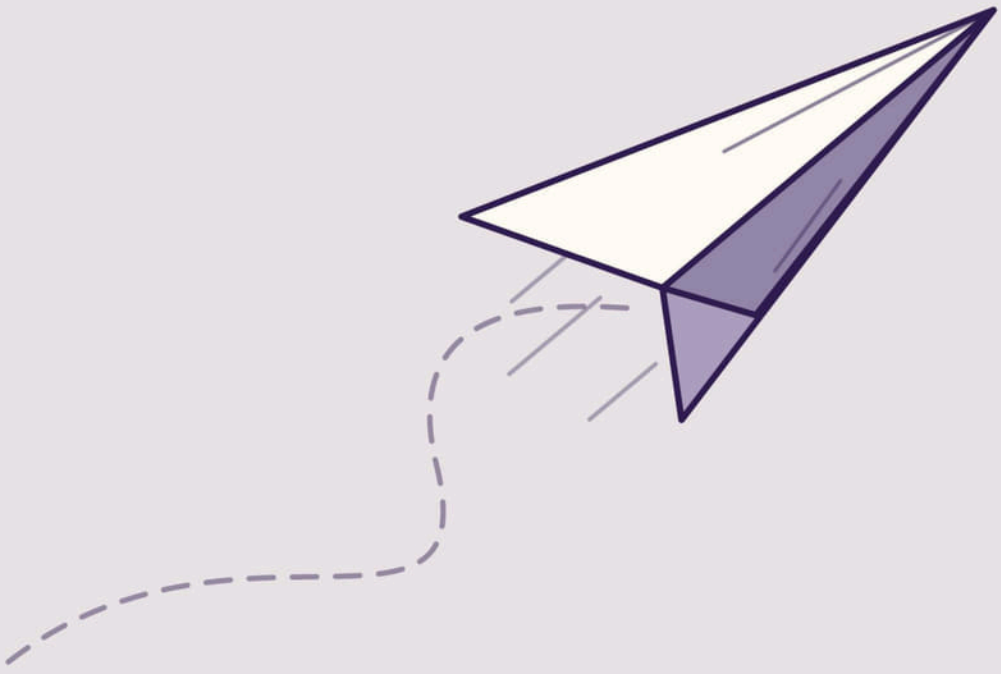
SERI PERSIAPAN TKA SMA

TKA SMA

FISIKA

Materi, Strategi, dan Simulasi



Handaka Lumu

by Next Level Study Indonesia

2026/2027 · FIS

TKA FISIKA

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 Fisika: 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 FIS

© 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 Asli TKA SMA 2025 Fisika (Pusmendik Kemendikdasmen), disalin ulang tanpa perubahan isi; 24 soal yang tersedia (satu soal tidak terekam). Persentase siswa menjawab benar dari dokumen soal asli yang memuat indikator resmi.

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

Kata Pengantar

Untukmu yang sedang bersiap,

Fisika sering dianggap pelajaran rumus. Padahal soal TKA Fisika jarang bertanya "rumus apa yang kamu hafal". Soal itu bertanya hal yang lebih sulit: mengapa kursi dokter gigi bisa naik dengan dorongan kecil, mengapa sayap burung mampu mengangkat tubuhnya, atau strategi apa yang harus dipilih kapal agar tiba tepat waktu melawan arus. Pada TKA 2025, rata-rata soal Fisika hanya dijawab benar oleh sekitar sepertiga peserta. Bila kamu merasa Fisika berat, kamu tidak sendirian. Kabar baiknya, kesalahan para peserta itu berpola, dan pola itu bisa dipelajari.

Buku ini disusun untuk menemanimu memahami pola tersebut. Setiap sub bab berawal dari apa yang benar-benar diuji menurut kisi-kisi resmi. Konsepnya dijelaskan dari dasar, rumusnya diturunkan atau diberi alasan, lalu dipakai dalam contoh yang dikerjakan langkah demi langkah. Soal asli TKA 2025 dibedah, termasuk alasan mengapa begitu banyak peserta keliru. Di akhir setiap bab ada kuis yang ukurannya sama dengan ujian sesungguhnya, dan di akhir buku ada simulasi TKA berwaktu. Semua soal dilengkapi kunci dan pembahasan.

Kami tidak menjanjikan nilai tertentu. Yang kami janjikan adalah kejujuran: penjelasan yang selengkap kami mampu, tanpa menyembunyikan bagian yang sulit. Selebihnya ada di tanganmu. Gambarlah sketsa sebelum menghitung. Kerjakan latihan sebelum membaca kunci. Ulangi sub bab yang skornya masih rendah. Bila ingin berlatih secara interaktif, pindai kode QR di setiap bab untuk membuka latihan yang sama di LMS Next Level Study.

Belajarlah dengan sungguh-sungguh. Setiap hukum alam yang akhirnya kamu pahami adalah janji kecil yang kamu tepati kepada dirimu sendiri. Setiap malam yang kamu pakai untuk berlatih adalah baktimu kepada orang tua dan guru yang menantimu berhasil. Kelak, ilmu itu akan kamu abdikan untuk membangun jembatan, menyalakan listrik di desa, atau menjaga bumi tetap layak dihuni. Curahkan jiwa dan ragamu pada proses ini. Langkah yang tekun jarang berakhir sia-sia.

Selamat belajar. Kami 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 6 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

FIS-1.2 = sub bab 1.2; FIS-KB1 = kuis akhir bab 1; FIS-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-fis

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 Fisika 1
Bagian B · Materi 7
Bab 1 · Kinematika 7
Sub bab 1.1 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting 8
Sub bab 1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data 25
Sub bab 1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif 39
Sub bab 1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal 51
Sub bab 1.5 · Gerak parabola 68
Sub bab 1.6 · Gerak melingkar beraturan 80
Kuis Akhir Bab 1 93
Bab 2 · Dinamika 112
Sub bab 2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya 113
Sub bab 2.2 · Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol 128
Sub bab 2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan 139
Sub bab 2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan 151
Kuis Akhir Bab 2 164
Bab 3 · Fluida 181
Sub bab 3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal 182
Sub bab 3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam 194
Sub bab 3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli 208
Kuis Akhir Bab 3 221
Bab 4 · Gelombang, Bunyi, dan Cahaya 240
Sub bab 4.1 · Gelombang mekanik dan sifat bunyi 241
Sub bab 4.2 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi 252
Sub bab 4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa 264
Sub bab 4.4 · Alat optik 279
Kuis Akhir Bab 4 294
Bab 5 · Kalor dan Termodinamika 308
Sub bab 5.1 · Kalor dan perpindahannya 309
Sub bab 5.2 · Pemanasan global 320
Sub bab 5.3 · Gas ideal 332
Sub bab 5.4 · Termodinamika dan mesin kalor 344
Kuis Akhir Bab 5 357
Bab 6 · Kelistrikan 374
Sub bab 6.1 · Listrik statis 375
Sub bab 6.2 · Rangkaian arus searah 388
Sub bab 6.3 · Energi dan daya listrik 402
Kuis Akhir Bab 6 413

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

Bagian C · Simulasi TKA 430
Simulasi 1 — Soal Asli TKA 2025 431
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026 450
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026 468
Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026 489
Bagian D · Kunci dan Pembahasan 509
Penutup 597
Lampiran 598

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Bagian A · Mengenal TKA Fisika

1. Apa itu TKA Fisika

Tes Kemampuan Akademik (TKA) diselenggarakan oleh Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik) Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. Di jenjang SMA/MA/SMK/MAK, peserta mengerjakan mata pelajaran wajib dan mata pelajaran pilihan. **Fisika adalah salah satu mata pelajaran pilihan.**

Menurut kerangka resmi Pusmendik, TKA Fisika mengukur **pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, dan penerapan prinsip fisika** dalam konteks sehari-hari. Selain itu, TKA Fisika juga mengukur **keterampilan proses sains** secara terpadu: merumuskan masalah, menentukan variabel, menilai prosedur percobaan, serta mengolah data menjadi kesimpulan. Konteks soalnya diambil dari fenomena alam, makhluk hidup, teknologi, dan percobaan.

Ketentuan teknis seperti jadwal, cara pendaftaran, dan pemanfaatan hasil TKA dapat berubah setiap tahun. Selalu ikuti pengumuman resmi Pusmendik dan sekolahmu. Buku ini memakai data yang sudah pasti: kisi-kisi resmi dan soal asli TKA 2025.

Jumlah soal dan waktu. Halaman kisi-kisi Pusmendik tidak mencantumkan jumlah soal dan waktu. Indikator soal asli TKA Fisika 2025 bernomor 1 sampai 25, jadi satu paket berisi **25 soal**. Satu soal (indikator nomor 6) tidak terekam dalam dokumen yang kami miliki, sehingga paket Soal Asli di buku ini berisi 24 soal. Jadwal TKA 2025 yang dimuat media memberikan waktu **60 menit** untuk setiap mata pelajaran pilihan. Jadi rata-rata kamu punya **2,4 menit per soal**. Semua kuis bab dan simulasi TKA di buku ini memakai ukuran itu: 25 soal dalam 60 menit (Simulasi 1: 24 soal dalam 58 menit).

2. Empat kompetensi dan tiga level berpikir

Kerangka resmi menyebut empat kompetensi yang diukur:

Kompetensi	Artinya dalam soal	Contoh di soal asli 2025
Pemahaman konsep	menjelaskan peristiwa dengan konsep yang tepat	penumpang terdorong ke depan saat mobil mengerem (SA-7)
Penerapan prinsip fisika	memakai rumus pada situasi nyata, dari hitungan sederhana sampai berantai	gaya terkecil pada kursi hidrolik dokter gigi (SA-11)
Analisis dan evaluasi fenomena	menilai faktor yang berpengaruh, memilih strategi, menimbang alasan	strategi kapal melawan arus agar tiba tepat waktu (SA-2)
Keterampilan proses sains	variabel, prosedur, data, dan kesimpulan percobaan	variabel bebas, terikat, dan kontrol percobaan konduksi kalor (SA-17)

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

Soal disusun pada tiga level kognitif:

Level	Nama	Yang dilakukan
1	Pemahaman	mengingat dan menjelaskan hubungan dasar, mengelompokkan
2	Penerapan	memilih konsep yang cocok lalu memakainya, dari hitungan sederhana sampai kompleks
3	Analisis dan evaluasi	menelaah faktor yang memengaruhi suatu peristiwa, menyusun argumen, menilai kebenaran suatu prinsip

Menurut analisis tim NLS, tidak ada soal asli 2025 yang cukup dijawab dengan hafalan. Sebagian besar berada di level penerapan, dan sekitar sepertiganya di level analisis dan evaluasi. Hafal rumus saja tidak cukup. Kamu harus tahu **kapan** sebuah rumus berlaku dan **apa arti** hasilnya.

3. Bentuk soal dan cara menjawabnya

TKA memakai tiga bentuk soal. Dari 24 soal asli 2025 yang tersedia: **20 pilihan ganda, 3 pilihan ganda kompleks, dan 1 pilihan ganda kompleks kategori.** Perbandingan ini bisa berubah. Pada 20 contoh soal di halaman kisi-kisi resmi, bentuk PG kompleks dan kategori justru lebih banyak daripada PG biasa. Karena itu buku ini melatih ketiga bentuk secara seimbang.

3.1 Pilihan ganda (PG)

Ada lima pilihan (A–E) dan **tepat satu** yang benar.

Cara menjawab: hitung atau nalar dulu tanpa melihat pilihan, lalu cocokkan. Pengecoh PG Fisika hampir selalu berupa **hasil dari satu kesalahan yang masuk akal**: satuan tidak diubah, arah tidak diperhatikan, diameter dipakai sebagai jari-jari, atau rumus dipakai di luar syaratnya.

Contoh singkat. "Mobil melaju 72 km/jam. Berapa jarak yang ditempuhnya dalam 5 s?" Ubah dulu 72 km/jam $= 20$ m/s, lalu $s = 20 \times 5 = 100$ m. Pengecoh yang mungkin dipasang: 360 m (72 × 5 tanpa mengubah satuan) dan 1.296 m (72 dikali 3,6, bukan dibagi).

3.2 Pilihan ganda kompleks (PGK, "jawaban benar lebih dari satu")

Ada lima pernyataan, dan **lebih dari satu** yang benar. Kamu harus memilih **semua** yang benar.

Cara menjawab: perlakukan setiap pernyataan sebagai soal Benar/Salah yang berdiri sendiri, dan beri tanda ✓ atau ✗ beserta alasan singkat. Jangan berhenti setelah menemukan dua yang benar. Soal asli tentang sayap burung (SA-13) adalah PGK dengan persentase benar terendah di seluruh paket, yaitu 11,70 %. Banyak peserta memilih pernyataan yang "terdengar ilmiah" tanpa menguji arah hubungan kelajuan dan tekanan.

3.3 Pilihan ganda kompleks kategori (Benar/Salah, Tepat/Tidak Tepat)

Ada beberapa pernyataan (biasanya tiga), dan **setiap** pernyataan dinilai dengan dua kategori. Kategorinya tidak selalu "Benar/Salah". Pada soal asli tentang siswi yang mengalami rabun dekat (SA-16), kategorinya "Tepat/Tidak Tepat" untuk menilai strategi.

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

Cara menjawab: baca dulu **arti kategorinya**. "Tepat" pada SA-16 berarti strategi itu benar-benar membantu masalah yang disebut di soal, bukan sekadar pernyataan yang benar secara umum. Lalu nilai setiap pernyataan secara terpisah, dengan hitungan atau alasan fisika.

4. Peta kisi-kisi dan isi buku

Kisi-kisi resmi Pusmendik membagi materi ke dalam enam elemen. Buku ini mengikutinya: **satu elemen = satu bab.** Keterampilan proses sains tidak punya elemen sendiri karena diukur secara terpadu. Di buku ini ia dibahas sekali di awal (sub bab 1.2), lalu dilatih di setiap kuis bab.

Elemen kisi-kisi	Sub-elemen resmi	Sub bab di buku ini	Soal asli 2025
Kinematika	Pengukuran; Gerak Lurus; Gerak Lengkung	1.1 Pengukuran dan angka penting · 1.2 Keterampilan proses sains · 1.3 Konsep gerak dan gerak relatif · 1.4 GLB, GLBB, dan grafik · 1.5 Gerak parabola · 1.6 Gerak melingkar beraturan	6
Dinamika	Hukum Newton; Momentum dan Impuls; Dinamika Rotasi	2.1 Hukum Newton dan jenis gaya · 2.2 Bidang datar, bidang miring, katrol · 2.3 Momentum dan impuls · 2.4 Dinamika rotasi	4
Fluida	Fluida Statis dan Dinamis	3.1 Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal · 3.2 Hukum Archimedes · 3.3 Kontinuitas dan Bernoulli	3
Gelombang	Bunyi; Cahaya	4.1 Gelombang dan sifat bunyi · 4.2 Sumber bunyi dan intensitas · 4.3 Sifat cahaya, cermin, dan lensa · 4.4 Alat optik	3
Kalor dan Termodinamika	Kalor dan Perpindahannya; Pemanasan Global; Gas Ideal; Termodinamika	5.1 Kalor dan perpindahannya · 5.2 Pemanasan global · 5.3 Gas ideal · 5.4 Termodinamika dan mesin kalor	5 (2 di antaranya soal keterampilan proses sains)
Kelistrikan	Listrik Statis; Rangkaian Arus Searah	6.1 Listrik statis · 6.2 Rangkaian arus searah · 6.3 Energi dan daya listrik	3

Perhatikan dua hal. Pertama, **Kinematika paling besar porsinya** (6 dari 24 soal asli), disusul Kalor dan Termodinamika (5). Kedua, ada materi yang tercantum di kisi-kisi tetapi **tidak muncul** di soal asli 2025, misalnya gerak melingkar beraturan, bidang miring dan katrol, cermin dan lensa, Asas Black, dan hukum Coulomb. Buku ini tetap membahasnya karena kisi-kisi adalah acuan resmi, dan 20 contoh soal di halaman kisi-kisi memuat beberapa di antaranya.

Kisi-kisi juga memberi **batasan** yang penting. Gerak parabola dibatasi pada acuan bidang horizontal. Gerak melingkar dibatasi pada gerak melingkar beraturan. Alat ukur yang diuji adalah jangka sorong, mikrometer sekrup, dan neraca tiga lengan. Rangkaian arus searah

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

dibatasi sampai rangkaian campuran seri-paralel dan daya. Pemanasan global berfokus pada efek rumah kaca.

