pasif) juga tidak bertahan bertahun-tahun.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan lapis pertahanan tertukar: imunisasi tidak mengubah kulit dan selaput lendir (lapis pertama).
• Pernyataan 4 ✓ — Tubuh membentuk sendiri antibodi dan memori setelah rangsangan buatan (vaksin).
• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan: fagosit adalah pertahanan nonspesifik; kekebalan khas terhadap campak justru berasal dari limfosit dan memorinya.
Cek ulang: murid yang belum diimunisasi sakit → mereka hanya mengalami respons primer yang lambat.

Jawaban: pernyataan 1 dan 4.

No. 21 Kunci: D

Konsep: serum berisi antibodi jadi → **kekebalan pasif buatan**: bekerja segera, tetapi sementara dan tanpa sel memori. **Vaksin** berisi antigen → **kekebalan aktif buatan**: tubuh membentuk antibodi dan sel memori sendiri, tetapi perlu waktu (respons primer lambat; dosis ulangan memperkuatnya).

Langkah 1 – Tentukan isi tiap suntikan. Serum = antibodi; vaksin = antigen.
Langkah 2 – Bandingkan kecepatan dan lama. Serum cepat tetapi sementara; vaksin lambat tetapi meninggalkan memori.
Langkah 3 – Hubungkan dengan kasus. Virus mungkin sudah masuk di luka, sehingga perlu perlindungan segera (serum) sambil menunggu tubuh membentuk kekebalan sendiri (vaksin).
Cek ulang: vaksin diulang beberapa kali → sesuai respons aktif yang dibangun bertahap.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan peran tertukar: serum tidak membentuk sel memori; vaksin tidak langsung menetralkan virus.
• B ✗ — Jebakan isi tertukar: vaksin berisi antigen, bukan antibodi.
• C ✗ — Jebakan aktif–pasif terbalik.
• D ✓ — Menjelaskan alasan kedua suntikan diberikan bersamaan.
• E ✗ — Jebakan generalisasi: vaksin justru dibuat untuk merangsang pembentukan antibodi; kekurangannya hanya waktu.

Jawaban: D.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 22 Kunci: A

Konsep: autoimun = sistem imun menyerang sel tubuh sendiri yang dikira asing, sehingga fungsi sel itu hilang. **Alergi** = respons berlebihan terhadap zat dari luar yang sebenarnya tidak berbahaya. **Imunodefisiensi** = sistem imun melemah. Cara menganalisis autoimun: sel imun mana yang menyerang, sel mana yang diserang, fungsi apa yang hilang.

Langkah 1 – Sel imun yang menyerang: limfosit T.
Langkah 2 – Sel yang diserang: melanosit, sel tubuh sendiri → autoimun.
Langkah 3 – Fungsi yang hilang: melanin melindungi kulit dari sinar matahari → bercak putih mudah terbakar matahari, maka harus dilindungi.

Analisis opsi:
• A ✓ — Jenis gangguan dan akibatnya sesuai keterangan dokter.
• B ✗ — Jebakan jenis tertukar: alergi adalah reaksi terhadap zat dari luar; di kasus yang diserang sel tubuh sendiri.
• C ✗ — Jebakan: limfosit T Dewi tidak lemah, justru aktif menyerang; tidak ada kuman.
• D ✗ — Jebakan membaca kasus: teks menyatakan bercak tidak menular.
• E ✗ — Jebakan konsep campur: antibodi dari ibu (kekebalan pasif) hanya bertahan beberapa bulan setelah lahir, dan teks menyebut pelakunya limfosit T, bukan antibodi.

Jawaban: A.

No. 23 Kunci: B

Konsep: di dalam **testis** ada dua bagian dengan tugas berbeda: **tubulus seminiferus** membentuk sperma, sedangkan **sel Leydig** (di antara tubulus) menghasilkan **testosteron**. Sperma lalu dimatangkan dan disimpan di **epididimis**, dibawa **vas deferens** menuju uretra, dan bercampur dengan cairan dari **vesikula seminalis** dan **prostat** yang membentuk sebagian besar volume semen.

Langkah 1 – Kenali label. P testis, Q epididimis, R vas deferens, S vesikula seminalis, T prostat.
Langkah 2 – Singkirkan dengan data. Volume semen normal → S dan T bekerja. Saluran terbuka → R dan Q tidak tersumbat. Testosteron normal → sel Leydig di testis bekerja.
Langkah 3 – Cari yang tersisa. Sperma tidak ada padahal salurannya terbuka → pembentukan sperma gagal → tubulus seminiferus di testis (P) rusak, cocok dengan riwayat radang testis.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: volume semen normal, jadi kelenjar penghasil cairan semen bekerja.
• B ✓ — Sesuai semua data: sperma tidak dibentuk, testosteron tetap ada.
• C ✗ — Jebakan: fungsi vas deferens benar, tetapi data menyatakan saluran terbuka, jadi bukan penyebab.
• D ✗ — Jebakan: bila seluruh testis rusak, testosteron juga rendah; data menyebut testosteron normal.
• E ✗ — Jebakan konsep tertukar: epididimis mematangkan dan menyimpan sperma, bukan membentuknya.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: C

Konsep: setelah ovulasi, sel telur dibuahi di **tuba fallopi** (fertilisasi). Zigot membelah sambil bergerak ke rahim dan beberapa hari kemudian menempel pada endometrium (**implantasi**). Setelah menempel, lapisan luar embrio menghasilkan **hCG**. hCG mempertahankan **korpus luteum** agar terus membuat progesteron, sehingga endometrium tidak luruh dan haid tidak terjadi.

Langkah 1 – Urutkan peristiwa. Hubungan → fertilisasi di tuba → perjalanan ke rahim → implantasi → hCG dibuat → kadarnya cukup terdeteksi di urine.
Langkah 2 – Bandingkan waktu. Hari ke-3: embrio belum menempel → belum ada hCG → negatif. Dua minggu kemudian: hCG sudah cukup → positif.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Cek ulang: haid terlambat adalah **akibat** hCG yang mempertahankan korpus luteum, bukan sebab dibuatnya hCG.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan sumber tertukar: ovarium tidak membuat hCG.
• B ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik dan sumber salah: hCG tidak dibuat hipofisis, dan haid terlambat terjadi karena hCG sudah ada.
• C ✓ — Sesuai urutan fertilisasi–implantasi–hCG.
• D ✗ — Jebakan tempat tertukar: fertilisasi biasanya terjadi di tuba, bukan di rahim; alat mendeteksi hormon di urine, bukan lokasi.
• E ✗ — Jebakan peran tertukar: korpus luteum membuat progesteron; hCG justru dibuat embrio untuk mempertahankan korpus luteum.

Jawaban: C.

No. 25 Kunci: D

Konsep: janin mendapat O_2 dan zat makanan dari darah ibu melalui **plasenta**. Darah ibu dan darah janin **tidak bercampur**; zat berpindah melalui dinding pembuluh yang tipis di plasenta. Karena itu keadaan darah ibu langsung memengaruhi janin. Bila hemoglobin ibu banyak diikat CO, darah ibu membawa lebih sedikit O_2, dan O_2 yang sampai ke janin juga berkurang; pertumbuhan janin terhambat.

Langkah 1 – Cari petunjuk. CO mengikat hemoglobin lebih kuat daripada O_2 → darah ibu membawa lebih sedikit O_2.
Langkah 2 – Hubungkan ibu dengan janin. Pasokan janin berasal dari darah ibu lewat plasenta → O_2 untuk janin ikut berkurang.
Langkah 3 – Simpulkan. Kekurangan O_2 selama berbulan-bulan → janin tumbuh kurang optimal → berat lahir rendah.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan miskonsepsi: janin tidak bernapas dengan paru-parunya di dalam rahim; O_2 diterima lewat plasenta.
• B ✗ — Jebakan: darah ibu dan janin tidak bercampur; zat berpindah melalui plasenta.
• C ✗ — Jebakan sebab tanpa dasar: teks tidak menyebut perubahan ukuran rahim.
• D ✓ — Sesuai petunjuk CO dan cara pertukaran lewat plasenta.
• E ✗ — Jebakan generalisasi: bila plasenta berhenti menyalurkan zat makanan sejak awal, janin tidak dapat tumbuh sampai cukup bulan.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 4.1

No. 1 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: pertanyaan yang **dapat diselidiki** menanyakan hubungan antara dua hal yang dapat diubah dan diukur. Pertanyaan tentang nilai, keputusan, atau selera ("sebaiknya", "lebih indah", "lebih bermanfaat") tidak dapat dijawab langsung dengan data percobaan. **Variabel bebas** adalah faktor yang sengaja diubah; **variabel terikat** adalah hasil yang diukur; **variabel kontrol** dibuat sama.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan pertanyaan keputusan: kata "sebaiknya" menuntut pertimbangan lain di luar biologi (keamanan jalan, biaya, kebutuhan warga). Percobaan dapat memberi data, tetapi tidak langsung menjawab keputusan itu.
Pernyataan 2 — Benar. Pertanyaan ini menghubungkan dua hal yang dapat diatur dan diukur. Lama penyinaran (misalnya 0, 2, 4, 6 jam lampu tambahan) sengaja diubah → variabel bebas.
Pernyataan 3 — Benar. Waktu berbunga diukur sebagai jumlah hari sampai bunga pertama muncul →

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

variabel terikat yang dapat dihitung. Varietas, tanggal tanam, air, dan jenis tanah dijadikan variabel kontrol.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 2 Kunci: E

Konsep: pertanyaan yang dapat diselidiki **menyebut hubungan dua variabel** (yang diubah dan yang diukur), kedua variabelnya **dapat diukur** (bukan selera atau nilai baik-buruk), dapat dijawab dengan **data yang dikumpulkan sendiri**, dan **dapat dikerjakan** dengan alat yang tersedia secara aman dan etis.

Langkah 1 – Uji setiap pertanyaan dengan empat syarat. Cari yang menyebut variabel bebas dan terikat yang jelas dan terukur.
Langkah 2 – Periksa kecocokan dengan keadaan OSIS. Percobaan harus dapat dilakukan di taman sekolah dalam satu semester.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan nilai: "paling bermanfaat" adalah penilaian yang tidak jelas cara mengukurnya, dan sasarannya terlalu luas.
• B ✗ — Jebakan pertanyaan buku: jawabannya berupa sejarah atau kebiasaan, dicari dari bacaan, bukan dari percobaan di taman.
• C ✗ — Jebakan selera: "lebih indah" tidak dapat diukur secara objektif.
• D ✗ — Jebakan tidak etis dan tidak dapat dikerjakan: menguji obat pada penderita malaria tidak aman dan tidak mungkin dilakukan OSIS.
• E ✓ — Variabel bebas (banyaknya kompos per pot) dapat diatur, variabel terikat (tinggi serai) dapat diukur dengan penggaris, dan dapat dikerjakan di taman sekolah.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 4.2

No. 1 Kunci: D

Konsep: percobaan yang adil hanya mengubah **satu variabel bebas** (di sini pH air). Semua faktor lain yang dapat memengaruhi hasil harus dibuat sama (**variabel kontrol**). Bila ada faktor lain yang ikut berbeda, perbedaan hasil tidak dapat dipastikan berasal dari variabel bebas.

Langkah 1 – Periksa variabel kontrol pada gambar. Volume air, jenis air, jumlah telur, aerator, dan asal induk sama. Namun baskom 1 dan 2 di bawah atap teras (28 °C), sedangkan baskom 3 di halaman terkena matahari (32 °C).
Langkah 2 – Nilai akibatnya. Suhu memengaruhi perkembangan telur. Baskom 3 berbeda dalam dua hal sekaligus (pH dan suhu), sehingga rendahnya penetasan (82 dari 200, 41 %) belum tentu karena pH 8.
Langkah 3 – Perbaikan. Letakkan ketiga baskom di tempat yang sama dengan suhu sama. Sebaiknya setiap pH juga diulang dengan beberapa baskom.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan memeriksa sebagian: beberapa variabel memang sama, tetapi suhu tidak sama.
• B ✗ — Jebakan konsep tertukar: pH adalah variabel bebas yang justru harus berbeda.
• C ✗ — Jebakan: mengubah jumlah telur menambah variabel yang berbeda sehingga perbandingan makin tidak adil.
• D ✓ — Menemukan variabel kontrol yang tidak sama dan akibatnya pada kesimpulan.
• E ✗ — Jebakan peran variabel terbalik: pH yang diatur (bebas), jumlah telur menetas yang diukur (terikat).

Jawaban: D.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 2 Kunci: C

Konsep: variabel bebas adalah yang sengaja dibuat berbeda; **variabel terikat** adalah yang diukur sebagai akibat; **variabel kontrol** adalah faktor yang dibuat sama di semua kelompok agar perbandingan adil.

Langkah 1 – Cari yang dibuat berbeda. Lama penyinaran: 6, 9, 12, 15 jam → variabel bebas.
Langkah 2 – Cari yang diukur. Massa daun segar setelah tiga minggu → variabel terikat.
Langkah 3 – Cari yang dibuat sama. Jenis lampu, suhu ruangan (26 °C), volume air siraman (50 mL), umur bibit, jenis pot dan tanah → variabel kontrol.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tertukar: bebas dan terikat dibalik.
• B ✗ — Jenis lampu sama untuk semua kelompok (kontrol), dan massa daun adalah hasil yang diukur, bukan yang dijaga sama.
• C ✓ — Ketiga jenis variabel tepat.
• D ✗ — Suhu dibuat sama (26 °C), sedangkan lama penyinaran justru yang dibuat berbeda.
• E ✗ — Volume air siraman dijaga sama (50 mL); yang diukur adalah massa daun.

Jawaban: C.

Latihan sub bab 4.3

No. 1 Kunci: A

Konsep: laju pertumbuhan = selisih tinggi ÷ selang waktu. Selang waktu dari hari ke-1 sampai hari ke-5 adalah **4 hari**, bukan 5. Tinggi yang lebih besar belum tentu berarti tanaman lebih sehat: kecambah di tempat gelap memanjang cepat untuk mencari cahaya, tetapi batangnya pucat, kurus, dan daunnya kecil karena tidak membentuk klorofil, sehingga belum dapat berfotosintesis.

Langkah 1 – Baca gambar. Terang: 1,0 → 2,4 → 3,8 cm. Gelap: 1,0 → 4,2 → 8,6 cm.
Langkah 2 – Hitung laju (hari ke-1 sampai ke-5). Gelap: (8,6 − 1,0) ÷ 4 = 7,6 ÷ 4 = **1,9 cm/hari**. Terang: (3,8 − 1,0) ÷ 4 = 2,8 ÷ 4 = **0,7 cm/hari**.
Langkah 3 – Tafsirkan. Kecambah gelap memanjang hampir tiga kali lebih cepat, tetapi pucat dan kurus → tidak lebih sehat.
Cek ulang: 1,0 + 4 × 1,9 = 8,6 ✓; 1,0 + 4 × 0,7 = 3,8 ✓.

Analisis opsi:
• A ✓ — Hitungan dan tafsirannya tepat.
• B ✗ — Jebakan dua kesalahan: membagi tinggi akhir dengan 5 (8,6 ÷ 5 ≈ 1,7; 3,8 ÷ 5 ≈ 0,8) dan menganggap paling tinggi berarti paling sehat.
• C ✗ — Jebakan selang waktu: 2,2 cm/hari hanya laju hari ke-3 sampai ke-5; tafsirannya juga terbalik dengan data.
• D ✗ — Jebakan tafsir: hitungan benar, tetapi di tempat gelap tidak ada fotosintesis.
• E ✗ — Jebakan hitung: tafsiran benar, tetapi lajunya dihitung dengan membagi tinggi akhir dengan 5.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: A

Konsep: untuk membandingkan hasil, ubah jumlah menjadi **proporsi**: persentase = bagian ÷ keseluruhan × 100 %. Kesimpulan hanya boleh berdasar pada data yang diukur. Kematian kecil pada kelompok kontrol (0 %) adalah hal yang wajar dan menjadi pembanding.

Langkah 1 – Hitung persentase setiap gelas. 0 %: 1/20 = 5 %; 1 %: 6/20 = 30 %; 2 %: 11/20 = 55 %; 4 %: 19/20 = 95 %.
Langkah 2 – Baca tren. Makin tinggi kadar ekstrak, makin banyak jentik mati.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 3 – Uji setiap pernyataan dengan angka. 1 % → 4 %: 30 % → 95 %. Kadar 2 % (55 %) bukan dua kali kadar 1 % (30 %).

Analisis opsi:

• A ✓ — Perhitungan benar: 6/20 = 30 % dan 19/20 = 95 %.
• B ✗ — Jebakan lupa membagi: 19 ekor dari 20 adalah 95 %, bukan 19 %.
• C ✗ — Jebakan menafsir berlebihan: satu jentik dapat mati karena sebab alami; data tidak menunjukkan pencemaran.
• D ✗ — Jebakan menganggap hubungan sebanding: 55 % bukan dua kali 30 % (dua kalinya 60 %).
• E ✗ — Jebakan melampaui data: percobaan tidak menguji pengaruh ekstrak pada makhluk lain.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 4.4

No. 1 Kunci: C

Konsep: data **mendukung** hipotesis bila pola data sesuai dengan prediksi yang diturunkan dari hipotesis. Kesimpulan harus sebatas apa yang ditunjukkan data. Hipotesis "tidak menarik serangga" memprediksi hampir tidak ada serangga di lampu kuning, bukan sekadar "lebih sedikit".

Langkah 1 – Turunkan prediksi. Bila lampu kuning tidak menarik serangga, nampan di bawahnya seharusnya (hampir) kosong.
Langkah 2 – Baca data. Lampu kuning: 22, 18, 25 → rata-rata (22 + 18 + 25) ÷ 3 ≈ 21,7 serangga per malam. Lampu putih ≈ 143, biru ≈ 171.
Langkah 3 – Bandingkan. Lampu kuning tetap didatangi sekitar 22 serangga tiap malam → hipotesis "tidak menarik" tidak didukung. Data mendukung pernyataan lain yang lebih sempit: lampu kuning **jauh kurang menarik** dibandingkan lampu putih dan biru.

Analisis opsi:

• A ✗ — Jebakan memperluas kesimpulan: "paling sedikit" tidak sama dengan "tidak menarik".
• B ✗ — Jebakan: naik-turunnya angka antarmalam wajar; polanya konsisten pada ketiga malam sehingga data tetap dapat dinilai.
• C ✓ — Membandingkan prediksi hipotesis dengan data secara tepat.
• D ✗ — Jebakan angka benar tetapi tidak menjawab: 21,7 memang kurang dari seperempat 143, tetapi tetap bukan nol sehingga tidak menunjukkan "tidak menarik".
• E ✗ — Jebakan tidak relevan: perbandingan lampu biru dan putih tidak menguji hipotesis tentang lampu kuning.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: B

Konsep: kesimpulan harus **menjawab pertanyaan penyelidikan** (pengaruh lama simpan dan kelembapan terhadap daya kecambah) dan **tidak melampaui data**: tidak menambah mekanisme yang tidak diukur, tidak memperluas ke benih lain, dan tidak salah membaca angka.

Langkah 1 – Baca baris gudang kering. 96 → 94 → 90 → 85: turun perlahan (11 poin dalam 9 bulan).
Langkah 2 – Baca baris gudang lembap. 96 → 82 → 55 → 21: turun tajam (75 poin dalam 9 bulan).
Langkah 3 – Bandingkan. Pada bulan ke-3 selisihnya sudah 12 poin (94 vs 82) dan makin melebar. Kedua gudang menurun, tetapi gudang lembap jauh lebih cepat.

Analisis opsi:

• A ✗ — Jebakan ambang buatan sendiri: "di atas 80 %" tidak berarti sama; selisih 12 poin sudah tampak pada bulan ke-3.
• B ✓ — Sesuai kedua pola dan perbandingannya.
• C ✗ — Jebakan salah baca: di gudang kering daya kecambah tetap turun dari 96 % ke 85 %.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• D ✗ — Jebakan menambah mekanisme: jamur dan kematian embrio tidak diamati dalam penyelidikan ini.
• E ✗ — Jebakan generalisasi: yang diuji hanya benih jagung dan hanya sampai 9 bulan.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: B

Konsep: kesimpulan harus **sebatas data**: (1) menjawab pertanyaan dengan besaran yang diukur, (2) memperhatikan data yang menyimpang beserta penyebabnya, dan (3) tidak menyebut hal yang tidak diukur. Cawan agar hanya menumbuhkan bakteri yang dapat dibiakkan; data ini tidak membedakan bakteri penyebab penyakit dan bakteri biasa.

Langkah 1 – Hitung persentase penurunan tiap murid.
• Murid 1: $(86 - 9) : 86 \approx 89{,}5\%$.
• Murid 2: $(120 - 14) : 120 \approx 88{,}3\%$.
• Murid 3: $(64 - 52) : 64 \approx 18{,}8\%$ (memakai sangat sedikit cairan → perlakuannya tidak sama).
• Murid 4: $(98 - 11) : 98 \approx 88{,}8\%$.

Langkah 2 – Bandingkan dengan klaim. Penurunan 99,9 % berarti dari 86 koloni hanya tersisa sekitar 0,1 koloni, artinya hampir nol. Kenyataannya, bahkan murid dengan pemakaian benar masih menyisakan 9–14 koloni (penurunan 88–90 %).
Langkah 3 – Simpulkan. Hand sanitizer menurunkan jumlah koloni, tetapi tidak sebesar klaim label.
Cek ulang: total semua murid $(368 - 86) : 368 \approx 76{,}6\%$; angka ini tertarik turun oleh murid 3 yang perlakuannya berbeda, jadi tidak tepat dipakai sebagai daya bunuh hand sanitizer.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: "turun" tidak sama dengan "turun 99,9 %". Besarnya penurunan harus dihitung.
• B ✓ — Sesuai data murid yang memakai hand sanitizer dengan benar, dan tidak melampaui data.
• C ✗ — Jebakan data menyimpang: murid 3 memakai cairan jauh lebih sedikit, jadi datanya tidak mewakili pemakaian yang benar.
• D ✗ — Jebakan: perhitungan 76,6 % memang benar, tetapi memasukkan murid 3 dan menyebut "bakteri penyebab penyakit", padahal jenis bakteri tidak diperiksa.
• E ✗ — Jebakan menunda kesimpulan: jumlah awal yang berbeda justru diatasi dengan menghitung persentase penurunan tiap murid.

Jawaban: B.

Kuis Akhir Bab 4

No. 1 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: sebuah pertanyaan hanya dapat dijawab oleh suatu percobaan bila **semua variabel yang disebutnya benar-benar diubah atau diukur** dalam percobaan itu. Di sini yang diubah adalah cara roti dipegang (tangan belum dicuci, tangan sudah dicuci dengan sabun, tidak disentuh), dan yang diukur adalah **jumlah bercak** pada roti.

Langkah 1 – Daftar variabel. Diubah: keadaan tangan yang menyentuh roti. Diukur: jumlah bercak (P = 12, Q = 4, R = 1). Tidak diukur: jenis mikroorganisme.
Langkah 2 – Periksa setiap pertanyaan dengan daftar itu.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan variabel yang tidak diukur: percobaan hanya menghitung bercak dan tidak mengenali jenis bakterinya. Untuk menjawabnya diperlukan pengamatan mikroskop atau uji lain.
Pernyataan 2 — Benar. Membandingkan roti P (12 bercak) dengan roti Q (4 bercak) menjawab langsung pengaruh mencuci tangan dengan sabun terhadap jumlah bercak.
Pernyataan 3 — Benar. Roti R berperan sebagai pembanding tanpa sentuhan; membandingkan P (12) dengan R (1) menjawab pertanyaan ini.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Cek ulang: pertanyaan 2 dan 3 hanya memakai variabel yang ada di gambar (keadaan tangan dan jumlah bercak).

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 2 Kunci: B

Konsep: pembusukan buah disebabkan oleh **mikroorganisme pengurai** (bakteri dan jamur) yang tumbuh di jaringan buah. Kulit buah yang utuh menjadi pelindung; luka pada kulit membuka jalan masuk bagi mikroorganisme. Hipotesis yang baik menjelaskan pengamatan, **tidak dibantah keterangan di kasus**, dan **dapat diuji**, misalnya dengan menggores sebagian tomat memakai jarum steril, membiarkan sebagian lain utuh, lalu mencatat hari mulai busuk.

Langkah 1 – Catat yang berbeda. Hanya keadaan kulit: tergores vs utuh.
Langkah 2 – Catat yang dibuat sama. Hari petik, kebun, kematangan, tempat simpan → penjelasan yang memakai faktor-faktor ini sudah gugur.
Langkah 3 – Pilih hipotesis yang menghubungkan perbedaan itu dengan penyebab yang masuk akal dan dapat diuji.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan dibantah kasus: semua tomat dipetik pada hari yang sama dan sama matangnya.
• B ✓ — Menghubungkan kulit tergores dengan masuknya mikroorganisme; dapat diuji.
• C ✗ — Jebakan letak: semua tomat disimpan di tempat yang sama, dan "bagian keranjang" hanyalah letak, bukan keadaan yang diukur.
• D ✗ — Jebakan miskonsepsi: mikroorganisme tidak muncul dengan sendirinya; mereka berasal dari lingkungan (udara, tangan, keranjang).
• E ✗ — Jebakan generalisasi: pengamatan hanya pada tomat di satu tempat; "semua buah" dan "pasti" melampaui data.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: B, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: percobaan hanya dapat menjawab pertanyaan tentang **hal yang dibuat berbeda** dan **hal yang diamati**. Biji yang berkecambah aktif berespirasi, sehingga memerlukan air (untuk mengaktifkan enzim) dan oksigen.

Langkah 1 – Bandingkan pasangan tabung. A vs C: sama-sama di udara, bedanya ada atau tidaknya air → menjawab peran air. A vs B: sama-sama ada air, bedanya oksigen (B hampir tanpa oksigen) → menjawab peran oksigen.
Langkah 2 – Catat yang diamati. Hanya jumlah biji yang berkecambah (18, 0, 0 dari 20).
Langkah 3 – Nilai setiap pertanyaan.
• Pertanyaan 1 ✗ — Jebakan variabel yang tidak diubah dan tidak diukur: cahaya sama untuk semua tabung, dan panjang kecambah tidak diukur.
• Pertanyaan 2 ✓ — Dijawab oleh A (berair, 18 berkecambah) vs C (kering, 0).
• Pertanyaan 3 ✗ — Jebakan variabel yang tidak diukur: pemakaian oksigen tidak pernah diukur.
• Pertanyaan 4 ✗ — Jebakan: percobaan tidak memiliki tabung pembanding untuk menguji pengaruh minyak saja, jadi pertanyaan ini tidak dapat dijawab.
• Pertanyaan 5 ✓ — Dijawab oleh A vs B: sama-sama ada air, tetapi tanpa oksigen tidak ada yang berkecambah.
Cek ulang: pertanyaan 2 dan 5 hanya memakai hal yang diubah (air, oksigen) dan hal yang diamati (perkecambahan).

Jawaban: pertanyaan 2 dan 5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 4 Kunci: C

Konsep: hipotesis adalah **pernyataan** dugaan hubungan dua variabel yang dapat diuji. Hipotesis yang baik memilih **faktor yang dapat diukur dan diubah** (misalnya kelembapan), bukan sekadar letak, dan sesuai dengan data pengamatan awal.

Langkah 1 – Bandingkan pasangan yang hanya berbeda satu faktor. P dan Q sama-sama teduh, tetapi basah 70 % vs kering 5 % → kelembapan berpengaruh besar. R dan S sama-sama terang: basah 75 % vs kering 5 % → pola sama.
Langkah 2 – Periksa cahaya. P (teduh, basah) 70 % vs R (terang, basah) 75 %; Q vs S sama-sama 5 % → cahaya tidak tampak berpengaruh.
Langkah 3 – Pilih bentuk kalimat. Harus pernyataan "makin ..., makin ...", bukan pertanyaan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: tembok teduh Q tutupannya hanya 5 %, dan tembok terang R justru 75 %.
• B ✗ — Jebakan bentuk: ini rumusan masalah (kalimat tanya), bukan hipotesis.
• C ✓ — Didukung kedua pasangan data dan menyebut variabel yang dapat diukur.
• D ✗ — Jebakan letak: dekat keran atau talang hanyalah tempat; yang diduga berpengaruh adalah kebasahan permukaannya.
• E ✗ — Jebakan salah baca tabel: sisi utara Q hanya 5 %, sedangkan sisi timur R 75 %.

Jawaban: C.

No. 5 Kunci: A

Konsep: pertanyaan yang dapat diselidiki menyebut **apa yang dibandingkan** dan **apa yang diukur**, dan keduanya dapat diamati dengan alat yang tersedia.

Langkah 1 – Lihat alatnya. Teropong, jam, buku catatan → dapat menghitung burung yang hinggap dalam waktu tertentu.
Langkah 2 – Cari pertanyaan dengan variabel terukur. Yang dibandingkan: pohon berbuah vs tidak berbuah. Yang diukur: jumlah burung hinggap per jam.

Analisis opsi:
• A ✓ — Variabel jelas dan dapat diukur dengan teropong dan jam.
• B ✗ — Jebakan: "merasa nyaman" adalah perasaan yang tidak dapat diukur.
• C ✗ — Jebakan: terlalu umum (semua burung di Indonesia) dan lebih cocok dijawab dari buku, bukan dari pengamatan di halaman.
• D ✗ — Jebakan: "tindakan paling baik" adalah penilaian, bukan hal yang diukur.
• E ✗ — Jebakan: cara burung mengenali pohon tidak dapat diamati dengan teropong dan jam.

Jawaban: A.

No. 6 Kunci: D

Konsep: hipotesis berbentuk **pernyataan** tentang hubungan variabel yang diuji. Hipotesis yang didukung data tidak boleh melampaui data (tanpa kata mutlak yang dibantah data) dan tidak menyebut variabel yang tidak diukur.

Langkah 1 – Baca gambar. Gelap-lembap 13, gelap-kering 3, terang-lembap 4, terang-kering 0 (jumlah 20).
Langkah 2 – Kenali variabel. Diubah: cahaya dan kelembapan. Diukur: jumlah cacing. Tidak diukur: suhu, keadaan mata cacing.
Langkah 3 – Nilai bentuk dan isi setiap opsi.
Cek ulang: 13 ekor di gelap-lembap jauh lebih banyak daripada 0 ekor di terang-kering → pernyataan D didukung.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan bentuk: kalimat tanya adalah rumusan masalah, bukan hipotesis.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• B ✗ — Jebakan generalisasi: 4 ekor tetap berada di bagian terang-lembap, jadi "sama sekali tidak tahan cahaya" dibantah data.
• C ✗ — Jebakan menambah penjelasan yang tidak diuji: percobaan tidak meneliti indra cacing (cacing tanah pun tidak memiliki mata seperti hewan bertulang belakang).
• D ✓ — Pernyataan yang sesuai dengan data.
• E ✗ — Jebakan variabel yang tidak diukur: suhu tidak pernah diukur.