5. Ciri soal TKA Fisika

1. **Berkonteks dan berstrategi.** Hampir semua soal asli 2025 berangkat dari cerita: wadah manik-manik dari karton, kapal melawan arus, roket air, lemparan basket, kursi dokter gigi, kapal selam, pipa PVC berisi air, printer, tagihan listrik keluarga. Beberapa soal tidak menanyakan angka, tetapi **strategi**: kecepatan berapa yang harus dipilih kapal, rangkaian mana yang harus diubah, atau keputusan hemat listrik mana yang memenuhi syarat.
2. **Bergambar.** 17 dari 24 soal asli memuat gambar: skala alat ukur, grafik kecepatan–waktu, diagram arah, rangkaian listrik, atau tabel data. Informasi penting sering hanya ada di gambar, misalnya jari-jari roda atau besar muatan.
3. **Konsep lebih penting daripada hitungan panjang.** Hitungannya umumnya pendek, tetapi kamu harus memilih rumus yang benar dan memeriksa syaratnya. Contohnya, titik potong grafik kecepatan–waktu **bukan** tempat dua benda bertemu (SA-3).
4. **Keterampilan proses sains.** Ada soal yang memberi rancangan percobaan, lalu meminta variabelnya (SA-17) atau kelemahannya (SA-18). Tidak ada rumus yang bisa dipakai, sehingga kamu harus memahami logika percobaan.
5. **Pengecoh dari miskonsepsi.** Banyak pengecoh berupa gagasan yang "terasa benar": kelajuan udara besar dianggap bertekanan besar, gaya dianggap masih bekerja setelah dilepas, fatamorgana dianggap pantulan. Setiap sub bab buku ini memuat tabel **Jebakan khas** untuk melatihmu mengenalinya.

6. Tingkat kesulitan nasional soal asli 2025

Tabel berikut mengurutkan ke-24 soal asli dari yang **paling sedikit** dijawab benar. Persentase diambil dari dokumen soal asli yang memuat indikator resmi dan persentase siswa yang menjawab benar. Rata-ratanya hanya sekitar **30 %**. Sepuluh soal dijawab benar oleh kurang dari seperempat peserta.

Soal	Yang diuji	Menjawab benar	Dibahas di sub bab
SA-13	Menjelaskan gaya angkat sayap burung (Bernoulli)	11,70 %	3.3
SA-8	Kecepatan dan gerak perahu setelah didorong arus (hukum Newton)	18,63 %	2.1
SA-1	Membaca mikrometer sekrup dan diameter dalam wadah	18,66 %	1.1
SA-3	Menafsirkan grafik kecepatan–waktu dua mobil	20,42 %	1.4
SA-12	Perubahan volume tangki ballast kapal selam (Archimedes)	21,52 %	3.2
SA-22	Titik bermedan listrik nol di antara dua muatan	21,66 %	6.1
SA-14	Frekuensi nada dasar kolom udara pipa PVC	22,63 %	4.2
SA-19	Tekanan akhir gas ideal	22,99 %	5.3

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

SA-10	Percepatan sudut kunci pas (torsi dan momen inersia)	23,10 %	2.4
SA-4	Jarak saat mobil menyusul (luas grafik kecepatan–waktu)	23,75 %	1.4
SA-23	Memodifikasi rangkaian agar arusnya sama	26,62 %	6.2
SA-20	Kebutuhan kalor setelah efisiensi mesin naik	26,64 %	5.4
SA-2	Strategi kapal melawan arus (gerak relatif)	29,58 %	1.3
SA-11	Gaya pada kursi hidrolik dokter gigi (Pascal)	30,28 %	3.1
SA-17	Variabel percobaan konduksi kalor	31,67 %	1.2
SA-6	Lemparan basket dengan kecepatan berbeda (parabola)	32,83 %	1.5
SA-21	Penyebab kenaikan suhu kota (pemanasan global)	33,05 %	5.2
SA-15	Penjelasan fatamorgana	39,94 %	4.3
SA-5	Selisih ketinggian dua roket air	41,89 %	1.4
SA-7	Fenomena dengan hukum Newton yang sama	41,95 %	2.1
SA-24	Keputusan hemat listrik dari data tagihan	42,54 %	6.3
SA-9	Penjelasan karateka memecahkan batu bata (impuls)	46,08 %	2.3
SA-18	Kelemahan rancangan percobaan konduksi kalor	47,88 %	1.2
SA-16	Strategi untuk siswi rabun dekat (alat optik)	51,35 %	4.4

Nomor SA mengikuti dokumen soal asli. Di Simulasi 1, urutan soalnya bisa berbeda.

Cara membaca tabel ini. Persentase rendah tidak berarti materinya asing. Membaca mikrometer (SA-1) adalah materi kelas X, tetapi kurang dari seperlima peserta yang benar. Soal-soal terendah punya pola yang sama: **satu langkah kecil yang terlewat** (dinding wadah ada di dua sisi, garis setengah milimeter tidak dibaca) atau **miskonsepsi yang kuat** (kelajuan besar dianggap bertekanan besar, titik potong grafik dianggap tempat bertemu). Sub bab yang memuat soal-soal ini ditandai sebagai prioritas dan dibahas lebih panjang.

7. Strategi waktu: 25 soal dalam 60 menit

1. **Putaran pertama (±35 menit):** kerjakan soal yang langsung kamu kenali caranya. Bila setelah sekitar 3 menit belum menemukan jalan, tandai dan lewati.
2. **Putaran kedua (±20 menit):** kembali ke soal yang ditandai. Untuk PGK dan kategori, nilai pernyataan satu per satu. Pernyataan yang bisa kamu pastikan tetap bernilai, jadi jangan dibiarkan kosong semuanya.
3. **Lima menit terakhir:** periksa soal yang jawabannya bergantung pada **satuan** (km/jam dan m/s, cm dan m, °C dan K), **arah** (searah atau berlawanan), dan **jari-jari atau diameter**.
4. **Gambarlah sketsa.** Diagram arah kecepatan, diagram gaya, atau sketsa grafik membuat kesalahan tanda dan arah cepat terlihat.

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

5. **Periksa jawaban dengan akal sehat.** Kelajuan sepeda 80 m/s atau kapal selam bermassa 2 kg pasti salah hitung. Kebiasaan menilai "masuk akal atau tidak" menyelamatkan banyak soal.

8. Cara memakai buku ini untuk Fisika

- **Kerjakan berurutan.** Bab 1 (gerak) menjadi dasar Bab 2 (penyebab gerak). Vektor dan gerak relatif dari 1.3 dipakai lagi di 2.1. Grafik dan luas di bawah grafik dari 1.4 dipakai lagi untuk impuls (2.3) dan usaha gas (5.4). Sub bab 1.2 tentang percobaan berguna di semua bab.
- **Di setiap sub bab:** baca *Apa yang diuji* → pelajari *Konsep, rumus, dan contoh* sambil menulis ulang contohnya tanpa melihat → baca *Strategi dan jebakan* → coba soal di *Bedah soal* **sebelum** membaca pembahasannya → kerjakan *Latihan* → cocokkan kunci singkat → jawab *Periksa diri*.
- **Kuis akhir bab** dikerjakan dalam 60 menit tanpa melihat materi. Pakai tabel skor di bawah kuis untuk menemukan sub bab yang perlu diulang.
- **Simulasi TKA** dikerjakan setelah keenam bab selesai, satu paket sekali duduk, dengan waktu sesuai petunjuk.
- **Bagian D** memuat pembahasan lengkap setiap soal: konsep, langkah, analisis setiap pilihan, dan jebakannya. Baca pembahasan untuk soal yang **benar** juga. Kadang kamu benar dengan alasan yang keliru.

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

Bagian B · Materi

Bagian ini memuat 6 bab. Tiap bab diakhiri kuis; kerjakan berurutan.

Bab 1 · Kinematika

FIS-B1

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- membaca alat ukur presisi dan melaporkan hasil ukur dengan angka penting
- merancang, menilai, dan mengolah data percobaan sederhana
- membedakan jarak–perpindahan dan kelajuan–kecepatan, termasuk gerak relatif
- membaca grafik gerak dan menyelesaikan masalah GLB, GLBB, dan gerak vertikal
- menganalisis gerak parabola dan gerak melingkar beraturan dalam peristiwa sehari-hari

Peta bab

Sub bab	Judul
1.1	Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting
1.2	Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data
1.3	Konsep gerak dan gerak relatif
1.4	GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal
1.5	Gerak parabola
1.6	Gerak melingkar beraturan

Bab 1 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

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

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

Sub bab 1.1 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting

FIS-1.1

◎ APA YANG DIUJI

Di TKA, pengukuran tidak ditanyakan sebagai "sebutkan ketelitian jangka sorong". Kamu diberi **gambar skala** alat ukur, lalu diminta membaca hasilnya dan **memakainya** untuk mengambil keputusan: apakah sebuah benda muat, berapa ketebalan, atau bagaimana hasil hitungan dilaporkan dengan angka penting yang benar.

Kisi-kisi resmi untuk sub bab ini: *mengevaluasi hasil pengukuran suatu besaran menggunakan alat ukur yang tepat, lalu menuliskannya sesuai kaidah angka penting*. Alat ukur yang diuji adalah **jangka sorong, mikrometer sekrup, dan neraca tiga lengan**.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-1	Menganalisis hasil pembacaan pengukuran besaran panjang menggunakan salah satu alat ukur panjang	18,66 %

Angka 18,66 % berarti kurang dari 1 dari 5 peserta yang benar. Padahal alat ukurnya dikenal sejak kelas X. Kesalahannya ada pada dua langkah kecil: **garis setengah milimeter** pada mikrometer yang tidak dibaca, dan **dinding wadah yang ada di dua sisi**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membaca jangka sorong (ketelitian 0,1 mm dan 0,05 mm), mikrometer sekrup, dan neraca tiga lengan dari gambar skala;
- mengoreksi hasil ukur yang memiliki kesalahan titik nol;
- menghitung besaran turunan dari hasil ukur (diameter dalam, ketebalan, volume, massa jenis) dan melaporkannya dengan angka penting yang benar;
- menilai keandalan data pengukuran (akurasi, presisi, kesalahan acak dan sistematis).

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Semua ilmu fisika berawal dari mengukur. Tukang bubut di bengkel memeriksa diameter poros sampai seperseratus milimeter agar bantalan (*bearing*) pas. Petugas laboratorium sekolah menimbang bahan percobaan sampai sepersepuluh gram. Dokter gigi memilih ukuran kawat behel berdasarkan tebalnya. Dalam setiap kegiatan itu ada tiga pertanyaan yang sama: **alat apa yang cocok**, **bagaimana membaca skalanya dengan benar**, dan **seberapa yakin kita pada angka yang diperoleh**. Sub bab ini menjawab ketiga pertanyaan tersebut.

1. Besaran, satuan, dan skala terkecil

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka dan satuan, misalnya

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

panjang 26,7 mm atau massa 243,6 g. Tujuh **besaran pokok** dalam Sistem Internasional (SI) adalah panjang (meter), massa (kilogram), waktu (sekon), kuat arus listrik (ampere), suhu (kelvin), jumlah zat (mol), dan intensitas cahaya (kandela). Besaran lain, seperti luas, volume, kecepatan, dan massa jenis, disebut **besaran turunan** karena dihitung dari besaran pokok. Contohnya, massa jenis $\rho = \frac{m}{V}$ diturunkan dari massa dan panjang (volume).

Setiap alat ukur memiliki **ketelitian** (skala terkecil), yaitu perubahan terkecil yang masih dapat dibaca alat itu. Mistar biasa mempunyai ketelitian 1 mm, cukup untuk mengukur panjang buku, tetapi terlalu kasar untuk tebal kawat. Untuk membaca lebih halus, jangka sorong dan mikrometer memakai **skala bantu** yang membagi satu skala utama menjadi bagian-bagian kecil.

Alat	Skala utama	Skala bantu	Ketelitian	Cocok untuk
Mistar	1 mm	—	1 mm	panjang meja, buku
Jangka sorong (nonius 10)	1 mm	10 skala nonius sepanjang 9 mm	0,1 mm	diameter pipa, kedalaman lubang
Jangka sorong (nonius 20)	1 mm	20 skala nonius sepanjang 19 mm	0,05 mm	ukuran yang lebih halus
Mikrometer sekrup	0,5 mm (garis atas dan bawah)	50 skala putar per putaran	0,01 mm	tebal kertas, diameter kawat
Neraca tiga lengan	100 g dan 10 g (lengan belakang dan tengah)	lengan depan 0–10 g	0,1 g	massa benda kecil

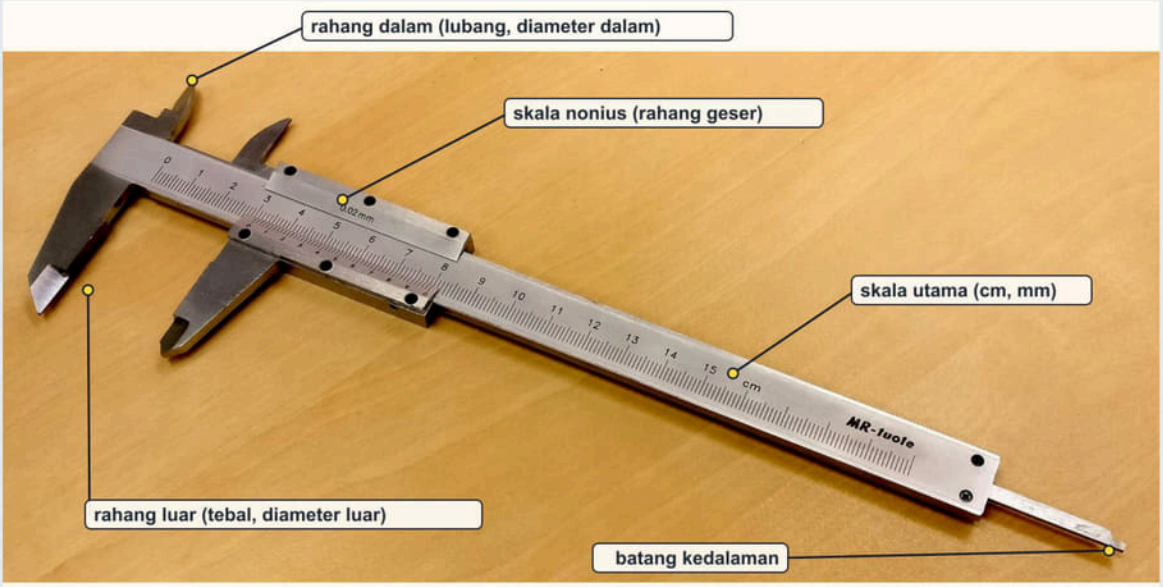
Memilih alat berarti mencocokkan ketelitian dengan kebutuhan. Mengukur tebal selembar kertas (sekitar 0,1 mm) dengan mistar tidak berguna, karena hasilnya selalu "hampir nol". Sebaliknya, mengukur panjang lapangan dengan mikrometer mustahil. Ketelitian juga menentukan **berapa digit** yang boleh kamu tulis. Hasil jangka sorong 0,1 mm ditulis sampai satu angka di belakang koma dalam milimeter (misalnya 26,7 mm). Hasil mikrometer ditulis sampai dua angka di belakang koma (misalnya 1,73 mm).

2. Jangka sorong: bagian dan cara membaca

Jangka sorong (Gambar 1.1) terdiri atas batang berskala utama dan rahang geser yang membawa **skala nonius**. Alat ini mempunyai tiga bagian ukur:

1. **Rahang luar** (rahang besar di bawah) untuk mengukur tebal dan diameter luar, misalnya diameter luar pipa atau kelereng.
2. **Rahang dalam** (rahang kecil di atas) untuk mengukur diameter dalam lubang, misalnya diameter dalam cincin atau gelas.
3. **Batang kedalaman** yang keluar dari ujung batang untuk mengukur kedalaman lubang.

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



Gambar 1.1 Bagian-bagian jangka sorong. Jangka sorong pada foto ini berketelitian 0,02 mm; di sekolah umumnya 0,1 mm atau 0,05 mm. Sumber: foto Santeri Viinamäki, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0 (diubah: label bahasa Indonesia ditambahkan).

Hasil pembacaan jangka sorong:

$$\text{hasil} = \text{skala utama} + (n \times \text{ketelitian})$$

- **Skala utama** adalah garis skala utama yang tepat berada **di kiri angka 0 nonius**.
- n adalah nomor garis nonius yang **tepat segaris** dengan salah satu garis skala utama. Hanya ada satu garis seperti itu.

Mengapa cara ini berhasil? Pada nonius 10 skala, panjang 10 skala nonius adalah 9 mm, jadi satu skala nonius 0,9 mm. Setiap garis nonius "tertinggal" 0,1 mm dari garis skala utama berikutnya. Bila nol nonius bergeser 0,6 mm dari sebuah garis skala utama, garis nonius ke-1 masih tertinggal 0,5 mm, ke-2 tertinggal 0,4 mm, dan seterusnya, sampai garis ke-6 tepat segaris. Jadi nomor garis yang segaris langsung menunjukkan pergeseran dalam satuan 0,1 mm. Pada nonius 20 skala yang panjangnya 19 mm, satu skala nonius 0,95 mm, sehingga ketelitiannya $1 - 0{,}95 = 0{,}05$ mm.

Contoh terselesaikan 1: membaca jangka sorong

Diameter dalam sebuah cincin diukur dengan rahang dalam jangka sorong berketelitian 0,1 mm. Skalanya tampak pada Gambar 1.2. Berapa diameter dalam cincin?