Jawaban: D.

No. 7 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: rumusan masalah adalah kalimat tanya tentang hubungan variabel yang dapat diukur; **hipotesis** adalah kalimat pernyataan yang menduga arah hubungan itu. Lendir dan bau asam pada tahu menandakan pertumbuhan mikroorganisme pengurai.

Langkah 1 – Kenali variabel dari pengamatan. Yang berbeda: penggantian air (setiap pagi vs tidak pernah). Akibat yang dapat diukur: hari munculnya lendir.
Langkah 2 – Nilai setiap pernyataan.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan: "lebih baik bagi tubuh" adalah penilaian yang tidak dapat diukur dari pengamatan itu; pertanyaan ini juga tidak menyebut variabel yang diubah.
Pernyataan 2 — Benar. Menyebut variabel bebas (frekuensi penggantian air) dan variabel terikat (waktu munculnya lendir); keduanya dapat diatur dan diamati.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan bentuk: kalimat itu pernyataan yang menduga arah hubungan ("makin …, makin …"), jadi merupakan **hipotesis**, bukan rumusan masalah.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 8 Kunci: E

Konsep: dalam satu perbandingan hanya boleh ada **satu variabel bebas**; hal lain yang dapat memengaruhi hasil (variabel terkontrol) harus sama. Panas dan cahaya matahari mempercepat penguapan air dari bunga sehingga bunga lebih cepat layu.

Langkah 1 – Tentukan variabel. Bebas: kadar gula (0, 2, 4 %). Terikat: lama bunga tetap segar.
Langkah 2 – Periksa tabel kolom demi kolom. Jenis dan jumlah bunga sama, volume sama, vas A sebagai pembanding tanpa gula sudah ada. Letak vas C berbeda: dekat jendela dan terkena matahari.
Langkah 3 – Akibatnya. Bila bunga di vas C cepat layu (atau justru lama segar), tidak dapat diketahui apakah karena gula 4 % atau karena letaknya.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan "memperbesar perlakuan": jarak kadar gula bukan masalah utama.
• B ✗ — Jebakan konsep tertukar: volume yang sama adalah variabel terkontrol yang memang harus sama; pembandingnya vas A.
• C ✗ — Jebakan: lama segar justru harus diamati sampai bunga layu.
• D ✗ — Jebakan: jenis bunga yang sama justru benar; jenis bunga bukan yang diselidiki.
• E ✓ — Menunjuk variabel yang tidak dikontrol.

Jawaban: E.

No. 9 Kunci: B

Konsep: kelompok kontrol diperlakukan sama persis dengan kelompok perlakuan, kecuali tanpa hal yang diuji. Di sini yang diuji adalah **antiseptik**, bukan plesternya. Menutup kentang dengan plester saja sudah dapat mengubah pertumbuhan mikroorganisme (misalnya menghalangi debu atau udara), sehingga perlu pembanding yang sama-sama tertutup plester tetapi tanpa antiseptik.

Langkah 1 – Bandingkan isi perlakuan. Potongan 1 dan 2 sama-sama ditutup plester berukuran sama; bedanya hanya antiseptik. Potongan 3 terbuka.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 2 – Tentukan apa yang dibuktikan. Bila bercak di potongan 1 jauh lebih sedikit daripada di potongan 2, perbedaannya disebabkan antiseptik, bukan karena tertutup plester.
Cek ulang: potongan 3 tetap berguna untuk melihat pengaruh menutup dengan plester (potongan 2 vs 3).

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan menambah tujuan yang tidak ada: kelembapan tidak dibuat berbeda dengan sengaja.
• B ✓ — Fungsi kontrol yang memisahkan pengaruh antiseptik dari pengaruh plester.
• C ✗ — Jebakan konsep kontrol tertukar: kontrol positif adalah perlakuan yang sudah diketahui memberi efek, bukan yang diduga paling banyak bercaknya.
• D ✗ — Jebakan: ukuran plester sama, jadi bukan variabel yang diuji.
• E ✗ — Jebakan: potongan terbuka tetap diperlukan sebagai pembanding tanpa penutup.

Jawaban: B.

No. 10 Kunci: C

Konsep: sebuah percobaan memerlukan **pembanding (kontrol)** agar hasil dapat dikaitkan dengan satu hal. Di sini yang ingin ditunjukkan adalah bahwa udara embusan mengandung lebih banyak CO_2 daripada udara yang dihirup.

Langkah 1 – Bandingkan kedua botol. Isi, jumlah air kapur, dan lama percobaan sama. Bedanya: botol P dilewati udara luar (yang dihirup), botol Q dilewati udara embusan.
Langkah 2 – Baca hasil. Q keruh, P tetap jernih.
Langkah 3 – Simpulkan fungsi P. Tanpa P, kita tidak tahu apakah udara biasa pun dapat mengeruhkan air kapur dalam satu menit. P menunjukkan bahwa udara yang dihirup tidak cepat mengeruhkan air kapur, sehingga keruhnya Q berasal dari CO_2 dalam udara embusan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: botol P hanya dilewati udara luar, bukan tempat menyimpan oksigen.
• B ✗ — Jebakan: botol P bekerja bersamaan dengan Q, bukan cadangan.
• C ✓ — Fungsi pembanding (kontrol).
• D ✗ — Jebakan: air kapur menunjukkan CO_2, bukan mengukur pemakaian O_2.
• E ✗ — Jebakan istilah tertukar: variabel terikat adalah hasil yang diamati (kekeruhan), bukan yang diubah-ubah.

Jawaban: C.

No. 11 Kunci: A

Konsep: rancangan yang adil hanya membedakan **variabel bebas** (di sini: lokasi). Cara mengambil dan mengolah sampel harus sama, dan setiap lokasi perlu **beberapa sampel (ulangan)** karena hewan tanah tersebar tidak merata.

Langkah 1 – Tentukan variabel. Bebas: lokasi. Terikat: jumlah hewan tanah.
Langkah 2 – Cari perbedaan lain di tabel. Waktu (pagi vs siang), kedalaman (10 vs 5 cm), lama di corong (24 vs 12 jam) → semuanya ikut berbeda. Sampel hanya 1 per lokasi.
Langkah 3 – Pilih perbaikan yang menutup penjelasan lain. Samakan cara pengambilan dan tambah ulangan.

Analisis opsi:
• A ✓ — Menyamakan variabel terkontrol dan menambah ulangan.
• B ✗ — Jebakan "memperbesar perlakuan": lampu lebih terang tidak menghilangkan perbedaan kedalaman, waktu, dan lama di corong.
• C ✗ — Jebakan mengubah keadaan alami: menambah serasah mengubah lokasi yang justru ingin dibandingkan.
• D ✗ — Jebakan: membuang hewan kecil membuat data tidak lengkap dan tidak memperbaiki

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

keadilan perbandingan.
• E ✗ — Jebakan: memindah titik ke bawah pohon berarti tidak lagi meneliti lapangan rumput.

Jawaban: A.

No. 12 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: variabel **bebas** = yang sengaja dibuat berbeda; variabel **terikat** = hasil yang diukur; variabel **terkontrol** = semua hal lain yang dapat memengaruhi hasil sehingga harus dibuat sama. Kerja enzim dipengaruhi suhu, pH, banyaknya enzim, dan banyaknya substrat.

Langkah 1 – Tentukan variabel bebas. Suhu penangas (5, 37, 70 °C).
Langkah 2 – Tentukan variabel terikat. Waktu sampai amilum habis (lugol tidak lagi biru kehitaman).
Langkah 3 – Variabel terkontrol. Banyak substrat (amilum), banyak enzim (ludah encer), dan pH.
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: suhu justru variabel bebas, harus dibuat berbeda.
• Pernyataan 2 ✓ — Banyaknya substrat memengaruhi lama penguraian.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan: ini variabel terikat, yaitu hasil yang diukur dan dibandingkan.
• Pernyataan 4 ✓ — Banyaknya enzim memengaruhi kecepatan reaksi.
• Pernyataan 5 ✓ — pH memengaruhi kerja enzim, jadi harus sama.

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

No. 13 Kunci: E

Konsep: jumlah telur dipengaruhi banyak hal selain cara pemeliharaan: umur ayam, keturunan, pakan, dan kesehatan. Bila tiap kelompok hanya berisi sedikit ayam dari pemilik berbeda, perbedaan jumlah telur tidak dapat dikaitkan dengan cara pemeliharaan. Rancangan yang dapat dipercaya memakai **banyak sampel yang serupa** (umur dan asal sama) dan **membagi perlakuan secara acak**, sehingga perbedaan lain tersebar merata ke kedua kelompok.

Langkah 1 – Kenali variabel. Bebas: cara pemeliharaan (umbaran vs kandang). Terikat: jumlah telur.
Langkah 2 – Cari kelemahan. Hanya 3 ayam per kelompok, pemilik berbeda, umur ayam tetangga tidak diketahui → penjelasan lain terbuka.
Langkah 3 – Pilih perbaikan yang menutup penjelasan lain. Banyak ayam seumur dari satu asal + pembagian acak.
Cek ulang: menghitung lebih sering pada ayam yang sama tidak menambah jumlah ayam yang dibandingkan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan "data lebih banyak": hitungan berulang pada ayam yang sama tidak mengatasi perbedaan umur dan asal ayam.
• B ✗ — Jebakan menambah variabel: pakan tambahan membuat perbedaan tidak lagi hanya cara pemeliharaan.
• C ✗ — Jebakan memilih sampel yang menguntungkan dugaan (bias).
• D ✗ — Jebakan: bila semua ayam dikandangkan, variabel bebasnya hilang.
• E ✓ — Sampel serupa dalam jumlah banyak dan pembagian acak.

Jawaban: E.

No. 14 Kunci: D

Konsep: sebelum menghitung rata-rata, periksa **konsistensi ulangan**. Satu nilai yang jauh berbeda dari ulangan lain (data menyimpang) dapat menarik rata-rata ke arah yang salah. Data seperti itu **diperiksa atau diulang**, tidak dibiarkan, tidak dibuang diam-diam, dan tidak diganti.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 1 – Baca pola. 0 %: 42–45 mm; 5 %: 28–31 mm; 10 %: 12 dan 10 mm, tetapi ada 40 mm.
Langkah 2 – Kenali data menyimpang. 40 mm jauh di atas 12 dan 10 mm, bahkan lebih panjang daripada semua data 5 %. Mungkin salah ukur, salah tabung, atau umbi itu berbeda keadaannya.
Langkah 3 – Hitung akibatnya bila dibiarkan. Rata-rata (12 + 40 + 10) : 3 ≈ 20,7 mm, padahal dua ulangan lain sekitar 11 mm.
Cek ulang: pola umum (makin pekat air rendaman, makin pendek akar) tampak jelas pada semua data lain.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: rata-rata ±21 mm tertarik naik oleh satu data menyimpang sehingga tidak mewakili.
• B ✗ — Jebakan: dua ulangan lain (12 dan 10 mm) konsisten; tidak ada alasan membuang semuanya.
• C ✗ — Jebakan membaca dari satu titik: dua ulangan lain justru menunjukkan akar paling pendek.
• D ✓ — Data menyimpang diperiksa atau diulang.
• E ✗ — Jebakan tidak jujur: mengganti data dengan nilai lain adalah memalsukan data.

Jawaban: D.

No. 15 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: rata-rata = jumlah ulangan ÷ banyak ulangan; **rentang** = nilai tertinggi − nilai terendah. Rentang yang lebar berarti hasil kurang konsisten, sehingga rata-ratanya kurang dapat dipercaya.

Langkah 1 – Hitung rata-rata. Kuning (14 + 16 + 15) : 3 = 15. Putih (9 + 11 + 10) : 3 = 10. Merah (2 + 13 + 6) : 3 = 7.
Langkah 2 – Hitung rentang. Kuning 16 − 14 = 2; putih 11 − 9 = 2; merah 13 − 2 = 11.

Pernyataan 1 — Benar. 15 : 10 = 1,5.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan membaca rata-rata saja: pada hari 2 bunga merah dikunjungi 13 kali, lebih banyak daripada putih (11).
Pernyataan 3 — Benar. Rentang merah 11, jauh lebih lebar daripada kuning dan putih (2).

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 16 Kunci: E

Konsep: hasil uji dibaca dengan **skala** yang disediakan. Uji Benedict hanya mendeteksi glukosa (dan gula sejenisnya); hasil negatif berarti glukosa tidak terdeteksi, bukan berarti minuman pasti tidak manis.

Langkah 1 – Cocokkan warna dengan skala. P biru → tidak ada glukosa terdeteksi. Q hijau → sedikit. S jingga → banyak. R merah bata → sangat banyak.
Langkah 2 – Urutkan. Dari terendah: P, Q, S, R.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan menyimpulkan melampaui uji: Benedict tidak mengukur rasa manis; minuman bisa manis karena pemanis lain yang tidak terdeteksi.
• B ✗ — Jebakan salah baca skala: jingga (S) berada sebelum merah bata (R).
• C ✗ — Jebakan urutan huruf: urutan yang benar P, Q, S, R.
• D ✗ — Jebakan: hijau berarti ada glukosa dalam jumlah sedikit, bukan tidak ada.
• E ✓ — Sesuai skala.

Jawaban: E.

No. 17 Kunci: B

Konsep: laju pertambahan = selisih jumlah ÷ selang waktu. Karena semua selang sama (3 hari), laju tertinggi ada pada selang dengan **selisih terbesar antara dua titik berurutan**, bukan pada titik yang jumlahnya paling banyak.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 1 – Hitung selisih tiap selang. 0–3: +2; 3–6: +4; 6–9: +12; 9–12: +26; 12–15: +32; 15–18: +16; 18–21: +4; 21–24: −2; 24–27: −8.
Langkah 2 – Pilih yang terbesar. +32 pada hari ke-12 sampai ke-15 (laju ±10,7 ekor per hari).
Cek ulang: pada hari ke-18 sampai ke-21 jumlahnya tinggi, tetapi hanya bertambah 4 ekor karena makanan dan ruang mulai terbatas.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: jumlah terbanyak tidak sama dengan pertambahan tercepat.
• B ✓ — Selisih terbesar (+32).
• C ✗ — Jebakan selisih yang hampir sama: +26 lebih kecil daripada +32.
• D ✗ — Jebakan: pada selang ini jumlah justru berkurang (−8).
• E ✗ — Jebakan miskonsepsi: makanan melimpah, tetapi lalat masih sedikit sehingga pertambahannya kecil (+2).

Jawaban: B.

No. 18 Kunci: A

Konsep: kerja enzim dipengaruhi suhu. Di bawah suhu optimum enzim bekerja lambat tetapi tidak rusak; di atas suhu optimum enzim (protein) rusak karena panas sehingga tidak bekerja lagi. Penafsiran harus **sebatas data** dan memakai **kontrol** (deterjen tanpa enzim) untuk menilai peran enzim.

Langkah 1 – Baca pola deterjen berenzim. 35 % (20 °C) → 85 % (40 °C) → 55 % (60 °C) → 15 % (90 °C): naik lalu turun, puncaknya 40 °C.
Langkah 2 – Bandingkan dengan kontrol. Pada suhu yang sama (40 °C), deterjen tanpa enzim hanya 25 %, sedangkan yang berenzim 85 % → enzim berperan besar.
Cek ulang: air terpanas (90 °C) justru paling sedikit menghilangkan noda, jadi panas air saja tidak menjelaskan hasil.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai data dan dibatasi pada suhu yang diuji.
• B ✗ — Jebakan generalisasi: pada 60 °C dan 90 °C noda yang hilang justru berkurang.
• C ✗ — Jebakan melampaui data: pada suhu rendah enzim bekerja lambat, bukan rusak; data tidak menunjukkan kerusakan.
• D ✗ — Jebakan salah baca tabel: 90 °C memberi hasil paling rendah (15 %).
• E ✗ — Jebakan mengabaikan kontrol: tanpa enzim pada 40 °C hanya 25 %, dan air terpanas memberi hasil terendah.

Jawaban: A.

No. 19 Kunci: C

Konsep: persentase perubahan = (nilai akhir − nilai awal) ÷ **nilai awal** × 100 %. Pada soal ini nilai awal adalah keadaan pH 7 (busa 35 mm) dan nilai akhir pH 9 (busa 21 mm).

Langkah 1 – Baca gambar. pH 7 = 35 mm; pH 9 = 21 mm.
Langkah 2 – Hitung selisih. 35 − 21 = 14 mm.
Langkah 3 – Bagi dengan nilai awal. 14 ÷ 35 × 100 % = 40 %.
Cek ulang: 40 % dari 35 mm = 14 mm; 35 − 14 = 21 mm ✓.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: 21 ÷ 35 = 60 % adalah busa yang **tersisa**, bukan penurunannya.
• B ✗ — Jebakan pembagi salah: 14 ÷ 21 ≈ 67 % memakai nilai akhir sebagai pembagi.
• C ✓ — Pembaginya nilai awal (pH 7).
• D ✗ — Jebakan satuan: 14 adalah selisih dalam mm, bukan persen.
• E ✗ — Jebakan salah pasangan data: (35 − 6) ÷ 35 ≈ 83 % adalah perubahan ke pH 11, bukan pH 9.

Jawaban: C.

No. 20 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: jarak tangkap yang **lebih pendek** berarti waktu reaksi **lebih cepat** (impuls dari mata ke otak lalu ke otot tangan lebih cepat). Kesimpulan dari lima murid tidak boleh digeneralisasi ke "setiap orang".

Langkah 1 – Bandingkan per murid. Dominan lebih pendek pada murid 1 (12 < 18), 2 (15 < 16), 3 (10 < 17), 5 (11 < 15). Murid 4 sebaliknya (20 > 19). → 4 dari 5 murid.
Langkah 2 – Hitung rata-rata. Dominan: (12 + 15 + 10 + 20 + 11) : 5 = 68 : 5 = 13,6 cm. Lainnya: (18 + 16 + 17 + 19 + 15) : 5 = 85 : 5 = 17 cm. Selisih: 17 − 13,6 = 3,4 cm.
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan arah terbalik: jarak paling panjang berarti reaksi paling **lambat**.
• Pernyataan 2 ✓ — Empat dari lima murid.
• Pernyataan 3 ✓ — 13,6 cm.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan generalisasi: hanya 5 murid, dan murid 4 tidak mengikuti pola.
• Pernyataan 5 ✓ — 3,4 cm.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 21 Kunci: D

Konsep: data yang menunjukkan dua hal terjadi bersamaan (**korelasi**) belum membuktikan **sebab-akibat**. Bila kedua kelompok berbeda dalam lebih dari satu hal, ada **faktor lain** yang mungkin menjadi penyebab.

Langkah 1 – Ringkas data. Pemain alat tiup 3,4 L; bukan anggota 3,0 L.
Langkah 2 – Cari perbedaan lain antarkelompok. Pemain alat tiup juga berlatih fisik 3 kali seminggu, sedangkan murid lain tidak rutin. Latihan fisik dapat memperkuat otot pernapasan.
Langkah 3 – Nilai klaim. Klaim "menyebabkan" melampaui data karena pengaruh alat tiup tidak dapat dipisahkan dari latihan fisik.
Cek ulang: untuk menguji sebab-akibat, bandingkan kelompok yang latihan fisiknya sama, dan yang berbeda hanya bermain alat tiup.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: selisih rata-rata benar ada, tetapi tidak menunjukkan penyebabnya.
• B ✗ — Jebakan menyimpulkan tanpa data: ukuran tubuh tidak diukur, dan latihan memang dapat berpengaruh.
• C ✗ — Jebakan: menambah jumlah murid tidak menghilangkan perbedaan latihan fisik antarkelompok.
• D ✓ — Menunjuk faktor ketiga yang tidak dikontrol.
• E ✗ — Jebakan: botol berskala terbalik di dalam air memang dapat mengukur volume udara embusan.

Jawaban: D.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 22 Kunci: B

Konsep: refleks pupil adalah gerak refleks: cahaya yang masuk ke mata membuat pupil mengecil. Kesimpulan yang baik **menjawab pertanyaan dengan bukti dari data** dan **tidak melampaui data** (satu murid, satu cara penyinaran).

Langkah 1 – Baca gambar. Redup: kanan 6 mm, kiri 6 mm. Senter ke kanan: kanan 3 mm, kiri 3,5 mm. Senter ke kiri: kanan 3,5 mm, kiri 3 mm.
Langkah 2 – Bandingkan dengan keadaan redup. Setiap kali satu mata disinari, pupil **kedua** mata mengecil; mata yang disinari mengecil sedikit lebih banyak (6 → 3 mm) daripada mata lainnya (6 → 3,5 mm).
Cek ulang: pola yang sama muncul baik saat mata kanan maupun mata kiri yang disinari.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan menambah penjelasan tanpa data: tidak ada pengukuran kerusakan saraf; pupil mengecil adalah refleks biasa.
• B ✓ — Sesuai data dan dibatasi pada murid yang diuji.
• C ✗ — Jebakan salah baca gambar: pupil mata yang tidak disinari juga mengecil (6 → 3,5 mm).
• D ✗ — Jebakan generalisasi: hanya satu murid yang diuji, bukan semua hewan bertulang belakang.
• E ✗ — Jebakan salah baca: mata yang tidak disinari turun 2,5 mm, lebih kecil daripada mata yang disinari (3 mm).

Jawaban: B.

No. 23 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: data **sebelum–sesudah** dapat menunjukkan adanya perubahan, tetapi untuk menyimpulkan penyebabnya, semua hal lain harus tetap sama. Bila pada waktu yang sama ada perubahan lain, perubahan itu menjadi **penjelasan lain** yang mungkin. Diare dapat menular lewat tangan yang kotor maupun makanan yang tercemar.

Langkah 1 – Ringkas data. 24 izin (sebelum) → 9 izin (sesudah), jumlah murid sama 600.
Langkah 2 – Cari perubahan lain. Kantin direnovasi dan makanan wajib ditutup pada semester yang sama.

Pernyataan 1 — Benar. 9 lebih sedikit daripada 24, dan jumlah murid tetap.
Pernyataan 2 — Benar. Penutup makanan juga dapat mengurangi pencemaran makanan, jadi penurunan kasus dapat berasal dari wastafel, kantin, atau keduanya.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan kesimpulan melampaui data: data tidak dapat memisahkan pengaruh wastafel dari perubahan kantin.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 24 Kunci: A

Konsep: evaluasi metode memakai daftar periksa: adakah kontrol, ulangan cukup, **hanya satu variabel bebas**, variabel lain dijaga sama? Kelemahan yang paling menentukan adalah yang membuka **penjelasan lain** bagi hasil.

Langkah 1 – Ringkas data. P: 10–14 cacing per titik (konsisten); Q: 2–4 (konsisten). Perbedaannya besar dan ulangannya cukup.
Langkah 2 – Cari perbedaan selain mulsa. P juga teduh, Q terbuka. Naungan membuat tanah lebih lembap dan sejuk, yang juga disukai cacing.
Langkah 3 – Nilai kesimpulan. Pengaruh mulsa tidak dapat dipisahkan dari pengaruh naungan.
Cek ulang: perbaikan yang tepat adalah meletakkan kedua bedengan di tempat dengan naungan yang sama, beberapa bedengan per perlakuan.

Analisis opsi:
• A ✓ — Variabel lain (naungan) tidak dijaga sama.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• B ✗ — Jebakan: lima titik per bedengan dengan data yang konsisten sudah memadai; ini bukan kelemahan utama.
• C ✗ — Jebakan "memperbesar perlakuan": mulsa lebih tebal tidak menghapus perbedaan naungan.
• D ✗ — Jebakan: kelembapan justru dapat menjelaskan hasil, jadi berguna untuk diukur.
• E ✗ — Jebakan: tanpa membandingkan P dan Q, pengaruh mulsa tidak dapat diketahui.

Jawaban: A.

No. 25 Kunci: D

Konsep: kulit adalah salah satu alat ekskresi; kelenjar keringat terus mengeluarkan sedikit air walaupun keringat tidak tampak. Kantong B adalah **kontrol**: sama-sama kantong plastik di udara kelas yang sama, tetapi tanpa tangan. Kesimpulan menyatakan apakah data **mendukung** hipotesis, sebatas data.

Langkah 1 – Baca gambar. Kantong A (berisi tangan) berembun; kantong B (kosong) tetap kering.
Langkah 2 – Bandingkan dengan hipotesis. Air hanya muncul bila ada tangan → air berasal dari kulit tangan, sesuai dugaan.
Langkah 3 – Periksa penjelasan lain. Udara kelas yang sama tidak membuat kantong B berembun, jadi embun bukan dari udara kelas.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah peran: B adalah kontrol; kantong B yang kering justru mendukung hipotesis.
• B ✗ — Jebakan generalisasi: hanya telapak tangan satu murid pada satu keadaan yang diuji.
• C ✗ — Jebakan terlalu ragu: kantong B yang kering adalah hasil yang diharapkan dari kontrol, bukan alasan menunda kesimpulan.
• D ✓ — Data mendukung hipotesis.
• E ✗ — Jebakan mengabaikan kontrol: udara yang sama tidak membuat kantong B berembun.

Jawaban: D.

Simulasi 1 — Soal Asli TKA 2025

No. 1 Kunci: A, B, E

Konsep: populasi spesies langka menurun karena (1) habitat rusak atau menyempit, (2) perburuan dan perdagangan bagian tubuhnya, serta (3) keragaman genetik rendah akibat populasi kecil (perkawinan sekerabat).

Langkah analisis, cocokkan setiap pernyataan dengan informasi:
1. *Perdagangan cula* ✓. Teks menyebut **perburuan**. Badak diburu karena culanya diperdagangkan secara ilegal, sehingga perburuan dan perdagangan cula adalah satu rantai ancaman yang sama.
2. *Deforestasi dan konversi lahan* ✓. Teks: "pembangunan infrastruktur yang **mengganggu habitat alaminya**". Pengubahan lahan mempersempit ruang jelajah badak.
3. *Pola migrasi* ✗. Teks tidak membahas migrasi. Badak Jawa justru hanya ada di **satu** lokasi (Ujung Kulon), jadi persebarannya terpusat, bukan tersebar.
4. *Masuknya spesies lain* ✗. Teks sama sekali tidak menyebut spesies pendatang atau persaingan.
5. *Minimnya variasi genetik* ✓. Teks: "Keragaman genetik yang rendah meningkatkan risiko penyakit dan menurunkan peluang kelangsungan hidup". Variasi genetik yang sedikit membuat populasi sulit beradaptasi terhadap penyakit dan perubahan lingkungan.

Cek ulang: ketiga pernyataan yang dipilih mewakili tiga faktor di teks: habitat (2), perburuan (1), dan genetik (5).

Jebakan: pernyataan 3 dan 4 terdengar ilmiah, tetapi tidak didukung informasi yang diberikan.

Jawaban: pernyataan 1, 2, dan 5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 2 Kunci: C

Konsep: CO_2 adalah bahan baku fotosintesis (siklus Calvin). Pada rentang tertentu, kenaikan CO_2 dapat **meningkatkan laju fotosintesis** sehingga biomassa bertambah. Namun, respons setiap spesies **berbeda**: ada yang diuntungkan, ada yang tidak mampu beradaptasi.

Langkah analisis data:

1. CO_2 naik dari 410 ppm menjadi 480 ppm (naik sekitar 17%).
2. Kepadatan daun pinus **meningkat** → pinus memanfaatkan CO_2 tambahan untuk tumbuh (biomassa naik).
3. Komposisi semak **berubah** karena "tidak semua spesies dapat beradaptasi" → respons berbeda antarspesies.
4. Gabungan kedua data: biomassa naik pada spesies yang **toleran** → pilihan C.

Analisis opsi lain:

- A ✗: data menunjukkan daun pinus bertambah, tanda fotosintesis tidak terhambat.
- B ✗: jumlah daun pinus justru naik.
- D ✗: tidak ada data penurunan klorofil.
- E ✗: bertentangan dengan data perubahan komposisi semak.

Jebakan: A dan D berangkat dari anggapan "CO_2 = polutan berbahaya bagi tumbuhan", padahal CO_2 adalah bahan fotosintesis.

Jawaban: C.

No. 3 Kunci: B

Konsep: *Clostridium botulinum* adalah bakteri Gram positif, berspora, dan **anaerob** (hidup tanpa oksigen). Di dalam kemasan kedap udara yang pengolahannya kurang sempurna, sporanya tumbuh dan bakteri menghasilkan **toksin botulinum**, suatu **neurotoksin**.

Langkah penalaran:

1. Toksin botulinum menghambat pelepasan **asetilkolin** di sambungan saraf-otot.
2. Tanpa asetilkolin, sinyal dari saraf tidak diteruskan ke otot → otot tidak dapat berkontraksi (lumpuh layuh).
3. Otot penggerak mata, otot menelan, dan otot rangka ikut lemah → **penglihatan terganggu, sulit menelan, otot lemah**. Bila otot pernapasan lumpuh → dapat menyebabkan kematian.

Cek ulang dengan gejala di teks: masalah penglihatan, kelemahan otot, dan kesulitan menelan adalah gejala saraf, cocok dengan kerja neurotoksin → pilihan B.

Analisis opsi lain:

- A ✗: penguraian protein dan lemak hanya menjelaskan gejala pencernaan, tidak menjelaskan gejala saraf yang menjadi ciri botulisme.
- C ✗: bakteri tidak "menyerap komponen ikan ke dinding sel"; mekanisme ini tidak ada.
- D ✗: pembentukan alkohol adalah fermentasi oleh khamir, bukan mekanisme botulisme.
- E ✗: gas memang dapat menggembungkan kemasan (tanda kontaminasi), tetapi gas **bukan penyebab keracunan**. Yang meracuni adalah toksinnya.

Jebakan: E benar sebagai *ciri kemasan tercemar*, tetapi soal menanyakan *mekanisme keracunan*.

Jawaban: B.

No. 4 Kunci: B

Konsep: faktor yang memengaruhi hasil percobaan adalah **variabel bebas**, yaitu satu-satunya hal yang sengaja dibuat berbeda antartabung.