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



Gambar 1.2 Pembacaan jangka sorong berketelitian 0,1 mm: nol nonius berada di kanan garis 32 mm, dan garis nonius ke-6 segaris dengan garis 38 mm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

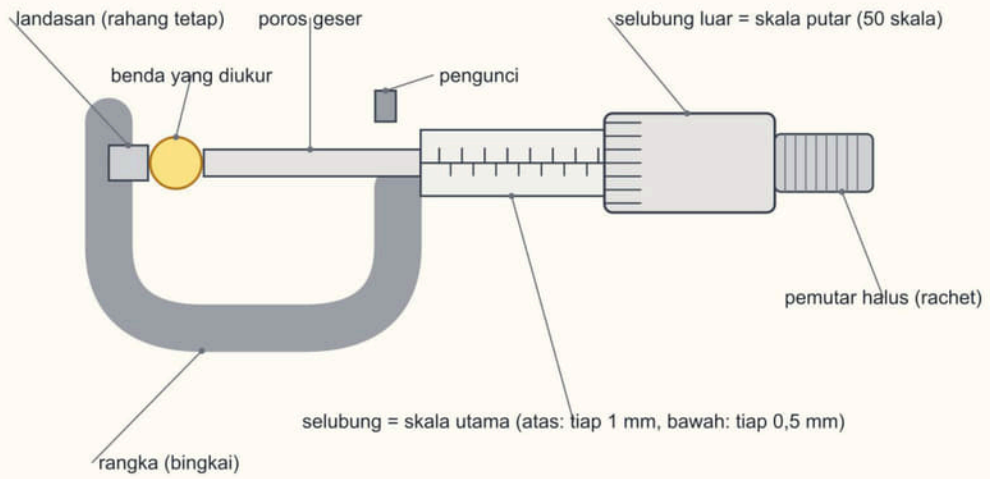
Penyelesaian.

1. Cari nol nonius. Garis skala utama tepat di kirinya adalah 3,2 cm $=$ 32 mm.
2. Cari garis nonius yang segaris. Pada Gambar 1.2, garis ke-6 segaris dengan garis 38 mm skala utama. Nonius $= 6 \times 0{,}1 = 0{,}6$ mm.
3. Hasil $= 32 + 0{,}6 = 32{,}6$ mm $= 3{,}26$ cm.
4. *Cek bacaan:* posisi garis nonius ke-6 $= 32{,}6 + 6 \times 0{,}9 = 38{,}0$ mm. Hasilnya tepat bilangan bulat, berarti garis itu memang jatuh di garis skala utama 38 mm. Bila hasil cek bukan bilangan bulat, bacaanmu keliru.

3. Mikrometer sekrup: bagian dan cara membaca

Mikrometer sekrup (Gambar 1.3) bekerja dengan ulir sekrup yang sangat halus. Benda dijepit di antara **landasan** dan **poros geser**. Poros digerakkan dengan memutar **selubung luar**, dan diakhiri dengan memutar **pemutar halus (rachet)** sampai berbunyi "klik", agar benda tidak tertekan terlalu kuat. Setelah itu **pengunci** dikencangkan supaya skala tidak bergeser saat dibaca.

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



Satu putaran skala putar menggeser poros 0,5 mm, jadi satu skala putar = 0,5 mm : 50 = 0,01 mm.

Gambar 1.3 Bagian-bagian mikrometer sekrup. Satu putaran selubung luar menggeser poros 0,5 mm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Mikrometer memiliki dua skala:

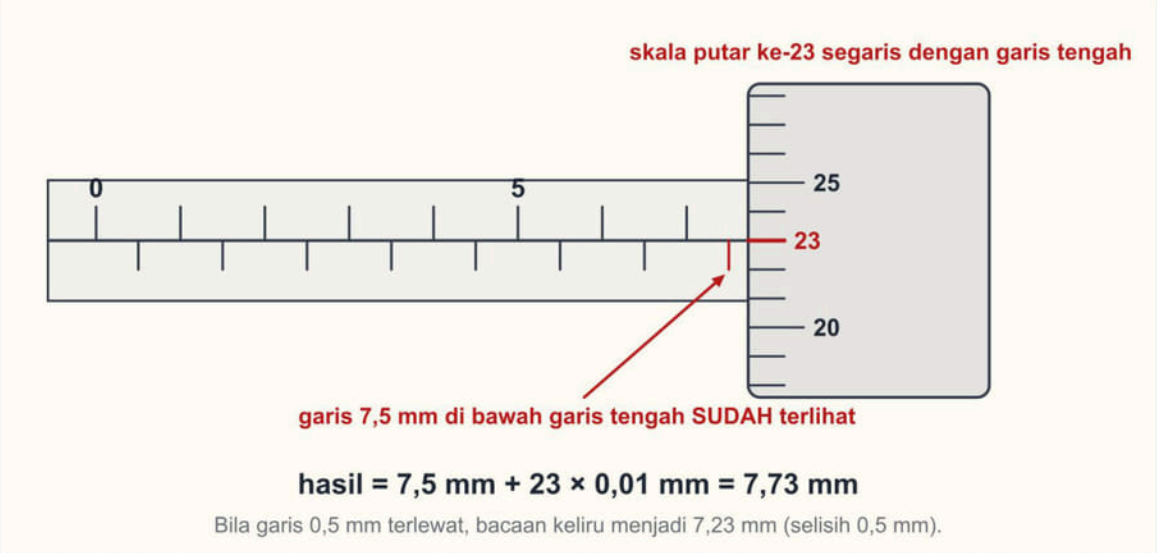
- **Selubung (skala utama)** dengan garis di atas garis tengah untuk setiap 1 mm dan garis di bawahnya untuk setiap setengah milimeter (0,5; 1,5; 2,5; ...).
- **Skala putar** pada selubung luar dengan 50 bagian. Satu putaran penuh menggeser poros 0,5 mm, jadi satu bagian $= \dfrac{0{,}5}{50} = 0{,}01$ mm.

$$\text{hasil} = \text{skala utama} + (n \times 0{,}01 \text{ mm})$$

- **Skala utama** adalah garis terakhir yang terlihat di selubung, **termasuk** garis setengah milimeter di bawah garis tengah.
- n adalah nomor garis skala putar yang segaris dengan garis tengah selubung.

Contoh terselesaikan 2: membaca mikrometer

Seorang teknisi mengukur diameter poros kecil dengan mikrometer. Skalanya tampak pada Gambar 1.4. Berapa diameternya?



Gambar 1.4 Pembacaan mikrometer: garis 7 mm (atas) dan garis 7,5 mm (bawah) sudah terlihat; garis skala putar ke-23 segaris dengan garis tengah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Pada selubung terlihat garis 7 mm di atas garis tengah dan, di bawahnya, garis 7,5 mm. Garis setengah milimeter **sudah terlihat**, jadi skala utama $= 7{,}5$ mm.
2. Garis skala putar yang segaris dengan garis tengah adalah garis ke-23: $23 \times 0{,}01 = 0{,}23$ mm.
3. Hasil $= 7{,}5 + 0{,}23 = 7{,}73$ mm.

Bila garis 7,5 mm terlewat, kamu akan menulis 7,23 mm. Itu selisih 0,5 mm, cukup untuk mengubah jawaban "muat" menjadi "tidak muat". Kesalahan inilah yang paling banyak menjatuhkan peserta pada SA-1.

Kesalahan titik nol. Sebelum mengukur, landasan dan poros dirapatkan tanpa benda. Idealnya skala menunjuk nol.

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

- Bila garis nol skala putar sudah **melewati** garis tengah (misalnya garis ke-2 yang segaris), alat memiliki kesalahan titik nol **positif** $+0{,}02$ mm. Setiap pembacaan **dikurangi** 0,02 mm.
- Bila garis nol skala putar **belum mencapai** garis tengah (misalnya garis ke-47 yang segaris), kesalahan titik nol **negatif** $-0{,}03$ mm. Setiap pembacaan **ditambah** 0,03 mm.

$$\text{hasil sebenarnya} = \text{pembacaan} - \text{kesalahan titik nol}$$

Kesalahan titik nol muncul **sekali pada setiap pembacaan**, bukan sekali untuk setiap benda yang ditumpuk. Kesalahan ini termasuk kesalahan **sistematis**: semua hasil bergeser ke arah yang sama, sehingga tidak hilang walaupun pengukuran diulang berkali-kali.

4. Neraca tiga lengan: cara menimbang

Neraca tiga lengan (Gambar 1.5) bekerja seperti jungkat-jungkit. Benda di piring beban diimbangi oleh **anak timbangan** yang digeser sepanjang tiga lengan. Umumnya: lengan belakang bertingkat 100 g, lengan tengah bertingkat 10 g, dan lengan depan berskala 0–10 g dengan skala terkecil 0,1 g. Langkah menimbang:

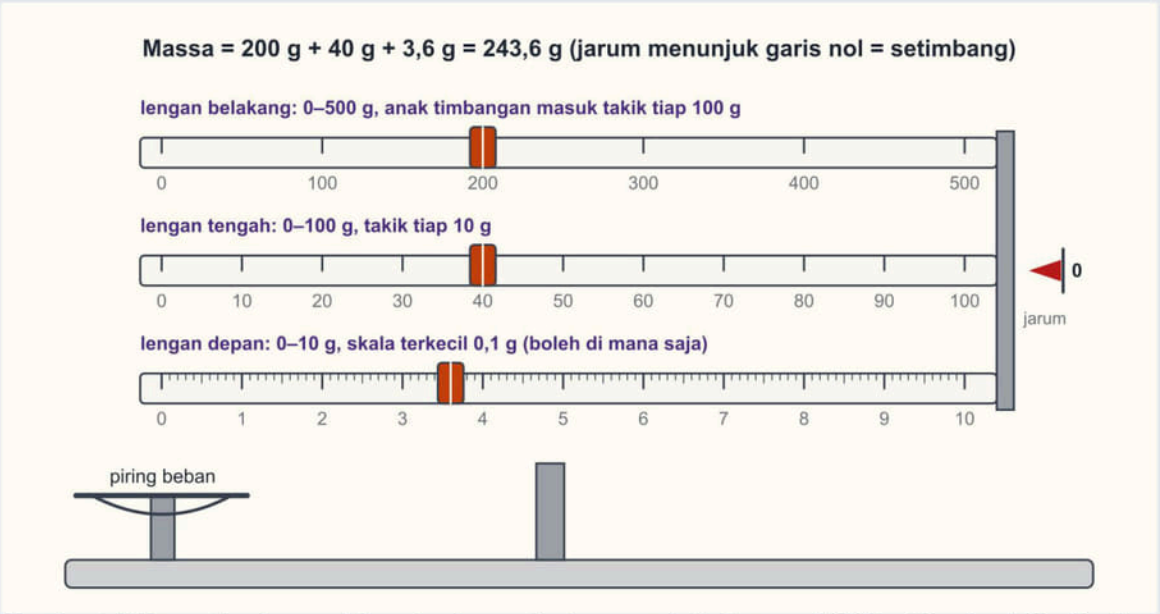
1. Geser semua anak timbangan ke nol. Pastikan jarum menunjuk garis nol (bila tidak, putar sekrup penyetel). Ini mencegah kesalahan titik nol.
2. Letakkan benda di piring beban.
3. Geser anak timbangan lengan belakang takik demi takik sampai jarum turun melewati nol, lalu mundurkan satu takik. Lakukan hal yang sama pada lengan tengah.
4. Geser anak timbangan lengan depan perlahan sampai jarum tepat di garis nol.
5. Massa benda = **jumlah** penunjukan ketiga lengan.

Anak timbangan lengan belakang dan tengah harus **masuk ke takik**, tidak boleh di antara dua angka. Hanya lengan depan yang dibaca di sembarang posisi.

Contoh terselesaikan 3: menimbang batu dan menghitung massa jenisnya

Sebuah batu ditimbang dengan neraca tiga lengan (Gambar 1.5). Batu itu lalu dimasukkan ke gelas ukur berisi air, dan permukaan air naik dari 50,0 mL menjadi 140,0 mL. Tentukan massa jenis batu dengan angka penting yang benar.

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



Gambar 1.5 Neraca tiga lengan dalam keadaan setimbang: anak timbangan di 200 g, 40 g, dan 3,6 g. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Massa $= 200 + 40 + 3{,}6 = 243{,}6$ g (4 angka penting).
2. Volume batu = kenaikan air $= 140{,}0 - 50{,}0 = 90{,}0$ mL $= 90{,}0$ cm^3 (3 angka penting).
3. $\rho = \dfrac{243{,}6}{90{,}0} = 2{,}7066\ldots$ g/cm^3.
4. Hasil bagi mengikuti angka penting paling sedikit (3): $\rho = 2{,}71$ g/cm^3. Nilai ini dekat dengan massa jenis batuan umum (sekitar 2,7 g/cm^3), jadi hasilnya masuk akal.

5. Angka penting

Hasil ukur memuat angka pasti dan **satu angka taksiran** di ujungnya. Semua angka itu disebut **angka penting**. Misalnya, mistar menunjukkan ujung pensil sedikit melewati 14,3 cm; kita menaksir 14,35 cm. Angka 1, 4, dan 3 pasti, angka 5 taksiran. Menulis 14,352 cm tidak jujur, karena alat tidak mampu membaca sehalus itu. Aturannya:

1. Semua angka bukan nol penting: 26,7 → 3 angka penting.
2. Nol di antara angka bukan nol penting: 1,05 → 3 angka penting.
3. Nol di depan (sebelum angka bukan nol pertama) tidak penting: 0,0052 → 2 angka penting. Nol ini hanya penunjuk letak koma.
4. Nol di belakang **koma desimal** penting: 0,520 → 3 angka penting. Nol ini menunjukkan alat mampu membaca sampai digit itu.
5. Untuk bilangan besar seperti 1.500, pakai notasi ilmiah agar jelas: $1{,}5 \times 10^3$ (2 angka penting) atau $1{,}500 \times 10^3$ (4 angka penting).

Operasi dengan angka penting:

Operasi	Aturan	Contoh

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

Perkalian dan pembagian	hasil memiliki angka penting sebanyak **angka penting paling sedikit** di antara faktornya	$4{,}25 \times 1{,}2 = 5{,}1$ (2 angka penting)
Penjumlahan dan pengurangan	hasil memiliki angka di belakang koma sebanyak **yang paling sedikit**	$12{,}5 + 3{,}27 = 15{,}8$
Dengan bilangan eksak (hasil membilang, misalnya 40 lembar, 3 buah)	bilangan eksak **tidak membatasi** angka penting	$4{,}3\ \text{mm} \div 40 = 0{,}11\ \text{mm}$

Alasannya sederhana: hasil hitungan tidak boleh tampak lebih teliti daripada data yang paling kasar. Bila satu faktor hanya diketahui sampai 2 angka penting, angka ketiga hasil kali sudah "tebakan".

Cara cerdas mengukur benda yang terlalu tipis adalah **mengukur tumpukan lalu membagi**. Tumpukan 25 lembar plastik mika setebal 4,85 mm berarti satu lembar $\dfrac{4{,}85}{25} = 0{,}194$ mm. Angka 25 adalah hasil membilang (eksak), jadi hasil mengikuti 4,85 mm yang memiliki 3 angka penting.

6. Dari hasil ukur ke keputusan

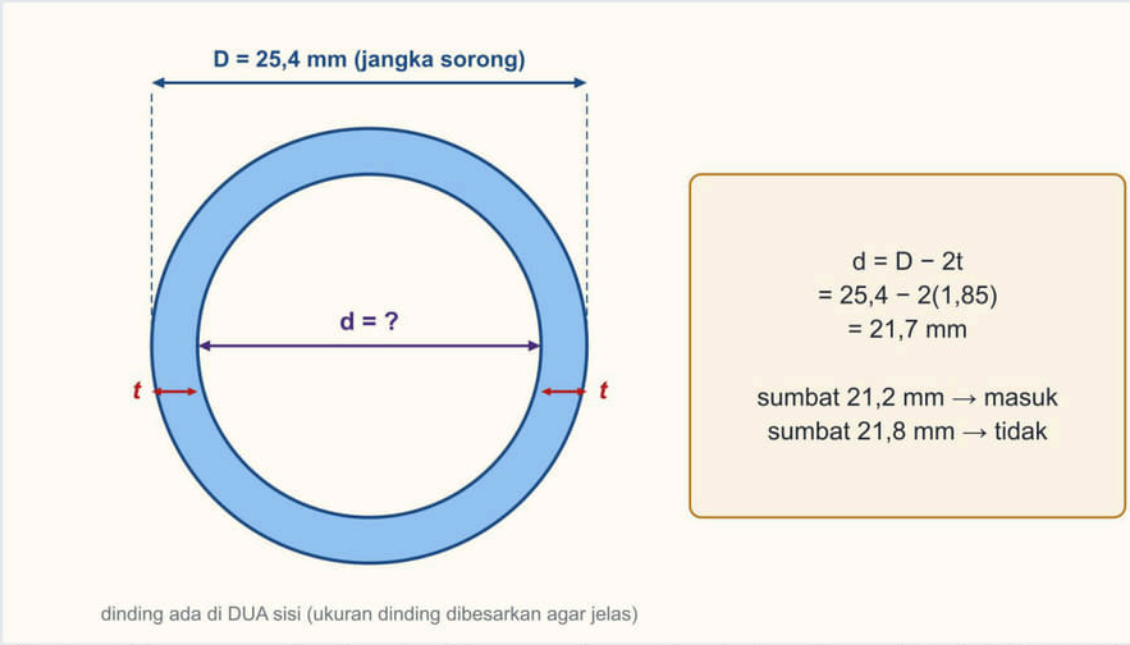
Soal TKA sering melanjutkan pembacaan skala dengan pertanyaan praktis. Pola yang paling sering:

- **Diameter dalam benda berdinding:** $d_{\text{dalam}} = D_{\text{luar}} - 2t$, karena dinding ada di **dua sisi**. Tebal dinding dari dua diameter: $t = \dfrac{D - d}{2}$.
- **Muat atau tidak:** benda masuk bila ukurannya **lebih kecil** daripada ukuran lubang.
- **Besaran turunan:** luas lingkaran $\frac{1}{4}\pi d^2$, volume bola $\frac{1}{6}\pi d^3$, massa jenis $\rho = \dfrac{m}{V}$. Hasilnya dilaporkan dengan angka penting paling sedikit.

Contoh terselesaikan 4: memilih sumbat pipa

Diameter luar sebuah pipa plastik diukur dengan jangka sorong: 25,4 mm. Tebal dindingnya diukur dengan mikrometer: 1,85 mm. Tersedia sumbat karet berdiameter 21,2 mm, 21,8 mm, dan 22,4 mm. Sumbat terbesar mana yang masih bisa masuk?

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



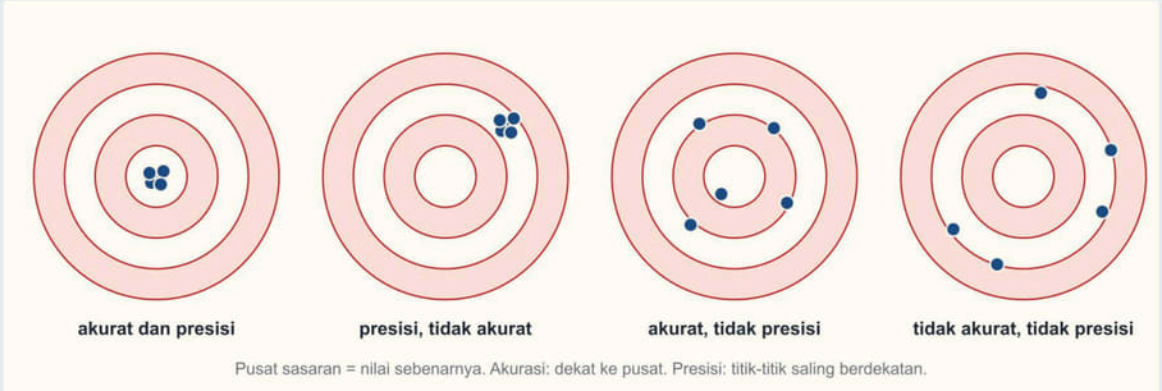
Gambar 1.6 Penampang pipa: diameter dalam sama dengan diameter luar dikurangi dua kali tebal dinding. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Gambar penampangnya (Gambar 1.6). Dinding setebal t ada di kiri dan di kanan.
2. $d = 25{,}4 - 2(1{,}85) = 25{,}4 - 3{,}70 = 21{,}7$ mm (hasil pengurangan mengikuti satu angka di belakang koma).
3. Sumbat 21,2 mm masuk; 21,8 mm dan 22,4 mm tidak. Jawabannya **21,2 mm**.
4. Bila kamu hanya mengurangkan satu tebal ($25{,}4 - 1{,}85 \approx 23{,}6$ mm), ketiga sumbat tampak masuk, dan itu keliru.

7. Menilai keandalan data

Pengukuran yang baik selalu diulang. Dari data ulangan, kita menilai dua hal yang berbeda: **akurasi** dan **presisi** (Gambar 1.7). Bayangkan pusat papan sasaran sebagai nilai sebenarnya dan setiap anak panah sebagai satu hasil ukur.



Gambar 1.7 Akurasi (dekat ke nilai sebenarnya) dan presisi (hasil-hasil saling berdekatan) adalah dua hal yang berbeda. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

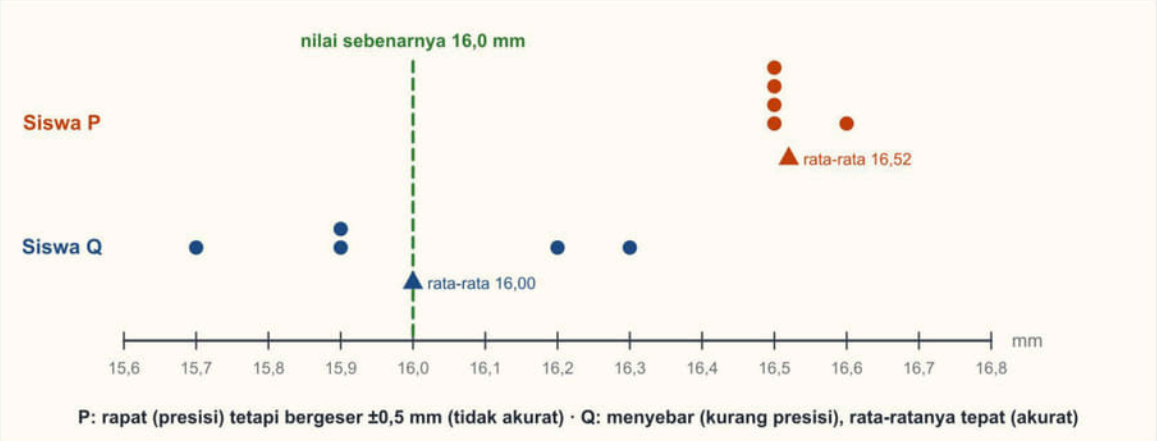
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Istilah	Artinya	Cara melihat dari data
Akurasi (ketepatan)	seberapa dekat hasil dengan nilai sebenarnya	bandingkan **rata-rata** dengan nilai acuan
Presisi (keterulangan)	seberapa dekat hasil-hasil ulangan satu sama lain	lihat **rentang** (nilai terbesar dikurangi terkecil)
Kesalahan acak	hasil berubah-ubah tanpa arah tetap (tangan bergetar, sudut pandang berubah)	berkurang pengaruhnya bila pengukuran **diulang** dan dirata-ratakan
Kesalahan sistematis	semua hasil bergeser ke arah yang sama (kesalahan titik nol, alat rusak, paralaks yang selalu sama)	**tidak hilang** dengan mengulang; harus dikoreksi

Paralaks adalah kesalahan membaca skala karena mata tidak tegak lurus terhadap skala. Bila mata selalu dari arah yang sama, kesalahan ini menjadi sistematis.

Contoh terselesaikan 5: menilai data dua siswa

Diameter sebuah kelereng 16,0 mm. Siswa P mengukur lima kali: 16,5; 16,5; 16,6; 16,5; 16,5 mm. Siswa Q: 15,7; 16,3; 15,9; 16,2; 15,9 mm. Data siapa yang akurat dan siapa yang presisi? Sebaran datanya tampak pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8 Sebaran hasil ukur siswa P dan Q dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Rata-rata P $= \dfrac{16{,}5 + 16{,}5 + 16{,}6 + 16{,}5 + 16{,}5}{5} = 16{,}52$ mm; rentang $16{,}6 - 16{,}5 = 0{,}1$ mm.
2. Rata-rata Q $= \dfrac{15{,}7 + 16{,}3 + 15{,}9 + 16{,}2 + 15{,}9}{5} = 16{,}0$ mm; rentang $16{,}3 - 15{,}7 = 0{,}6$ mm.
3. P sangat presisi (rentang kecil), tetapi tidak akurat: semua hasilnya sekitar 0,5 mm terlalu besar. Pola bergeser ke satu arah seperti ini adalah tanda **kesalahan sistematis**, misalnya kesalahan titik nol. Mengulang tidak menolong P; alatnya harus dikoreksi.

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

4. Q akurat (rata-rata tepat 16,0 mm), tetapi kurang presisi. Penyebaran ini tanda **kesalahan acak**, yang pengaruhnya mengecil bila pengukuran diulang lebih banyak lalu dirata-ratakan.

Ringkasan

- Ketelitian: mistar 1 mm, jangka sorong 0,1 mm atau 0,05 mm, mikrometer 0,01 mm, neraca tiga lengan 0,1 g. Pilih alat yang ketelitiannya sesuai kebutuhan.
- Jangka sorong: skala utama di kiri nol nonius + (nomor garis nonius yang segaris × ketelitian).
- Mikrometer: skala utama termasuk garis 0,5 mm + (garis skala putar × 0,01 mm); hasil sebenarnya = pembacaan − kesalahan titik nol.
- Neraca tiga lengan: jumlah ketiga lengan saat jarum di garis nol.
- Angka penting: kali/bagi → angka penting paling sedikit; tambah/kurang → angka di belakang koma paling sedikit; bilangan eksak tidak membatasi.
- Diameter dalam $= D - 2t$. Akurasi dilihat dari rata-rata, presisi dari rentang.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pengukuran

1. **Kenali alatnya dan ketelitiannya** dari gambar: jangka sorong (berapa skala nonius?), mikrometer (0,01 mm), atau neraca tiga lengan (0,1 g).
2. **Baca skala utama dengan hati-hati.** Pada jangka sorong, ambil garis tepat di kiri nol nonius. Pada mikrometer, periksa garis **setengah milimeter** di bawah garis tengah.
3. **Baca skala bantu**, lalu **cek bacaanmu** (untuk jangka sorong: posisi garis nonius yang segaris harus jatuh pada garis skala utama bilangan bulat).
4. **Koreksi kesalahan titik nol** bila ada.
5. **Terjemahkan ke pertanyaan:** diameter dalam ($D - 2t$), tebal ($\frac{D-d}{2}$), muat atau tidak, besaran turunan.
6. **Laporkan dengan angka penting** yang benar. Bilangan eksak tidak membatasi angka penting.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Garis 0,5 mm mikrometer terlewat	membaca 10,45 mm padahal 10,95 mm	periksa garis di **bawah** garis tengah selubung
Dinding dianggap hanya satu	$d = D - t$ sehingga lubang tampak lebih besar	dinding ada di **dua** sisi: $d = D - 2t$
Angka nonius dibaca sebagai milimeter	$26 + 7 = 33$ mm, bukan 26,7 mm	nomor nonius dikali ketelitian

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

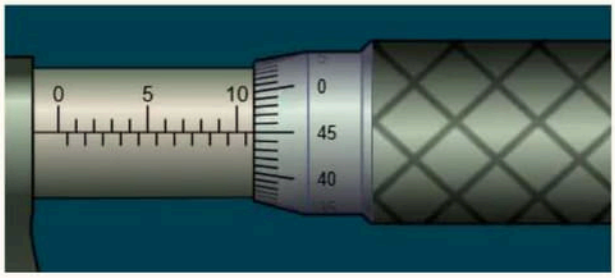
Ketelitian nonius salah	nonius 0,05 mm dibaca seperti 0,1 mm	hitung banyak skala nonius sebelum membaca
Arah koreksi titik nol terbalik	kesalahan $+0{,}02$ mm ditambahkan	hasil sebenarnya = pembacaan − kesalahan titik nol
Bilangan eksak membatasi angka penting	$4{,}3 \div 40$ ditulis 0,1 mm	hasil membilang tidak membatasi angka penting
Nol di belakang koma diabaikan	0,520 dianggap 2 angka penting	nol di belakang koma desimal pada hasil ukur adalah angka penting
Presisi dikira akurat	data yang rapat dianggap pasti benar	bandingkan rata-rata dengan nilai acuan

• BEDAH SOAL ASLI

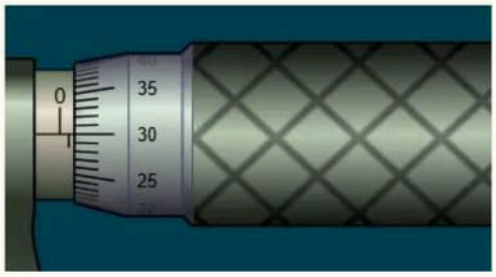
Soal di bawah (SA-1) dijawab benar hanya oleh 18,66 % peserta. Kerjakan dulu sebelum membaca pembahasannya. Perhatikan dua hal: (1) pada gambar kiri, garis setengah milimeter setelah angka 10 sudah terlihat; (2) manik-manik masuk ke **ruang dalam** tabung, jadi kamu memerlukan diameter dalam, bukan diameter luar.

►. Hega akan membuat wadah untuk tempat manik-manik yang berbentuk tabung dan terbuat dari karton bekas. Hega mengukur ketebalan dan diameter luar tabung dengan menggunakan mikrometer sekrup. Hasil pengukurannya seperti pada gambar (kiri: diameter luar tabung; kanan: ketebalan tabung).
Sumber gambar: https://simphy.com/
Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, diameter manik-manik mana saja yang dapat masuk ke dalam wadah yang dibuat oleh Hega? *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Diameter luar tabung



Ketebalan tabung



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. 8,80 mm
☐ B. 9,30 mm
☐ C. 9,60 mm
☐ D. 10,10 mm
☐ E. 10,30 mm

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

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 18,66 %

Pembahasan **Kunci: A, B**

Konsep: hasil mikrometer = skala utama (selubung) + skala nonius (*thimble*) $\times 0{,}01$ mm. Skala utama bagian atas menunjukkan milimeter penuh, bagian bawah menunjukkan setengah milimeter.

Langkah 1 – Diameter luar tabung (gambar kiri).
• Garis skala utama terakhir yang terlihat sebelum tepi *thimble* adalah garis setengah milimeter setelah angka 10 → $10{,}5$ mm.
• Garis *thimble* yang segaris dengan garis tengah selubung adalah angka 45 → $45 \times 0{,}01 = 0{,}45$ mm.
• Diameter luar $D = 10{,}5 + 0{,}45 = 10{,}95$ mm.

Langkah 2 – Ketebalan dinding (gambar kanan).
• Garis skala utama terakhir: garis setengah milimeter setelah 0 → $0{,}5$ mm.
• *Thimble* menunjuk angka 30 → $0{,}30$ mm.
• Tebal $t = 0{,}5 + 0{,}30 = 0{,}80$ mm.

Langkah 3 – Diameter dalam wadah. Dinding ada di dua sisi, sehingga
$d = D - 2t = 10{,}95 - 2(0{,}80) = 9{,}35$ mm

Langkah 4 – Pilih manik-manik. Manik-manik masuk jika diameternya lebih kecil daripada $9{,}35$ mm.
• 8,80 mm ✓ (lebih kecil)
• 9,30 mm ✓ (lebih kecil, selisih 0,05 mm)
• 9,60 mm ✗; 10,10 mm ✗; 10,30 mm ✗ (lebih besar dari 9,35 mm)

Jebakan:
• Lupa membaca garis setengah milimeter → $D = 10{,}45$ mm atau $t = 0{,}30$ mm.
• Hanya mengurangkan tebal satu kali ($10{,}95 - 0{,}80 = 10{,}15$ mm) sehingga 9,60 mm dan 10,10 mm ikut dipilih.

Jawaban: 8,80 mm dan 9,30 mm.

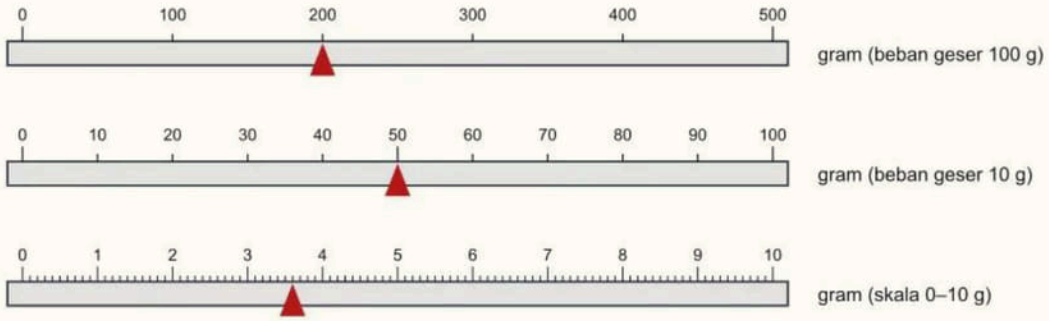
Hampir semua peserta yang salah memilih 9,60 mm atau 10,10 mm. Pilihan itu muncul bila tebal hanya dikurangkan **sekali** ($10{,}95 - 0{,}80 = 10{,}15$ mm) atau bila garis 0,5 mm terlewat. Satu sketsa kecil penampang tabung, dengan dinding di kiri dan kanan, sudah cukup mencegah kesalahan ini.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut melatih cara membaca alat ukur yang skalanya bertingkat. Tentukan nilai setiap lengan neraca, terutama nilai satu garis kecil pada lengan ketiga, lalu jumlahkan ketiganya.