Langkah analisis:

1. Yang **sama** di ketiga tabung: putih telur 2 ml, protease 1 ml, suhu 37 °C, waktu 30 menit → ini

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

variabel kontrol.
2. Yang **berbeda**: tabung B diberi HCl (asam), tabung C diberi NaOH (basa), tabung A tanpa tambahan → yang diubah adalah **pH**.
3. Hasil: asam → bening (enzim paling aktif); netral → agak keruh; basa → keruh (enzim hampir tidak bekerja).
4. Kesimpulan: kerja protease ini dipengaruhi pH, dan enzim ini bekerja optimal pada suasana asam (seperti pepsin di lambung).

Analisis opsi lain:
• A ✗ : volume protease sama di semua tabung (1 ml).
• C ✗ : substratnya sama, yaitu putih telur.
• D ✗ : suhu sama, 37 °C.
• E ✗ : waktu inkubasi sama, 30 menit.

Jebakan: D, karena suhu 37 °C disebut jelas di soal. Namun, faktor yang **tidak berbeda** antartabung tidak dapat menjelaskan perbedaan hasil.

Jawaban: B.

No. 5 Kunci: E

Membaca skema:
• **A** = glukosa → 2 asam piruvat = **glikolisis** (di sitoplasma).
• Piruvat → 2 asetil KoA = dekarboksilasi oksidatif.
• **B** = lingkaran = **siklus Krebs**.
• **C** = tahap akhir = **transpor elektron**.

Langkah-langkah glikolisis:
1. *Fase investasi:* glukosa diberi gugus fosfat dari ATP (fosforilasi gula) menjadi glukosa-6-fosfat, lalu fruktosa-1,6-bisfosfat.
2. Gula berfosfat dipecah menjadi dua molekul gula 3C berfosfat.
3. *Fase hasil:* gula 3C dioksidasi (H diserahkan ke NAD^+ → NADH) sambil menerima fosfat anorganik, lalu gugus fosfatnya dipindahkan ke ADP → **ATP** (fosforilasi tingkat substrat).
4. Hasil bersih: 2 piruvat, 2 ATP, 2 NADH.
Jadi, ciri khas tahap A adalah pembentukan ATP yang melibatkan **penambahan gugus fosfat pada molekul gula** → pilihan E.

Analisis opsi lain:
• A ✗ : yang bereaksi dengan oksaloasetat adalah **asetil KoA** (membentuk sitrat), dan itu terjadi di tahap B.
• B ✗ : glikolisis memang mengubah glukosa menjadi piruvat, tetapi **tidak ada penambahan oksigen**; glikolisis tidak memerlukan O_2. Oksidasi di sini berupa pelepasan hidrogen ke NAD^+.
• C ✗ : pelepasan elektron dari NADH dan $FADH_2$ terjadi di tahap C (transpor elektron).
• D ✗ : suksinat → fumarat adalah salah satu reaksi siklus Krebs (tahap B).

Jebakan: B terlihat benar karena awal kalimatnya adalah definisi glikolisis, tetapi keterangan "penambahan gugus oksigen" salah.

Jawaban: E.

Catatan: kunci disusun tim berdasarkan analisis konsep karena dokumen sumber tidak memuat kunci.

No. 6 Kunci: A

Konsep spesies invasif: spesies asing yang tumbuh agresif di habitat baru (tanpa musuh alami) akan merebut ruang, cahaya, air, dan hara dari spesies asli. *Lantana camara* juga dikenal menghasilkan senyawa **alelopati**, yaitu zat kimia yang menghambat perkecambahan dan pertumbuhan tumbuhan lain.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah analisis data:
1. *Lantana* mendominasi **lebih dari 35%** savana dan **menggantikan** rumput asli → keragaman flora turun.
2. Rumput asli itu menopang burung, kupu-kupu endemik, dan reptil kecil → hilangnya rumput berarti hilangnya sumber pakan dan tempat hidup → keragaman fauna ikut turun.
3. Spesies serangga penyerbuk turun **hingga 40%** → rantai makanan dan penyerbukan terganggu (struktur komunitas berubah).

Kesimpulan: dampak utamanya adalah tergesernya spesies asli sehingga keanekaragaman flora dan fauna menurun → pilihan A.

Analisis opsi lain:
• B ✗ : data tidak menunjukkan regenerasi tanaman lokal; justru rumput asli tergantikan.
• C ✗ : bertentangan dengan data (35% savana dikuasai, penyerbuk turun 40%).
• D ✗ : savana tidak berubah menjadi hutan sekunder; fauna justru kehilangan habitat.
• E ✗ : hubungan *Lantana* dengan tumbuhan lokal adalah **kompetisi**, bukan simbiosis.

Jebakan: B memakai fakta yang benar (*Lantana* tahan lahan kering) untuk menarik kesimpulan yang salah.

Jawaban: A.

No. 7 Kunci: B

Konsep: parasitisme adalah interaksi ketika satu organisme (parasit) mendapat keuntungan dengan mengambil nutrisi dari organisme lain (inang) yang dirugikan.

Langkah penalaran:
1. Lintah "sangat bergantung pada makhluk hidup lain" dan "menempel pada tubuh hewan lain" → lintah hidup menumpang pada inang.
2. Lintah mengisap darah inangnya → lintah untung (mendapat nutrisi), inang rugi (kehilangan darah, luka, berisiko infeksi) → **parasitisme**.

Analisis opsi:
• A ✗ : kompetisi terjadi bila dua organisme memperebutkan sumber daya yang sama di luar tubuh; lintah mengambil langsung dari tubuh inang.
• B ✓ : inti parasitisme.
• C ✗ : lintah tidak membersihkan darah inang; anggapan ini keliru.
• D ✗ : perlindungan dari predator bukan alasan lintah menempel.
• E ✗ : lintah tidak hidup bebas; ia bergantung pada inang.

Jebakan: C memanfaatkan anggapan populer tentang "terapi lintah". Secara ekologis, lintah mengambil darah untuk makanannya sendiri.

Jawaban: B.

No. 8 Kunci: D

Identifikasi komponen:
• **A** = sel darah merah (eritrosit): cakram bikonkaf, merah, tidak berinti, mengangkut O_2.
• **B** = sel darah putih (leukosit): berinti (bentuk inti beragam), bentuk sel dapat berubah (amoeboid), berperan dalam pertahanan tubuh.
• **C** = keping darah (trombosit): kecil, tidak berinti, bentuk tidak beraturan, berperan dalam pembekuan darah.

Langkah mencari persamaan B dan C:
1. Inti: B berinti, C tidak → bukan persamaan.
2. Fungsi: B pertahanan, C pembekuan → bukan persamaan.
3. Bentuk: leukosit dapat berubah bentuk, trombosit berupa pecahan sel yang tidak beraturan →

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

keduanya **tidak beraturan / tidak tetap**.
4. Tempat pembentukan: keduanya dibentuk di **sumsum tulang merah** (trombosit berasal dari pecahan megakariosit).
→ pilihan D.

Analisis opsi lain:
• A ✗ : trombosit tidak berinti dan tidak berperan langsung melawan patogen.
• B ✗ : ciri eritrosit (A), bukan B dan C.
• C ✗ : leukosit berinti; hormon diangkut oleh plasma darah.
• E ✗ : bentuk bulat pipih adalah eritrosit.

Jebakan: A dan B masing-masing hanya cocok untuk **salah satu** komponen. Persamaan harus berlaku untuk keduanya sekaligus.

Jawaban: D.

No. 9 Kunci: 1S 2B 3S

Urutan pembekuan darah:
1. Pembuluh darah luka → trombosit menyentuh permukaan kasar dan pecah → melepaskan **trombokinase** (tromboplastin).
2. Trombokinase, dibantu ion Ca^{2+}, mengubah **protrombin → trombin**. (Vitamin K diperlukan hati untuk **membentuk protrombin**.)
3. Trombin mengubah **fibrinogen → fibrin** (benang-benang).
4. Benang fibrin menjerat sel darah → bekuan menutup luka.

Analisis pernyataan:
1. **Salah.** Vitamin K tidak pernah diubah menjadi fibrin. Fibrin berasal dari fibrinogen; vitamin K berperan dalam pembentukan protrombin.
2. **Benar.** Bila trombokinase berkurang, protrombin sedikit yang diubah menjadi trombin → fibrin sedikit → luka lambat menutup.
3. **Salah.** Kekurangan trombokinase **memperlambat** pembekuan. Lagi pula, fibrinogen bukan zat yang "mengalirkan darah", melainkan bahan pembentuk fibrin.

Jebakan: pernyataan 1 menyebut zat-zat yang memang terlibat (vitamin K, fibrin) tetapi menghubungkannya secara keliru.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

Catatan: kalimat pernyataan ketiga dirapikan tanpa mengubah maksudnya.

No. 10 Kunci: A

Konsep kerja adrenalin (respons lawan atau lari):
• Jantung: berdetak lebih cepat dan kuat → darah yang dipompa **bertambah**.
• Pembuluh darah kulit dan saluran cerna **menyempit**, pembuluh otot rangka melebar → darah **dialihkan** ke otot, jantung, dan otak → tekanan darah naik.
• Bronkus (saluran udara) **melebar** → udara lebih mudah masuk.
• Gerak saluran pencernaan melambat karena otot polosnya **mengendur**.
• Aliran darah ke ginjal **berkurang**.

Langkah mencocokkan:
1. Tekanan darah 140/90 mmHg → disebabkan penyempitan pembuluh darah dan jantung yang memompa lebih kuat.
2. Pilihan A menjelaskan penyempitan pembuluh darah → darah dialihkan ke organ yang membutuhkan → tekanan darah naik. Mekanismenya benar.

Analisis opsi lain:
• B ✗ : adrenalin **melebarkan** saluran udara, bukan menyempitkan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• C ✗ : detak lebih kuat membuat darah yang keluar dari jantung **bertambah**, bukan berkurang.
• D ✗ : adrenalin justru **mengurangi** aliran darah ke ginjal.
• E ✗ : gerak saluran cerna memang melambat, tetapi karena otot polosnya **mengendur**, bukan berkontraksi. Sulit menelan saat cemas lebih berkaitan dengan mulut kering (air liur berkurang) dan ketegangan otot leher.

Jebakan: C, D, dan E masing-masing memuat sebagian fakta yang benar, tetapi disambung dengan mekanisme yang terbalik.

Jawaban: A.

No. 11 Kunci: A

Konsep OSA: saat tidur, otot di sekitar tenggorokan mengendur sehingga saluran napas atas menyempit atau tertutup → napas berhenti sesaat (apnea) berulang kali.

Langkah penalaran:
1. Saluran napas tertutup → udara tidak masuk → kadar **O_2 darah turun** dan CO_2 naik.
2. Otak "membangunkan" tubuh sebentar agar bernapas lagi (terbangun terengah-engah) → tidur terputus-putus → **kantuk berat siang hari** (*microsleep* saat mengemudi).
3. Kekurangan O_2 berulang dan lonjakan saraf simpatis membebani jantung → **detak jantung tidak teratur (aritmia)** pada EKG.

Cek ulang: rantai "gangguan napas → O_2 turun → aritmia" ada pada pilihan A.

Analisis opsi lain:
• B ✗ : dengkur adalah **tanda** penyempitan saluran napas, bukan pencegahnya.
• C ✗ : pada OSA saluran napas justru **tersumbat**, bukan terbuka.
• D ✗ : tidur yang terputus justru membuat kantuk siang hari **meningkat**.
• E ✗ : pada apnea, CO_2 **naik**, bukan turun, dan jantung menjadi tidak stabil.

Jawaban: A.

No. 12 Kunci: C

Konsep: piruvat dehidrogenase mengubah piruvat → asetil-KoA (dekarboksilasi oksidatif). Asetil-KoA adalah "bahan bakar" siklus Krebs, dan siklus Krebs memasok NADH dan $FADH_2$ untuk transpor elektron, penghasil ATP terbesar.

Langkah penalaran (rantai sebab–akibat):
1. Arsenik menghambat piruvat dehidrogenase → asetil-KoA **berkurang**.
2. Siklus Krebs kekurangan bahan → NADH dan $FADH_2$ berkurang.
3. Transpor elektron melambat → ATP **turun drastis**.
4. Sel hanya mengandalkan glikolisis (2 ATP per glukosa) → otot lemah, cepat lelah, otak kekurangan energi (kesadaran menurun).

Cek ulang: gejala (lemah otot, lelah, kesadaran turun) cocok dengan kekurangan ATP → pilihan C.

Analisis opsi lain:
• A ✗ : asetil-KoA justru **tidak terbentuk**, jadi tidak mungkin menumpuk.
• B ✗ : transpor elektron **menurun**, bukan meningkat.
• D ✗ : asam laktat memang bisa meningkat karena piruvat dialihkan ke fermentasi, tetapi alasannya salah: siklus Krebs **melambat**, bukan dipercepat.
• E ✗ : fosforilasi oksidatif **menurun** karena pasokan NADH dan $FADH_2$ berkurang.

Jebakan: D memadukan akibat yang mungkin benar (laktat naik) dengan alasan yang salah.

Jawaban: C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 13 Kunci: 1B 2S 3B

Langkah 1 – Baca data:

• Tekanan darah 190/120 mmHg → jauh di atas normal (**hipertensi**).
• Denyut jantung 98 kali/menit → di atas rentang normal pada tabel.
• LDL 195 mg/dL → **tinggi** (normal <100); LDL menumpuk di dinding pembuluh (aterosklerosis) → nyeri dada.
• HDL 65 mg/dL → normal.

Langkah 2 – Uji setiap kebiasaan:

1. **Sesuai.** Lemak jenuh dan makanan cepat saji meningkatkan LDL → cocok dengan LDL 195.
2. **Tidak Sesuai.** Yoga dan meditasi justru menurunkan stres dan baik untuk jantung; kebiasaan ini tidak menyebabkan LDL tinggi. Hubungan sebab–akibat dalam pernyataan keliru.
3. **Sesuai.** Stres kronis dan kurang tidur memicu hormon stres (adrenalin, kortisol) → tekanan darah dan denyut jantung naik → cocok dengan 190/120 dan 98 kali/menit.

Jebakan: pernyataan 2 memakai kata "kesehatan jantung" agar tampak relevan, padahal tidak menjelaskan data yang abnormal.

Jawaban: Sesuai, Tidak Sesuai, Sesuai.

No. 14 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep Alzheimer: protein abnormal menumpuk di otak, yaitu **plak beta-amiloid** di sekitar sel saraf dan **kekusutan protein tau** di dalam sel saraf. Kerusakan biasanya dimulai di **hipokampus** (pembentukan memori baru), lalu menyebar ke korteks, termasuk **lobus parietal** (orientasi ruang dan arah).

Analisis pernyataan:

1. **Benar.** Tersesat dan lupa jalan pulang adalah gangguan memori spasial, yang terkait hipokampus dan lobus parietal.
2. **Salah.** Hipotalamus mengatur suhu tubuh, rasa lapar dan haus, serta hormon; bagian ini bukan pusat utama memori. Penumpukan protein pada Alzheimer terutama di hipokampus dan korteks.
3. **Benar.** Plak mengganggu sinapsis sehingga sinyal antarsel saraf terhambat → memori dan bahasa menurun. Gejala mengulang pertanyaan yang sama menunjukkan memori jangka pendek terganggu.

Jebakan: pernyataan 2 benar soal "protein abnormal", tetapi lokasinya (hipotalamus) salah.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 15 Kunci: A

Konsep: glukosa hasil fotosintesis disimpan sebagai **amilum**. Lugol (iodium) mengubah amilum menjadi biru kehitaman. Jadi, bagian yang positif amilum = bagian yang berfotosintesis.

Langkah analisis (percobaan Ingenhousz/Sachs):

1. Perbandingan dilakukan pada **satu daun yang sama**, sehingga CO_2, suhu, klorofil, dan tebal daun sama.
2. Satu-satunya perbedaan: bagian tertutup foil **tidak mendapat cahaya**, bagian terbuka mendapat cahaya.
3. Bagian bercahaya → amilum ada; bagian gelap → amilum tidak ada.
4. Kesimpulan: fotosintesis memerlukan **cahaya** → pilihan A.

Cek ulang fungsi langkah percobaan: air panas mematikan sel; alkohol panas melarutkan klorofil agar warna lugol mudah terlihat. Keduanya dilakukan **setelah** fotosintesis, jadi bukan perlakuan yang dibandingkan.

Analisis opsi lain:

• B ✗ : CO_2 udara sama untuk seluruh bagian daun.
• C ✗ : daunnya sama, bentuknya tidak dibandingkan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• D ✗ : bagian yang ditutup foil tetap berklorofil (tetap hijau); foil hanya menghalangi cahaya.
• E ✗ : suhu tidak divariasikan.

Jebakan: D, karena klorofil "dilarutkan" dalam percobaan. Namun, pelarutan itu dilakukan pada seluruh daun dan hanya untuk memudahkan pengamatan warna.

Jawaban: A.

No. 16 Kunci: C

Konsep: melatonin dihasilkan kelenjar pineal saat lingkungan gelap dan memberi sinyal "waktunya tidur" (mengatur ritme sirkadian). Cahaya, terutama cahaya biru dari layar ponsel, **menekan** produksi melatonin.

Langkah penalaran:
1. Ponsel dipakai hingga larut malam → mata terus menerima cahaya layar.
2. Produksi melatonin tertekan → rasa kantuk tertunda → sulit tidur walau lelah.
3. Waktu tidur berkurang → mengantuk dan sulit fokus pada pagi hari.

Analisis opsi lain:
• A ✗ : adrenalin terkait respons stres akut ("lawan atau lari"), bukan pengatur siklus tidur.
• B ✗ : kortisol memang memiliki pola harian, tetapi hormon yang langsung ditekan oleh cahaya malam dan memicu tidur adalah melatonin.
• D ✗ : oksitosin berperan dalam kontraksi rahim dan pengeluaran ASI.
• E ✗ : tiroksin mengatur laju metabolisme.

Jawaban: C.

No. 17 Kunci: A

Konsep: saat panas, hipotalamus memerintahkan dua cara pendinginan: (1) pelebaran pembuluh darah kulit (panas dilepas ke udara) dan (2) **berkeringat**. Penguapan keringat menyerap panas dari kulit dan merupakan cara pendinginan paling efektif di lingkungan panas. Kulit juga berperan sebagai alat ekskresi melalui keringat.

Langkah penalaran:
1. Bekerja berat di bawah terik + kurang minum → tubuh kehilangan banyak cairan → **dehidrasi**.
2. Cairan tubuh dan volume darah berkurang → tubuh tidak mampu lagi memproduksi keringat (**tidak berkeringat**).
3. Tanpa penguapan keringat, panas tidak terbuang → suhu naik hingga 40,5 °C → pingsan.

Cek ulang dengan data: "tidak berkeringat" adalah petunjuk kunci → pilihan A.

Analisis opsi lain:
• B ✗ : pelebaran pembuluh kulit justru **membuang** panas, bukan menyimpannya.
• C ✗ : otot tidak bekerja lebih cepat karena suhu tinggi; ini bukan mekanisme kegagalan termoregulasi.
• D ✗ : kurang cairan justru **menurunkan** volume darah.
• E ✗ : tubuh tidak "memilih berhenti" untuk menghemat energi; yang terjadi adalah kegagalan mekanisme pendinginan.

Jawaban: A.

No. 18 Kunci: C, D, E

Konsep PCOS: gangguan keseimbangan hormon: hormon androgen tinggi (jerawat), sering disertai resistensi insulin (berat badan naik), dan perbandingan LH–FSH terganggu. Akibatnya folikel tidak matang sempurna dan tidak terjadi **ovulasi** → haid jarang → sulit hamil. "Kista" pada PCOS adalah folikel-folikel kecil yang gagal matang, bukan tumor.

Langkah memilih solusi: solusi yang tepat harus **memulihkan ovulasi** atau **mengatasi tidak adanya ovulasi**.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:

1. ✗ Prolaktin tinggi justru **menghambat** ovulasi; menaikkannya memperburuk keadaan.
2. ✗ Ovarium pada PCOS masih berfungsi; mengangkatnya justru menghilangkan sumber sel telur.
3. ✓ Pola makan sehat dan olahraga memperbaiki resistensi insulin dan berat badan → keseimbangan hormon membaik → ovulasi dapat kembali.
4. ✓ Suntikan FSH/LH merangsang folikel matang dan terjadi ovulasi (induksi ovulasi). Perlu pengawasan dokter karena berisiko hiperstimulasi dan kehamilan kembar.
5. ✓ Bayi tabung (fertilisasi in vitro): sel telur dimatangkan dengan hormon, diambil langsung dari ovarium, lalu dibuahi sperma suami di laboratorium. Ini menjadi pilihan bila cara lain belum berhasil.

Jebakan: opsi 2 memanfaatkan kata "kista" agar terdengar perlu dioperasi.

Jawaban: pernyataan 3, 4, dan 5.

Catatan: kunci disusun tim berdasarkan analisis konsep karena dokumen sumber tidak memuat kunci.

No. 19 Kunci: D

Konsep: pada diabetes tipe 1, sistem imun keliru mengenali **sel beta pulau Langerhans** (penghasil insulin) sebagai benda asing. Perusak utamanya adalah **sel T sitotoksik**. Antibodi anti-GAD hanya **penanda** adanya serangan autoimun, karena GAD adalah protein di sel beta.

Langkah penalaran:

1. Sel T sitotoksik menghancurkan sel beta → produksi insulin turun drastis.
2. Tanpa insulin, glukosa tidak dapat masuk ke sel dan tidak disimpan sebagai glikogen → glukosa menumpuk di darah (300 mg/dL).
3. Glukosa berlebih terbuang ke urine dan menarik air → **sering berkemih** → **haus**.
4. Sel kekurangan glukosa → **mudah lapar**; lemak dan protein dibongkar → **berat badan turun**.

Analisis opsi lain:

- A ✗: sel alfa bukan sasaran. Lagi pula, bila glukagon berkurang, gula darah justru cenderung turun.
- B ✗: mekanisme diabetes tipe 1 adalah perusakan sel penghasil insulin, bukan kompleks antigen-antibodi yang menghambat hormon.
- C ✗: penyebabnya autoimun, bukan infeksi bakteri.
- E ✗: antibodi bukan perusak utama dan tidak menghambat kerja insulin. Gangguan kerja insulin (resistensi insulin) adalah ciri diabetes tipe 2.

Jebakan: E dan B tampak "autoimun" karena menyebut antibodi. Data anti-GAD hanya penanda, bukan pelaku kerusakan.

Jawaban: D.

No. 20 Kunci: B

Konsep: hemoglobin (dalam sel darah merah) mengikat dan mengangkut **oksigen**. Pembentukannya memerlukan **zat besi**, yang banyak terdapat pada daging merah dan sayuran hijau.

Langkah penalaran:

1. Jarang makan daging dan sayuran hijau → kekurangan zat besi → hemoglobin rendah (7 g/dL) → **anemia**.
2. Darah ibu mengangkut lebih sedikit oksigen → ibu lemas dan pusing.
3. Janin memperoleh oksigen dari darah ibu melalui plasenta → pasokan oksigen janin berkurang → gerak janin melemah, pertumbuhan otak dan organ tidak optimal.

Analisis opsi lain:

- A ✗: anemia tidak membuat janin kelebihan berat badan; risikonya justru berat lahir rendah.
- C ✗: pada anemia darah justru lebih "encer" (sel darah merah sedikit), bukan pekat.
- D ✗: pembekuan darah adalah peran trombosit dan faktor pembekuan, bukan hemoglobin.
- E ✗: melawan kuman adalah peran sel darah putih, bukan hemoglobin.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Jebakan: D dan E menyebut risiko yang terdengar medis, tetapi salah menyebut fungsi hemoglobin.

Jawaban: B.

No. 21 Kunci: A

Konsep: alergi adalah reaksi berlebihan sistem imun terhadap zat yang sebenarnya tidak berbahaya (alergen). Pada alergi makanan, sel B menghasilkan **antibodi IgE yang khusus** mengenali protein udang atau cumi.

Langkah penalaran:

1. Paparan pertama: tubuh membentuk IgE khusus untuk alergen → IgE menempel pada sel mast.
2. Paparan berikutnya: alergen diikat IgE → sel mast melepaskan **histamin** → ruam, gatal, sesak napas.
3. Ada **antibodi** yang mengenali **antigen tertentu** → respons **spesifik**.

Analisis opsi lain:

- B ✗: memang ada peradangan, tetapi pemicunya adalah IgE spesifik, bukan fagositosis umum.
- C ✗: kekebalan pasif berarti antibodi berasal dari luar (misalnya dari ASI atau serum); IgE di sini dibuat tubuh sendiri setelah terpapar alergen.
- D ✗: alergen bukan mikroorganisme patogen.
- E ✗: alergi justru memerlukan paparan alergen.

Jawaban: A.

No. 22 Kunci: B

Langkah 1 – Identifikasi bagian: bentuk bulat di tengah badan sel pada gambar adalah **nukleus** (inti sel).

Langkah 2 – Fungsi nukleus: nukleus menyimpan DNA dan mengendalikan seluruh aktivitas sel, termasuk **sintesis protein** (misalnya protein untuk neurotransmiter dan perbaikan sel).

Analisis opsi lain:

- A ✗: lapisan pelindung akson (selubung mielin) dibentuk oleh **sel Schwann**.
- C ✗: menghantarkan impuls ke otot dan kelenjar adalah peran **akson** dan **terminal akson** (pada neuron motorik).
- D ✗: menerima rangsangan adalah peran **dendrit** (atau reseptor).
- E ✗: celah sinapsis adalah ruang antara terminal akson dan sel berikutnya, bukan dibentuk oleh nukleus.

Jawaban: B.

No. 23 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: larutan lugol (iodin) dipakai untuk menguji **amilum**. Biru kehitaman = amilum banyak; ungu/biru muda = amilum sedikit; tidak berubah (kuning–cokelat/pucat) = tidak ada amilum. Protein diuji dengan reagen **biuret** (hasil positif: ungu).

Langkah membaca ilustrasi:

- Nasi → biru kehitaman (amilum banyak).
- Tahu → tidak berubah (tidak ada amilum).
- Pisang → ungu muda (amilum sedikit).

Analisis pertanyaan:

1. **Benar.** Pertanyaan ini berangkat langsung dari hasil nasi dan dapat dijawab dengan konsep uji amilum.
2. **Benar.** Pisang berwarna lebih muda dari nasi. Pada pisang matang, sebagian amilum telah diubah menjadi gula, sehingga pertanyaan ini relevan dengan hasil uji.
3. **Salah.** Pada ilustrasi, tahu **tidak** berwarna ungu. Selain itu, lugol bukan pereaksi protein; warna ungu sebagai tanda protein muncul pada uji biuret.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Jebakan: pernyataan 3 mencampurkan hasil uji biuret dengan uji lugol.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 24 Kunci: C

Konsep: ulangan dibuat agar hasil dapat dipercaya. Data yang baik **konsisten** (nilai antarulangan berdekatan). Bila ada nilai yang menyimpang jauh, rata-ratanya tidak dapat dipercaya untuk menguji hipotesis.

Langkah analisis data:
1. C (75%): 3,2; 3,8; 3,5 → konsisten.
2. B (50%): 2,1; **5,5**; 2,6 → ulangan 2 jauh lebih besar.
3. D (100%): 7,5; **1,5**; 7,7 → ulangan 2 jauh lebih kecil.
4. A (25%): 1,3; 1,5; **3,2** → ulangan 3 menyimpang.
5. Akibatnya, pola "konsentrasi naik → zona bening melebar" tidak terlihat jelas pada setiap ulangan. Contohnya, pada ulangan 2 urutannya B (5,5) > C (3,8) > D (1,5), berlawanan dengan hipotesis.

Cek ulang dengan rata-rata: A = 2,0; B = 3,4; C = 3,5; D ≈ 5,6 mm. Rata-ratanya memang naik, tetapi kenaikan itu dipengaruhi nilai-nilai yang menyimpang, sehingga data kurang meyakinkan untuk mendukung hipotesis → pilihan C.

Analisis opsi lain:
• A ✗ : tiga kali ulangan adalah jumlah yang wajar, tidak berlebihan.
• B ✗ : empat taraf konsentrasi (25%, 50%, 75%, 100%) sudah cukup bervariasi.
• D ✗ : rentang 25–100% wajar dan justru membantu melihat pola.
• E ✗ : kontrol negatif memang seharusnya 0 dan kontrol positif (antibiotik) memang seharusnya besar; keduanya pembanding, bukan masalah.

Jawaban: C.

Catatan: kalimat opsi A dirapikan dari sumber ("Ulangan yang dilakukan pada terlalu banyak").

No. 25 Kunci: B

Konsep: dalam penyelidikan, **variabel bebas** (di sini: suhu) harus diukur di setiap titik pengamatan, dan titik pengamatan harus **tetap** agar data dari hari ke hari dapat dibandingkan. Variabel terikatnya adalah pertumbuhan tanaman liar.

Langkah penalaran:
1. Rancangan murid: mencatat data di **beberapa lokasi** dengan paparan cahaya berbeda selama dua minggu.
2. Sebelum mengukur pertumbuhan, murid harus menetapkan lokasi mana saja yang diamati dan memastikan suhu tiap lokasi tercatat.
3. Tanpa data suhu, pertumbuhan tidak dapat dihubungkan dengan suhu → pilihan B adalah langkah pertama.

Analisis opsi lain:
• A ✗ : hanya satu area dan suhu tidak dicatat → tidak ada pembanding.
• C ✗ : membersihkan gulma justru menghilangkan objek yang diamati.
• D ✗ : menyimpulkan bukan langkah pengumpulan data dan dilakukan sebelum ada data.
• E ✗ : memindahkan tanaman ke pot mengubah kondisi lapangan, padahal penyelidikan dirancang di beberapa lokasi taman.

Jawaban: B.

No. 26 Kunci: B, C

Langkah 1 – Baca gambar: Sampel A (istirahat) sedikit dan berwarna kuning tua/jingga (pekat). Sampel B (setelah lari + minum banyak) lebih banyak dan berwarna kuning pucat (encer).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 2 – Tentukan yang berbeda antarkondisi: (1) ada tidaknya **keringat** (aktivitas fisik) dan (2) banyaknya **cairan yang diminum**. Yang diamati: **warna dan volume urine**.

Konsep pendukung: minum banyak → hormon ADH turun → penyerapan kembali air di tubulus ginjal berkurang → urine banyak dan encer. Berkeringat → tubuh kehilangan air → ADH naik → urine sedikit dan pekat. Keringat dan urine sama-sama jalur pengeluaran air.