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

►. Seorang siswa menimbang sebuah batu dengan neraca tiga lengan. Saat neraca setimbang, kedudukan ketiga beban geser ditunjukkan oleh segitiga merah pada gambar.
Massa batu tersebut adalah ....



A. 253,6 g
B. 255,3 g
C. 2.536 g
D. 203,6 g
E. 250,0 g

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: massa pada neraca tiga lengan = jumlah penunjukan ketiga lengan.

Langkah – Lengan 1: 200 g; lengan 2: 50 g; lengan 3: 3,6 g. Jumlah 253,6 g.

Analisis opsi:
• A (253,6 g) ✓ – penjumlahan tiga lengan: 200 + 50 + 3,6.
• B (255,3 g) ✗ – angka lengan ketiga dibaca 5,3 g; setiap garis kecil bernilai 0,1 g, jadi beban ketiga menunjuk 3,6 g.
• C (2.536 g) ✗ – angka satuan dibaca puluhan; hasil tidak mungkin karena lengan terbesar hanya 500 g.
• D (203,6 g) ✗ – lengan kedua (50 g) terlewat.
• E (250,0 g) ✗ – lengan ketiga (skala kecil) tidak dibaca.

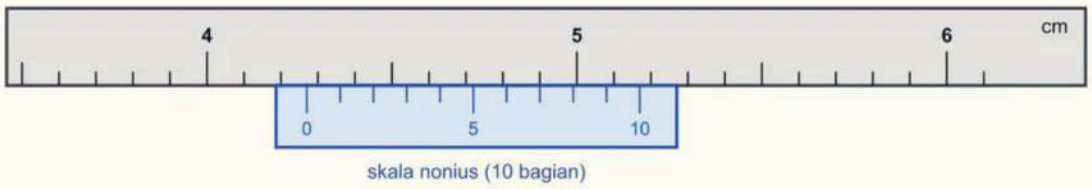
Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis dulu ketelitian alat dan hasil bacaan setiap skalanya.

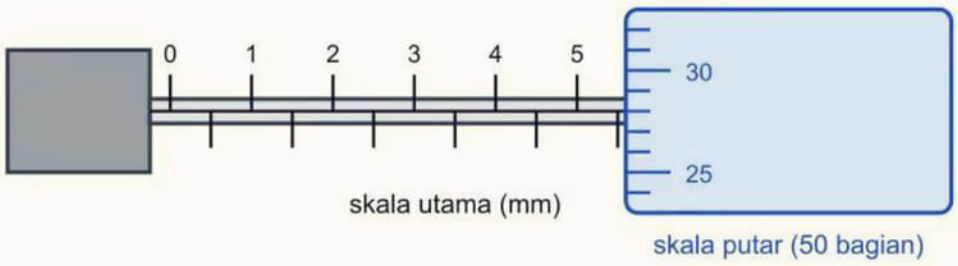
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Diameter dalam sebuah gelas plastik diukur dengan jangka sorong. Kedudukan skala utama dan skala nonius saat pengukuran ditunjukkan pada gambar.
Hasil pengukuran diameter dalam gelas tersebut adalah ....



A. 4,97 cm
B. 4,27 cm
C. 4,20 cm
D. 4,70 cm
E. 4,207 cm

2. Tebal sebuah uang logam diukur dengan mikrometer sekrup. Kedudukan skala utama dan skala putar saat pengukuran ditunjukkan pada gambar (satu putaran skala putar = 0,5 mm).
Tebal uang logam tersebut adalah ....



A. 5,28 mm
B. 8,05 mm
C. 5,78 mm
D. 5,528 mm
E. 6,28 mm

Kunci singkat: 1. B 2. C

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

✔ PERIKSA DIRI

- Pada mikrometer, bagaimana kamu memastikan garis setengah milimeter sudah ikut dihitung atau belum?
- Mengapa diameter dalam sebuah tabung adalah $D - 2t$, bukan $D - t$?
- Hasil ukur 0,520 cm dan 4,3 mm masing-masing memiliki berapa angka penting, dan berapa angka penting hasil bagi $4{,}3\ \text{mm} \div 40$?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

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

Sub bab 1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data

FIS-1.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi menyebut **keterampilan proses sains** sebagai salah satu dari empat kompetensi TKA Fisika, dan menyatakan bahwa keterampilan ini diukur **terpadu** dengan materi fisika. Artinya, soal percobaan bisa muncul di bab mana pun: kalor, gerak, listrik, atau optik. Karena itu sub bab ini diletakkan di awal buku. Cara berpikirnya dipakai lagi di setiap kuis bab.

Soal jenis ini tidak meminta rumus. Kamu diberi rancangan percobaan atau tabel data, lalu diminta menentukan variabel, menilai kelemahan prosedur, mengolah data, atau memilih kesimpulan yang **benar-benar didukung** data.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-17	Menentukan jenis variabel dalam rancangan percobaan terkait konsep kalor	31,67 %
SA-18	Mengevaluasi prosedur percobaan dari rancangan percobaan terkait konsep kalor	47,88 %

Kedua soal itu memakai **satu rancangan percobaan** yang sama tentang konduksi kalor. Kurang dari sepertiga peserta mampu menyebut variabelnya dengan benar, padahal tidak ada hitungan sama sekali.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyusun rumusan masalah dan hipotesis yang dapat diuji;
- menentukan variabel bebas, terikat, dan kontrol dari sebuah rancangan percobaan;
- menilai kelemahan prosedur dan membedakan kesalahan acak dari kesalahan sistematis;
- mengolah data menjadi grafik lurus, menentukan kemiringan, dan menarik kesimpulan yang tidak melampaui data.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

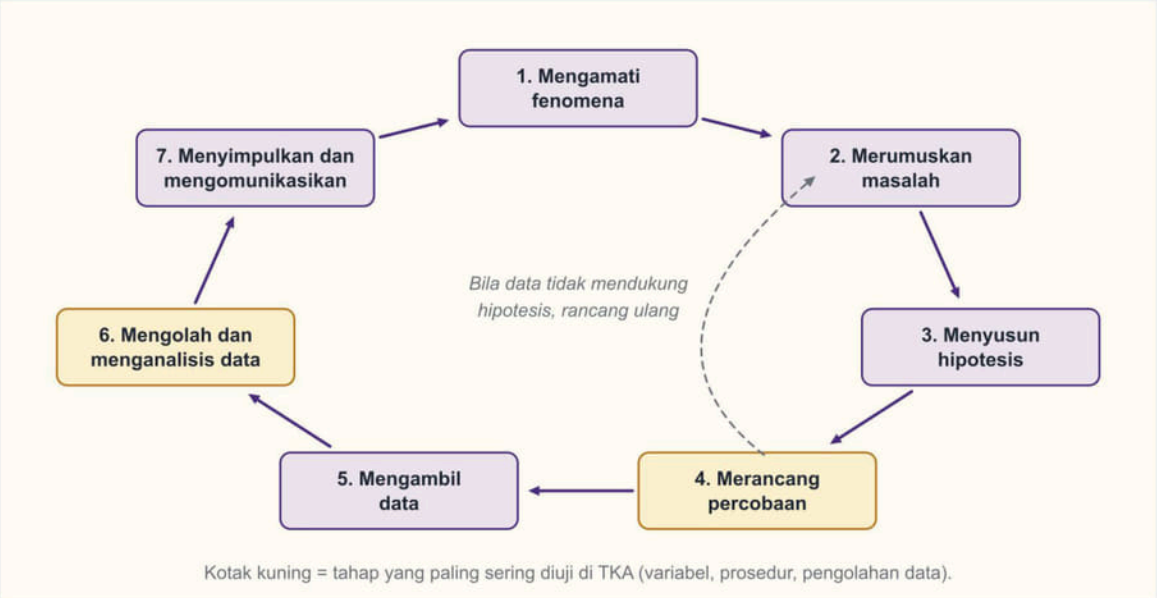
Fisika tidak dibangun dari hafalan rumus, tetapi dari percobaan. Galileo menggelindingkan bola di bidang miring untuk menemukan bahwa jarak tempuh sebanding dengan kuadrat waktu. Ohm mengganti-ganti panjang kawat untuk menemukan hubungan tegangan dan arus. Cara berpikir mereka sama dengan cara berpikir yang diuji TKA: **mengubah satu hal, mengukur akibatnya, menjaga hal lain tetap, lalu menarik kesimpulan yang jujur dari data**. Keterampilan ini disebut **keterampilan proses sains**. Sub bab ini membahasnya tahap demi

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

tahap.

1. Alur sebuah penyelidikan

Setiap percobaan mengikuti alur yang sama (Gambar 1.9). Alur ini bukan garis lurus sekali jalan: bila data tidak mendukung hipotesis, peneliti kembali merancang ulang atau merumuskan dugaan baru.



Gambar 1.9 Siklus kerja ilmiah. Tahap merancang percobaan dan mengolah data paling sering diuji di TKA. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Tahap	Pertanyaan kunci	Yang biasa ditanyakan di soal
Mengamati	apa yang terlihat berubah?	pola atau perubahan pada fenomena
Merumuskan masalah	apa pengaruh X terhadap Y?	rumusan masalah yang dapat diuji
Berhipotesis	apa dugaan jawabannya?	hipotesis dan prediksi
Merancang	apa yang diubah, diukur, dijaga tetap?	variabel, alat, langkah
Mengambil data	bagaimana mengukurnya dengan teliti?	kelemahan prosedur, pengulangan
Mengolah data	bagaimana hubungan X dan Y?	tabel, grafik, kemiringan, model
Menyimpulkan	apa yang boleh dikatakan dari data?	kesimpulan yang didukung data

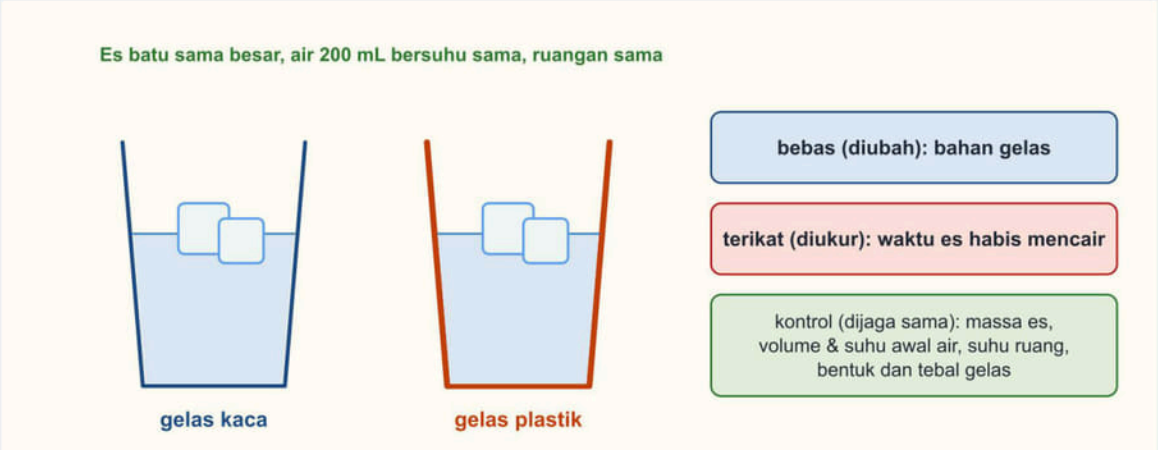
2. Rumusan masalah dan hipotesis yang dapat diuji

Rumusan masalah yang baik menghubungkan **dua besaran yang terukur**: "Bagaimana pengaruh **X** terhadap **Y**?" X adalah yang akan diubah, Y adalah yang akan diukur. Rumusan yang terlalu umum ("Mengapa es mencair?") atau memakai kata yang tidak terukur ("lebih baik", "lebih bagus") tidak dapat dijawab dengan satu percobaan.

Hipotesis adalah jawaban sementara atas rumusan itu. Hipotesis bukan tebakan asal: ia disusun dari konsep yang sudah diketahui, dan harus dapat dibuktikan benar atau salah **dengan data percobaan itu sendiri**. Bentuk yang paling jelas adalah "Jika X dibuat ..., maka Y akan ..., karena ...". Dari hipotesis lahir **prediksi**, yaitu hasil yang akan terlihat di tabel data bila hipotesis benar.

Contoh terselesaikan 1: dari pengamatan ke rumusan masalah

Seorang siswa melihat bahwa es batu di gelas kaca tampak lebih cepat mencair daripada di gelas plastik. Ia menyiapkan percobaan seperti Gambar 1.10. Mana rumusan masalah yang dapat diuji, dan apa hipotesisnya?



Gambar 1.10 Rancangan percobaan es batu di gelas kaca dan gelas plastik beserta ketiga jenis variabelnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

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

Rumusan	Dapat diuji?	Alasan
Mengapa es mencair?	tidak	terlalu umum; tidak menyebut apa yang diubah
Bagaimana pengaruh bahan gelas terhadap waktu mencairnya es?	ya	bahan gelas diubah, waktu mencair diukur
Apakah gelas kaca lebih baik daripada gelas plastik?	tidak	"lebih baik" tidak terukur
Bagaimana pengaruh waktu mencair terhadap bahan gelas?	tidak	arah sebab–akibat terbalik

Hipotesis yang cocok: "Jika es diletakkan di gelas kaca, maka es mencair lebih cepat daripada di gelas plastik, karena kaca menghantarkan kalor dari udara lebih baik." Prediksinya: waktu es habis di gelas kaca lebih pendek. Agar perbandingannya adil, massa es, volume dan suhu awal air, serta suhu ruangan dibuat sama (Gambar 1.10).

3. Tiga jenis variabel

Variabel	Definisi	Pertanyaan penguji
Bebas	yang **sengaja dibuat berbeda** oleh peneliti	"Apa yang diubah dari satu percobaan ke percobaan berikutnya?"
Terikat	yang **diukur atau dicatat** sebagai akibat	"Apa yang dicatat di tabel hasil?"
Kontrol	yang **dijaga sama** agar perbandingan adil	"Apa yang harus tetap supaya hasilnya hanya dipengaruhi variabel bebas?"

Mengapa variabel kontrol penting? Bila dua hal diubah sekaligus, perubahan hasil tidak dapat dipastikan berasal dari yang mana. Inilah sebabnya peneliti hanya mengubah **satu** variabel bebas dalam satu rangkaian percobaan.

Ada dua hal yang sering menjebak.

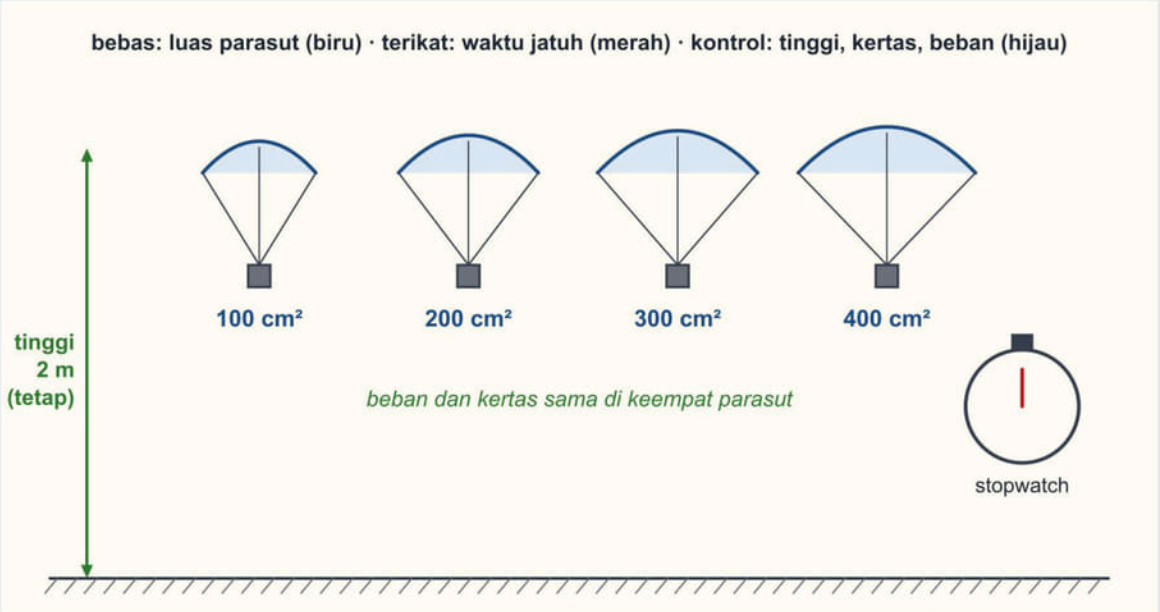
Pertama, variabel terikat adalah yang diukur langsung, bukan yang dihitung belakangan. Bila sebuah percobaan mencatat waktu, lalu waktu itu dipakai untuk menghitung daya, variabel yang benar-benar diukur adalah **waktu**. Pilihan jawaban sering memasang besaran hasil hitungan sebagai pengecoh.

Kedua, variabel bebas tidak selalu berupa "benda yang diganti". Pada satu batang logam yang ditempeli lilin di jarak 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan seterusnya, yang dibuat berbeda adalah **jarak** dari sumber panas, walaupun batangnya hanya satu.

Contoh terselesaikan 2: variabel percobaan parasut kertas

Sebuah kelompok menjatuhkan kertas berbentuk parasut dari ketinggian 2 m (Gambar 1.11). Mereka membuat parasut dengan luas 100, 200, 300, dan 400 cm^2, memakai kertas dan beban yang sama, lalu mencatat waktu jatuhnya dengan stopwatch. Tentukan ketiga jenis variabelnya.

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



Gambar 1.11 Empat parasut kertas berbeda luas dijatuhkan dari ketinggian yang sama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Yang sengaja dibuat berbeda: **luas parasut** → variabel bebas.
2. Yang dicatat di tabel: **waktu jatuh** → variabel terikat.
3. Yang dijaga sama: ketinggian 2 m, jenis kertas, massa beban, cara melepas → variabel kontrol.
4. Bila mereka menyimpulkan "makin luas parasut, makin kecil kelajuannya", besaran kelajuan dihitung dari waktu jatuh. Besaran itu tetap **bukan** variabel yang diukur langsung.

4. Menilai prosedur: dari mana data bisa menyimpang?

Sebuah prosedur baik bila **hanya variabel bebas** yang memengaruhi hasil. Untuk menilai kelemahan, tanyakan: "Adakah faktor lain yang ikut berubah tanpa disengaja?"

Jenis kesalahan	Ciri	Contoh	Cara mengatasi
Variabel kontrol tidak terjaga	faktor lain ikut berbeda antarperlakuan	potongan lilin tidak sama ukurannya	samakan bahan dan ukurannya
Kesalahan acak	hasil ulangan naik-turun tanpa arah tetap	waktu reaksi menekan stopwatch	ulangi lalu rata-ratakan; ukur waktu banyak ayunan sekaligus
Kesalahan sistematis	semua hasil bergeser ke arah yang sama	kesalahan titik nol, pegas yang makin kendur	koreksi alat atau ganti alat; mengulang **tidak** membantu
Alat tidak sesuai	ketelitian alat terlalu kasar untuk besaran yang kecil	mistar untuk mengukur tebal kawat	pilih alat dengan ketelitian yang cocok
Rentang data terlalu sempit	terlalu sedikit variasi untuk melihat pola	hanya dua nilai variabel bebas	tambah variasi (minimal 4–5 nilai)

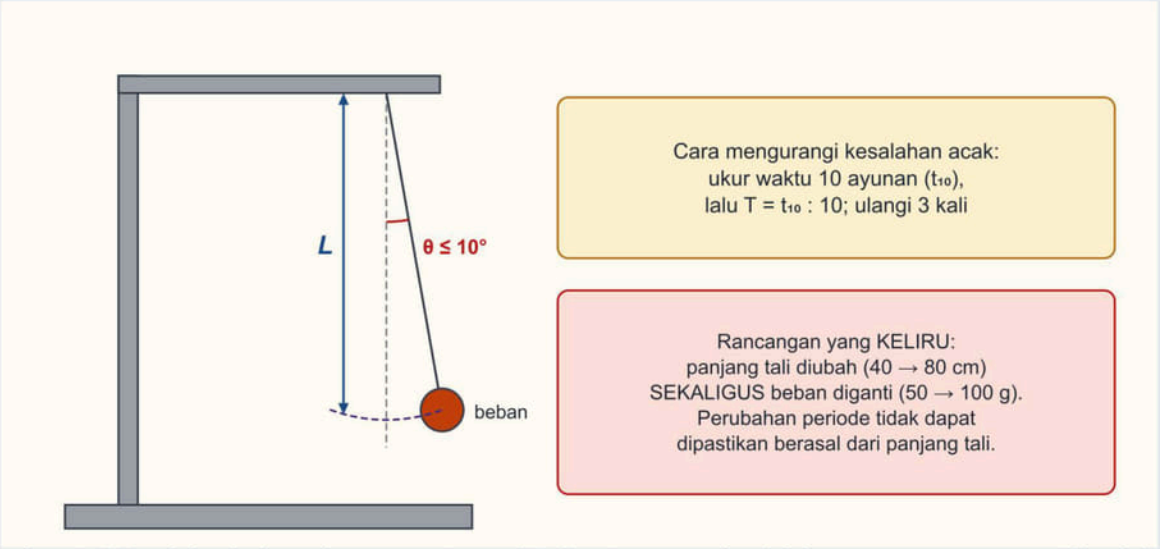
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kelemahan yang sebenarnya harus memengaruhi **variabel terikat**. Pernyataan yang benar tetapi tidak memengaruhi data bukan jawaban, misalnya "alat-alatnya mahal" atau "percobaan memerlukan waktu lama".

Teknik penting untuk mengurangi kesalahan acak adalah **mengukur banyak kejadian sekaligus**. Waktu reaksi tangan saat menekan stopwatch sekitar 0,2 s. Bila satu ayunan bandul berlangsung 1,4 s, kesalahan 0,2 s itu sangat besar (sekitar 14 %). Bila yang diukur adalah waktu 10 ayunan (14 s), kesalahan yang sama hanya sekitar 1,4 %, lalu periode diperoleh dengan membagi 10.

Contoh terselesaikan 3: menilai rancangan percobaan bandul

Rina ingin menyelidiki pengaruh panjang tali terhadap periode bandul (Gambar 1.12). Pada percobaan pertama, ia memakai tali 40 cm dan beban 50 g. Pada percobaan kedua, ia memakai tali 80 cm dan beban 100 g. Ia mengukur waktu satu ayunan sekali saja untuk tiap percobaan. Apa kelemahan rancangannya, dan bagaimana memperbaikinya?



Gambar 1.12 Bandul sederhana dengan panjang tali L dan simpangan kecil θ, beserta cara mengurangi kesalahan dan contoh rancangan yang keliru. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Variabel bebas yang dimaksud adalah panjang tali, tetapi massa beban **ikut diubah**. Bila periode berubah, tidak dapat dipastikan penyebabnya panjang tali atau beban. Perbaikan: massa beban dijaga sama (variabel kontrol).
2. Sudut simpangan tidak disebutkan. Simpangan besar memperpanjang periode sedikit, jadi simpangan dijaga kecil dan sama (misalnya 10°).
3. Waktu satu ayunan yang diukur sekali sangat terpengaruh waktu reaksi. Perbaikan: ukur waktu 10 ayunan, ulangi tiga kali, lalu rata-ratakan.
4. Dua nilai panjang tali terlalu sedikit untuk melihat pola. Perbaikan: pakai 5 panjang, misalnya 20, 40, 60, 80, dan 100 cm.

5. Mengolah data: tabel, grafik, dan grafik lurus

Data mentah dicatat dalam **tabel**: kolom pertama variabel bebas, kolom berikutnya hasil

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

ulangan dan rata-ratanya, semuanya dengan satuan di judul kolom. Dari tabel, data digambar menjadi **grafik**. Grafik yang baik memenuhi beberapa aturan: variabel bebas di sumbu mendatar dan variabel terikat di sumbu tegak, setiap sumbu diberi nama besaran dan satuan, skala dipilih agar titik data mengisi sebagian besar bidang, dan titik data dihubungkan dengan **garis kecenderungan** yang halus (bukan garis patah dari titik ke titik), karena setiap titik mengandung sedikit kesalahan.

Grafik garis lurus paling mudah dibaca: kemiringannya langsung memberi besaran fisika. Karena itu, data sering diolah agar grafiknya lurus.

Hubungan teori	Grafik yang lurus	Kemiringan
GLBB dari diam: $s = \frac{1}{2}at^2$	s terhadap t^2	$\frac{1}{2}a$
Bandul: $T = 2\pi\sqrt{L/g}$	T^2 terhadap L	$\frac{4\pi^2}{g}$
Hukum Ohm: $V = IR$	V terhadap I	R
Berbanding terbalik: $y = \frac{k}{x}$	y terhadap $\frac{1}{x}$	k

Untuk menguji jenis hubungan tanpa menggambar grafik:

- **Sebanding** ($y \propto x$): perbandingan $\frac{y}{x}$ tetap. Bila x dua kali, y dua kali.
- **Sebanding kuadrat** ($y \propto x^2$): $\frac{y}{x^2}$ tetap. Bila x dua kali, y empat kali.
- **Berbanding terbalik** ($y \propto \frac{1}{x}$): hasil kali $x \cdot y$ tetap. Bila x dua kali, y setengahnya.

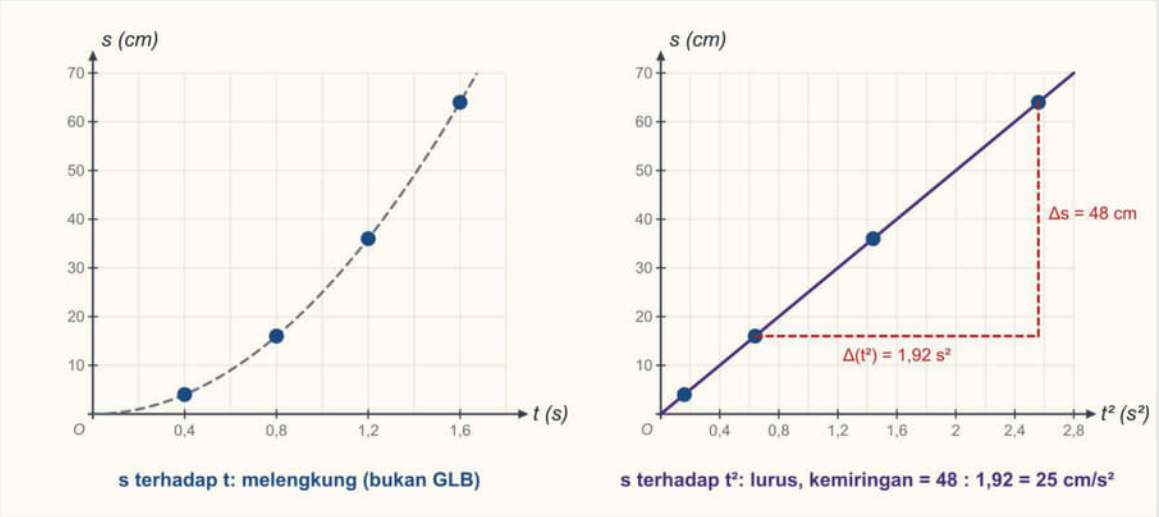
Contoh terselesaikan 4: mengolah data troli di lintasan miring

Sebuah troli dilepas dari diam di lintasan miring. Datanya:

t (s)	0,4	0,8	1,2	1,6
s (cm)	4	16	36	64

Apa jenis geraknya, dan berapa percepatannya? Grafiknya tampak pada Gambar 1.13.

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



Gambar 1.13 Data troli digambar sebagai s terhadap t (melengkung) dan s terhadap t^2 (lurus); kemiringan garis lurus sama dengan ½a. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Uji GLB: $\frac{s}{t}$ = 10, 20, 30, 40 (tidak tetap). Grafik s–t melengkung, jadi bukan GLB.
2. Uji sebanding kuadrat: $\frac{s}{t^2} = \frac{4}{0{,}16} = 25, \frac{16}{0{,}64} = 25, \frac{36}{1{,}44} = 25, \frac{64}{2{,}56} = 25\ \text{cm/s}^2$ (tetap). Jadi $s \propto t^2$ dan troli bergerak GLBB.
3. Kemiringan grafik s–$t^2 = \frac{64 - 16}{2{,}56 - 0{,}64} = \frac{48}{1{,}92} = 25\ \text{cm/s}^2$. Menurut teori, kemiringan ini $= \frac{1}{2}a$.
4. $a = 2 \times 25 = 50\ \text{cm/s}^2 = 0{,}5\ \text{m/s}^2$. Perhatikan bahwa kemiringan **bukan** percepatan itu sendiri.

6. Kesimpulan yang didukung data

Kesimpulan yang baik **tidak melampaui** data. Uji setiap kesimpulan dengan tiga pertanyaan:

1. **Apakah variabel yang dibicarakan benar-benar diubah dalam percobaan?** Bila sudut kemiringan tidak pernah diubah, data tidak dapat menunjukkan pengaruh sudut.
2. **Apakah kesimpulan masih di dalam rentang data?** Data 100–300 g air belum tentu berlaku untuk 5 kg air. Perkiraan di luar rentang (ekstrapolasi) hanya boleh disebut "perkiraan", dengan anggapan pola yang sama tetap berlaku.
3. **Apakah yang ditunjukkan data itu hubungan sebab–akibat, atau hanya dua hal yang naik bersama?** Bila suhu kota naik bersamaan dengan bertambahnya kendaraan, data itu saja belum membuktikan bahwa kendaraan adalah satu-satunya penyebab.

Laporan percobaan juga menyebut **keterbatasan**: hal yang belum dikendalikan, ketelitian alat, dan saran perbaikan. Menyebut keterbatasan bukan tanda percobaan gagal, melainkan tanda kejujuran ilmiah.

Ringkasan

- Alur penyelidikan: amati → rumuskan masalah → hipotesis → rancang → ambil data → olah

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

→ simpulkan.

- Bebas = yang sengaja diubah; terikat = yang dicatat/diukur langsung; kontrol = yang dijaga sama. Ubah hanya satu variabel bebas.
- Kelemahan prosedur yang sebenarnya mengubah variabel terikat. Mengulang hanya mengurangi kesalahan acak, bukan sistematis.
- Uji hubungan dengan perbandingan atau hasil kali yang tetap; buat grafik lurus dan cocokkan kemiringannya dengan rumus.
- Kesimpulan hanya tentang variabel yang diubah, di dalam rentang data, dan tidak menganggap korelasi sebagai sebab.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal percobaan

1. **Baca tujuan percobaan dulu.** Kalimat "menyelidiki pengaruh X terhadap Y" langsung memberi variabel bebas (X) dan terikat (Y).
2. **Cari kata kerja di langkah percobaan:** "divariasikan", "diganti", "diletakkan pada jarak berbeda" → bebas; "dicatat", "diukur", "diamati" → terikat; "sama", "tetap", "yang sama" → kontrol.
3. **Bedakan yang diukur dari yang dihitung.** Variabel terikat adalah yang dicatat di tabel hasil.
4. **Untuk kelemahan prosedur:** cari faktor yang **ikut berbeda tanpa disengaja** dan dapat mengubah variabel terikat.
5. **Untuk data:** uji perbandingan atau hasil kali yang tetap. Bila perlu, buat grafik yang lurus lalu baca kemiringannya.
6. **Untuk kesimpulan:** buang pilihan yang membicarakan variabel yang tidak diubah, melampaui rentang data, atau menganggap korelasi sebagai sebab.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Bebas dan terikat tertukar	"variabel bebas = daya konduksi, terikat = panjang logam"	yang diubah = bebas; yang dicatat = terikat
Besaran hasil hitungan dianggap variabel terikat	memilih "daya konduksi" padahal yang dicatat waktu leleh	lihat kolom tabel hasil pengamatan
Variabel kontrol dikira variabel bebas	"jenis logam" disebut bebas padahal hanya satu batang besi	tanyakan: apakah benar-benar dibuat berbeda?
Kelemahan yang benar tetapi tidak relevan	"stopwatch sulit dipakai" untuk peristiwa beberapa menit	kelemahan harus mengubah variabel terikat secara berarti
Mengulang dianggap menghapus semua kesalahan	rata-rata dianggap menghapus pengaruh pegas yang kendur	mengulang hanya mengurangi kesalahan **acak**

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

Grafik melengkung dianggap "berbanding terbalik"	kurva turun langsung disebut $y \propto \frac{1}{x}$	buktikan dengan hasil kali xy yang tetap
Kemiringan dianggap langsung besaran yang dicari	kemiringan s–t^2 dianggap a	kemiringan $= \frac{1}{2}a$; cocokkan dengan rumus
Kesimpulan melampaui data	"percepatan bergantung pada sudut" padahal sudut tetap	variabel yang tidak diubah tidak dapat disimpulkan pengaruhnya

BEDAH SOAL ASLI

Dua soal berikut memakai rancangan percobaan yang sama. Pada soal pertama (SA-17, 31,67 % benar), kunci keberhasilannya adalah menyadari bahwa batang logamnya hanya **satu**, dan yang dibuat berbeda adalah **jarak** tiap potongan lilin dari sumber panas. Kerjakan dulu sebelum membaca pembahasannya.