Analisis opsi:

1. ✗ Kadar gula darah tidak diukur dan tidak berkaitan dengan data warna/volume urine.
2. ✓ Hubungan asupan cairan dengan volume urine dapat diselidiki dari perbandingan A dan B.
3. ✓ Kaitan keringat dengan jumlah urine relevan dengan tujuan praktikum (aktivitas fisik dan pengeluaran zat sisa).
4. ✗ Pertanyaan ini berangkat dari pengamatan yang keliru: pada gambar, urine setelah olahraga (B) justru **lebih encer**, bukan lebih pekat.
5. ✗ Detak jantung tidak diukur, dan warna urine tidak ditentukan langsung oleh detak jantung.

Jebakan: opsi 4 sesuai teori "berkeringat membuat urine pekat", tetapi bertentangan dengan data gambar karena murid pada sampel B juga minum banyak.

Jawaban: pernyataan 2 dan 3.

Catatan: kunci disusun tim berdasarkan analisis gambar dan konsep karena dokumen sumber tidak memuat kunci.

No. 27 Kunci: A

Langkah 1 – Hitung laju pertumbuhan (hari 1 → hari 4):

- Tanah: 0 → 3,7 cm, rata-rata ≈ 1,23 cm/hari.
- Pasir: 0 → 2 cm, rata-rata ≈ 0,67 cm/hari.
- Tanah liat: 0 → 0,8 cm (hari 3), lalu mati.

Langkah 2 – Bandingkan dengan hipotesis: hipotesis menyatakan tanaman tumbuh lebih cepat di media tanah. Pada **setiap** hari pengamatan, tanaman di media tanah selalu paling tinggi, dan pertambahannya per hari juga paling besar → data **mendukung** hipotesis → pilihan A.

Cek ulang: kata yang tepat adalah "mendukung", bukan "membuktikan secara mutlak". Pilihan A tidak berlebihan.

Analisis opsi lain:

- B ✗ : hipotesis tidak menyatakan tanaman hanya tumbuh di tanah; yang dibandingkan adalah kecepatannya.
- C ✗ : kematian tanaman di tanah liat tidak membantah hipotesis; justru menunjukkan tanah liat media yang paling buruk.
- D ✗ : ulangan percobaan memang penting untuk evaluasi metode, tetapi soal meminta hubungan **data yang ada** dengan hipotesis, dan data itu konsisten mendukung hipotesis.
- E ✗ : selisihnya besar: 3,7 cm berbanding 2 cm (hampir dua kali lipat).

Jebakan: D terdengar paling "hati-hati", tetapi tidak menjawab hubungan antara hasil analisis data dan hipotesis.

Jawaban: A.

Catatan: kunci disusun tim berdasarkan analisis data karena dokumen sumber tidak memuat kunci.

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: A

Konsep: upaya pelestarian yang efektif harus **menyasar penyebab** turunnya populasi. Pelestarian di habitat aslinya (**in situ**) menjaga tempat hidup sekaligus tempat berkembang biak. Pelestarian di luar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

habitat (**ex situ**, misalnya penangkaran atau kebun binatang) hanya membantu bila penyebab di alam juga ditangani.

Langkah 1 – Kenali penyebabnya. Kasus menyebut dua penyebab: (1) telur digali sehingga tidak ada generasi baru, dan (2) hutan tempat maleo dewasa mencari makan dibuka.
Langkah 2 – Uji setiap upaya. Tanyakan: apakah upaya itu menghentikan penyebab 1, penyebab 2, atau keduanya?
Langkah 3 – Pilih yang menyasar keduanya. Melindungi pantai bertelur menghentikan penggalian telur; mempertahankan hutan menjaga sumber makanan maleo dewasa.

Analisis opsi:
• A ✓ — Menyasar penyebab 1 dan penyebab 2 sekaligus di habitat aslinya.
• B ✗ — Jebakan: penangkaran ex situ tidak menghentikan penggalian telur dan pembukaan hutan; maleo juga membutuhkan pasir atau tanah hangat yang khas untuk bertelur.
• C ✗ — Jebakan benar tetapi tidak menjawab: pakan tambahan tidak menghentikan penggalian telur dan tidak mengembalikan hutan.
• D ✗ — Jebakan sebagian benar: penetasan di penangkaran membantu, tetapi pemanenan telur tetap berjalan dan hutan tetap dibuka.
• E ✗ — Jebakan: perburuan dengan senapan tidak disebut sebagai penyebab dalam kasus.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: C

Konsep: kunci determinasi dikotom berisi pasangan pernyataan (a dan b) yang saling berlawanan. Pada setiap nomor, pilih **satu** pernyataan yang cocok dengan ciri makhluk hidup, lalu ikuti petunjuknya ("ke nomor …") sampai bertemu nama. Ciri yang sama-sama dimiliki beberapa jenis (misalnya sungut) belum cukup untuk menentukan nama.

Langkah 1 – Nomor 1. Ikan X bersungut → **1a** → ke nomor 2.
Langkah 2 – Nomor 2. Kulit licin, tanpa sisik → **2b** → ke nomor 3.
Langkah 3 – Nomor 3. Sirip punggung pendek dan di belakangnya ada sirip lemak kecil → **3b** → **patin**.
Cek ulang: jalur yang sah harus mengikuti petunjuk "ke nomor". Pernyataan 2a langsung berakhir pada ikan mas, jadi tidak mungkin berlanjut ke nomor 3.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan berhenti pada ciri yang mencolok: sungut dan kulit licin dimiliki lele dan patin. Di nomor 3, lele bersirip punggung panjang tanpa sirip lemak, berbeda dari ikan X.
• B ✗ — Jebakan salah cabang di nomor 2: ikan X tidak bersisik, jadi harus 2b, bukan 2a.
• C ✓ — Jalur 1a → 2b → 3b sesuai semua ciri ikan X.
• D ✗ — Jebakan jalur tidak sah: 2a berakhir pada ikan mas dan tidak berlanjut ke nomor 3; lagi pula ikan X tidak bersisik.
• E ✗ — Jebakan melompati langkah 1: ikan X bersungut sehingga harus masuk 1a; ekor bercagak tidak menentukan apa pun sebelum nomor 1 diputuskan.

Jawaban: C.

No. 3 Kunci: E

Konsep: mulut, usus, dan kulit kita dihuni mikroorganisme yang biasa hidup di sana (**flora normal**), sebagian besar bakteri yang menguntungkan. Bakteri ini memperebutkan tempat dan makanan sehingga menekan pertumbuhan jamur dan kuman lain. Antibiotik bekerja pada bakteri, bukan pada jamur. Antibiotik berspektrum luas ikut membunuh bakteri baik, sehingga jamur yang tadinya sedikit dapat tumbuh berlebihan.

Langkah 1 – Cari petunjuk. Jamur sudah lama ada dalam jumlah sedikit tanpa menimbulkan sakit → selama ini ada yang menekan pertumbuhannya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 2 – Apa yang berubah? Antibiotik berspektrum luas selama dua minggu → banyak bakteri, termasuk bakteri baik, mati.
Langkah 3 – Hubungkan. Penekan hilang → jamur tumbuh berlebihan di mulut; keseimbangan bakteri usus terganggu → diare.
Cek ulang: keluhan membaik setelah antibiotik selesai → bakteri baik tumbuh kembali dan menekan jamur lagi.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan konsep tertukar: antibiotik untuk bakteri memang tidak membunuh jamur, jadi jamur tidak perlu "menjadi kebal"; kebal juga tidak membuat jamur berkembang biak lebih cepat.
• B ✗ — Jebakan: antibiotik ditujukan pada bakteri, bukan merusak sel tubuh; penjelasan ini juga tidak menerangkan mengapa jamur menjadi banyak.
• C ✗ — Jebakan tidak membaca kasus: jamur itu sudah lama ada di tubuh Bu Ratna, bukan tertular dari luar.
• D ✗ — Jebakan: antibiotik tidak membunuh jamur, dan bercak putih adalah jamur yang tumbuh, bukan sisa sel yang mati.
• E ✓ — Sesuai peran flora normal dan kerja antibiotik berspektrum luas.

Jawaban: E.

No. 4 Kunci: B

Konsep: sebaran makhluk hidup dibatasi oleh **faktor abiotik** (suhu, air, cahaya, dan lain-lain) dan **faktor biotik** (pemangsa, pesaing, makanan). Nyamuk dan parasit malaria tidak dapat mengatur suhu tubuhnya sendiri, sehingga perkembangan jentik dan parasit sangat bergantung pada suhu lingkungan. Daerah yang terlalu dingin menjadi batas sebarannya. Bila suhu naik, batas itu dapat bergeser ke tempat yang lebih tinggi.

Langkah 1 – Baca data. Dulu desa pegunungan bebas malaria; suhu naik 1,5 °C; jentik *Anopheles* baru ditemukan; warga yang tidak bepergian ikut sakit.
Langkah 2 – Tafsirkan. Warga yang tidak bepergian tertular di desanya sendiri → kini ada nyamuk pembawa parasit yang hidup dan berkembang biak di desa itu.
Langkah 3 – Cari penyebab yang didukung data. Satu-satunya perubahan lingkungan yang tercatat adalah suhu, dan teks menyatakan suhu rendah menghambat jentik serta parasit → kenaikan suhu menghilangkan penghambat itu.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: tidak menjelaskan mengapa malaria baru muncul sekarang; warga tertular di desanya sendiri, bukan dari nyamuk yang datang sesaat.
• B ✓ — Sesuai data suhu dan keterangan bahwa suhu rendah menghambat jentik serta parasit.
• C ✗ — Jebakan bertentangan dengan data: suhu desa justru naik.
• D ✗ — Jebakan faktor biotik tanpa data: tidak ada keterangan tentang pemangsa jentik.
• E ✗ — Jebakan tidak membaca kasus: jentik baru ditemukan pada 2026, jadi nyamuk itu tidak "sejak dulu sudah ada"; data genangan juga tidak ada.

Jawaban: B.

No. 5 Kunci: B

Konsep: limbah tahu kaya bahan organik (sisa protein dan karbohidrat). Bahan organik menjadi makanan bagi **bakteri pengurai**. Bakteri yang berkembang pesat melakukan respirasi aerob sehingga **oksigen terlarut turun**. Hewan yang membutuhkan banyak oksigen (nimfa capung, udang) hilang, sedangkan hewan yang tahan oksigen rendah (cacing *Tubifex*) melimpah. Makin ke hilir, bahan organik makin habis diuraikan dan air mendapat oksigen lagi dari udara, sehingga keadaan membaik.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 1 – Baca tabel. Oksigen: P 7,6 → Q 1,8 → R 5,9. Suhu: 25, 26, 25 → hampir sama.
Langkah 2 – Singkirkan sebab yang dibantah data. Selisih suhu hanya 1 °C → tidak dapat menjelaskan penurunan oksigen dari 7,6 ke 1,8 mg/L.
Langkah 3 – Hubungkan dengan sumber pencemar. Q tepat di bawah saluran limbah organik → bakteri pengurai bertambah → oksigen terpakai. Pulihnya oksigen di R cocok dengan bahan organik yang makin berkurang ke hilir.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: suhu di Q hanya naik 1 °C.
• B ✓ — Sesuai sumber pencemar, peran pengurai, dan pemulihan di hilir.
• C ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: *Tubifex* melimpah **karena** oksigen rendah (hewan pesaingnya hilang), bukan penyebab oksigen rendah.
• D ✗ — Jebakan konsep: hewan air tidak menghasilkan oksigen; oksigen terlarut berasal dari udara dan dari fotosintesis tumbuhan air atau fitoplankton.
• E ✗ — Tidak ada data kecepatan arus; oksigen terlarut juga tidak "menumpuk" di hilir.

Jawaban: B.

No. 6 Kunci: D

Konsep: enzim adalah protein yang mempercepat reaksi dan bekerja khas pada substratnya. Nanas segar mengandung enzim **bromelin**, yaitu enzim pengurai protein (protease). Bila rantai protein gelatin dipotong-potong, jalinan yang membentuk jeli tidak terbentuk sehingga jeli tetap cair. Enzim juga protein sehingga **rusak (terdenaturasi) oleh panas**; nanas yang sudah dipanaskan tidak lagi menguraikan gelatin.

Langkah 1 – Bandingkan gelas 1 dan 2. Bedanya hanya ada atau tidaknya nanas segar → nanas segar mencegah jeli mengeras.
Langkah 2 – Bandingkan gelas 2 dan 3. Bedanya hanya pemanasan nanas → zat penghalang di nanas rusak oleh panas → ciri enzim.
Langkah 3 – Periksa gelas 4. Nanas kaleng sudah dipanaskan saat pengalengan → jeli padat, sesuai langkah 2.
Cek ulang: pH sari nanas segar dan rebus sama (3,7) → keasaman bukan penyebab perbedaan hasil.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: keasaman nanas segar dan nanas rebus sama, tetapi hasilnya berbeda.
• B ✗ — Jebakan: gelas 3 berisi nanas rebus tanpa sirup dan tetap padat; lagi pula nanas segar juga mengandung gula.
• C ✗ — Jebakan: semua gelas sama-sama didinginkan 4 jam dan nanas rebus sudah didinginkan; suhu tidak menjelaskan perbedaan.
• D ✓ — Sesuai pola gelas 1–4: nanas segar menghalangi, nanas yang dipanaskan tidak.
• E ✗ — Jebakan: nanas rebus juga berupa potongan buah yang dapat menyerap air, tetapi jelinya tetap padat.

Jawaban: D.

No. 7 Kunci: A

Konsep: respirasi aerob berlangsung dalam tiga tahap utama: **glikolisis** di sitoplasma (hasil bersih 2 ATP per glukosa), **siklus Krebs** di mitokondria (2 ATP), dan **transpor elektron** di membran dalam mitokondria yang menghasilkan sebagian besar ATP (sekitar 32–34 ATP). Oksigen dipakai sebagai penerima elektron terakhir. Bila aliran elektron dihambat, tahap penghasil ATP terbanyak berhenti walaupun oksigen tersedia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 1 – Cari tahap yang terganggu. Zat akar tuba menghambat aliran elektron → transpor elektron berhenti.
Langkah 2 – Bandingkan sumber ATP. Yang masih berjalan hanya glikolisis (dan fermentasi) → hanya sekitar 2 ATP per glukosa.
Langkah 3 – Hubungkan dengan akibat. Otot, jantung, dan otak ikan membutuhkan ATP dalam jumlah besar → ATP tidak mencukupi → ikan lemas lalu mati.
Cek ulang: data menyebut oksigen di air cukup dan insang tetap bergerak → masalahnya ada di dalam sel, bukan pada pengambilan oksigen.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai perbandingan hasil ATP setiap tahap respirasi.
• B ✗ — Jebakan bertentangan dengan data: oksigen di air cukup, insang tetap bergerak, dan zat itu bekerja di mitokondria.
• C ✗ — Jebakan konsep: fermentasi menghasilkan ATP jauh lebih sedikit daripada respirasi aerob, bukan lebih banyak.
• D ✗ — Jebakan tidak membaca data: glikolisis tetap berlangsung.
• E ✗ — Jebakan: oksigen yang tidak terpakai tidak "menumpuk lalu meracuni"; penyebab kematian adalah kekurangan ATP.

Jawaban: A.

No. 8 Kunci: B

Konsep: pada pembuatan tape, jamur dalam ragi menguraikan **pati menjadi gula** (rasa manis). Khamir lalu mengolah gula. Bila oksigen sedikit, khamir melakukan **fermentasi alkohol**: gula → alkohol (etanol) + karbon dioksida (CO_2) + sedikit energi. Bila oksigen tersedia, khamir lebih banyak melakukan respirasi aerob yang menghasilkan CO_2 dan air, bukan alkohol.

Langkah 1 – Urutkan perubahan. Hari 1 manis (pati → gula) → hari 2 berbau alkohol (gula → alkohol).
Langkah 2 – Kenali gasnya. Bungkus menggembung → ada gas hasil fermentasi, yaitu CO_2.
Langkah 3 – Gunakan pembanding. Bungkus robek (ada udara) → hampir tidak berbau alkohol → alkohol terbentuk bila oksigen sedikit.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: fermentasi tidak menghasilkan oksigen; gas yang membuat bungkus menggembung adalah CO_2.
• B ✓ — Sesuai urutan rasa, bau, gas, dan pembanding bungkus robek.
• C ✗ — Jebakan urutan terbalik: rasa manis muncul lebih dulu, baru kemudian bau alkohol.
• D ✗ — Jebakan konsep tertukar: bungkus rapat membuat oksigen sedikit sehingga khamir melakukan fermentasi (anaerob), bukan respirasi aerob.
• E ✗ — Jebakan tidak membaca kasus: bungkus robek hampir tidak berbau alkohol, jadi udara tidak mempercepat fermentasi alkohol.

Jawaban: B.

No. 9 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: fotosintesis memerlukan cahaya dan CO_2, lalu menghasilkan glukosa dan **O_2**. Gas O_2 yang terbentuk mengisi ruang antarsel daun sehingga cakram menjadi ringan dan mengapung. Laju fotosintesis dibatasi oleh faktor yang paling kurang (**faktor pembatas**): cahaya, CO_2, atau suhu. Respirasi berlangsung terus, baik dalam terang maupun gelap; respirasi memakai O_2 sehingga tidak menghasilkan gas yang membuat cakram mengapung.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan: cakram tidak mengapung karena dalam gelap tidak ada fotosintesis yang menghasilkan O_2. Respirasi tetap berlangsung, tetapi respirasi justru memakai O_2, dan CO_2 yang dihasilkannya mudah larut dalam air.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pernyataan 2 — Benar. Gelas 1 dan 2 mendapat cahaya dan CO_2 (dari soda kue) → fotosintesis berlangsung → O_2 berkumpul di ruang antarsel → cakram mengapung. Gelas 1 (lampu lebih dekat) lebih banyak mengapung daripada gelas 2.
Pernyataan 3 — Benar. Gelas 1 dan 4 sama-sama disinari lampu 10 cm pada suhu sama; yang berbeda hanya ada atau tidaknya soda kue. Tanpa soda kue hanya 1 cakram mengapung → CO_2 menjadi faktor pembatas.
Cek ulang: suhu keempat gelas sama (27 °C), jadi perbedaan hasil tidak disebabkan suhu.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 10 Kunci: E

Konsep: tekanan darah dipengaruhi oleh **volume darah**, kekuatan pompa jantung, dan lebar serta kelenturan pembuluh. Garam yang berlebih membuat tubuh menahan lebih banyak air di dalam cairan tubuh, termasuk di pembuluh darah. Volume darah bertambah → tekanan pada dinding pembuluh naik → bilik kiri harus memompa melawan tekanan yang tinggi. Mengurangi garam membalik rantai ini.

Langkah 1 – Baca petunjuk. Banyak minum tetapi urine tidak bertambah → air ditahan di dalam tubuh.
Langkah 2 – Susun rantai sebab-akibat. Garam berlebih → air ditahan → volume darah naik → tekanan darah naik → beban jantung naik.
Langkah 3 – Balik rantainya. Garam dikurangi → air yang ditahan berkurang → volume darah turun → tekanan turun → kerja jantung lebih ringan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan konsep bercampur: pembuluh yang menyempit justru menaikkan tekanan; garam tidak mengatur kecepatan denyut dengan cara itu.
• B ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: pembuluh yang menyempit menaikkan tekanan darah, seperti selang yang dipencet.
• C ✗ — Jebakan: garam tidak menentukan jumlah sel darah merah; yang berubah adalah jumlah air yang ditahan.
• D ✗ — Jebakan: melemahnya otot jantung bukan akibat mengurangi garam dan bukan cara sehat menurunkan tekanan.
• E ✓ — Sesuai petunjuk air yang ditahan tubuh dan hubungan volume darah dengan tekanan.

Jawaban: E.

No. 11 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: darah di **vena** bertekanan rendah. Dari tungkai, darah harus naik ke jantung melawan gravitasi. Dua hal membantunya: **katup vena** yang hanya membuka ke arah jantung, dan **pompa otot rangka**: otot betis yang berkontraksi menekan vena sehingga darah terdorong ke atas. Bila katup tidak menutup rapat, darah mengalir balik, menggenang, dan vena melebar serta berkelok (varises).

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✓ — Itulah dua penolong aliran darah balik dari tungkai.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan tertukar pembuluh: dokter menyebut pembuluh balik (vena); varises bukan akibat arteri yang menegang.
• Pernyataan 3 ✓ — Katup bocor → aliran balik → darah menggenang → vena melebar.
• Pernyataan 4 ✓ — Alasan saran dokter: kontraksi otot betis memompa darah vena ke atas.
• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan sebab-akibat: bengkak terjadi karena darah sulit kembali dan menggenang, bukan karena oksigen yang dikirim bertambah.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 4.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 12 Kunci: C

Konsep: pusat pernapasan di **sumsum lanjutan (medula oblongata)** terutama dirangsang oleh **naiknya kadar CO_2** (darah menjadi lebih asam), bukan oleh turunnya O_2. Saat menahan napas, CO_2 dari respirasi sel menumpuk dan menimbulkan dorongan kuat untuk bernapas. Bernapas cepat dan dalam (hiperventilasi) membuang banyak CO_2, tetapi hampir tidak menambah O_2 karena hemoglobin sudah hampir jenuh.

Langkah 1 – Apa yang berubah karena hiperventilasi? CO_2 darah sangat rendah; O_2 hampir tetap.
Langkah 2 – Akibat saat menahan napas. CO_2 butuh waktu lebih lama untuk naik ke kadar yang memicu dorongan bernapas → dorongan tertunda.
Langkah 3 – Sementara itu. Sel tetap memakai O_2 → O_2 darah terus turun → otak kekurangan O_2 lebih dulu → pingsan sebelum dorongan bernapas muncul.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan bertentangan dengan keterangan pelatih: hiperventilasi hampir tidak menambah oksigen.
• B ✗ — Jebakan: di kolam, tekanan air tidak menghentikan pertukaran gas; masalahnya O_2 di udara paru-paru terus terpakai dan tidak diganti.
• C ✓ — Menghubungkan CO_2 rendah, tertundanya dorongan bernapas, dan O_2 yang terus terpakai.
• D ✗ — Jebakan terbalik: CO_2 Dimas justru rendah; CO_2 tinggi memicu dorongan bernapas yang kuat.
• E ✗ — Jebakan miskonsepsi: oksigen tidak naik tajam, dan dorongan bernapas terutama dipicu CO_2, bukan "tidak diperlukan".

Jawaban: C.

No. 13 Kunci: B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: keringat mengeluarkan **air dan garam mineral** (terutama ion natrium dan klorida). Ion-ion ini diperlukan untuk **penghantaran impuls saraf dan kontraksi otot**. Tubuh menjaga keseimbangan air dan garam (homeostasis cairan): ginjal membuang kelebihan air bila cairan tubuh terlalu encer. Bila keringat yang banyak diganti dengan air saja, airnya kembali tetapi garamnya tidak, sehingga kadar garam cairan tubuh turun dan kerja saraf-otot terganggu (kram, lemas). Oralit mengganti air sekaligus garam.

Langkah 1 – Bandingkan Raka dan Bima. Keduanya kehilangan keringat yang sama banyak; bedanya hanya minuman pengganti.
Langkah 2 – Apa yang diganti? Raka: air saja. Bima: air + garam (+ gula).
Langkah 3 – Hubungkan dengan gejala. Hanya Raka yang kram → kekurangan garam mengganggu kerja saraf dan otot.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: Raka minum banyak air, jadi masalahnya bukan kekurangan air. Ginjal membuang kelebihan air untuk menjaga kepekatan cairan tubuh; itu bagian homeostasis, bukan penyebab kram.
• Pernyataan 2 ✓ — Keringat membuang air dan garam; air putih hanya mengganti air.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan benar sebagian: gula memang sumber energi, tetapi perbedaan penting antara Raka dan Bima adalah garam; kasus tidak menunjukkan otot kekurangan oksigen.
• Pernyataan 4 ✓ — Garam mineral dibutuhkan untuk kerja saraf dan otot; Bima mendapat penggantinya dari oralit.
• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan tidak membaca kasus: Raka berkeringat sangat banyak, jadi kelenjar keringatnya bekerja.

Jawaban: pernyataan 2 dan 4.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 14 Kunci: A

Konsep: rasa nyeri muncul bila rangsang diterima **reseptor**, diubah menjadi impuls, lalu dihantarkan **neuron sensorik** ke otak dan disadari di otak besar. Obat bius lokal menghambat penghantaran impuls pada serabut saraf di sekitar tempat suntikan, untuk **sementara**. Saraf di bagian tubuh lain dan otak tetap bekerja.

Langkah 1 – Tentukan luas pengaruhnya. Hanya gusi dan bibir atas kanan yang mati rasa → obat bekerja setempat.
Langkah 2 – Periksa bagian lain. Nadia sadar, dapat berbicara, menggerakkan lidah dan jari → otak dan saraf lain normal.
Langkah 3 – Periksa lamanya. Rasa pulih dalam 1–2 jam → hambatannya sementara, tidak merusak jaringan saraf.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai pengaruh yang setempat, sementara, dan tanpa mengganggu kesadaran.
• B ✗ — Jebakan tertukar dengan bius umum: bila otak yang ditekan, rasa nyeri di seluruh tubuh hilang dan kesadaran terganggu, padahal Nadia sadar.
• C ✗ — Jebakan: rasa pulih hanya dalam 1–2 jam, terlalu cepat untuk tumbuhnya reseptor baru; obat tidak merusak reseptor.
• D ✗ — Jebakan benar tetapi tidak menjawab: melemaskan otot tidak menjelaskan gusi dan bibir yang mati rasa.
• E ✗ — Jebakan tertukar sensorik–motorik: rasa nyeri dihantar neuron sensorik, dan Nadia masih dapat menggerakkan lidahnya.

Jawaban: A.

No. 15 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: melihat memerlukan mata yang sehat **dan** otak yang mengolah impuls. Retina mengubah cahaya menjadi impuls → saraf penglihatan → **lobus oksipital** otak besar, tempat impuls diolah menjadi penglihatan yang disadari. **Otak kecil** mengatur keseimbangan dan koordinasi gerak. **Refleks pupil** adalah gerak refleks yang pusatnya di **otak tengah** (bagian batang otak), bukan di otak besar.

Pernyataan 1 — Benar. Mata normal tetapi pandangan gelap, dan perdarahan ada di lobus oksipital → impuls sampai ke otak tetapi tidak dapat diolah menjadi penglihatan.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan "letaknya berdekatan": Pak Wira berjalan lurus tanpa sempoyongan → keseimbangan dan koordinasinya normal, jadi tidak ada bukti otak kecilnya rusak.
Pernyataan 3 — Benar. Walaupun lobus oksipital rusak, refleks pupil tetap ada → jalur refleks ini diatur di batang otak (otak tengah) dan tidak harus melewati lobus oksipital.
Cek ulang: bicara lancar dan ingatan baik menunjukkan bagian otak besar yang lain berfungsi; gangguan terbatas pada pengolahan penglihatan.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 16 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: setelah makan, glukosa dari pencernaan masuk ke darah. Kenaikan glukosa merangsang pankreas melepaskan **insulin**. Insulin mendorong sel-sel tubuh mengambil glukosa dan hati serta otot menyimpannya sebagai **glikogen**, sehingga glukosa darah turun. Setelah glukosa kembali normal, rangsang bagi pankreas berkurang dan insulin ikut turun. Hasil yang menghentikan rangsangnya sendiri disebut **umpan balik negatif**.

Pernyataan 1 — Benar. Glukosa naik (86 → 142) diikuti insulin naik (5 → 48); glukosa turun ke 90 dan insulin ikut turun ke 7 → hasil (glukosa turun) mengurangi rangsang (pelepasan insulin).
Pernyataan 2 — Benar. Insulin tinggi pada pukul 08.00–09.00 bersamaan dengan glukosa yang turun → insulin bekerja memasukkan glukosa ke sel dan menyimpannya sebagai glikogen.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pernyataan 3 — Salah. Jebakan salah tafsir data: insulin turun karena glukosa sudah hampir normal, bukan karena pankreas rusak; pukul 08.00 pankreas mampu menaikkan insulin hampir sepuluh kali lipat.
Cek ulang: Sinta orang sehat dan glukosanya kembali ke kadar awal dalam 3 jam → pengaturan berjalan normal.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 17 Kunci: D

Konsep: kadar kalsium darah dijaga oleh **hormon paratiroid**. Bila kalsium darah turun, hormon ini dilepaskan dan menaikkan kalsium darah, antara lain dengan **melepaskan kalsium dari tulang**. Setelah kalsium normal, pelepasan hormon berkurang (umpan balik negatif). Benjolan pada kelenjar membuat hormon terus dihasilkan walaupun kalsium darah sudah tinggi.

Langkah 1 – Mulai dari penyebab awal. Benjolan → hormon paratiroid berlebih terus-menerus.
Langkah 2 – Akibat pada tulang. Kalsium terus ditarik dari tulang → tulang rapuh → mudah patah walau jatuh ringan.
Langkah 3 – Akibat pada ginjal. Kalsium darah tinggi → banyak kalsium tersaring di ginjal dan terbawa ke urine → garam kalsium mengendap menjadi batu.
Cek ulang: data kalsium darah di atas normal cocok dengan langkah 2 dan 3.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan arah kerja hormon terbalik: hormon paratiroid menaikkan kalsium darah, dan data menunjukkan kalsium darah tinggi.
• B ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: benjolan kelenjar adalah penyebab awal; patah tulang adalah akibat.
• C ✗ — Jebakan: batu ginjal adalah akibat, bukan penyebab; tulang Bu Marlina justru kehilangan kalsium sehingga rapuh.
• D ✓ — Menghubungkan hormon berlebih dengan tulang rapuh dan batu ginjal sekaligus.
• E ✗ — Jebakan: hormon paratiroid tidak menghambat penyerapan kalsium; bila kalsium kurang, kalsium darah tidak akan tinggi.

Jawaban: D.

No. 18 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: imunitas spesifik terbagi dua. **Imunitas humoral** memakai antibodi buatan sel plasma (dari sel B); antibodi bekerja pada kuman dan racun yang beredar di cairan tubuh, di **luar sel**. **Imunitas seluler** memakai sel T: sel T pembantu mengaktifkan makrofag agar mampu membunuh kuman yang ditelannya, dan sel T pembunuh menghancurkan sel yang terinfeksi. Kuman yang hidup **di dalam sel** terutama dilawan oleh imunitas seluler. Makrofag sendiri adalah fagosit, bagian dari pertahanan nonspesifik.