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

Bacaan

PERCOBAAN KONDUKSI KALOR

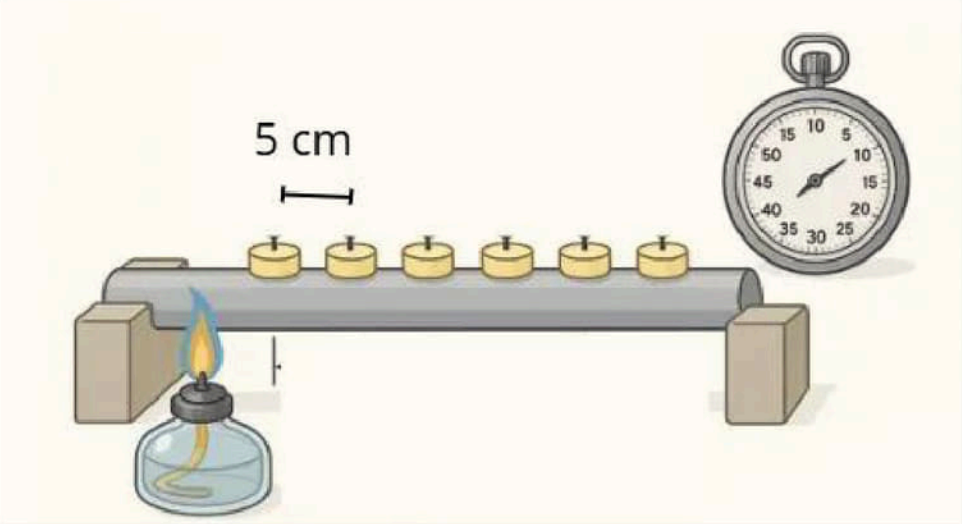
Perhatikan rancangan percobaan berikut.

Tujuan: Menyelidiki pengaruh panjang efektif logam terhadap daya konduksinya.

Alat dan Bahan: batang logam panjang (besi); lilin kecil (dipotong tipis-tipis) atau mentega padat; kompor listrik atau spiritus; *stopwatch*; penggaris; dan korek api.

Langkah Percobaan:

1. Siapkan batang logam (besi) dan letakkan secara horizontal (dapat diletakkan di atas penyangga atau bata tahan panas).
2. Letakkan potongan-potongan kecil lilin (atau mentega) pada batang logam dengan jarak yang sama, misalnya tiap 5 cm dari ujung yang akan dipanaskan.
3. Nyalakan sumber panas dan arahkan ke salah satu ujung batang logam.
4. Mulai nyalakan *stopwatch* saat pemanasan dimulai.
5. Amati urutan lilin yang meleleh dan catat waktu melelehnya setiap titik.
6. Catat waktu melelehnya lilin (waktu) dan jaraknya diukur dari sumber kalor (spiritus) (sebagai panjang logam) pada tabel hasil pengamatan.
7. Dengan definisi daya sebagai energi tiap satuan waktu, buat kesimpulan bagaimana hubungan antara panjang logam dengan daya konduksinya.



►. Berdasarkan rancangan percobaan, apa variabel kontrol, variabel bebas, dan variabel terikat dari percobaan tersebut?

A. variabel kontrol = jenis bahan; variabel bebas = daya konduksi; variabel terikat = panjang logam
B. variabel kontrol = waktu melelehnya lilin; variabel bebas = jenis bahan; variabel terikat = daya konduksi
C. variabel kontrol = jenis logam; variabel bebas = jarak lilin dari sumber; variabel terikat = waktu melelehnya lilin
D. variabel kontrol = waktu melelehnya lilin; variabel bebas = panjang logam; variabel terikat = jenis logam
E. variabel kontrol = panjang logam; variabel bebas = jenis bahan; variabel terikat = daya konduksi

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

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 31,67 %

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep variabel:
• Variabel **bebas** = yang sengaja dibuat berbeda oleh peneliti.
• Variabel **terikat** = yang diukur sebagai akibat.
• Variabel **kontrol** = yang dijaga tetap.

Penerapan pada rancangan:
• Yang dibuat berbeda: posisi lilin, yaitu jarak dari sumber panas (5 cm, 10 cm, ...) = "panjang logam" → **bebas**.
• Yang dicatat: waktu melelehnya lilin di setiap titik → **terikat** (daya konduksi baru dihitung kemudian dari waktu ini).
• Yang dijaga sama: satu batang **besi** yang sama (jenis logam), sumber panas yang sama → **kontrol**.

Analisis opsi:
• A ✗ bebas dan terikat tertukar.
• B, D ✗ waktu meleleh adalah hasil pengukuran, bukan variabel kontrol; jenis bahan tidak divariasikan.
• C ✓
• E ✗ panjang logam justru divariasikan, dan jenis bahan tidak diubah.

Jawaban: C.

Soal kedua (SA-18, 47,88 % benar) meminta kelemahan yang membuat data tidak akurat. Ingat langkah 4: cari faktor yang ikut berbeda tanpa disengaja dan dapat mengubah **waktu leleh**.

Bacaan: *"PERCOBAAN KONDUKSI KALOR"* sudah dicetak di hlm. 35. Buka halaman itu, lalu kerjakan soal berikut.

►. Dari rancangan percobaan, apa salah satu kelemahan yang akan menyebabkan data tidak akurat?

A. Jenis lilin dan ukuran lilin tidak dipastikan sama sehingga tidak homogen.
B. Jenis logam yang tidak diganti-ganti sehingga menyebabkan tidak ada pembanding.
C. Penempatan sumber panas di ujung logam menyebabkan kalor tidak menyebar secara merata.
D. Pengukuran waktu menggunakan stopwatch sulit dilakukan sehingga muncul penyimpangan data waktu.
E. Panjang keseluruhan logam tidak diukur sehingga tidak dapat dibandingkan.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 47,88 %

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: data akurat bila hanya variabel bebas yang berbeda. Faktor lain yang ikut memengaruhi variabel terikat harus dikendalikan.

Analisis: waktu leleh bergantung pada kalor yang dibutuhkan untuk melelehkan potongan lilin, dan itu bergantung pada **jenis** (titik leleh) dan **ukuran/massa** potongan. Rancangan membolehkan

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

"lilin **atau** mentega" yang "dipotong tipis-tipis" tanpa ukuran yang sama. Akibatnya, perbedaan waktu leleh bisa disebabkan oleh perbedaan potongan, bukan oleh jaraknya dari sumber panas.

Opsi lain:

- B ✗ Tujuan percobaan adalah pengaruh panjang, bukan jenis logam; logam memang harus tetap.
- C ✗ Pemanasan di satu ujung memang disengaja agar kalor merambat sepanjang batang.
- D ✗ Mencatat waktu dengan *stopwatch* untuk peristiwa yang berlangsung beberapa menit cukup mudah; ini bukan kelemahan utama rancangan.
- E ✗ Yang dibutuhkan adalah jarak tiap lilin dari sumber, dan itu sudah diukur.

Jawaban: A.

Kedua pembahasan menunjukkan pola yang sama: semua pilihan yang salah terdengar masuk akal, tetapi tidak lolos pertanyaan "apakah ini benar-benar diubah, diukur, atau memengaruhi data?".

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta variabel kontrol. Pisahkan dulu yang sengaja diubah (variabel bebas) dan yang diukur (variabel terikat); variabel kontrol adalah besaran lain yang juga dapat memengaruhi hasil sehingga harus dijaga sama.

►. Siswa ingin menyelidiki pengaruh tebal dinding kotak styrofoam terhadap lamanya es batu mencair. Ia membuat tiga kotak styrofoam bertebal 1 cm, 2 cm, dan 3 cm. Ke dalam setiap kotak dimasukkan es batu, lalu kotak ditutup dan diletakkan di ruang yang sama. Waktu sampai es mencair seluruhnya dicatat.
Agar percobaan adil, besaran yang harus dibuat sama pada ketiga kotak adalah ....

A. tebal dinding kotak styrofoam
B. massa dan suhu awal es batu
C. waktu sampai es mencair seluruhnya
D. bentuk es batu yang mencair paling cepat
E. jumlah kotak yang dipakai dalam percobaan

Pembahasan Kunci: B

Konsep: variabel kontrol = besaran yang dapat memengaruhi variabel terikat dan karena itu dijaga sama; variabel bebas = yang sengaja diubah; variabel terikat = yang diukur.

Analisis opsi:

- A ✗ – itu variabel bebas yang sengaja dibuat berbeda.
- B ✓ – es yang lebih banyak atau lebih dingin perlu kalor lebih banyak, sehingga waktunya berubah walaupun tebal dinding sama.
- C ✗ – itu variabel terikat yang diukur.
- D ✗ – bukan besaran yang dapat dikendalikan sebelum percobaan.
- E ✗ – jumlah kotak tidak memengaruhi waktu mencair tiap es.

Jawaban: B.

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

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis dulu: apa yang diubah, apa yang diukur, apa yang dijaga tetap, dan apa yang dapat membuat data menyimpang.

1. Siswa ingin membuktikan bahwa tekanan dan volume udara berbanding terbalik pada suhu tetap. Ia menutup ujung suntikan, menekan pengisapnya dengan cepat sambil menggenggam tabung suntikan erat-erat dengan telapak tangan, lalu membaca tekanan pada sensor untuk beberapa volume. Ternyata hasil kali PV yang diperolehnya tidak tetap, tetapi makin besar ketika volume makin kecil.
Kelemahan rancangan yang paling mungkin menyebabkan hasil tersebut adalah ....

A. jumlah data yang diambil terlalu sedikit untuk menarik kesimpulan
B. volume suntikan terlalu kecil sehingga sulit dibaca
C. suhu udara naik karena dimampatkan cepat dan digenggam tangan
D. udara di dalam suntikan bukan gas ideal pada tekanan ruang
E. tekanan seharusnya dibaca sebelum pengisap ditekan

2. Raka memperhatikan bahwa ayunan dengan tali panjang di taman tampak berayun lebih lambat daripada ayunan dengan tali pendek. Ia ingin melakukan percobaan untuk menyelidikinya.
Rumusan masalah yang paling tepat dan dapat diuji dengan percobaan adalah ....

A. Mengapa ayunan di taman disukai anak-anak?
B. Apakah ayunan bertali panjang lebih nyaman dinaiki anak-anak?
C. Ayunan apa yang terbaik untuk taman bermain?
D. Bagaimana pengaruh panjang tali terhadap waktu satu ayunan?
E. Berapa banyak ayunan yang ada di taman itu?

Kunci singkat: 1. C 2. D

✔ PERIKSA DIRI

- Pada rancangan dengan satu batang logam dan lilin di beberapa jarak, apa variabel bebasnya, dan mengapa jenis logam bukan variabel bebas?
- Mengapa mengulang pengukuran tidak memperbaiki data yang terkena kesalahan titik nol?
- Bagaimana cara membuktikan dari tabel bahwa dua besaran berbanding terbalik, tanpa menggambar grafik?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-1.2

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

Sub bab 1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif

FIS-1.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi untuk gerak lurus meminta kamu *menganalisis keterkaitan beberapa besaran pada gerak lurus berdasarkan data*, dengan catatan bahwa jarak, perpindahan, kelajuan, dan kecepatan harus dibedakan **besar dan arahnya**. Di soal asli 2025, konsep ini muncul dalam bentuk **gerak relatif**: sebuah kapal harus memilih kecepatan agar tiba tepat waktu, padahal air di bawahnya ikut bergerak.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-2	Mengevaluasi strategi-strategi dalam menyelesaikan permasalahan sehari-hari menggunakan konsep gerak relatif	29,58 %

Soal itu hanya memerlukan satu pengurangan. Namun lebih dari dua pertiga peserta keliru, karena mereka tidak membedakan **kecepatan kapal terhadap air** dari **kecepatan kapal terhadap daratan**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan jarak dari perpindahan, dan kelajuan rata-rata dari kecepatan rata-rata;
- menjumlahkan kecepatan sebagai vektor, termasuk vektor yang saling tegak lurus;
- menghitung kecepatan relatif antara dua benda dan antara benda dan medium (air, udara);
- memilih strategi gerak (arah dan kecepatan) agar suatu syarat terpenuhi.

NEXT LEVEL STUDY

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Ketika kamu duduk di dalam KRL yang melaju, apakah kamu sedang bergerak? Menurut penumpang di sebelahmu, kamu diam. Menurut orang yang menunggu di peron, kamu melesat 20 m/s. Keduanya benar, karena gerak selalu diukur **terhadap sesuatu**. Sub bab ini membangun bahasa dasar untuk membicarakan gerak: posisi, jarak, perpindahan, kelajuan, kecepatan, dan cara menggabungkan kecepatan dari sudut pandang yang berbeda. Bahasa ini dipakai di seluruh Bab 1 dan Bab 2.

1. Posisi dan kerangka acuan

Posisi adalah letak benda terhadap sebuah titik acuan, dinyatakan dengan jarak dan arah. "Sekolah berada 2 km di utara rumah" menyebut posisi sekolah dengan rumah sebagai titik acuan. Titik acuan beserta arah-arah yang disepakati (misalnya timur = sumbu x positif, utara = sumbu y positif) disebut **kerangka acuan**.

Sebuah benda dikatakan **bergerak** bila posisinya berubah terhadap kerangka acuan yang

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

dipilih. Pohon di tepi jalan diam terhadap tanah, tetapi tampak bergerak mundur bagi penumpang bus. Tidak ada kerangka acuan yang "paling benar"; yang penting, satu soal memakai satu kerangka acuan secara konsisten. Bila soal tidak menyebutkannya, kerangka acuannya biasanya tanah (permukaan Bumi).

Besaran fisika dibedakan menjadi dua jenis. **Besaran skalar** cukup dinyatakan dengan nilai dan satuan, misalnya massa 50 kg, waktu 10 s, jarak 800 m. **Besaran vektor** memerlukan nilai **dan arah**, misalnya perpindahan 447 m ke timur laut atau kecepatan 20 m/s ke utara. Vektor digambar sebagai anak panah: panjangnya menyatakan besar, arah panahnya menyatakan arah.

2. Jarak dan perpindahan

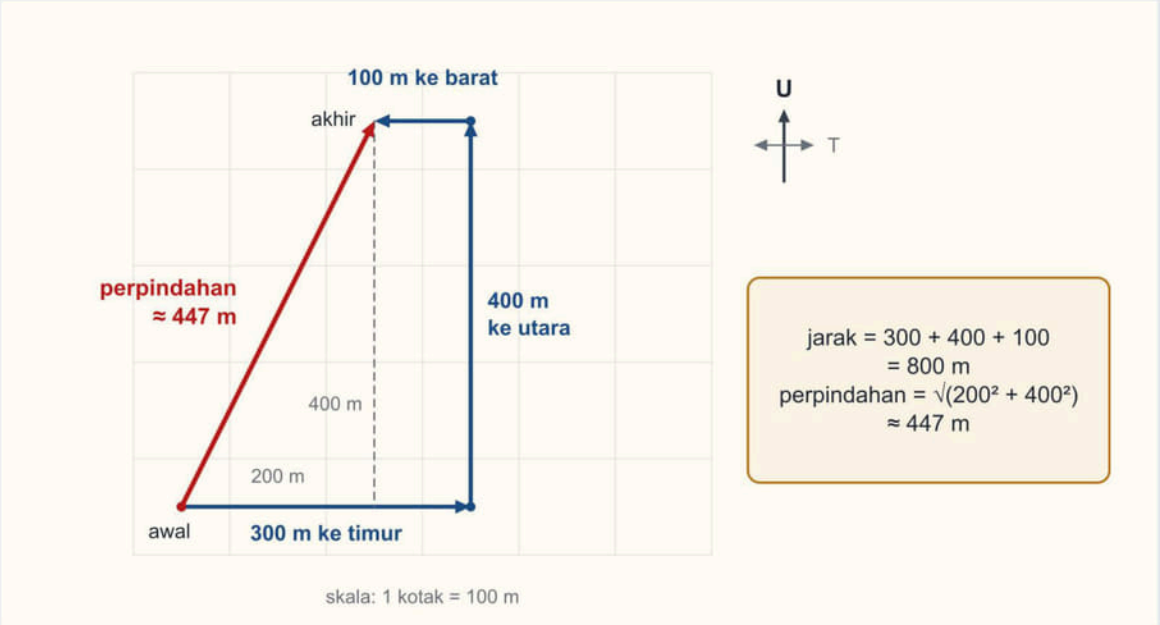
- **Jarak** adalah panjang lintasan yang benar-benar ditempuh. Jarak adalah besaran skalar dan selalu positif.
- **Perpindahan** adalah perubahan posisi, dari titik awal **langsung** ke titik akhir. Perpindahan adalah besaran vektor: ada besar dan arah.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_{\text{akhir}} - \vec{r}_{\text{awal}}$$

Jarak tidak pernah lebih kecil daripada besar perpindahan. Keduanya sama hanya bila benda bergerak lurus tanpa berbalik arah. Pelari yang menempuh satu putaran penuh lintasan 400 m menempuh jarak 400 m, tetapi perpindahannya nol karena ia kembali ke titik awal.

Contoh terselesaikan 1: jarak dan perpindahan kurir

Seorang kurir berjalan 300 m ke timur, lalu 400 m ke utara, kemudian 100 m ke barat (Gambar 1.14). Ia menempuh semuanya dalam 10 menit. Tentukan jarak, perpindahan, kelajuan rata-rata, dan kecepatan rata-ratanya.