Langkah 1 – Cari letak bakteri. Bakteri TB hidup di dalam makrofag → tersembunyi dari antibodi.
Langkah 2 – Baca bukti. Antibodi ada tetapi infeksi berlanjut → antibodi tidak cukup. Orang dengan sel T sangat rendah mudah sakit TB berat walau masih membentuk antibodi → sel T yang menentukan.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: adanya antibodi menunjukkan tubuh pernah bertemu bakteri itu, bukan jaminan kebal; data menunjukkan infeksi tetap berlanjut.
• Pernyataan 2 ✓ — Antibodi bekerja di luar sel, sedangkan bakteri TB bersembunyi di dalam makrofag.
• Pernyataan 3 ✓ — Itulah peran imunitas seluler terhadap kuman di dalam sel.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan konsep tertukar: makrofag adalah fagosit dalam pertahanan nonspesifik;

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

ia menelan kuman tanpa harus mengenali antigen tertentu.
• Pernyataan 5 ✓ — Penerapan: karena antibodi saja tidak cukup untuk kuman di dalam sel, vaksin yang juga mengaktifkan sel T lebih melindungi.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 19 Kunci: C

Konsep: HIV menginfeksi dan menghancurkan **sel T pembantu**. Sel ini adalah "pengatur" imunitas spesifik: ia mengaktifkan **sel B** (yang berubah menjadi sel plasma pembuat antibodi) dan **sel T pembunuh** (sitotoksik, yang menghancurkan sel terinfeksi). Bila sel T pembantu sangat sedikit, kedua cabang imunitas spesifik melemah. Akibatnya jamur dan kuman yang biasanya dapat dikendalikan menimbulkan infeksi berat (infeksi oportunistik).

Langkah 1 – Cari petunjuk di kasus. Hasil pemeriksaan: sel T pembantu sangat rendah. Kumannya "biasa ada" dan jarang membuat orang sehat sakit berat → yang berubah adalah daya tahan Pak Bayu, bukan kumannya.
Langkah 2 – Hubungkan sel yang berkurang dengan tugasnya. Sel T pembantu → mengaktifkan sel B dan sel T pembunuh → bila berkurang, antibodi dan penghancuran sel terinfeksi sama-sama lemah.
Langkah 3 – Cocokkan dengan gejala. Infeksi jamur, diare menahun, dan TB sekaligus menunjukkan pertahanan yang lemah terhadap banyak jenis kuman → sesuai dengan rusaknya pengatur imunitas spesifik.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: HIV tidak menghancurkan antibodi yang sudah beredar; yang rusak adalah sel T pembantu yang dibutuhkan untuk membentuk antibodi baru.
• B ✗ — Jebakan: kasus menegaskan kumannya biasa dan tidak berbahaya bagi orang sehat; tidak ada petunjuk kuman berubah menjadi lebih ganas.
• C ✓ — Menghubungkan data (sel T pembantu rendah) dengan tugas sel itu dan akibatnya.
• D ✗ — Jebakan tertukar sel: HIV menyerang sel darah putih tertentu, bukan sel darah merah.
• E ✗ — Jebakan tertukar konsep: kulit dan lendir adalah pertahanan nonspesifik dan tidak dirusak HIV; data menunjukkan sel imunitas spesifik yang berkurang.

Jawaban: C.

No. 20 Kunci: E

Konsep: pada awal siklus, **FSH** dari hipofisis merangsang folikel tumbuh; folikel menghasilkan **estrogen** yang menebalkan dinding rahim. Estrogen yang tinggi memicu **lonjakan LH**, dan sekitar satu hari setelah lonjakan itu terjadi **ovulasi** (folikel matang melepaskan sel telur). Sisa folikel berubah menjadi **korpus luteum** yang menghasilkan **progesteron** (dan estrogen) untuk mempertahankan dinding rahim.

Langkah 1 – Cari lonjakan LH. LH melonjak dari 6 menjadi 52 pada hari ke-13 → ovulasi sekitar hari ke-14.
Langkah 2 – Ikuti progesteron. Progesteron rendah sebelum ovulasi (0,5–1,0), mulai naik hari ke-16, tertinggi hari ke-22 → dihasilkan korpus luteum yang terbentuk setelah ovulasi.
Cek ulang: pada siklus 28 hari, ovulasi terjadi sekitar 14 hari sebelum haid berikutnya → hari ke-14 cocok.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: estrogen yang mulai naik pada hari ke-8 menandai folikel yang sedang tumbuh; LH masih rendah, jadi ovulasi belum terjadi.
• B ✗ — Jebakan: progesteron tertinggi menandai fase setelah ovulasi, bukan saat ovulasi; folikel pecah sekitar hari ke-14.
• C ✗ — Jebakan konsep tertukar: folikel yang sedang tumbuh terutama menghasilkan estrogen, bukan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

progesteron dalam jumlah tinggi.
• D ✗ — Jebakan: hipofisis menghasilkan FSH dan LH, bukan progesteron; waktu ovulasinya juga keliru.
• E ✓ — Sesuai urutan lonjakan LH → ovulasi → korpus luteum → progesteron.

Jawaban: E.

No. 21 Kunci: D

Konsep: setelah ovulasi, sel telur ditangkap ujung **saluran telur (tuba falopi)**. **Pembuahan terjadi di saluran telur.** Zigot lalu membelah sambil didorong menuju **rahim** selama beberapa hari dan baru **tertanam (implantasi)** di dinding rahim. Bila saluran telur menyempit, sperma yang sangat kecil masih dapat lewat, tetapi embrio yang sedang membelah lebih besar dan bergerak lambat sehingga dapat tertahan dan tertanam di saluran itu (**kehamilan di luar rahim**).

Langkah 1 – Kenali bagian gambar. P = indung telur (ovarium), Q = saluran telur, R = rahim, S = leher rahim (serviks), T = vagina.
Langkah 2 – Cari tempat embrio. Kasus: "saluran yang menghubungkan indung telur dengan rahim" → Q.
Langkah 3 – Jelaskan dengan urutan kejadian. Saluran menyempit tetapi tidak tersumbat → sperma lewat dan membuahi sel telur di Q → embrio yang menuju R tertahan di bagian sempit → tertanam di Q.
Cek ulang: pembuahan tetap terjadi (ada kehamilan), jadi sperma memang masih dapat melewati saluran itu.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan urutan: ovulasi terjadi lebih dulu; sel telur tidak dibuahi di dalam indung telur.
• B ✗ — Jebakan salah baca gambar: leher rahim (S) tidak menghubungkan indung telur dengan rahim.
• C ✗ — Jebakan: bagian Q benar, tetapi alasannya terbalik. Pembuahan normal terjadi di saluran telur, dan embrio tidak bergerak kembali dari rahim ke saluran telur.
• D ✓ — Sesuai tempat pembuahan, arah gerak embrio, dan akibat penyempitan saluran.
• E ✗ — Embrio tidak tertanam di rahim (R) menurut hasil USG.

Jawaban: D.

No. 22 Kunci: B

Konsep: hipotesis adalah dugaan penjelasan yang dapat diuji. **Prediksi** adalah hal yang seharusnya teramati bila hipotesis itu benar ("jika hipotesis benar, maka ..."). Pasangan yang baik: hipotesisnya menjelaskan pengamatan, dan prediksinya mengikuti hipotesis secara logis serta dapat diukur.

Langkah 1 – Tentukan yang perlu dijelaskan. Mengapa kuntul berkumpul dan mematuk di tanah yang baru dibajak?
Langkah 2 – Uji setiap hipotesis. Apakah ia menjelaskan perilaku itu, bukan sekadar mengulang pengamatan atau menilai manfaat?
Langkah 3 – Uji setiap prediksi. Bila hipotesis benar, apa yang harus terlihat? Bila pembajakan memunculkan hewan kecil, tanah yang baru dibajak harus memuat lebih banyak hewan kecil daripada tanah yang belum dibajak.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan prediksi tidak mengikuti hipotesis: bila kuntul tertarik suara traktor, mestinya kuntul mendekati traktor, bukan petak yang belum dibajak.
• B ✓ — Hipotesisnya menjelaskan perilaku, prediksinya logis dan dapat diukur (misalnya menghitung cacing dan serangga di kedua petak).
• C ✗ — Jebakan: "hipotesis" ini hanya mengulang pengamatan, tidak menjelaskan mengapa.
• D ✗ — Jebakan benar tetapi tidak menjawab: pernyataan tentang manfaat bagi petani tidak menjelaskan mengapa kuntul mengikuti traktor.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• E ✗ — Jebakan hipotesis tepat tetapi prediksi bertentangan: bila hewan kecil muncul karena pembajakan, traktor yang tidak membajak seharusnya tidak diikuti.

Jawaban: B.

No. 23 Kunci: C

Konsep: percobaan yang adil hanya mengubah **variabel bebas** (di sini kadar garam). Semua **variabel kontrol** (suhu, volume agar, jumlah bakteri, lama inkubasi) harus sama. Bila dua faktor berubah bersamaan, pengaruh keduanya bercampur dan penyebab perbedaan hasil tidak dapat dipastikan.

Langkah 1 – Bandingkan kondisi tiap cawan. Agar 20 mL, suspensi 0,1 mL, 48 jam, 3 ulangan → sama. Suhu: cawan 1–3 = 30 °C, cawan 4 = **22 °C** → berbeda.
Langkah 2 – Hubungkan dengan kesimpulan. Kesimpulan murid justru tentang cawan 4. Koloni yang sangat sedikit di cawan 4 dapat disebabkan garam 8 %, suhu yang lebih rendah, atau keduanya.
Langkah 3 – Nilai. Karena suhu tidak dikendalikan, kesimpulan tentang garam 8 % tidak dapat dipastikan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan benar tetapi tidak menjawab: menguji kadar lebih tinggi memperluas percobaan, tetapi tidak membuat perbandingan 0–8 % menjadi tidak adil.
• B ✗ — Jebakan tidak membaca gambar: setiap perlakuan dibuat 3 cawan.
• C ✓ — Satu-satunya variabel kontrol yang tidak sama, dan terjadi tepat pada perlakuan yang disimpulkan.
• D ✗ — Jebakan tidak membaca gambar: semua cawan mendapat 0,1 mL suspensi yang sama.
• E ✗ — Jebakan: cawan tanpa garam adalah pembanding (kontrol), dan data menunjukkan bakteri tetap tumbuh pada garam 0 %.

Jawaban: C.

No. 24 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: mengolah data berarti menghitung dengan benar (misalnya rerata = jumlah semua nilai ÷ banyak data) dan menarik kesimpulan **sebatas data**. Rerata berbeda dengan nilai yang paling sering muncul (modus). Data dari lima orang tidak dapat diberlakukan untuk semua orang, apalagi bila ada data yang tidak mengikuti pola.

Langkah 1 – Hitung perubahan tiap murid. Ayu +12, Bagas +8, Citra +12, Doni −2, Eka +10 → empat naik, satu turun.
Langkah 2 – Hitung rerata. Sebelum: (72 + 80 + 68 + 76 + 74) ÷ 5 = 370 ÷ 5 = 74. Sesudah: (84 + 88 + 80 + 74 + 84) ÷ 5 = 410 ÷ 5 = **82**.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan generalisasi berlebihan: denyut nadi Doni turun, dan lima murid tidak mewakili "setiap orang".
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan tertukar rerata dan modus: 84 memang muncul dua kali (modus), tetapi reratanya 82.
Pernyataan 3 — Benar. Empat dari lima murid naik, satu turun → kesimpulan ini sesuai dan tidak melampaui data.
Cek ulang: 410 − 370 = 40; 40 ÷ 5 = 8 → rerata naik 8 kali per menit, cocok dengan 82 − 74.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

No. 25 Kunci: A

Konsep: kesimpulan harus **sebatas data**. Percobaan di cawan (di luar tubuh) dengan pembanding dan ulangan dapat mendukung kesimpulan "ekstrak kunyit menghambat pertumbuhan *E. coli* di cawan agar". Namun, "minum air kunyit menyembuhkan diare" menyangkut keadaan yang tidak diuji: kunyit yang diminum dicerna dan diencerkan, kadarnya di usus belum tentu sama dengan di cakram, dan diare dapat disebabkan banyak hal selain bakteri itu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 1 – Apa yang benar-benar diuji? Ekstrak kunyit pada cakram, bakteri di cawan agar, dengan pembanding air steril dan 3 ulangan.
Langkah 2 – Apa yang disimpulkan? Minum air kunyit menyembuhkan diare pada manusia.
Langkah 3 – Bandingkan. Bentuk pemberian (diminum), tempat (usus manusia), dan hasil (sembuh dari diare) tidak pernah diuji → kesimpulan melampaui data.

Analisis opsi:
• A ✓ — Menunjukkan jarak antara yang diuji (cawan) dan yang disimpulkan (tubuh manusia).
• B ✗ — Jebakan: data cawan memang kuat, tetapi hanya mendukung hambatan bakteri di cawan, bukan kesembuhan diare.
• C ✗ — Jebakan tidak membaca kasus: ada pembanding berupa cakram air steril.
• D ✗ — Jebakan: zona 11 mm dibandingkan 0 mm pada pembanding sudah menunjukkan hambatan.
• E ✗ — Jebakan: menghambat bakteri penyebab diare di cawan belum berarti menyembuhkan diare bila kunyit diminum.

Jawaban: A.

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: C

Konsep: gajah membutuhkan wilayah jelajah yang luas dan berpindah mengikuti ketersediaan pakan. Bila habitat **terfragmentasi** (terpotong-potong), (1) satu kelompok terjebak di habitat yang terlalu sempit sehingga kekurangan pakan dan masuk ke kebun, dan (2) populasi terbagi menjadi kelompok kecil yang terisolasi sehingga sulit berkembang biak dan keragaman gennya menurun. Upaya pelestarian yang tepat menyasar **penyebab**, bukan hanya gejala.

Langkah 1 – Temukan penyebab bersama. Konflik (gajah masuk kebun) dan kawanan terpecah sama-sama muncul **setelah** jalan tol memotong jalur jelajah.
Langkah 2 – Nilai tiap upaya. Upaya yang menyambungkan kembali jalur jelajah memulihkan akses ke hutan rawa sekaligus menyatukan kelompok. Upaya lain hanya mengatasi salah satu akibat.
Langkah 3 – Pastikan tetap pelestarian di habitat asli (in situ). Perlintasan satwa membuat gajah tetap hidup di habitat alaminya.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: konflik memang berhenti, tetapi gajah kehilangan habitat alaminya. Pelestarian ex situ adalah jalan terakhir, bukan jawaban atas jalur yang terpotong.
• B ✗ — Jebakan gejala: pagar menahan gajah keluar dari hutan sisi barat yang sempit, padahal pakannya tetap kurang dan kawanan tetap terpecah.
• C ✓ — Menyambungkan kembali jalur jelajah: gajah dapat kembali berpindah ke hutan rawa dan kedua kelompok dapat bertemu.
• D ✗ — Jebakan sebagian: hanya menambah jumlah kelompok kecil, tetapi kelompok itu tetap terisolasi dan konflik di sisi barat tidak teratasi.
• E ✗ — Jebakan: menarik gajah ke tepi jalan tol justru menambah bahaya bagi gajah dan pengguna jalan, dan jalur tetap terputus.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: E

Konsep: bakteri penyebab tetanus (*Clostridium tetani*) bersifat **anaerob**: hanya tumbuh bila tidak ada oksigen. Di luar tubuh ia bertahan sebagai **spora** di tanah dan kotoran hewan. Bila spora masuk ke luka yang dalam dan tertutup, oksigen di dasar luka sangat sedikit sehingga spora berubah menjadi bakteri aktif yang menghasilkan racun penyebab otot kejang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 1 – Bandingkan kedua luka. Luka kaki: dalam, sempit, cepat tertutup, benda kotor dari kandang. Luka lengan: dangkal, lebar, terbuka ke udara.
Langkah 2 – Hubungkan dengan sifat bakteri. Bakteri hanya tumbuh tanpa oksigen → dasar luka tusuk yang tertutup cocok baginya, sedangkan luka terbuka banyak terkena udara.
Langkah 3 – Cocokkan dengan tindakan dokter. Membersihkan sampai dasar luka membuang spora dan membuka luka; suntikan mencegah racun bekerja.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan miskonsepsi umum: karat (besi oksida) tidak menyebabkan tetanus; paku berkarat hanya sering kotor dan membuat luka tusuk.
• B ✗ — Jebakan terbalik: udara (oksigen) justru menghambat bakteri anaerob.
• C ✗ — Tidak ada data tentang pembuluh darah; telapak kaki juga dialiri darah dengan baik.
• D ✗ — Jebakan generalisasi: spora ada di tanah dan kotoran, sehingga dapat menempel pada benda apa pun yang kotor.
• E ✓ — Menghubungkan sifat anaerob bakteri dengan keadaan luka tusuk.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: jenis interaksi ditentukan dari **untung-rugi kedua pihak**. Mutualisme: keduanya untung. Komensalisme: satu untung, yang lain tidak untung dan tidak rugi. Parasitisme: satu untung, yang lain dirugikan.

Pernyataan 1 — Benar. Anggrek mendapat tempat menempel yang terang dan air dari hujan/embun, tidak mengambil zat dari pohon; pohon rambutan tetap rimbun (tidak dirugikan) → komensalisme.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan: benalu memang berfotosintesis, tetapi akar isapnya mengambil air dan mineral dari kayu dahan sehingga ranting di ujung dahan mengering. Pohon mangga dirugikan → parasitisme.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan: data menyebutkan ikan badut mengusir ikan pemakan tentakel anemon, jadi anemon juga diuntungkan → mutualisme.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 4 Kunci: B

Konsep: dalam jaring makanan, perubahan pada produsen merambat ke semua tingkat trofik di atasnya, termasuk melalui jalur tidak langsung. Spesies asing **invasif** dapat menyingkirkan produsen asli tanpa menjadi sumber makanan baru.

Langkah 1 – Baca gambar. Rumput dimakan rusa, banteng, babi hutan, merak, dan belalang. Belalang dimakan merak. Ajag memakan rusa, banteng, dan babi hutan. Elang memakan merak. Semak asing tidak terhubung dengan hewan mana pun.
Langkah 2 – Lacak dampak rumput yang mati. Semua herbivora kehilangan makanan → jumlahnya turun.
Langkah 3 – Lacak ke pemangsa. Ketiga mangsa ajag bergantung pada rumput. Mangsa elang (merak) bergantung pada rumput secara langsung dan melalui belalang → ajag dan elang sama-sama kekurangan mangsa.
Cek ulang: "belum ada perubahan" pada pemangsa wajar karena dampak pada pemangsa muncul paling akhir.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan jangka pendek: mangsa yang lemah mungkin mudah diburu sesaat, tetapi jumlah mangsa terus turun sehingga pemangsa akhirnya berkurang.
• B ✓ — Sesuai semua jalur di gambar.
• C ✗ — Jebakan salah baca gambar: babi hutan, merak, dan belalang juga memakan rumput.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• D ✗ — Jebakan jalur tidak langsung: elang memang tidak berbagi mangsa dengan ajag, tetapi mangsanya (merak) bergantung pada rumput.
• E ✗ — Bertentangan dengan data: daun semak itu tidak dimakan hewan mana pun.

Jawaban: B.

No. 5 Kunci: A

Konsep: padang lamun memberi tempat berlindung (daun rapat) dan makanan bagi anak ikan, sehingga sering berfungsi sebagai **tempat asuhan** (pembesaran). Kesimpulan yang baik hanya menyatakan hal yang ditunjukkan data.

Langkah 1 – Baca tabel. Ikan muda: lamun 86 vs pasir 7 (lebih dari 12 kali). Ikan dewasa: 12 vs 10 (hampir sama). Jumlah jenis: 17 vs 5.
Langkah 2 – Cari perbedaan yang mencolok. Perbedaan terbesar ada pada ikan muda → lamun terutama penting bagi anak ikan.
Langkah 3 – Periksa batas data. Tidak ada data oksigen, cara berburu, atau pemangsaan.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai perbedaan terbesar pada data.
• B ✗ — Jebakan salah baca: ikan dewasa di pasir (10) justru sedikit lebih sedikit daripada di lamun (12).
• C ✗ — Jebakan melampaui data: kadar oksigen tidak diukur.
• D ✗ — Jebakan dugaan: tidak ada pengamatan tentang pemangsaan.
• E ✗ — Jebakan sebagian data: hanya melihat ikan dewasa dan mengabaikan ikan muda serta jumlah jenis.

Jawaban: A.

No. 6 Kunci: D

Konsep: setiap enzim memiliki **pH optimum**. **Pepsin**, enzim pencerna protein di lambung, bekerja paling baik pada suasana sangat asam (pH sekitar 2) yang dibuat oleh asam lambung. Bila pH naik, bentuk sisi aktif pepsin kurang sesuai sehingga kerjanya turun dan protein lebih lama tertahan di lambung.

Langkah 1 – Cari pola keluhan. Begah hanya setelah makanan **berprotein** (daging, telur), tidak setelah nasi dan sayur → masalah ada pada pencernaan protein.
Langkah 2 – Cari enzim protein di lambung. Pepsin, yang memerlukan suasana asam.
Langkah 3 – Hubungkan dengan obat. Antasida berlebih → asam lambung dinetralkan → pH naik → pepsin kurang aktif.

Analisis opsi:
• A ✗ — Antasida bekerja menetralkan asam, bukan menggumpalkan protein; dokter pun menyebut masalahnya keasaman yang terlalu rendah.
• B ✗ — Jebakan tertukar enzim: amilase mencerna pati, padahal keluhan muncul setelah makan protein; nasi justru tidak bermasalah.
• C ✗ — Jebakan tertukar tempat: tripsin bekerja di usus halus, bukan di lambung.
• D ✓ — Menghubungkan obat → pH naik → pepsin kurang aktif → protein lambat dicerna.
• E ✗ — Jebakan terbalik: pepsin justru melambat bila pH naik, dan lambung yang cepat kosong tidak menimbulkan rasa penuh.

Jawaban: D.

No. 7 Kunci: B

Konsep: O_2 hanya dipakai di **tahap 4** (transpor elektron) sebagai penerima elektron terakhir. Tanpa O_2, tahap 4 berhenti, NADH tidak dapat melepaskan elektronnya, dan tahap 2–3 di mitokondria ikut berhenti. **Glikolisis (tahap 1)** di sitoplasma tetap berjalan bila piruvat diubah menjadi **asam laktat**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(fermentasi asam laktat), karena perubahan itu membebaskan kembali pembawa elektron yang dibutuhkan glikolisis. Hasilnya hanya 2 ATP per glukosa.

Langkah 1 – Baca gambar. Tahap 1 di sitoplasma (2 ATP). Tahap 2 dan 3 di mitokondria. O_2 masuk hanya di tahap 4. NADH dari tahap 1–3 dibawa ke tahap 4.
Langkah 2 – Terapkan pada kasus. O_2 kurang → tahap 4 terhambat → NADH menumpuk → tahap 2 dan 3 ikut terhenti.
Langkah 3 – Cocokkan dengan bukti. Asam laktat meningkat → piruvat dari tahap 1 diubah menjadi asam laktat → tahap 1 terus menghasilkan sedikit ATP.

Analisis opsi:
• A ✗ — Bertentangan dengan kasus: O_2 tidak mencukupi, sehingga tahap 4 tidak dapat menghasilkan ATP sebanyak biasa.
• B ✓ — Sesuai letak O_2 pada skema dan bukti asam laktat.
• C ✗ — Jebakan "tidak memakai O_2 langsung": tahap 2 dan 3 memerlukan tahap 4 untuk mengosongkan NADH, sehingga ikut berhenti.
• D ✗ — Jebakan salah baca gambar: tahap 3 juga menghasilkan ATP, dan tahap 4 justru tahap yang memerlukan O_2.
• E ✗ — Mitokondria tidak menyimpan cadangan O_2; tahap 3 ikut berhenti bila tahap 4 terhambat.

Jawaban: B.

No. 8 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: sel akar bernapas secara aerob dengan O_2 dari udara di pori-pori tanah. Saat tanah tergenang, pori-pori terisi air sehingga O_2 sangat sedikit. Sel akar terpaksa melakukan **fermentasi alkohol** yang menghasilkan sangat sedikit ATP. Kekurangan ATP dan penumpukan alkohol merusak akar, sehingga penyerapan air dan mineral terganggu dan tanaman layu walaupun air berlimpah.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan miskonsepsi: sel tumbuhan memiliki dinding sel sehingga tidak pecah karena kelebihan air.
• Pernyataan 2 ✓ — Penyebab awal: udara di pori tanah terdesak oleh air.
• Pernyataan 3 ✓ — Bau alkohol pada akar adalah bukti fermentasi; ATP yang dihasilkan jauh lebih sedikit.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan: O_2 dari daun tidak cukup sampai ke akar cabai; bila cukup, akar tidak akan berbau alkohol. Tanaman di bedengan tinggi tetap segar, jadi penyebabnya genangan.
• Pernyataan 5 ✓ — Menjelaskan mengapa tanaman layu walaupun air berlimpah.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 9 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: fotosintesis berlangsung terutama di **daun** (sel berklorofil yang terkena cahaya). Gula hasil fotosintesis diangkut melalui **floem** ke bagian lain, termasuk umbi, lalu disimpan sebagai **pati**.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan: umbi berada di dalam tanah yang gelap dan tidak berklorofil, sehingga tidak berfotosintesis. Pati umbi berasal dari daun.
Pernyataan 2 — Benar. Daun dipetik habis setiap minggu → luas bagian yang menangkap cahaya berkurang → gula yang terbentuk berkurang.
Pernyataan 3 — Benar. Itulah jalur yang menghubungkan daun dengan umbi; karena gula dari daun sedikit, umbi petak A kecil.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 10 Kunci: E

Konsep: golongan darah ABO ditentukan oleh **antigen** pada sel darah merah. Plasma mengandung **antibodi** terhadap antigen yang tidak dimiliki: golongan A (antigen A, anti-B), B (antigen B, anti-A), AB (antigen A dan B, tanpa antibodi), O (tanpa antigen, anti-A dan anti-B). Penggumpalan dengan serum anti-A berarti ada antigen A.

Langkah 1 – Terjemahkan tabel. Rani: antigen A → golongan A. Bima: antigen B → golongan B. Citra: antigen A dan B → golongan AB. Dodi: tanpa antigen → golongan O.
Langkah 2 – Tentukan antibodi plasma. A → anti-B; B → anti-A; AB → tidak ada; O → anti-A dan anti-B.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: orang bergolongan A tidak memiliki anti-A (darahnya sendiri akan menggumpal); plasmanya berisi anti-B.
• B ✗ — Jebakan salah baca kolom: darah Bima menggumpal dengan anti-B, jadi antigennya B.
• C ✗ — Jebakan tertukar: tidak menggumpal sama sekali berarti tidak ada antigen (golongan O).
• D ✗ — Jebakan tertukar AB dengan O: menggumpal dengan kedua serum berarti memiliki kedua antigen.
• E ✓ — Citra bergolongan AB.

Jawaban: E.

No. 11 Kunci: A

Konsep: O_2 diangkut darah terutama dengan diikat **hemoglobin** di dalam sel darah merah. Bila hemoglobin sedikit, setiap liter darah membawa lebih sedikit O_2. Otot kekurangan O_2 sehingga cepat lelah, dan jantung berdenyut lebih cepat agar lebih banyak darah mengalir ke jaringan setiap menit.

Langkah 1 – Cari kelainan utama. Hemoglobin 7 g/dL, jauh di bawah normal; paru-paru sehat.
Langkah 2 – Hubungkan dengan tugas hemoglobin. Hb rendah → O_2 yang diangkut ke jaringan sedikit → otot cepat lelah, terutama saat berjalan menanjak.
Langkah 3 – Jelaskan jantung berdebar. Jantung mengimbangi dengan memompa lebih cepat. Keluhan berkurang setelah transfusi (Hb naik) → mendukung penjelasan ini.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai data Hb, paru-paru sehat, dan perbaikan setelah transfusi.
• B ✗ — Tidak ada data tentang racun atau denyut yang tidak teratur; transfusi tidak membuang zat semacam itu.
• C ✗ — Jebakan tertukar: pembekuan darah adalah tugas keping darah (trombosit), bukan hemoglobin.
• D ✗ — Jebakan tertukar organ: paru-paru sehat dan tetap menghirup udara; yang kurang adalah pengangkut O_2 di darah.
• E ✗ — Tidak ada data sel darah putih; talasemia dalam kasus ini menyangkut sel darah merah.

Jawaban: A.

No. 12 Kunci: C

Konsep: pada model, P = trakea dan bronkus, Q = paru-paru, R = rongga dada, S = diafragma. Saat diafragma (S) turun, volume rongga dada (R) membesar sehingga **tekanannya turun** di bawah tekanan udara luar. Udara luar lalu masuk melalui P dan mengembangkan paru-paru (Q). Syaratnya, rongga dada harus **tertutup rapat**.

Langkah 1 – Kenali bagian. Lembaran karet di dasar yang dapat ditarik-dorong = diafragma (S). Balon = paru-paru (Q). Ruang botol di sekitar balon = rongga dada (R).
Langkah 2 – Jelaskan model 1 dan 2. Karet ditarik → volume R membesar → tekanan R turun → udara masuk ke balon. Karet didorong → tekanan R naik → udara keluar dari balon.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 3 – Jelaskan model 3. Ada lubang → saat karet ditarik, udara luar langsung masuk ke R lewat lubang → tekanan R tetap sama dengan udara luar → tidak ada dorongan udara masuk ke balon.
Cek ulang: keadaan ini mirip dinding dada yang tertusuk sehingga paru-paru tidak dapat mengembang.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah bagian: lubang ada di dinding botol, bukan di balon; balon (Q) mewakili paru-paru.
• B ✗ — Jebakan tertukar: R adalah rongga dada, bukan paru-paru.
• C ✓ — Bagian dan penjelasan tekanan sama-sama tepat.
• D ✗ — Jebakan terbalik: menarik karet memperbesar volume R sehingga tekanan turun, bukan naik.
• E ✗ — P mewakili saluran napas (trakea), dan lubang tidak menghalangi udara masuk melalui P.

Jawaban: C.

No. 13 Kunci: D

Konsep: zat warna empedu (bilirubin) dihasilkan dari pemecahan hemoglobin sel darah merah tua, diolah di **hati**, lalu dikeluarkan bersama **empedu** ke usus dan memberi warna cokelat pada feses. Bila hati meradang, zat warna itu tidak tersalurkan ke usus. Zat warna menumpuk di darah sehingga kulit dan mata kuning; sebagian yang larut air dibuang ginjal sehingga urine berwarna gelap.

Langkah 1 – Gunakan feses sebagai petunjuk kunci. Feses pucat → zat warna empedu **tidak sampai** ke usus.
Langkah 2 – Ke mana zat warna itu? Tertahan di darah → kulit dan mata kuning.
Langkah 3 – Jelaskan urine. Ginjal normal menyaring sebagian zat warna dari darah → urine cokelat seperti teh.
Cek ulang: satu penyebab (hati gagal menyalurkan) menjelaskan ketiga gejala sekaligus.

Analisis opsi:
• A ✗ — Bertentangan dengan data: ginjal berfungsi normal; urine gelap berasal dari zat warna empedu, bukan darah.
• B ✗ — Jebakan terbalik: bila empedu berlebih masuk ke usus, feses justru lebih gelap, bukan pucat.
• C ✗ — Jebakan: pemecahan sel darah merah berlebihan memang dapat membuat kulit kuning, tetapi zat warna yang banyak masuk ke usus membuat feses gelap, tidak pucat.
• D ✓ — Satu-satunya penjelasan yang cocok dengan kulit kuning, urine gelap, dan feses pucat sekaligus.
• E ✗ — Jebakan sebagian: kurang minum membuat urine pekat, tetapi tidak menjelaskan kulit kuning dan feses pucat.

Jawaban: D.

No. 14 Kunci: A

Konsep: gerak sadar diperintahkan **otak besar**. Jalur saraf gerak dari otak besar **menyilang** ke sisi tubuh yang berlawanan sebelum turun di sumsum tulang belakang, sehingga belahan kiri mengendalikan sisi kanan tubuh. **Gerak refleks** seperti refleks lutut melewati lengkung refleks: reseptor → neuron sensorik → **sumsum tulang belakang** → neuron motorik → otot, tanpa harus diolah otak.

Langkah 1 – Kaitkan letak kerusakan dengan sisi yang lumpuh. Otak besar kiri rusak → sisi kanan lumpuh → jalur menyilang.
Langkah 2 – Jelaskan refleks yang masih ada. Sumsum tulang belakang, neuron sensorik, dan neuron motorik tungkai kanan utuh → lengkung refleks lutut masih lengkap.
Cek ulang: kesulitan berbicara juga cocok dengan kerusakan otak besar kiri, tempat pusat bicara pada kebanyakan orang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✓ — Menjelaskan sisi yang lumpuh dan refleks yang tetap ada.
• B ✗ — Jebakan tertukar bagian otak: kerusakan ada di otak besar, bukan otak kecil; refleks lutut tidak memerlukan otak besar.
• C ✗ — Data menyebutkan sumsum tulang belakang tidak cedera; darah tidak "mengalir" dari sumbatan ke sumsum tulang belakang.
• D ✗ — Jebakan: bila neuron motorik tungkai kanan rusak, refleks lutut justru hilang; refleks juga tidak dikendalikan otak besar.
• E ✗ — Jebakan tertukar neuron: kelumpuhan adalah gangguan jalur gerak (motorik), dan refleks lutut tidak dikendalikan otak besar.

Jawaban: A.

No. 15 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: rasa (sentuh, panas, nyeri) muncul bila impuls dari **reseptor** di kulit dihantarkan **neuron sensorik** (bagian saraf tepi) ke sumsum tulang belakang dan otak. Bila neuron sensorik rusak, impuls tidak sampai sehingga bagian itu mati rasa walaupun otaknya sehat.

Pernyataan 1 — Benar. Saraf tepi di tangan rusak → impuls dari reseptor panas tidak dihantarkan → panas tidak terasa.
Pernyataan 2 — Benar. Gerak menarik tangan dari benda panas berawal dari impuls sensorik. Tanpa rasa panas, tangan tetap memegang panci sehingga luka bertambah parah.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan: dokter menyebutkan saraf tepi yang rusak. Wajah dan kaki masih dapat merasakan sentuhan, sehingga bagian otak pengolah rasa sentuh tetap berfungsi.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 16 Kunci: C

Konsep: insulin menurunkan kadar glukosa darah dengan memasukkan glukosa ke sel dan menyimpannya sebagai glikogen di hati dan otot. Pada orang sehat, sekresi insulin menyesuaikan asupan makanan. Insulin suntik tetap bekerja walaupun penggunanya tidak makan, sehingga glukosa darah dapat turun terlalu rendah. Otak sangat bergantung pada glukosa, sehingga muncul gemetar, lemas, keringat dingin, dan sulit berkonsentrasi.

Langkah 1 – Urutkan kejadian. Insulin disuntik → tidak ada makanan masuk → keluhan muncul → membaik setelah minum gula.
Langkah 2 – Tafsirkan perbaikan. Membaik setelah teh manis → masalahnya gula darah **terlalu rendah**, bukan terlalu tinggi.
Langkah 3 – Cari penyebab. Insulin tetap menurunkan glukosa darah tanpa pasokan dari makanan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan terbalik: bila gula darah tinggi, teh manis justru memperburuk keadaan; perut kosong tidak merusak insulin suntik.
• B ✗ — Jebakan tertukar hormon: glukagon menaikkan gula darah, dan teh manis tidak bekerja dengan memicu glukagon.
• C ✓ — Sesuai urutan kejadian dan perbaikan setelah minum gula.
• D ✗ — Dosisnya dosis biasa; bila insulin kurang, gula darah justru tinggi.
• E ✗ — Insulin tidak menghambat penyerapan glukosa di usus; saat itu pun tidak ada makanan di usus.

Jawaban: C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 17 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: tiroksin dari kelenjar tiroid mengatur laju metabolisme sel. Bila berlebihan (hipertiroid), sel membakar zat makanan lebih cepat: cadangan makanan cepat habis, panas tubuh bertambah, dan kebutuhan O_2 jaringan meningkat sehingga jantung bekerja lebih cepat.

Analisis pernyataan:

• Pernyataan 1 ✓ — Menjelaskan berat badan turun walaupun makan lebih banyak.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan: kasus menyebutkan nafsu makan meningkat; berat badan turun karena pemakaian zat makanan yang cepat, bukan penyerapan yang dihambat.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan letak: kelenjar tiroid berada di leher, jauh dari pusat pengatur suhu di otak (hipotalamus); rasa panas berasal dari metabolisme yang cepat.
• Pernyataan 4 ✓ — Panas tambahan dibuang lewat keringat.
• Pernyataan 5 ✓ — Sel yang bermetabolisme cepat memerlukan lebih banyak O_2 dan zat makanan, sehingga jantung berdebar.

Jawaban: pernyataan 1, 4, dan 5.

No. 18 Kunci: B

Konsep: kekebalan pasif diperoleh bila antibodi berasal dari luar tubuh (misalnya dari ASI); antibodi itu langsung bekerja, tetapi lama-kelamaan terurai dan tidak meninggalkan sel memori. **Kekebalan aktif** terbentuk bila tubuh sendiri membuat antibodi dan **sel memori** setelah bertemu antigen, misalnya dari vaksin (kekebalan aktif buatan).

Langkah 1 – Golongkan perlindungan dari ASI. Antibodi dibuat tubuh ibu lalu diterima bayi → pasif alami → cepat, tetapi sementara.
Langkah 2 – Golongkan imunisasi. Vaksin berisi virus yang dilemahkan → tubuh bayi membentuk antibodi dan sel memori sendiri → aktif buatan, tahan lama.
Langkah 3 – Simpulkan. Kedua perlindungan saling melengkapi; ASI tidak menggantikan imunisasi.

Analisis opsi:

• A ✗ — Jebakan tertukar: antibodi dari ASI bukan buatan tubuh bayi, jadi kekebalannya pasif.
• B ✓ — Membedakan sifat kedua perlindungan dengan tepat.
• C ✗ — Jebakan: antibodi siap pakai tidak membuat bayi membentuk sel memori, dan rotavirus adalah virus, bukan bakteri.
• D ✗ — Jebakan tertukar: vaksin berisi antigen (virus yang dilemahkan), bukan antibodi siap pakai.
• E ✗ — Bertentangan dengan data: bayi yang mendapat ASI lebih jarang diare, jadi antibodinya memberi perlindungan.

Jawaban: B.

No. 19 Kunci: E

Konsep: pada pertemuan **pertama** dengan antigen (respons primer), IgM muncul lebih dulu, lalu IgG menyusul dalam jumlah sedang. Bila tubuh sudah pernah bertemu antigen itu (karena imunisasi atau infeksi dahulu), **sel memori** segera membentuk IgG dalam jumlah besar (respons sekunder) sehingga penyakit biasanya tidak muncul.

Langkah 1 – Baca data Raka. IgM negatif → positif tinggi (6,8); IgG negatif pada hari ke-3 → baru positif pada hari ke-14 → pola respons primer → infeksi pertama, dan ia sakit.
Langkah 2 – Baca data Sinta. IgG sudah positif (4,5) sejak hari ke-3 dan melonjak ke 18,7; IgM tetap negatif → pola respons sekunder → sudah memiliki sel memori, dan ia tetap sehat.
Cek ulang: antibodi dari ibu hanya bertahan beberapa bulan setelah lahir, sehingga tidak dapat menjelaskan IgG seorang murid SMA yang justru meningkat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: antibodi tinggi menandakan perlawanan yang kuat, bukan penyakit yang berat; Sinta tetap sehat.
• B ✗ — Jebakan: IgM yang naik menandakan pertemuan pertama dengan virus; Raka justru jatuh sakit.
• C ✗ — Kekebalan dari ibu sudah lama hilang pada remaja, dan IgG Sinta meningkat (dibuat tubuhnya sendiri).
• D ✗ — Jebakan salah baca pola: IgG yang muncul belakangan setelah IgM adalah ciri respons primer, bukan bukti paparan sebelumnya.
• E ✓ — Sesuai pola respons sekunder.

Jawaban: E.

No. 20 Kunci: D

Konsep: setelah ovulasi, sisa folikel berubah menjadi **korpus luteum** yang menghasilkan **progesteron**. Progesteron mempertahankan dinding rahim yang tebal dan kaya pembuluh darah agar embrio dapat tertanam dan tumbuh. Pada awal kehamilan, korpus luteum terus menghasilkan progesteron sampai plasenta mengambil alih tugas itu (sekitar akhir trimester pertama). Bila progesteron kurang, dinding rahim luruh dan embrio ikut keluar.

Langkah 1 – Kenali bagian. K = folikel kecil, L = folikel matang, M = folikel pecah saat ovulasi (sel telur keluar), N = korpus luteum (terbentuk setelah M), O = sisa korpus luteum yang tidak aktif lagi.
Langkah 2 – Cocokkan dengan petunjuk dokter. "Terbentuk dari sisa folikel setelah sel telur dilepaskan" → N.
Langkah 3 – Hubungkan dengan keguguran. Progesteron rendah → dinding rahim tidak bertahan → keguguran pada minggu-minggu awal, sebelum plasenta mengambil alih.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tertukar hormon dan bagian: L adalah folikel sebelum ovulasi; yang mempertahankan dinding rahim adalah progesteron.
• B ✗ — Jebakan fungsi terbalik: progesteron yang tinggi justru menekan ovulasi berikutnya.
• C ✗ — O adalah sisa yang tidak aktif; selama kehamilan lanjut progesteron dihasilkan plasenta.
• D ✓ — Bagian dan fungsi hormon sesuai kasus.
• E ✗ — Ovulasi Bu Fitri teratur dan kehamilan terjadi, jadi masalahnya bukan pada pembentukan sel telur.

Jawaban: D.

No. 21 Kunci: A

Konsep: organ-organ utama janin (mata, telinga, jantung, dan lain-lain) dibentuk terutama pada **trimester pertama**. Gangguan pada masa pembentukan organ dapat membuat organ terbentuk tidak sempurna (cacat bawaan). Pada trimester ketiga, organ sudah terbentuk dan janin terutama bertambah besar, sehingga gangguan yang sama lebih jarang menimbulkan cacat bentuk.

Langkah 1 – Bandingkan kedua kasus. Virus sama, gejala ibu sama ringan, keduanya dapat melewati plasenta. Yang berbeda hanya **usia kehamilan** (8 minggu vs 32 minggu).
Langkah 2 – Hubungkan dengan tahap perkembangan janin. 8 minggu = masa pembentukan organ; 32 minggu = organ sudah terbentuk.
Langkah 3 – Cocokkan dengan jenis cacat. Katarak, tuli, kelainan jantung = organ yang terbentuk tidak sempurna.

Analisis opsi:
• A ✓ — Satu-satunya perbedaan yang tersisa (usia kehamilan) dijelaskan dengan tahap pembentukan organ.
• B ✗ — Bertentangan dengan keterangan dokter bahwa virus dapat melewati plasenta pada kedua ibu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• C ✗ — Jebakan: kekebalan janin pada usia 8 minggu belum berkembang; kerusakan disebabkan gangguan pembentukan organ.
• D ✗ — Bertentangan dengan keterangan dokter; plasenta tidak menjadi penghalang mutlak.
• E ✗ — Kedua ibu sama-sama demam ringan; organ janin 8 minggu justru belum jadi.

Jawaban: A.

No. 22 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: pertanyaan penyelidikan menanyakan pengaruh **variabel bebas** (yang sengaja dibuat berbeda) terhadap **variabel terikat** (yang diukur). Variabel lain dibuat sama (variabel kontrol). Hipotesis yang dapat diuji adalah dugaan tentang hubungan kedua variabel itu yang dapat dibuktikan dengan data rancangan.

Langkah 1 – Kenali variabel. Berbeda: jenis air siraman (variabel bebas). Diukur: tinggi tanaman (variabel terikat). Sama: bibit, tanah, volume 200 mL, waktu siram, tempat (variabel kontrol).
Pernyataan 1 — Salah. Jebakan: volume air sama (200 mL) di semua pot, jadi volume adalah variabel kontrol, bukan yang diselidiki.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan tertukar istilah: variabel bebasnya adalah **jenis air**; air sumur hanyalah salah satu perlakuan yang berperan sebagai pembanding (kontrol), dan peran itu tidak ditentukan oleh hasilnya.
Pernyataan 3 — Benar. Hipotesis membandingkan dua jenis air (variabel bebas) terhadap tinggi tanaman (variabel terikat), keduanya ada dalam rancangan.
Cek ulang: dengan hanya satu tanaman per pot, hasilnya belum kuat; tetapi hipotesis itu tetap **dapat diuji** dengan rancangan ini.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

No. 23 Kunci: C

Konsep: penyelidikan yang baik memerlukan **kelompok kontrol**. **Kontrol negatif** sama persis dengan perlakuan kecuali bahan yang diuji (di sini: lotion dasar tanpa ekstrak), untuk memastikan pengaruh berasal dari ekstrak, bukan dari lotion dasarnya. **Kontrol positif** memakai bahan yang sudah diketahui bekerja (lotion pabrik), sebagai pembanding seberapa baik ekstrak bekerja. Variabel lain, seperti relawan dan kotak nyamuk, dibuat sama.

Langkah 1 – Tentukan dua pertanyaan. (a) Apakah ekstrak mengurangi gigitan? → perlu kontrol negatif. (b) Seberapa baik dibanding produk pabrik? → perlu kontrol positif.
Langkah 2 – Pilih kontrol negatif yang tepat. Guru menyebut lotion dasar sendiri mungkin menghalangi nyamuk → kontrol negatif harus **lotion dasar tanpa ekstrak**, bukan lengan tanpa olesan.
Langkah 3 – Samakan variabel lain. Relawan dan kotak nyamuk yang sama untuk semua kelompok.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan variabel kontrol: relawan dan kotak berbeda sehingga perbedaan gigitan dapat disebabkan relawan atau nyamuknya.
• B ✗ — Hanya membandingkan kadar ekstrak; tanpa kontrol negatif dan positif, kedua pertanyaan tidak terjawab.
• C ✓ — Memuat kontrol negatif yang tepat (lotion dasar) dan kontrol positif (lotion pabrik), dengan relawan yang sama.
• D ✗ — Tanpa kontrol negatif, tidak dapat diketahui apakah ekstrak berpengaruh atau hanya lotionnya.
• E ✗ — Jebakan paling menggoda: lengan tanpa olesan tidak dapat memisahkan pengaruh ekstrak dari pengaruh lotion dasar yang kental.

Jawaban: C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 24 Kunci: B

Konsep: bila jumlah sampel tiap kelompok berbeda, hasil harus dibandingkan dalam bentuk **persentase**, bukan jumlah mentah. Pembandingan pengaruh suatu faktor hanya sah antara dua kelompok yang **berbeda satu perlakuan saja**.

Langkah 1 – Hitung persentase. Cawan 1: 34/40 = 85 %. Cawan 2: 23/25 = 92 %. Cawan 3: 3/30 = 10 %. Cawan 4: 0/20 = 0 %.
Langkah 2 – Bandingkan cawan yang berbeda satu perlakuan. 1 vs 2 (hanya cahaya): 85 % vs 92 % → cahaya tidak diperlukan. 2 vs 3 (hanya suhu): 92 % vs 10 % → suhu rendah sangat menghambat. 1 vs 4 (hanya air): 85 % vs 0 % → air diperlukan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan jumlah mentah: 34 memang terbanyak, tetapi biji di cawan 1 juga paling banyak; persentasenya (85 %) lebih rendah daripada cawan 2.
• B ✓ — 92 % > 85 % walaupun 23 < 34.
• C ✗ — Jebakan salah bandingkan: cawan 2 yang gelap justru persentasenya tertinggi; cawan 3 rendah karena suhunya.
• D ✗ — Jebakan generalisasi: 10 % biji tetap berkecambah, jadi suhu rendah sangat menghambat tetapi tidak menghentikan sepenuhnya.
• E ✗ — Cawan 3 dan 4 berbeda dalam cahaya, suhu, dan air sekaligus, sehingga pengaruh suhu tidak dapat dipisahkan.

Jawaban: B.

No. 25 Kunci: B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: percobaan pembanding yang adil hanya mengubah **satu variabel** (di sini jenis masker), sedangkan variabel lain (hari dan cuaca, pemakai, aktivitas) dibuat sama. Kesimpulan juga tidak boleh melampaui apa yang diukur.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: lama pemakaian dan rute memang sama, tetapi hari, cuaca, dan pemakainya berbeda.
• Pernyataan 2 ✓ — Hujan membersihkan debu dari udara, sehingga tisu masker medis bisa bersih karena debunya memang sedikit.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan: perbedaan yang jelas tidak berarti adil; penyebabnya bisa variabel lain, dan percobaan hanya dilakukan sekali.
• Pernyataan 4 ✓ — Pemakai yang berbeda adalah variabel yang tidak dikendalikan.
• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan melampaui data: yang diamati debu, bukan virus; kata "pasti" juga tidak didukung satu kali percobaan.

Jawaban: pernyataan 2 dan 4.

Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: keanekaragaman hayati dibedakan menjadi tiga tingkat: **gen** (variasi di dalam satu jenis), **spesies** (banyaknya jenis), dan **ekosistem** (ragam tempat hidup beserta komunitasnya). Terumbu karang adalah ekosistem yang dibangun oleh karang hidup; banyak jenis ikan bergantung pada celah dan rongga karang untuk makan, berlindung, dan bertelur. Bila karangnya hancur, tempat hidup itu hilang sehingga jenis-jenis ikan ikut hilang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan tertukar tingkat dan kata "hanya": data menunjukkan jumlah **jenis** berkurang (tingkat spesies) dan terumbu berubah menjadi hamparan pecahan (tingkat ekosistem).
• Pernyataan 2 ✓ — Jumlah jenis yang turun dari 64 menjadi 19 adalah penurunan keanekaragaman tingkat spesies.
• Pernyataan 3 ✗ — Jebakan: karang tumbuh sangat lambat, apalagi bila pecahan karangnya sudah tertutup alga; lebih dari setahun kemudian lokasi itu belum pulih.
• Pernyataan 4 ✓ — Ekosistem terumbu karang berganti menjadi hamparan pecahan beralga yang dihuni sedikit jenis → keragaman ekosistem berkurang.
• Pernyataan 5 ✗ — Jebakan tidak menyasar penyebab: ikan karang membutuhkan karang sebagai tempat hidup. Tanpa karang, ikan yang ditebar tidak dapat bertahan; yang perlu dilakukan adalah menghentikan bom dan potas serta memulihkan karang.

Jawaban: pernyataan 2 dan 4.

No. 2 Kunci: D

Konsep: pohon kekerabatan (kladogram) menunjukkan **leluhur bersama**. Dua tumbuhan berkerabat makin dekat bila titik percabangan yang menyatukan keduanya makin dekat ke ujung cabang. Kemiripan bentuk tidak selalu berarti kerabat dekat: tumbuhan dari kelompok berbeda yang hidup di lingkungan serupa (sangat kering) dapat mengembangkan bentuk serupa secara terpisah, misalnya batang tebal penyimpan air dan daun yang berubah menjadi duri untuk mengurangi penguapan.

Langkah 1 – Baca percabangan. Kaktus pilar dan buah naga bergabung pada satu titik (kelompok kaktus). Euforbia segitiga bergabung dengan kelompok singkong–karet, lalu kelompok ini baru bertemu kelompok kaktus di pangkal pohon.
Langkah 2 – Bandingkan. Euforbia segitiga dengan singkong: titik percabangan bersamanya lebih dekat ke ujung daripada euforbia dengan kaktus pilar → euforbia lebih dekat dengan singkong.
Langkah 3 – Hubungkan dengan pengamatan. Getah putih dimiliki euforbia, singkong, dan karet → sesuai dengan kelompok DNA-nya. Batang tebal berduri ada pada kaktus dan euforbia yang terletak di dua kelompok berbeda → ciri itu muncul terpisah sebagai penyesuaian terhadap lingkungan kering.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan kemiripan bentuk: bentuk batang sama, tetapi pohon DNA menempatkan keduanya di kelompok berbeda.
• B ✗ — Jebakan: tempat tumbuh yang sama bukan dasar kekerabatan; di pohon, kaktus pilar lebih dekat dengan buah naga daripada dengan euforbia.
• C ✗ — Jebakan salah baca pohon: semua tumbuhan di ujung cabang adalah jenis yang hidup sekarang; tidak ada yang menjadi leluhur jenis lain. Letak atas-bawah di gambar tidak bermakna.
• D ✓ — Sesuai percabangan pohon dan menjelaskan mengapa kemiripan batang tidak menunjukkan kekerabatan dekat.
• E ✗ — Jebakan kemiripan bentuk lagi: buah naga termasuk kelompok kaktus, bukan kelompok euforbia.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: B

Konsep: nata de coco dibentuk oleh bakteri (*Acetobacter xylinum*) yang memakai gula dalam air kelapa untuk membentuk **serat selulosa** di luar selnya. Bakteri ini bersifat **aerob**: ia memerlukan oksigen untuk respirasi dan pertumbuhan. Itulah sebabnya lapisan nata terbentuk di **permukaan** cairan, tempat oksigen dari udara tersedia. Cuka dipakai untuk membuat suasana asam yang cocok bagi bakteri ini dan menghambat mikroba lain.

Langkah 1 – Bandingkan dua wadah. Bahan, biang, dan lama penyimpanan sama; yang berbeda hanya tutupnya: koran berpori (udara masuk) vs plastik kedap udara.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 2 – Hubungkan dengan kebutuhan bakteri. Tanpa udara masuk, oksigen di wadah cepat habis → bakteri aerob tidak dapat tumbuh dengan baik → selulosa yang dibentuk sedikit → lapisan tipis.

Analisis opsi:

• A ✗ — Jebakan: gula tidak menguap; wadah tertutup rapat justru mengurangi penguapan air.
• B ✓ — Satu-satunya perbedaan adalah masuknya udara, dan bakteri nata memerlukan oksigen.
• C ✗ — Jebakan tertukar mikroba: nata dibentuk oleh bakteri dari biang yang sudah dimasukkan, bukan oleh jamur dari udara.
• D ✗ — Jebakan: cuka juga diberikan pada wadah yang berhasil; tutup rapat tidak membuat cuka lebih asam.
• E ✗ — Jebakan konsep: bakteri nata tidak berfotosintesis; wadah yang berhasil pun tertutup koran sehingga gelap.

Jawaban: B.

No. 4 Kunci: E

Konsep: suksesi primer terjadi di tempat yang semula tidak memiliki tanah dan kehidupan (batuan beku, endapan lahar). Organisme perintis seperti **lumut kerak (liken)** melapukkan batuan dengan zat asam yang dihasilkannya; sisa tubuhnya yang mati bercampur dengan hancuran batuan menjadi tanah tipis. Baru setelah itu lumut, rumput, semak, dan pohon dapat tumbuh. **Suksesi sekunder** terjadi di tempat yang komunitasnya rusak, tetapi **tanahnya masih ada** (bekas kebakaran, ladang yang ditinggalkan), sehingga pemulihannya jauh lebih cepat.

Langkah 1 – Kenali keadaan awal. Lereng lahar: tanah hilang, hanya batuan → suksesi primer. Lereng terbakar: tanah tetap ada → suksesi sekunder.
Langkah 2 – Cari penyebab lambatnya lereng lahar. Urutan liken → lumut → rumput → pohon menunjukkan tanah harus dibentuk dahulu oleh perintis.

Analisis opsi:

• A ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: lumut kerak justru membentuk tanah dan menambah bahan organik, bukan menghabiskan unsur hara.
• B ✗ — Jebakan tertukar jenis suksesi: lereng terbakar yang tanahnya tetap ada mengalami suksesi sekunder.
• C ✗ — Jebakan: lereng lahar tidak memiliki tanah sehingga suksesinya primer; tidak ada data bahwa batuannya masih panas puluhan tahun.
• D ✗ — Jebakan: biji tetap dapat terbawa angin atau hewan; masalahnya belum ada tanah tempat biji berkecambah dan tumbuh.
• E ✓ — Sesuai keadaan awal (tanpa tanah) dan urutan organisme perintis.

Jawaban: E.

No. 5 Kunci: C

Konsep: populasi tanpa pemangsa dan dengan makanan melimpah tumbuh makin cepat. Namun, lingkungan memiliki **daya dukung**, yaitu jumlah individu maksimum yang dapat didukung sumber dayanya secara berkelanjutan. Bila populasi melampaui daya dukung, sumber daya (rumput) rusak atau habis, lalu banyak individu mati atau gagal berkembang biak sehingga populasi turun tajam.

Langkah 1 – Baca tren. Rusa: 12 → 81 (tahun 0–4), lalu 46 → 30. Rumput: 95 % → 38 % (tahun 4) → 22 % → 25 %.
Langkah 2 – Tentukan urutan kejadian. Rumput sudah turun tajam pada tahun 3–4 **saat rusa terus bertambah**; penurunan rusa baru terjadi sesudahnya. Jadi rumput berkurang karena dimakan populasi rusa yang membesar.
Langkah 3 – Simpulkan. Rusa melampaui daya dukung → makanan habis → banyak rusa mati → populasi turun.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Cek ulang: tidak ada pemangsa dan tidak ada rusa yang keluar pulau, jadi penurunan tidak dapat dijelaskan oleh pemangsaan atau perpindahan.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan menambah informasi: kasus menyatakan pulau itu tidak memiliki pemangsa rusa.
• B ✗ — Jebakan sebab lain yang tidak didukung data: tidak ada data cuaca, dan penurunan rumput sejalan dengan naiknya jumlah rusa.
• C ✓ — Sesuai urutan data: rusa naik → rumput turun → rusa turun.
• D ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: rumput sudah turun pada tahun 3–4, sebelum jumlah rusa turun.
• E ✗ — Jebakan salah baca data: dari tahun ke-5 ke tahun ke-6 rusa masih turun (46 → 30), jadi belum stabil.

Jawaban: C.

No. 6 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: enzim adalah protein yang bekerja paling baik pada **suhu optimum** (enzim tubuh manusia sekitar 37 °C). Di bawah suhu optimum, molekul bergerak lebih lambat sehingga reaksi melambat, tetapi bentuk enzim tidak rusak; bila suhu dinaikkan kembali, enzim bekerja normal lagi. Di atas suhu optimum, ikatan yang menjaga bentuk enzim terganggu sehingga bentuk **sisi aktif** berubah (**denaturasi**); substrat tidak lagi cocok dan kerja enzim turun tajam, dan kerusakan ini umumnya tidak pulih.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan: kenaikan suhu memang mempercepat gerak molekul, tetapi hanya sampai suhu optimum. Kasus menyatakan pada suhu di atas sekitar 41 °C enzim berubah bentuk sehingga tidak dapat bekerja, jadi 41,8 °C bukan suhu kerja tercepat.
Pernyataan 2 — Benar. Perubahan bentuk enzim pada suhu tinggi mengubah sisi aktif sehingga substrat tidak lagi cocok.
Pernyataan 3 — Benar. Pada 30 °C enzim bekerja lebih lambat (kebutuhan oksigen sel turun), tetapi tidak rusak; kasus menyebut suhu dinaikkan kembali tanpa merusak sel.
Cek ulang: perbedaan dingin dan panas: dingin → lambat tetapi pulih; terlalu panas → bentuk berubah.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 7 Kunci: A

Konsep: respirasi seluler tidak hanya memakai glukosa. **Lemak** diuraikan menjadi gliserol dan **asam lemak**. Asam lemak dipecah menjadi potongan dua karbon yang menjadi **asetil KoA**, lalu masuk **siklus Krebs** di mitokondria. Elektron dan hidrogen yang dilepaskan dibawa ke **transpor elektron** yang memakai O_2 dan menghasilkan banyak ATP. **Protein** diuraikan menjadi asam amino yang juga dapat masuk ke jalur respirasi setelah gugus nitrogennya dilepas.

Langkah 1 – Cari bahan bakar. Glikogen habis dalam 1–2 hari → hari berikutnya bahan bakar utama adalah lemak (berat badan turun) dan sebagian protein otot (otot mengecil).
Langkah 2 – Telusuri jalur lemak. Asam lemak → asetil KoA → siklus Krebs → transpor elektron → ATP. Jalur ini aerob; Dimas tetap bernapas normal.

Analisis opsi:
• A ✓ — Urutan jalur asam lemak menuju respirasi aerob benar.
• B ✗ — Jebakan: asam lemak tidak dapat diubah seluruhnya menjadi glukosa; lagi pula fermentasi hanya menghasilkan sedikit ATP dan tidak dibutuhkan karena oksigen cukup.
• C ✗ — Jebakan: protein tidak menjadi ATP secara langsung; asam aminonya harus masuk jalur respirasi lebih dulu.
• D ✗ — Jebakan tertukar titik masuk: asam lemak masuk lewat asetil KoA ke siklus Krebs di mitokondria, bukan ke glikolisis, dan ATP terbanyak berasal dari transpor elektron.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• E ✗ — Jebakan: penguraian asam lemak justru memerlukan oksigen pada tahap akhirnya (transpor elektron).

Jawaban: A.

No. 8 Kunci: D

Konsep: dalam respirasi, glukosa diuraikan bertahap oleh **enzim** di dalam sel hidup. Pada penguraian itu dilepaskan **hidrogen (dan elektron)** yang biasanya diterima zat pembawa di dalam sel. Biru metilena dapat ikut menerima hidrogen itu sehingga berubah menjadi tidak berwarna. Jadi hilangnya warna biru menandakan adanya penguraian zat makanan oleh sel yang hidup. Merebus ragi membunuh sel dan merusak enzimnya.

Langkah 1 – Bandingkan tabung. Tabung 1 (ragi hidup) → tidak berwarna. Tabung 2 (ragi direbus) → tetap biru. Tabung 3 (tanpa ragi) → tetap biru.
Langkah 2 – Tafsirkan kontrol. Tabung 3 menunjukkan gula saja tidak memudarkan warna. Tabung 2 menunjukkan keberadaan sel ragi saja (yang sudah mati) juga tidak memudarkan warna.
Langkah 3 – Simpulkan. Warna pudar hanya bila ada sel ragi hidup yang enzimnya menguraikan gula dan melepaskan hidrogen.
Cek ulang: lapisan minyak mencegah oksigen udara masuk sehingga warna yang sudah pudar tidak kembali biru.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan mengabaikan kontrol: tabung 3 juga berisi gula dan bersuhu 35 °C, tetapi tetap biru.
• B ✗ — Jebakan: tabung 2 juga berisi sel ragi, tetapi tetap biru; perubahan warna bukan karena zat warna terserap ke dalam sel.
• C ✗ — Jebakan: perebusan membunuh sel ragi dan merusak enzimnya; suhu 35 °C justru cocok bagi ragi hidup.
• D ✓ — Sesuai perbandingan ketiga tabung dan sifat biru metilena.
• E ✗ — Jebakan sebab terbalik: oksigen justru mengembalikan warna biru; ragi juga tidak menghasilkan oksigen.

Jawaban: D.

No. 9 Kunci: E

Konsep: reaksi terang di membran tilakoid memakai cahaya dan memecah air (H_2O), menghasilkan **O_2** yang dilepas serta **ATP dan NADPH** yang dikirim ke **siklus Calvin**. Siklus Calvin di stroma memakai ATP dan NADPH untuk mengikat **CO_2** menjadi **gula**, lalu mengembalikan ADP dan $NADP^+$ ke reaksi terang. Kedua tahap saling bergantung: reaksi terang hanya dapat terus berjalan bila ADP dan $NADP^+$ dikembalikan dari siklus Calvin.

Langkah 1 – Kenali label. X keluar dari reaksi terang lewat stomata → O_2. W dikirim ke siklus Calvin dan kembali sebagai ADP, $NADP^+$ → ATP dan NADPH. Y masuk dari udara ke siklus Calvin → CO_2. Z hasil siklus Calvin → gula.
Langkah 2 – Terapkan perlakuan. Udara tanpa CO_2 → Y tidak tersedia → siklus Calvin terhenti → Z tidak terbentuk dan W tidak terpakai sehingga menumpuk.
Langkah 3 – Lacak dampak ke reaksi terang. ADP dan $NADP^+$ tidak dikembalikan → reaksi terang kekurangan "wadah" penampung energi → melambat walaupun cahaya tetap terang → O_2 (X) yang dilepas berkurang.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tertukar bahan: air dipecah oleh energi cahaya, bukan oleh CO_2; O_2 berasal dari air.
• B ✗ — Jebakan: gula tidak dapat dibentuk dari ATP dan NADPH saja; karbon gula berasal dari CO_2.
• C ✗ — Jebakan "tahap terpisah": reaksi terang memerlukan ADP dan $NADP^+$ yang dikembalikan siklus Calvin.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• D ✗ — Jebakan tertukar: CO_2 adalah bahan siklus Calvin, bukan bahan pembuat ATP dan NADPH.
• E ✓ — Sesuai hubungan kedua tahap dalam skema.

Jawaban: E.

No. 10 Kunci: B

Konsep: pada jantung normal, sisi kanan (serambi kanan → bilik kanan → arteri pulmonalis) membawa darah **miskin O_2** ke paru-paru, sedangkan sisi kiri (serambi kiri → bilik kiri → aorta) membawa darah **kaya O_2** ke seluruh tubuh. Bilik kiri berdinding paling tebal dan memompa dengan tekanan jauh lebih tinggi daripada bilik kanan. Bila sekat antarbilik berlubang, darah mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, yaitu **dari bilik kiri ke bilik kanan**.

Langkah 1 – Kenali label. P = serambi kanan, Q = bilik kanan, R = serambi kiri, S = bilik kiri, T = aorta (ke seluruh tubuh), U = arteri pulmonalis (ke paru-paru). Lubang berada di sekat antara Q dan S.
Langkah 2 – Tentukan arah aliran. Tekanan S jauh lebih tinggi daripada Q → sebagian darah kaya O_2 mengalir dari S ke Q.
Langkah 3 – Lacak akibatnya. Darah itu ikut dipompa Q ke U → paru-paru menerima darah lebih banyak daripada normal, padahal sebagian darah itu sudah kaya O_2 dan "berputar ulang" ke paru. Jantung harus memompa volume lebih besar → bekerja lebih berat → bayi cepat lelah, bernapas cepat, berkeringat saat menyusu, dan berat badan sulit naik.
Cek ulang: darah yang dipompa S ke T tetap darah kaya O_2, sehingga bibir dan kulit Nara tetap merah muda (tidak kebiruan), sesuai kasus.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan arah aliran terbalik: tekanan di Q lebih rendah, jadi darah tidak mengalir dari Q ke S; kasus juga menyebut bibir Nara merah muda.
• B ✓ — Sesuai beda tekanan kedua bilik, ke mana Q memompa darah, dan gejala Nara.
• C ✗ — Jebakan: arahnya benar, tetapi akibatnya terbalik; darah kaya O_2 yang masuk ke Q membuat darah di U justru lebih kaya O_2, bukan lebih miskin.
• D ✗ — Jebakan salah baca gambar: lubangnya berada di sekat antarbilik (antara Q dan S), bukan di antara serambi P dan R.
• E ✗ — Jebakan: aliran ditentukan beda tekanan, sehingga darah terutama mengalir dari S ke Q; kadar O_2 di T dan U tidak menjadi sama.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: C

Konsep: jumlah darah yang dipompa jantung per menit (**curah jantung**) bergantung pada dua hal: **banyaknya denyut per menit** dan **volume darah yang dipompa pada setiap denyut**. Latihan ketahanan yang teratur membuat otot bilik jantung lebih kuat dan ruangnya sedikit lebih besar, sehingga setiap denyut memompa lebih banyak darah. Akibatnya, untuk kebutuhan yang sama, jantung cukup berdenyut lebih jarang.

Langkah 1 – Baca data. Darah per menit sama (sekitar 5 liter), tetapi denyut Galang 52 dan Yudi 75 kali per menit.
Langkah 2 – Hitung kasar. Galang: 5.000 mL ÷ 52 ≈ 96 mL per denyut. Yudi: 5.000 mL ÷ 75 ≈ 67 mL per denyut.
Langkah 3 – Simpulkan. Setiap denyut jantung Galang mendorong lebih banyak darah → tanda jantung yang lebih kuat, bukan lebih lemah.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tidak membaca data: kasus menyebut darah yang dipompa per menit hampir sama pada keduanya.
• B ✗ — Jebakan kekhawatiran Yudi: jantung lemah justru memompa sedikit darah per denyut

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sehingga harus berdenyut lebih cepat.
• C ✓ — Sesuai data curah jantung yang sama dengan denyut yang lebih jarang.
• D ✗ — Jebakan konsep: pembuluh yang menyempit menambah beban jantung dan tidak membuat darah per menit tetap dengan denyut lebih jarang; latihan juga tidak menyempitkan pembuluh.
• E ✗ — Jebakan: tidak ada data kekentalan darah; darah yang lebih kental justru menambah kerja jantung.

Jawaban: C.

No. 12 Kunci: A

Konsep: O_2 diangkut darah terutama dengan cara terikat pada **hemoglobin** di sel darah merah. **Karbon monoksida (CO)** dapat menempati tempat pengikatan O_2 pada hemoglobin dengan ikatan yang jauh lebih kuat dan sulit lepas. Akibatnya, walaupun napas dan paru-paru normal, hemoglobin yang tersedia untuk membawa O_2 berkurang sehingga jaringan, terutama otak, kekurangan O_2 (lemas, pusing, kesadaran menurun). Oksigen murni membantu mendesak CO lepas dari hemoglobin.

Langkah 1 – Singkirkan yang dibantah data. Napas teratur dan paru bersih → masalahnya bukan pada gerak napas atau alveolus.
Langkah 2 – Gunakan petunjuk pemeriksaan. Sebagian besar hemoglobin terikat CO → kemampuan darah mengangkut O_2 turun.
Langkah 3 – Hubungkan dengan terapi. O_2 murni menaikkan kadar O_2 sehingga CO lebih cepat tergeser dari hemoglobin.

Analisis opsi:
• A ✓ — Sesuai hasil pemeriksaan dan alasan pemberian oksigen murni.
• B ✗ — Jebakan tidak membaca data: paru-paru keduanya bersih.
• C ✗ — Jebakan: napas keduanya teratur, jadi diafragma tetap bekerja.
• D ✗ — Jebakan tertukar: jumlah sel darah merah tidak berkurang; hemoglobinnya ada, tetapi terikat CO.
• E ✗ — Jebakan konsep: gas buang yang masuk tidak menghabiskan O_2 di kabin; masalah utamanya ada pada hemoglobin di dalam darah.

Jawaban: A.

No. 13 Kunci: E

Konsep: pembentukan urine diawali **penyaringan (filtrasi)** di glomerulus. Molekul kecil seperti air, garam, **glukosa**, dan urea ikut tersaring, sedangkan **protein dan sel darah tertahan** karena terlalu besar. Di tubulus terjadi **penyerapan kembali (reabsorpsi)**: pada orang sehat hampir semua glukosa diserap kembali. Maka:
• protein di urine → kemungkinan glomerulus rusak (penyaringannya bocor);
• glukosa di urine → glukosa tersaring lebih banyak daripada yang dapat diserap kembali tubulus (misalnya gula darah sangat tinggi pada diabetes).

Langkah 1 – Baca gambar. X: Benedict biru, biuret biru → tidak ada glukosa dan protein (normal). Y: Benedict merah bata → ada glukosa; biuret biru → tidak ada protein. Z: Benedict biru → tidak ada glukosa; biuret ungu → ada protein.
Langkah 2 – Hubungkan dengan bagian nefron. Protein (Z) seharusnya tertahan di glomerulus → glomerulus Z kemungkinan rusak. Glukosa (Y) memang selalu tersaring; munculnya di urine berkaitan dengan penyerapan kembali yang tidak mencukupi, bukan glomerulus yang bocor.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan salah baca tabung: urine Y tidak mengandung protein (biuret biru). Selain itu protein tidak biasa tersaring.
• B ✗ — Jebakan salah baca: urine Z tidak mengandung glukosa (Benedict biru).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• C ✗ — Jebakan konsep: urine sehat memang tidak mengandung glukosa dan protein.
• D ✗ — Jebakan konsep: glukosa tidak tertahan di glomerulus; glukosa selalu ikut tersaring dan biasanya diserap kembali di tubulus.
• E ✓ — Sesuai hasil biuret Z dan fungsi penyaringan glomerulus.

Jawaban: E.

No. 14 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: sistem saraf otonom mengatur organ dalam tanpa disadari dan terdiri atas dua bagian yang umumnya bekerja **berlawanan** pada organ yang sama. **Simpatis** dominan saat aktif, tegang, atau darurat: denyut jantung cepat, gerak usus dan pengeluaran ludah berkurang. **Parasimpatis** dominan saat santai dan mencerna: denyut jantung melambat, gerak usus dan pengeluaran ludah meningkat.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 ✓ — Setelah makan dan duduk santai, parasimpatis dominan: usus aktif dan air liur banyak.
• Pernyataan 2 ✗ — Jebakan tertukar saraf: yang memperlambat denyut jantung dan mendukung pencernaan adalah parasimpatis, bukan simpatis.
• Pernyataan 3 ✓ — Saat berlari (aktif), simpatis dominan sehingga jantung berdenyut lebih cepat.
• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan: jantung dan usus diatur saraf otonom yang bekerja tanpa disadari, bukan sesuai kehendak.
• Pernyataan 5 ✓ — Contoh kerja berlawanan: simpatis mempercepat jantung, parasimpatis memperlambat; simpatis menghambat usus, parasimpatis memacu.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

No. 15 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: setiap reseptor sentuhan "melayani" satu daerah kecil kulit. Bila reseptor rapat, daerah layanannya kecil sehingga dua sentuhan yang berdekatan pun mengenai reseptor berbeda dan terasa terpisah. Bila reseptor jarang, dua sentuhan harus berjauhan agar mengenai reseptor berbeda. Jadi, **makin kecil jarak dua titik → makin rapat reseptor → makin peka** bagian kulit itu.

Langkah 1 – Baca gambar. Ujung jari 3 mm < telapak 10 mm < punggung tangan 25 mm < lengan bawah 38 mm.
Langkah 2 – Terapkan aturan. Jarak terkecil di ujung jari → reseptor paling rapat. Untuk setiap bagian kulit, sentuhan dengan jarak lebih kecil daripada hasilnya terasa sebagai satu titik.

Pernyataan 1 — Benar. Jarak dua titik di ujung jari (3 mm) paling kecil → reseptornya paling rapat.
Pernyataan 2 — Benar. Telapak 10 mm < punggung tangan 25 mm → telapak lebih peka.
Pernyataan 3 — Salah. Jebakan membandingkan dengan bagian yang salah: batas lengan bawah adalah 38 mm. Jarak 20 mm lebih kecil dari 38 mm sehingga di lengan bawah terasa sebagai **satu** titik, walaupun di telapak tangan jarak itu sudah terasa dua titik.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 16 Kunci: D

Konsep: hormon pertumbuhan dari hipofisis merangsang pertumbuhan tulang dan jaringan. Tulang panjang bertambah panjang di **lempeng pertumbuhan** (cakram epifisis), yaitu lapisan tulang rawan di dekat ujung tulang yang selnya terus membelah selama masa anak dan remaja. Setelah masa pubertas lempeng itu berubah menjadi tulang keras (**menutup**), sehingga tulang tidak dapat memanjang lagi walaupun hormon pertumbuhan diberikan.

Langkah 1 – Cari penyebab tubuh pendek. Hormon pertumbuhan rendah, tiroid normal → kekurangan hormon pertumbuhan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah 2 – Gunakan data rontgen. Lempeng pertumbuhan Bima masih terbuka → tulang masih dapat memanjang bila hormon diberikan → terapi harus segera.
Langkah 3 – Bandingkan dengan orang dewasa. Lempeng sudah menutup → tidak ada tempat pemanjangan tulang → tinggi badan tidak bertambah.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: hipofisis orang dewasa tetap membuat hormon pertumbuhan, dan sel orang dewasa tetap menanggapinya (misalnya pada metabolisme).
• B ✗ — Jebakan tertukar hormon: tiroksin tidak dapat menggantikan hormon pertumbuhan; tiroksin Bima sudah normal, tetapi ia tetap pendek.
• C ✗ — Jebakan tertukar cara pemberian: hormon yang disuntikkan tidak melewati saluran pencernaan sehingga tidak dicerna enzim.
• D ✓ — Sesuai data rontgen dan tempat pemanjangan tulang.
• E ✗ — Jebakan generalisasi: banyak sel orang dewasa tetap membelah (misalnya sel kulit dan sel darah), dan hormon pertumbuhan tetap memengaruhi tubuh.

Jawaban: D.

No. 17 Kunci: B

Konsep: protein yang ditelan akan dicerna: **pepsin** di lambung dan enzim pencerna protein dari pankreas di usus halus memotong protein menjadi potongan kecil dan asam amino. Insulin adalah protein, sehingga bila ditelan sebagai tablet ia akan dicerna dan kehilangan bentuk serta fungsinya sebelum masuk ke darah. Dengan disuntikkan di bawah kulit, insulin masuk ke darah tanpa melewati saluran pencernaan, lalu dibawa ke sel hati, otot, dan lemak.

Langkah 1 – Gunakan petunjuk. Insulin = protein; tablet tetangga = bukan protein.
Langkah 2 – Hubungkan dengan pencernaan. Protein yang ditelan → diuraikan enzim → insulin tidak lagi utuh → tidak dapat bekerja.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan tertukar fungsi: insulin menurunkan, bukan menaikkan, kadar gula darah.
• B ✓ — Insulin adalah protein yang akan dicerna di saluran pencernaan.
• C ✗ — Jebakan: insulin justru bekerja setelah beredar dalam darah ke sel-sel tubuh; tempat suntikan hanya jalan masuk.
• D ✗ — Jebakan: masalahnya terjadi sebelum insulin masuk darah, yaitu di saluran pencernaan.
• E ✗ — Jebakan tertukar zat: protein diuraikan menjadi asam amino, bukan menjadi glukosa.

Jawaban: B.

No. 18 Kunci: C

Konsep: vaksin berisi **antigen** (bagian kuman yang tidak berbahaya) yang memicu **kekebalan aktif buatan**. Paparan pertama menimbulkan **respons primer**: lambat dan antibodi yang terbentuk sedikit, tetapi terbentuk **sel memori**. Paparan berikutnya terhadap antigen yang sama dikenali sel memori sehingga timbul **respons sekunder**: lebih cepat, antibodinya jauh lebih banyak dan lebih lama bertahan, serta sel memori bertambah.

Langkah 1 – Baca data rekan kerja. Setelah dosis 1: antibodi rendah (respons primer). Setelah dosis 3: antibodi jauh lebih tinggi dan bertahan lama.
Langkah 2 – Jelaskan dengan konsep. Dosis 2 dan 3 memicu respons sekunder yang diperkuat sel memori dari dosis sebelumnya → perlindungan tinggi dan lama.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: dosis pertama bekerja; justru dosis pertama membentuk sel memori yang membuat dosis berikutnya efektif.
• B ✗ — Jebakan tertukar kekebalan aktif dan pasif: vaksin berisi antigen yang merangsang tubuh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

membuat antibodinya sendiri, bukan antibodi siap pakai.
• C ✓ — Sesuai data kenaikan antibodi setelah dosis berulang.
• D ✗ — Jebakan bertentangan dengan data: antibodi setelah dosis ketiga justru jauh lebih tinggi.
• E ✗ — Jebakan: vaksin tidak membuat virus menjadi kebal; Rina belum terinfeksi virus.

Jawaban: C.

No. 19 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: peradangan adalah respons cepat tubuh terhadap zat asing atau kerusakan jaringan. Sel di jaringan melepaskan **histamin** yang membuat pembuluh darah kecil **melebar** (darah lebih banyak → merah dan hangat) dan dindingnya **lebih mudah dilalui** sehingga cairan dan sel darah putih keluar ke jaringan (→ bengkak). Pembentukan antibodi khusus pada paparan pertama memerlukan waktu beberapa hari, bukan beberapa menit.

Pernyataan 1 — Benar. Pembuluh melebar → aliran darah setempat bertambah → kulit merah dan terasa hangat.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan tertukar respons: bentol muncul dalam beberapa menit, sedangkan pembentukan antibodi khusus untuk pertama kali membutuhkan beberapa hari. Bentol disebabkan histamin dan peradangan.
Pernyataan 3 — Benar. Dinding pembuluh lebih mudah dilalui → cairan keluar ke jaringan → bengkak (bentol).
Cek ulang: antihistamin mengurangi bentol dan gatal, sesuai bahwa histamin adalah penyebab utamanya.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 20 Kunci: E

Konsep: FSH dari **hipofisis** merangsang **folikel** di ovarium tumbuh, dan folikel yang tumbuh menghasilkan **estrogen**. Estrogen lalu **menghambat** hipofisis sehingga FSH tidak berlebihan (**umpan balik negatif**). Jumlah folikel terbatas sejak lahir dan terus berkurang. Saat menopause folikel hampir habis, sehingga ovarium tidak lagi dapat menanggapi FSH dengan membuat estrogen.

Langkah 1 – Kumpulkan data. FSH tinggi, estrogen sangat rendah, folikel hampir tidak ada, hipofisis normal.
Langkah 2 – Tentukan sumber masalah. Hipofisis normal → masalah bukan di hipofisis. Folikel hampir habis → ovarium tidak dapat membuat estrogen walaupun dirangsang FSH.
Langkah 3 – Jelaskan FSH tinggi. Estrogen rendah → hambatan umpan balik terhadap hipofisis hilang → hipofisis terus melepaskan FSH → FSH tinggi.
Cek ulang: urutan sebabnya: folikel habis → estrogen turun → FSH naik, bukan sebaliknya.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan sebab-akibat terbalik: FSH naik karena estrogen turun, dan dokter menyatakan hipofisis normal.
• B ✗ — Jebakan tertukar fungsi: FSH merangsang, bukan menghambat, folikel membuat estrogen.
• C ✗ — Jebakan: estrogen rendah tidak menghentikan pembuatan LH; LH dan FSH sama-sama naik bila hambatan estrogen hilang.
• D ✗ — Jebakan tertukar tempat: FSH dibuat hipofisis, bukan ovarium.
• E ✓ — Sesuai data USG dan mekanisme umpan balik.

Jawaban: E.

No. 21 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: pada **oogenesis**, sel induk telur (oogonium) memperbanyak diri hanya **sebelum lahir**. Saat bayi perempuan lahir, ovariumnya sudah berisi oosit primer dalam folikel dengan jumlah terbatas; setelah itu tidak dibentuk oosit baru. Setiap siklus sejumlah folikel tumbuh, satu biasanya diovulasikan,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dan sisanya mati, sehingga cadangan terus berkurang. Pada **spermatogenesis**, sel induk sperma (spermatogonium) di tubulus seminiferus **terus membelah sejak pubertas** sepanjang hidup. Kedua proses sama-sama melalui **meiosis**.

Pernyataan 1 — Salah. Jebakan: oosit tidak dibentuk baru setelah lahir; cadangan folikel hanya berkurang dan tidak dapat bertambah kembali.
Pernyataan 2 — Salah. Jebakan tertukar konsep: meiosis terjadi pada pembentukan sel telur maupun sperma. Perbedaannya terletak pada waktu dan jumlah sel induk yang membelah.
Pernyataan 3 — Benar. Spermatogonium terus membelah sejak pubertas, sehingga Pak Bagas tetap menghasilkan sperma setiap hari.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

No. 22 Kunci: A

Konsep: rumusan pertanyaan penyelidikan yang baik **menghubungkan variabel yang benar-benar diukur** dan dapat dijawab dengan data yang dikumpulkan. Pertanyaan yang menanyakan hal yang tidak diukur, membalik arah hubungan tanpa dasar, atau menanyakan "mengapa" yang tidak dapat dijawab langsung oleh data, kurang sesuai.

Langkah 1 – Daftar variabel yang diukur. Waktu, suhu udara, jumlah bunga mekar, dan jumlah kupu-kupu yang hinggap.
Langkah 2 – Tentukan variabel yang menjadi fokus. Jumlah kupu-kupu berubah sepanjang hari bersama suhu dan jumlah bunga mekar → pertanyaan yang sesuai menghubungkan kupu-kupu dengan kedua variabel itu.
Langkah 3 – Uji setiap pertanyaan dengan data. Data hanya memuat jumlah, bukan perilaku makan, warna bunga, atau penyebab.
Cek ulang: suhu dan jumlah bunga naik-turun bersamaan, jadi data ini hanya dapat menunjukkan keterkaitan, belum memisahkan pengaruh masing-masing. Pertanyaan A tidak melampaui batas itu.

Analisis opsi:
• A ✓ — Menghubungkan tiga variabel yang memang diukur dan dapat dijawab dengan data.
• B ✗ — Jebakan variabel tidak diukur: murid menghitung jumlah kupu-kupu yang hinggap, bukan seberapa giat kupu-kupu mengisap nektar.
• C ✗ — Jebakan: warna bunga tidak dicatat.
• D ✗ — Jebakan arah hubungan terbalik: bunga mekar pada pagi hari mengikuti waktu dan cahaya; data tidak dirancang untuk menguji pengaruh kupu-kupu terhadap mekarnya bunga.
• E ✗ — Jebakan: pertanyaan "mengapa" menanyakan penyebab yang tidak dapat dijawab langsung oleh data; data hanya menunjukkan kapan kupu-kupu paling banyak.

Jawaban: A.

No. 23 Kunci: B

Konsep: percobaan yang adil hanya mengubah **satu variabel bebas** (di sini lama perendaman). Variabel lain yang dapat memengaruhi hasil (asal benih, jumlah benih, jenis air, tempat dan suhu semai) harus **dibuat sama** (variabel kontrol). Kelompok tanpa perlakuan (0 jam) berfungsi sebagai **pembanding (kontrol)**.

Langkah 1 – Cari variabel bebas. Lama perendaman: 0, 6, 12, 24 jam.
Langkah 2 – Periksa variabel kontrol satu per satu. Asal benih, jenis air, dan jumlah benih sama. Tempat semai dan suhu kelompok S berbeda (teras 34 °C vs laboratorium 27 °C).
Langkah 3 – Tentukan perbaikan. Suhu memengaruhi perkecambahan; bila S berbeda hasilnya, tidak dapat diketahui apakah karena perendaman 24 jam atau suhu. Maka S harus disemai di tempat yang sama, bersuhu 27 °C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan: jumlah benih sudah sama; menambah benih S justru menimbulkan perbedaan baru.
• B ✓ — Menyamakan variabel kontrol yang berbeda sehingga hanya lama perendaman yang berubah.
• C ✗ — Jebakan: kelompok P (0 jam) adalah kontrol yang diperlukan sebagai pembanding.
• D ✗ — Jebakan: bila semua direndam 24 jam, variabel bebasnya hilang dan pertanyaan tidak dapat dijawab.
• E ✗ — Jebakan: jenis air sudah sama untuk semua kelompok; menggantinya tidak memperbaiki kelemahan rancangan.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: D

Konsep: mengolah data berarti menghitung dengan benar (misalnya rata-rata = jumlah ÷ banyak data) lalu menafsirkannya **sebatas data**. Data yang dipengaruhi kesalahan perlakuan yang diketahui (tutup retak) perlu ditelaah terpisah, bukan dijadikan dasar menolak data lainnya.

Langkah 1 – Rata-rata tempayan terbuka. 46 + 38 + 55 + 41 + 50 = 230 → 230 ÷ 5 = **46** jentik.
Langkah 2 – Rata-rata tempayan bertutup. Semua rumah: 0 + 2 + 0 + 21 + 1 = 24 → 24 ÷ 5 = 4,8. Tanpa rumah 4 (tutup retak): 0 + 2 + 0 + 1 = 3 → 3 ÷ 4 = **0,75** jentik.
Langkah 3 – Tafsirkan. Tempayan bertutup yang utuh hampir tidak berjentik (< 1), sedangkan tempayan terbuka rata-rata 46. Rumah 4 yang tutupnya retak berjentik lebih banyak, sesuai dugaan bahwa nyamuk masuk melalui celah.

Analisis opsi:
• A ✗ — Jebakan penafsiran: 4,8 dibandingkan 46 adalah penurunan sekitar 90 %, bukan "sedikit".
• B ✗ — Jebakan generalisasi dari satu data menyimpang: tutup rumah 4 retak, dan empat rumah lain menunjukkan tutup sangat mengurangi jentik.
• C ✗ — Jebakan melampaui data: jumlah jentik di satu tempayan tidak menunjukkan kebersihan seluruh rumah.
• D ✓ — Kedua rata-rata dihitung benar dan rumah 4 diperlakukan dengan tepat.
• E ✗ — Jebakan salah langkah hitung: 3 adalah jumlah, belum dibagi 4 rumah; rata-ratanya 0,75.

Jawaban: D.

No. 25 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: kesimpulan percobaan hanya kuat bila (1) **variabel lain dibuat sama** sehingga perbedaan hasil dapat dikaitkan dengan perlakuan, (2) ada **ulangan** sehingga hasil tidak kebetulan, dan (3) kesimpulan **tidak melampaui data** yang dikumpulkan.

Langkah 1 – Cari variabel lain yang berbeda. Cuaca: cerah vs hujan deras. Hujan dapat mengubah jumlah nyamuk yang aktif atau masuk ke kamar.
Langkah 2 – Periksa ulangan. Tiap keadaan hanya satu malam, pada satu orang.
Langkah 3 – Batasi kesimpulan. Data hanya menunjukkan bahwa pada malam memakai serai gigitannya lebih sedikit.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis pernyataan:

• Pernyataan 1 ✗ — Jebakan: penurunan besar dari satu kali pengamatan tanpa ulangan, dengan cuaca berbeda, belum membuat kesimpulan kuat.

• Pernyataan 2 ✓ — Cuaca adalah variabel lain yang tidak dikendalikan.

• Pernyataan 3 ✓ — Tanpa ulangan, hasil bisa kebetulan.

• Pernyataan 4 ✗ — Jebakan melampaui data: Fikri tidak mengamati nyamuk yang mati; ia hanya menghitung bekas gigitan.

• Pernyataan 5 ✓ — Kesimpulan yang tetap sebatas data.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Penutup

Kamu sudah sampai di akhir buku ini. Itu sendiri adalah bukti bahwa kamu mampu menepati janji belajarmu.

Lima strategi yang paling penting untuk TKA Biologi:

1. **Baca pertanyaannya dulu, baru ceritanya.** Cerita pembuka sering panjang; kalimat pertanyaan memberi tahu petunjuk mana yang perlu kamu cari.
2. **Telusuri rantai: gejala atau data → struktur → mekanisme → akibat.** Pilihan yang benar menjelaskan **semua** gejala di soal, bukan hanya satu.
3. **Pisahkan "benar secara biologi" dari "didukung soal".** Banyak pengecoh berisi pernyataan yang benar, tetapi tidak menjawab kasus yang ditanyakan.
4. **Periksa arah setiap efek**: naik atau turun, melebar atau menyempit. Istilah benar dengan arah terbalik adalah pengecoh paling umum.
5. **Pada percobaan, cari yang dibuat berbeda**, dan batasi pertanyaan serta kesimpulan pada data yang benar-benar diukur.

Sepekan sebelum ujian:

- Kerjakan satu Simulasi TKA pada jam yang sama dengan jadwal ujianmu, lengkap dengan waktunya.
- Ulangi soal yang pernah kamu jawab salah, lalu baca lagi "Strategi dan jebakan" di sub babnya. Pada soal MCMA, nilai setiap pilihan sendiri-sendiri.
- Gambar ulang tanpa melihat buku: jalur respirasi, rantai pembekuan darah, gerak refleks, dan siklus hormon.
- Jangan memaksakan materi baru pada malam terakhir. Siapkan perlengkapan ujian sehari sebelumnya, dan beristirahatlah dengan cukup.

Teruslah belajar lewat LMS Next Level Study; pindai kode QR di setiap bab.

Setiap sel di tubuhmu bekerja setia walaupun tidak ada yang melihatnya; bawalah kesetiaan yang sama. Ilmu yang kamu kumpulkan hari ini adalah bekal yang kelak kamu persembahkan untuk keluarga, untuk orang-orang di sekitarmu, dan untuk negeri ini. Bekerjalah dengan sungguh-sungguh dan jujur, sepenuh hati dan segenap tenaga. Apa pun hasil ujianmu nanti, kesungguhan yang kamu bangun selama belajar akan tetap menjadi milikmu.

Selamat berjuang.

Handaka Lumu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lampiran

Lampiran 1 · Glosarium

Istilah	Arti singkat	Dibahas di
Keanekaragaman gen, spesies, ekosistem	ragam sifat bawaan dalam satu spesies; ragam jenis; ragam tipe lingkungan beserta komunitasnya	1.1
Endemik	hanya hidup secara alami di satu wilayah	1.1
Fragmentasi habitat	habitat terpecah menjadi bagian-bagian yang terpisah	1.1
In situ / ex situ	pelestarian di habitat asli / di luar habitat asli	1.1
Kunci determinasi	daftar pasangan ciri berlawanan untuk mengenali kelompok makhluk hidup	1.2
Kladogram	diagram bercabang yang menggambarkan kekerabatan	1.2
Peptidoglikan	bahan penyusun dinding sel bakteri	1.3
Gram positif / Gram negatif	bakteri berdinding peptidoglikan tebal (ungu) / tipis dengan membran luar (merah)	1.3
Resistensi antibiotik	ketahanan bakteri terhadap antibiotik akibat seleksi	1.3
Toksin	racun yang dibuat makhluk hidup, misalnya oleh bakteri	1.3
Mutualisme, komensalisme, parasitisme	untung–untung; untung–tidak terpengaruh; untung–rugi	1.4
Spesies asing invasif	spesies dari luar kawasan yang menyebar dan mendesak spesies asli	1.4
Daya dukung	jumlah individu yang dapat didukung sumber daya suatu habitat	1.4
Tingkat trofik	kedudukan makhluk hidup dalam rantai makanan	1.4
Enzim, sisi aktif	katalis protein; bagian enzim tempat substrat terikat	2.1
Denaturasi	rusaknya bentuk protein (misalnya enzim) oleh panas atau pH ekstrem	2.1
Inhibitor kompetitif / nonkompetitif	penghambat yang bersaing di sisi aktif / terikat di bagian lain enzim	2.1
Glikolisis	pemecahan glukosa menjadi piruvat di sitoplasma	2.2
Siklus Krebs	rangkaian reaksi di matriks mitokondria yang menghasilkan CO_2, NADH, dan $FADH_2$	2.2
Rantai transpor elektron	tahap akhir respirasi di membran dalam mitokondria; menghasilkan sebagian besar ATP	2.2
Fermentasi	jalur tanpa oksigen yang mengubah piruvat menjadi etanol atau asam laktat	2.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuosien respirasi (RQ)	CO_2 yang dihasilkan dibagi O_2 yang dipakai	2.2
Reaksi terang / siklus Calvin	tahap fotosintesis di tilakoid / di stroma	2.3
Rubisko	enzim yang mengikat CO_2 dalam siklus Calvin	2.3
Faktor pembatas	faktor yang paling sedikit dan menentukan laju proses	2.3
Kemosintesis	penyusunan zat organik dengan energi dari oksidasi zat anorganik	2.3
Hemoglobin	protein sel darah merah pengikat O_2	3.1, 3.2
Trombokinase, protrombin, trombin, fibrin	mata rantai pembekuan darah	3.1
Nilai rujukan	rentang hasil pemeriksaan yang dianggap normal	3.1
Kapasitas vital	volume udara terbesar yang dapat diembuskan setelah inspirasi maksimal	3.2
Nefron	satuan penyaring ginjal	3.3
Filtrasi, reabsorpsi, augmentasi	penyaringan, penyerapan kembali, penambahan zat dalam pembentukan urine	3.3
ADH	hormon yang meningkatkan penyerapan kembali air di ginjal	3.3
Homeostasis	keadaan tubuh yang dijaga tetap stabil	3.3
Neuron, akson, dendrit, mielin	sel saraf dan bagian-bagiannya	3.4
Sinapsis, neurotransmiter	sambungan antarsel saraf; zat pembawa pesan di sambungan itu	3.4
Gerak refleks	gerak cepat tanpa menunggu perintah otak	3.4
Umpan balik negatif	hasil yang cukup menekan perangsangnya sendiri	3.5
Insulin / glukagon	hormon penurun / penaik kadar gula darah	3.5
Antigen, antibodi	zat yang dikenali sistem imun; protein yang mengikat antigen tertentu	3.6
Sel B, sel T penolong, sel T sitotoksik	pembuat antibodi; pengaktif; pembunuh sel yang terinfeksi	3.6
Sel memori	sel yang mengingat antigen sehingga respons berikutnya lebih cepat	3.6
Kekebalan aktif / pasif	tubuh membuat antibodi sendiri / menerima antibodi jadi	3.6
Autoimun	sistem imun menyerang sel tubuh sendiri	3.6
FSH, LH, estrogen, progesteron	hormon pengatur siklus reproduksi	3.7
Ovulasi, fertilisasi, implantasi	pelepasan sel telur; pembuahan; menempelnya embrio di rahim	3.7
hCG	hormon kehamilan yang mempertahankan korpus luteum	3.7
Variabel bebas, terikat, terkontrol	yang diubah; yang diukur; yang dijaga sama	4.1, 4.2
Hipotesis	dugaan sementara tentang hubungan variabel yang dapat diuji	4.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kontrol positif / negatif	pembanding yang pasti menunjukkan efek / tanpa perlakuan	4.2
Ulangan	pengulangan perlakuan agar hasil tidak kebetulan	4.2, 4.3
Rentang	selisih nilai tertinggi dan terendah	4.3
Korelasi	dua hal yang berubah bersamaan; belum tentu sebab-akibat	4.4

Lampiran 2 · Daftar sumber data nyata

Data nyata dalam soal dan rujukan resmi buku ini diambil dari sumber berikut. Data lain dalam soal adalah data rekaan untuk latihan dan diberi keterangan di soalnya.

Sumber	Data yang dipakai
Pusmendik Kemendikdasmen, Kerangka Asesmen TKA SMA – Biologi	kisi-kisi, kompetensi, contoh soal resmi
Medcom.id (28 Juli 2026)	jadwal TKA 2026: jumlah soal dan waktu mata pelajaran pilihan
IUCN (7 November 2017); Sumatran Orangutan Conservation Programme	orangutan tapanuli
IUCN Red List, Summary Statistics versi 2026-1	jumlah spesies terancam
Detik.com (2 April 2024), keterangan Kepala Balai Taman Nasional Komodo	populasi komodo
NOAA (2024–2026)	pemutihan karang global
WHO: Global Tuberculosis Report 2024; laporan resistensi antibiotik 2025; pedoman kualitas udara 2021; hepatitis (2024); cakupan imunisasi (2025); WHO Indonesia (9 Agustus 2023)	tuberkulosis, resistensi antibiotik, polusi udara, hepatitis, imunisasi, imunisasi HPV
Kementerian Kesehatan: Survei Kesehatan Indonesia 2023 (melalui rilis dan ringkasan kebijakan BKPK); siaran pers difteri (2017); stroke (2024)	anemia remaja, hipertensi, stroke, penyimpanan antibiotik, difteri
China CDC Weekly 2(51) (2020); *Biochemistry and Biophysics Reports* (2019); Poison Control	keracunan asam bongkrek
Kisah penelitian Christiaan Eijkman, dirangkum dari ensiklopedia Wikipedia	percobaan beri-beri di Batavia

Lampiran 3 · Lembar jawaban kosong

Lembar ini boleh difotokopi. Untuk soal PG, lingkari satu huruf. Untuk pilih lebih dari satu (MCMA), lingkari semua huruf yang benar. Untuk Benar/Salah, tulis B atau S untuk setiap pernyataan.

No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban
1	A B C D E	11	A B C D E	21	A B C D E
2	A B C D E	12	A B C D E	22	A B C D E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3	A B C D E	13	A B C D E	23	A B C D E
4	A B C D E	14	A B C D E	24	A B C D E
5	A B C D E	15	A B C D E	25	A B C D E
6	A B C D E	16	A B C D E	26	A B C D E
7	A B C D E	17	A B C D E	27	A B C D E
8	A B C D E	18	A B C D E		
9	A B C D E	19	A B C D E		
10	A B C D E	20	A B C D E		

Skor: _____ / _____ · Waktu yang dipakai: _____ menit

Lampiran 4 · Catatan edisi

Edisi 1 (2026/2027), dibagikan gratis untuk pelajar Indonesia sebagai dedikasi Next Level Study Indonesia untuk bangsa; boleh diperbanyak dan dibagikan untuk belajar, tetapi tidak untuk diperjualbelikan. Semua soal latihan, kuis, dan simulasi TKA diambil dari Bank Soal NLS dengan kode yang sama dengan LMS. Bila kamu menemukan kesalahan, sampaikan kepada pengajarmu agar dapat diperbaiki pada edisi berikutnya.

Daftar sumber gambar

Gambar materi yang diambil dari sumber berlisensi terbuka dipakai sesuai lisensinya dengan menyebut pembuatnya; gambar lain digambar oleh tim Next Level Study Indonesia.

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 1.1	Tiga tingkat keanekaragaman hayati	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.2	Map of Sunda and Sahul	Kanguole	CC BY-SA 4.0; diubah: dipotong; label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_of_Sunda_and_Sahul.svg
Gambar 1.3	Pusaran kepunahan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.4	Pelestarian in situ dan ex situ	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.5	Peta konsep keanekaragaman hayati	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.6	Tingkatan takson harimau sumatra	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 1.7	Homology vertebrates-en	Волков Владислав Петрович (Vladislav Volkov)	CC BY-SA 4.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homology_vertebrates-en.svg
Gambar 1.8	Kunci determinasi lima hewan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.9	Kladogram enam hewan bertulang belakang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.10	Peta konsep prinsip klasifikasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.11	Average prokaryote cell-en	Mariana Ruiz Villarreal (LadyofHats)	Domain publik; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Average_prokaryote_cell-_en.svg
Gambar 1.12	Bacteria morphologic forms simplified	Mariana Ruiz (LadyofHats)	Domain publik; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bacteria_morphologic_forms_simplified.svg
Gambar 1.13	OSC Microbio 03 03 CellWalls	OpenStax (CNX OpenStax, Microbiology)	CC BY 4.0; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OSC_Microbio_03_03_CellWalls.jpg
Gambar 1.14	Langkah pewarnaan Gram	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.15	Gram stain 01	Y tambe	CC BY-SA 3.0; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gram_stain_01.jpg
Gambar 1.16	Pembelahan biner dan konjugasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.17	Sasaran kerja antibiotik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 1.18	Terbentuknya populasi bakteri resisten	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.19	Nitrogen-fixing nodules in the roots of legumes.	Terraprima	CC BY-SA 3.0; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nitrogen-fixing_nodules_in_the_roots_of_legumes..JPG
Gambar 1.20	Peta konsep bakteri	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.21	Tanam Padi di Sawah di Kebumen Jawa Tengah	DARMAS SB	CC BY-SA 4.0; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tanam_Padi_di_Sawah_di_Kebumen_Jawa_Tengah.jpg
Gambar 1.22	Tingkat organisasi kehidupan dalam ekologi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.23	Jaring makanan sawah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.24	Piramida energi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.25	Daur karbon	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.26	Jenis interaksi antarspesies	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.27	Coral reef with healthy corals and corals with signs of bleaching	Fotografer NOAA (tidak disebut namanya)	Domain publik; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coral_reef_with_healthy_corals_and_corals_with_signs_of_bleaching.png
Gambar 1.28	Proses pemutihan karang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.29	Peta konsep ekosistem	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 2.1	0315 Mitochondrion new	OpenStax (Anatomy and Physiology)	CC BY 4.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:0315_Mitochondrion_new.jpg
Gambar 2.2	Scheme Chloroplast-id	Miguelsierra (Scheme_Chloroplast-es.svg); terjemahan Indonesia oleh Sentausa	CC BY-SA 3.0; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_Chloroplast-id.svg
Gambar 2.3	Enzim menurunkan energi aktivasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.4	Model kunci–gembok dan ketepatan induksi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.5	Pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.6	Inhibitor kompetitif dan nonkompetitif	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.7	Peta konsep organel metabolisme dan enzim	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.8	Peta besar respirasi aerob	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.9	Glikolisis secara ringkas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.10	Siklus Krebs secara ringkas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.11	Transpor elektron dan ATP sintase	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 2.12	Fermentasi asam laktat dan fermentasi alkohol	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.13	Peta konsep respirasi seluler dan fermentasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.14	Reaksi terang di membran tilakoid	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.15	Siklus Calvin	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.16	Hubungan reaksi terang dan siklus Calvin	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.17	Faktor pembatas cahaya dan CO_2	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.18	Dua percobaan klasik fotosintesis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.19	Peta konsep fotosintesis dan kemosintesis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.1	Diagram of the human heart (cropped)	Wapcaplet	CC BY-SA 3.0; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagram_of_the_human_heart_(cropped).svg
Gambar 3.2	Peredaran darah kecil dan besar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.3	Arteries vs Veins	RWhitwam	CC BY-SA 4.0; diubah: dipotong; label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arteries_vs_Veins.svg
Gambar 3.4	Pertukaran cairan di kapiler	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 3.5	Blausen 0425 Formed Elements	BruceBlaus (Blausen Medical)	CC BY 3.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0425_Formed_Elements.png
Gambar 3.6	Red blood cells (RBCs), platelets and white blood cells or leukocyte (neutrophil) on PBS	Ajay Kumar Chaurasiya	CC BY-SA 4.0; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_blood_cells_(RBCs),_platelets_and_white_blood_cells_or_leukocyte_(neutrophil)_on_PBS.jpg
Gambar 3.7	Rantai pembekuan darah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.8	Peta konsep sistem sirkulasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.9	Blausen 0770 RespiratorySystem 02	BruceBlaus (Blausen Medical)	CC BY 3.0; diubah: dipotong; label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0770_RespiratorySystem_02.png
Gambar 3.10	2309 The Respiratory Zone	OpenStax College	CC BY 3.0; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2309_The_Respiratory_Zone.jpg
Gambar 3.11	Inspirasi dan ekspirasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.12	Volume udara paru-paru	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.13	Pengangkutan O_2 dan CO_2 oleh darah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.14	Kendali laju napas oleh CO_2	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.15	Peta konsep sistem respirasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 3.16	Blausen 0592 KidneyAnatomy 01	BruceBlaus (Blausen Medical)	CC BY 3.0; diubah: dipotong; label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0592_KidneyAnatomy_01.png
Gambar 3.17	Kidney Nephron	Holly Fischer	CC BY 3.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kidney_Nephron.svg
Gambar 3.18	Tiga tahap pembentukan urine	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.19	Umpan balik ADH	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.20	501 Structure of the skin	OpenStax College	CC BY 3.0; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:501_Structure_of_the_skin.jpg
Gambar 3.21	Respons tubuh terhadap panas dan dingin	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.22	Peta konsep sistem ekskresi dan homeostasis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.23	Neuron Hand-tuned	Quasar Jarosz (en.wikipedia)	CC BY-SA 3.0; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neuron_Hand-tuned.svg
Gambar 3.24	Tahapan potensial aksi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.25	SynapseSchematic en	Thomas Splettstoesser (www.scistyle.com)	CC BY-SA 4.0; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SynapseSchematic_en.svg

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 3.26	Imgnotraçat arc reflex eng	MartaAguayo	CC BY-SA 3.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Imgnotra%C3%A7at_arc_reflex_eng.svg
Gambar 3.27	Blausen 0111 BrainLobes	BruceBlaus (Blausen Medical)	CC BY 3.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0111_BrainLobes.png
Gambar 3.28	Blausen 0115 BrainStructures	BruceBlaus (Blausen Medical)	CC BY 3.0; diubah: dipotong; label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0115_BrainStructures.png
Gambar 3.29	Peta konsep sistem saraf	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.30	Jalur saraf dan jalur hormon	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.31	Endocrine English	OpenStax, Tomáš Kebert & umimeto.org	CC BY-SA 4.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Endocrine_English.svg
Gambar 3.32	Hipotalamus, hipofisis, dan sasarannya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.33	Poros hipotalamus–hipofisis–tiroid	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.34	Insulin dan glukagon	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.35	Peta konsep sistem hormon	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 3.36	Tiga lapis pertahanan tubuh	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.37	Urutan peradangan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.38	Fagositosis bertahap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.39	Respons humoral dan seluler	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.40	Struktur antibodi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.41	Respons primer dan sekunder	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.42	Peta konsep sistem imun	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.43	Male anatomy 1 de	Bahnsen	CC0; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Male_anatomy_1_de.svg
Gambar 3.44	Scheme female reproductive system-en	CDC; divektorkan oleh Mysid	Domain publik; diubah: label diterjemahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_female_reproductive_system-en.svg
Gambar 3.45	Spermatogenesis dan oogenesis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.46	MenstrualCycle 2 en	Isometrik	CC BY-SA 3.0; diubah: label diterjemahkan dan ditambah	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MenstrualCycle2_en.svg
Gambar 3.47	Dari ovulasi sampai implantasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.48	Peta konsep sistem reproduksi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 4.1	Siklus penyelidikan ilmiah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.2	Corong pertanyaan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.3	Anatomi hipotesis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.4	Percobaan ragi, gula, dan balon	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.5	Peta konsep merumuskan pertanyaan dan hipotesis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.6	Rancangan percobaan kecambah kacang merah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.7	Antibiotic sensitivity test	Dr Graham Beards	CC BY-SA 4.0; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antibiotic_sensitivity_test.jpg
Gambar 4.8	Kontrol negatif dan kontrol positif	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.9	Quadrat sample	Yohan euano4	CC BY-SA 3.0; diubah: label ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quadrat_sample.JPG
Gambar 4.10	Kuadrat acak dan transek garis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.11	Peta konsep merancang penyelidikan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.12	Rerata ulangan, data menyimpang, dan rentang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.13	Grafik garis dan grafik batang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 4.14	Anatomi grafik yang baik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.15	Peta konsep mengolah dan menafsirkan data	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.16	Alur dari data ke kesimpulan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.17	Korelasi bukan sebab-akibat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.18	Daftar periksa evaluasi metode	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.19	Peta konsep menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Tabel silang sub bab dan soal

Sub bab	Soal
1.1 · Keanekaragaman hayati Indonesia dan ancamannya	Bedah Prediksi A no. 1; Latihan 1.1 no. 1; Latihan 1.1 no. 2; Kuis Bab 1 no. 1; Kuis Bab 1 no. 2; Kuis Bab 1 no. 3; Kuis Bab 1 no. 4; Kuis Bab 1 no. 5; Kuis Bab 1 no. 6; Simulasi 1 no. 1; Simulasi 2 no. 1; Simulasi 3 no. 1; Simulasi 4 no. 1
1.2 · Prinsip klasifikasi dan kunci determinasi	Bedah Prediksi A no. 2; Latihan 1.2 no. 1; Latihan 1.2 no. 2; Kuis Bab 1 no. 7; Kuis Bab 1 no. 8; Kuis Bab 1 no. 9; Kuis Bab 1 no. 10; Kuis Bab 1 no. 11; Simulasi 2 no. 2; Simulasi 4 no. 2
1.3 · Bakteri: struktur, resistensi, dan peranannya	Bedah Prediksi A no. 3; Latihan 1.3 no. 1; Latihan 1.3 no. 2; Latihan 1.3 no. 3; Kuis Bab 1 no. 12; Kuis Bab 1 no. 13; Kuis Bab 1 no. 14; Kuis Bab 1 no. 15; Kuis Bab 1 no. 16; Kuis Bab 1 no. 17; Kuis Bab 1 no. 18; Simulasi 1 no. 3; Simulasi 2 no. 3; Simulasi 3 no. 2; Simulasi 4 no. 3
1.4 · Ekosistem: komponen, interaksi, dan pelestarian	Bedah Prediksi A no. 4; Latihan 1.4 no. 1; Latihan 1.4 no. 2; Latihan 1.4 no. 3; Latihan 1.4 no. 4; Kuis Bab 1 no. 19; Kuis Bab 1 no. 20; Kuis Bab 1 no. 21; Kuis Bab 1 no. 22; Kuis Bab 1 no. 23; Kuis Bab 1 no. 24; Kuis Bab 1 no. 25; Simulasi 1 no. 2; Simulasi 1 no. 6; Simulasi 1 no. 7; Simulasi 2 no. 4; Simulasi 2 no. 5; Simulasi 3 no. 3; Simulasi 3 no. 4; Simulasi 3 no. 5; Simulasi 4 no. 4; Simulasi 4 no. 5
2.1 · Organel metabolisme dan kerja enzim	Bedah Prediksi A no. 6; Latihan 2.1 no. 1; Latihan 2.1 no. 2; Latihan 2.1 no. 3; Kuis Bab 2 no. 1; Kuis Bab 2 no. 2; Kuis Bab 2 no. 3; Kuis Bab 2 no. 4; Kuis Bab 2 no. 5; Kuis Bab 2 no. 6; Kuis Bab 2 no. 7; Kuis Bab 2 no. 8; Simulasi 1 no. 4; Simulasi 2 no. 6; Simulasi 3 no. 6; Simulasi 4 no. 6

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab	Soal
2.2 · Respirasi seluler dan fermentasi	Bedah Prediksi A no. 8; Latihan 2.2 no. 1; Latihan 2.2 no. 2; Latihan 2.2 no. 3; Kuis Bab 2 no. 9; Kuis Bab 2 no. 10; Kuis Bab 2 no. 11; Kuis Bab 2 no. 12; Kuis Bab 2 no. 13; Kuis Bab 2 no. 14; Kuis Bab 2 no. 15; Kuis Bab 2 no. 16; Kuis Bab 2 no. 17; Simulasi 1 no. 5; Simulasi 1 no. 12; Simulasi 2 no. 7; Simulasi 2 no. 8; Simulasi 3 no. 7; Simulasi 3 no. 8; Simulasi 4 no. 7; Simulasi 4 no. 8
2.3 · Fotosintesis dan kemosintesis	Bedah Prediksi A no. 9; Latihan 2.3 no. 1; Latihan 2.3 no. 2; Latihan 2.3 no. 3; Kuis Bab 2 no. 18; Kuis Bab 2 no. 19; Kuis Bab 2 no. 20; Kuis Bab 2 no. 21; Kuis Bab 2 no. 22; Kuis Bab 2 no. 23; Kuis Bab 2 no. 24; Kuis Bab 2 no. 25; Simulasi 1 no. 15; Simulasi 2 no. 9; Simulasi 3 no. 9; Simulasi 4 no. 9
3.1 · Sistem sirkulasi	Bedah Prediksi A no. 10; Latihan 3.1 no. 1; Latihan 3.1 no. 2; Latihan 3.1 no. 3; Latihan 3.1 no. 4; Latihan 3.1 no. 5; Kuis Bab 3 no. 1; Kuis Bab 3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 3; Kuis Bab 3 no. 4; Kuis Bab 3 no. 5; Simulasi 1 no. 8; Simulasi 1 no. 9; Simulasi 1 no. 13; Simulasi 2 no. 10; Simulasi 2 no. 11; Simulasi 3 no. 10; Simulasi 3 no. 11; Simulasi 4 no. 10; Simulasi 4 no. 11
3.2 · Sistem respirasi	Bedah Prediksi A no. 12; Latihan 3.2 no. 1; Latihan 3.2 no. 2; Latihan 3.2 no. 3; Kuis Bab 3 no. 6; Kuis Bab 3 no. 7; Kuis Bab 3 no. 8; Simulasi 1 no. 11; Simulasi 2 no. 12; Simulasi 3 no. 12; Simulasi 4 no. 12
3.3 · Sistem ekskresi dan homeostasis	Bedah Prediksi A no. 14; Latihan 3.3 no. 1; Latihan 3.3 no. 2; Latihan 3.3 no. 3; Kuis Bab 3 no. 9; Kuis Bab 3 no. 10; Kuis Bab 3 no. 11; Simulasi 1 no. 17; Simulasi 2 no. 13; Simulasi 3 no. 13; Simulasi 4 no. 13
3.4 · Sistem saraf	Bedah Prediksi A no. 14; Latihan 3.4 no. 1; Latihan 3.4 no. 2; Latihan 3.4 no. 3; Latihan 3.4 no. 4; Kuis Bab 3 no. 12; Kuis Bab 3 no. 13; Kuis Bab 3 no. 14; Simulasi 1 no. 14; Simulasi 1 no. 22; Simulasi 2 no. 14; Simulasi 2 no. 15; Simulasi 3 no. 14; Simulasi 3 no. 15; Simulasi 4 no. 14; Simulasi 4 no. 15
3.5 · Sistem hormon	Bedah Prediksi A no. 16; Latihan 3.5 no. 1; Latihan 3.5 no. 2; Latihan 3.5 no. 3; Latihan 3.5 no. 4; Latihan 3.5 no. 5; Kuis Bab 3 no. 15; Kuis Bab 3 no. 16; Kuis Bab 3 no. 17; Kuis Bab 3 no. 18; Simulasi 1 no. 10; Simulasi 1 no. 16; Simulasi 2 no. 16; Simulasi 2 no. 17; Simulasi 3 no. 16; Simulasi 3 no. 17; Simulasi 4 no. 16; Simulasi 4 no. 17
3.6 · Sistem imun	Bedah Prediksi A no. 18; Latihan 3.6 no. 1; Latihan 3.6 no. 2; Latihan 3.6 no. 3; Latihan 3.6 no. 4; Kuis Bab 3 no. 19; Kuis Bab 3 no. 20; Kuis Bab 3 no. 21; Kuis Bab 3 no. 22; Simulasi 1 no. 19; Simulasi 1 no. 21; Simulasi 2 no. 18; Simulasi 2 no. 19; Simulasi 3 no. 18; Simulasi 3 no. 19; Simulasi 4 no. 18; Simulasi 4 no. 19
3.7 · Sistem reproduksi	Bedah Prediksi A no. 21; Latihan 3.7 no. 1; Latihan 3.7 no. 2; Latihan 3.7 no. 3; Latihan 3.7 no. 4; Latihan 3.7 no. 5; Kuis Bab 3 no. 23; Kuis Bab 3 no. 24; Kuis Bab 3 no. 25; Simulasi 1 no. 18; Simulasi 1 no. 20; Simulasi 2 no. 20; Simulasi 2 no. 21; Simulasi 3 no. 20; Simulasi 3 no. 21; Simulasi 4 no. 20; Simulasi 4 no. 21

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab	Soal
4.1 · Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis	Bedah Prediksi A no. 22; Latihan 4.1 no. 1; Latihan 4.1 no. 2; Kuis Bab 4 no. 1; Kuis Bab 4 no. 2; Kuis Bab 4 no. 3; Kuis Bab 4 no. 4; Kuis Bab 4 no. 5; Kuis Bab 4 no. 6; Kuis Bab 4 no. 7; Simulasi 1 no. 23; Simulasi 1 no. 26; Simulasi 2 no. 22; Simulasi 3 no. 22; Simulasi 4 no. 22
4.2 · Merancang penyelidikan	Bedah Prediksi A no. 23; Latihan 4.2 no. 1; Latihan 4.2 no. 2; Kuis Bab 4 no. 8; Kuis Bab 4 no. 9; Kuis Bab 4 no. 10; Kuis Bab 4 no. 11; Kuis Bab 4 no. 12; Kuis Bab 4 no. 13; Simulasi 1 no. 25; Simulasi 2 no. 23; Simulasi 3 no. 23; Simulasi 4 no. 23
4.3 · Mengolah dan menafsirkan data	Bedah Prediksi A no. 24; Latihan 4.3 no. 1; Latihan 4.3 no. 2; Kuis Bab 4 no. 14; Kuis Bab 4 no. 15; Kuis Bab 4 no. 16; Kuis Bab 4 no. 17; Kuis Bab 4 no. 18; Kuis Bab 4 no. 19; Kuis Bab 4 no. 20; Simulasi 1 no. 24; Simulasi 2 no. 24; Simulasi 3 no. 24; Simulasi 4 no. 24
4.4 · Menarik kesimpulan dan mengevaluasi metode	Bedah Prediksi A no. 25; Latihan 4.4 no. 1; Latihan 4.4 no. 2; Latihan 4.4 no. 3; Kuis Bab 4 no. 21; Kuis Bab 4 no. 22; Kuis Bab 4 no. 23; Kuis Bab 4 no. 24; Kuis Bab 4 no. 25; Simulasi 1 no. 27; Simulasi 2 no. 25; Simulasi 3 no. 25; Simulasi 4 no. 25

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

NEXT LEVEL STUDY INDONESIA

Era Baru Pendidikan

TKA Biologi

Tetaplah menari, sekalipun lagu pengiringmu telah hilang. Sebab di luar sana, selalu ada seseorang yang menemukan bahagianya karena kamu tidak berhenti melangkah.

— HANDAKA LUMU

Buku ini menjelaskan secara rinci apa saja yang perlu kamu persiapkan untuk TKA Biologi: materi yang diuji, strategi menjawab, dan latihan yang terarah.

Belajar lebih jauh di LMS NLS

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-bio

GRATIS · TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

BIO · Edisi 1 · Gratis untuk pelajar Indonesia · 2026/2027