Gambar 1.14 Lintasan kurir (biru) dan perpindahannya (merah). Perpindahan dihitung dari komponen timur 200 m dan utara 400 m. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

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

1. Jarak $= 300 + 400 + 100 = 800$ m.
2. Perpindahan dijumlahkan per arah: komponen timur $= 300 - 100 = 200$ m, komponen utara $= 400$ m.
3. Besar perpindahan $= \sqrt{200^2 + 400^2} = \sqrt{200.000} \approx 447$ m, ke arah timur laut (lebih condong ke utara).
4. Waktu 10 menit $= 600$ s. Kelajuan rata-rata $= \dfrac{800}{600} \approx 1{,}33$ m/s. Besar kecepatan rata-rata $= \dfrac{447}{600} \approx 0{,}75$ m/s, arahnya sama dengan arah perpindahan.

3. Kelajuan dan kecepatan

$$\text{kelajuan rata-rata} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}, \qquad \text{kecepatan rata-rata} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}}$$

Kelajuan adalah besaran skalar ("seberapa cepat"), kecepatan adalah besaran vektor ("seberapa cepat dan ke mana"). Mobil yang berbelok di tikungan dengan spidometer tetap 40 km/jam mempunyai kelajuan tetap, tetapi kecepatannya berubah karena arahnya berubah. **Kecepatan sesaat** adalah kecepatan pada satu saat tertentu, yaitu kecepatan rata-rata dalam selang waktu yang sangat singkat. Angka pada spidometer menunjukkan besar kecepatan sesaat.

Kelajuan rata-rata bukan rata-rata kelajuan. Bila sebuah mobil menempuh 60 km pertama dengan 60 km/jam lalu 60 km berikutnya dengan 30 km/jam, waktunya $1 + 2 = 3$ jam. Kelajuan rata-ratanya $\dfrac{120}{3} = 40$ km/jam, bukan $\dfrac{60 + 30}{2} = 45$ km/jam. Bagian yang lebih lambat memakan waktu lebih lama, sehingga lebih berpengaruh.

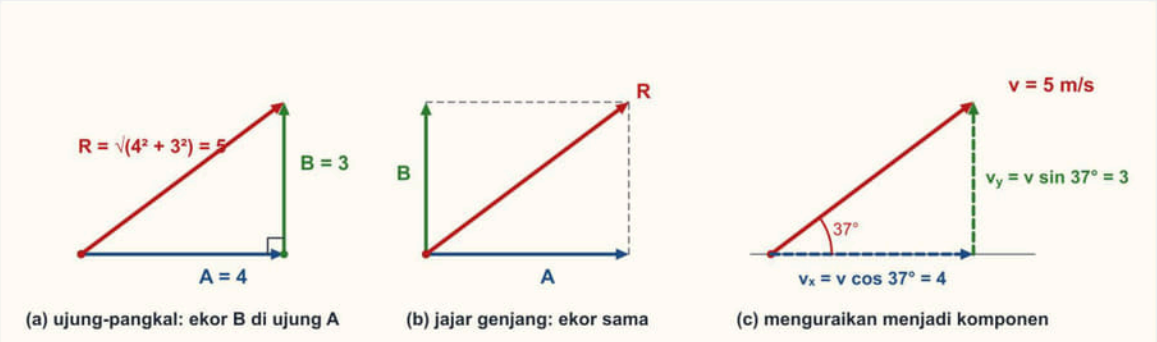
Satuan. Ubah km/jam ke m/s dengan membagi 3,6: $72 \text{ km/jam} = \dfrac{72}{3{,}6} = 20$ m/s. Sebaliknya kalikan 3,6. Angka 3,6 berasal dari $\dfrac{3.600 \text{ s}}{1.000 \text{ m}}$.

4. Menjumlahkan dan menguraikan vektor

Dua kecepatan (atau dua perpindahan) yang **searah** dijumlahkan biasa. Yang **berlawanan arah** dikurangkan. Untuk arah lain, vektor dijumlahkan secara geometri (Gambar 1.15):

- **Cara ujung-pangkal:** pangkal vektor kedua diletakkan di ujung vektor pertama; resultannya adalah panah dari pangkal pertama ke ujung terakhir. Cara ini cocok untuk perjalanan bertahap seperti kurir di atas.
- **Cara jajar genjang:** kedua vektor berpangkal di titik yang sama; resultannya adalah diagonal jajar genjang yang dibentuk keduanya. Cara ini cocok untuk dua pengaruh yang bekerja bersamaan, misalnya mesin perahu dan arus sungai.

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



Gambar 1.15 Penjumlahan vektor cara ujung-pangkal dan jajar genjang, serta penguraian vektor menjadi komponen mendatar dan tegak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bila kedua vektor **saling tegak lurus**, segitiganya siku-siku, sehingga besar resultan dihitung dengan teorema Pythagoras:

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \qquad \tan\alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

Sebaliknya, satu vektor dapat **diuraikan** menjadi dua komponen yang saling tegak lurus: $v_x = v\cos\theta$ dan $v_y = v\sin\theta$, dengan θ sudut terhadap sumbu mendatar. Penguraian ini sangat berguna: vektor-vektor yang arahnya macam-macam diuraikan dulu, komponen sejenis dijumlahkan, lalu resultannya dihitung dengan Pythagoras. Di soal TKA, sudut yang sering dipakai adalah 37° dan 53°, dengan $\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0{,}6$ dan $\cos 37^\circ = \sin 53^\circ = 0{,}8$. Pasangan 3–4–5 ini muncul berkali-kali, jadi kenali bentuknya.

5. Kecepatan relatif

Kecepatan selalu diukur **terhadap sesuatu**. Penumpang yang duduk di kereta diam terhadap kereta, tetapi bergerak 20 m/s terhadap peron. Aturan umumnya:

$$\vec{v}_{\text{A terhadap C}} = \vec{v}_{\text{A terhadap B}} + \vec{v}_{\text{B terhadap C}}$$

Untuk benda di dalam medium yang bergerak (perahu di sungai, pesawat di angin, orang berjalan di eskalator):

$$\vec{v}_{\text{benda–tanah}} = \vec{v}_{\text{benda–medium}} + \vec{v}_{\text{medium–tanah}}$$

Kecepatan "terhadap medium" adalah kecepatan yang dihasilkan mesin atau kaki: speedometer perahu mengukur kecepatan terhadap air, bukan terhadap tanah. Orang yang berjalan 1 m/s di eskalator yang bergerak 0,5 m/s searah tiba dengan kecepatan 1,5 m/s terhadap gedung; bila ia berjalan melawan arah eskalator, kecepatannya hanya 0,5 m/s.

Untuk dua benda yang sama-sama bergerak, kecepatan A **menurut pengamat di B**:

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_A - \vec{v}_B$$

Pada satu garis lurus: bila searah, kelajuan relatif adalah **selisih** kelajuan; bila berlawanan arah, kelajuan relatif adalah **jumlah** kelajuan. Itulah sebabnya dua kereta yang berpapasan tampak melesat sangat cepat bagi penumpangnya, sedangkan kereta yang berjalan sejajar dengan kecepatan hampir sama tampak hampir diam.

Contoh terselesaikan 2: pesawat dan angin samping

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

Kelajuan sebuah pesawat terhadap udara 500 km/jam. Angin bertiup ke selatan 100 km/jam. Pilot ingin terbang tepat ke timur. Ke mana haluan harus diarahkan, dan berapa kelajuan pesawat terhadap tanah?



Gambar 1.16 Kecepatan pesawat terhadap udara (biru) ditambah kecepatan angin (hijau) menghasilkan kecepatan terhadap tanah (merah) tepat ke timur. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Tulis hubungan vektor: $\vec{v}_{\text{pesawat–tanah}} = \vec{v}_{\text{pesawat–udara}} + \vec{v}_{\text{udara–tanah}}$.
2. Resultan harus tepat ke timur, jadi komponen utara haluan harus menghapus angin ke selatan: $500 \sin\alpha = 100 \rightarrow \sin\alpha = 0{,}2$. Haluan condong sedikit ke utara (Gambar 1.16).
3. Segitiganya siku-siku, sehingga kelajuan terhadap tanah $= \sqrt{500^2 - 100^2} = \sqrt{240.000} \approx 490$ km/jam.
4. Makna: kelajuan terhadap tanah lebih kecil daripada 500 km/jam, karena sebagian "usaha" mesin dipakai melawan angin. Bila pilot mengarahkan haluan tepat ke timur, pesawat akan terbawa angin ke selatan.

6. Tiga strategi menyeberang sungai

Misalkan lebar sungai d, kelajuan perahu terhadap air u, dan kelajuan arus v (dengan $u > v$). Gerak menyeberang dan gerak terbawa arus berlangsung **bersamaan dan saling bebas**: arus tidak mempercepat atau memperlambat gerak menyeberang, hanya menggeser perahu ke hilir.

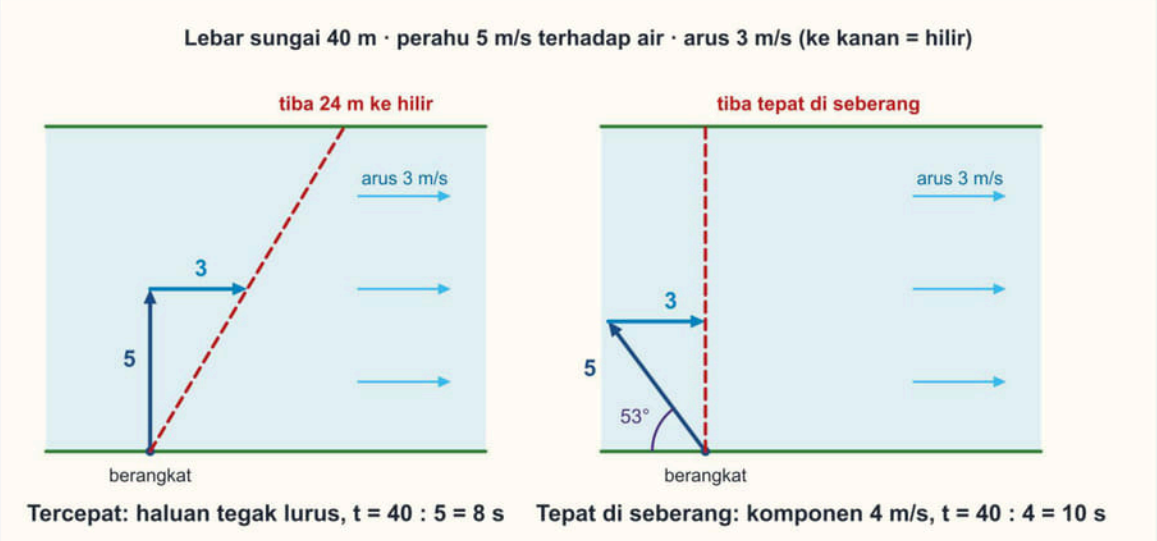
Tujuan	Arah haluan perahu	Waktu menyeberang	Hasil
Tercepat sampai seberang	tegak lurus tepi	$t = \dfrac{d}{u}$	perahu hanyut sejauh $v \cdot t$ ke hilir
Tepat di seberang (lintasan terpendek)	condong ke hulu sehingga $u\cos\alpha = v$ (α diukur dari tepi)	$t = \dfrac{d}{\sqrt{u^2 - v^2}}$	perahu tiba tepat di depan titik berangkat
Haluan condong ke hilir	condong ke hilir	lebih lama daripada tercepat	hanyut makin jauh

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

Strategi tercepat dan strategi terpendek **berbeda**. Soal biasanya menyebut tujuannya dengan jelas: "secepat mungkin" atau "tiba tepat di titik B".

Contoh terselesaikan 3: perahu menyeberang sungai

Sungai selebar 40 m mengalir dengan kelajuan 3 m/s. Perahu dapat bergerak 5 m/s terhadap air. Bandingkan strategi tercepat dan strategi tiba tepat di seberang.



Gambar 1.17 Kiri: haluan tegak lurus tepi (tercepat, perahu hanyut). Kanan: haluan condong ke hulu 53° terhadap tepi (tiba tepat di seberang). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. **Tercepat:** haluan tegak lurus tepi. Seluruh 5 m/s dipakai menyeberang: $t = \dfrac{40}{5} = 8$ s. Selama itu arus menggeser perahu $3 \times 8 = 24$ m ke hilir (Gambar 1.17 kiri).
2. **Tepat di seberang:** komponen haluan ke arah hulu harus menghapus arus, yaitu 3 m/s. Sisa komponen menyeberang $= \sqrt{5^2 - 3^2} = 4$ m/s, sehingga $t = \dfrac{40}{4} = 10$ s.
3. Sudut haluan terhadap tepi: $\cos\alpha = \dfrac{3}{5}$, jadi $\alpha = 53^\circ$ ke arah hulu (Gambar 1.17 kanan).
4. Bandingkan: strategi tepat di seberang lebih lambat 2 s, tetapi tidak hanyut.

7. Satu garis lurus: arus searah atau melawan

Bila tujuan berada **searah** arus, arus membantu; bila **berlawanan**, arus menghambat. Strategi yang benar dihitung dari belakang:

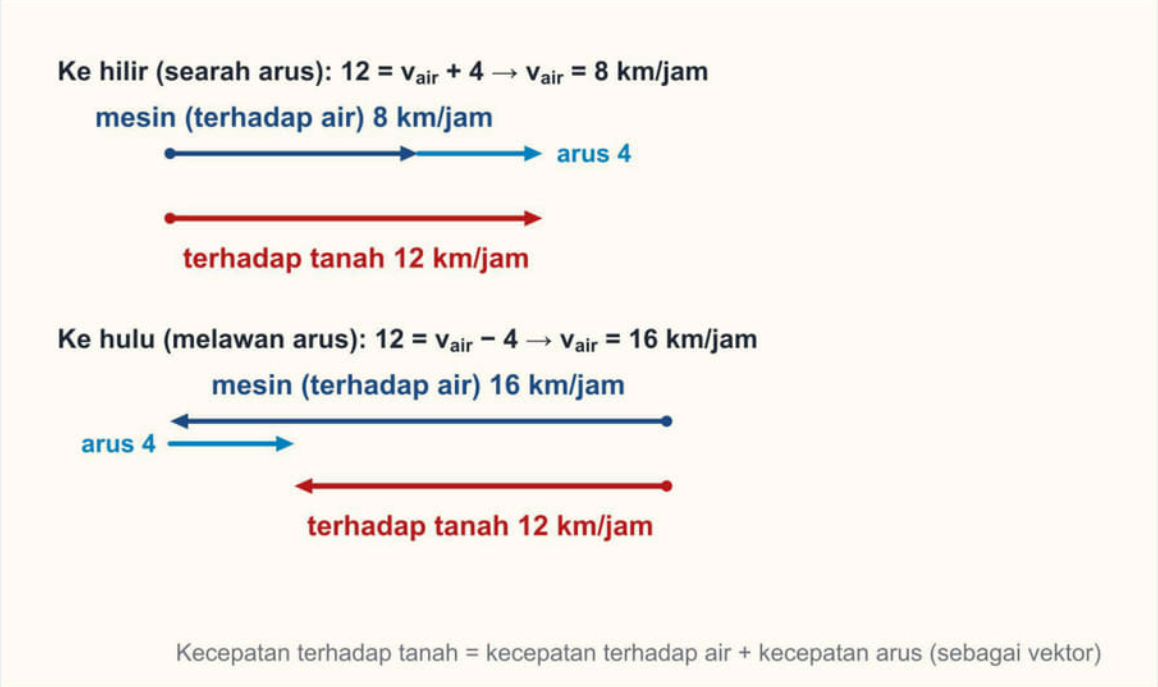
1. Tentukan kecepatan yang **dibutuhkan terhadap tanah**: $\dfrac{\text{jarak}}{\text{waktu yang tersedia}}$.
2. Kurangkan kecepatan arus (sebagai vektor) untuk mendapat kecepatan yang harus diberikan mesin, yaitu **kecepatan terhadap air**.

Contoh terselesaikan 4: perahu ke hilir dan kembali ke hulu

Sebuah perahu harus menempuh 18 km ke hilir dalam 1,5 jam. Arus sungai 4 km/jam ke hilir.

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

Berapa kecepatan perahu terhadap air? Bila perahu yang sama harus kembali ke hulu dalam waktu yang sama, berapa kecepatan terhadap air yang diperlukan?



Gambar 1.18 Kecepatan mesin (biru) dan arus (biru muda) dijumlahkan sebagai vektor menjadi kecepatan terhadap tanah (merah). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Kecepatan terhadap tanah yang dibutuhkan $= \dfrac{18}{1{,}5} = 12$ km/jam.
2. Ke hilir: $12 = v_{\text{air}} + 4 \rightarrow$ kecepatan terhadap air $= 8$ km/jam (Gambar 1.18 atas).
3. Ke hulu: arah arus berlawanan, sehingga $12 = v_{\text{air}} - 4 \rightarrow$ kecepatan terhadap air $= 16$ km/jam (Gambar 1.18 bawah).
4. Makna: jarak dan waktu sama, tetapi perjalanan ke hulu memerlukan mesin dua kali lebih kuat. Jebakan umum adalah menjawab 8 km/jam untuk kedua arah.

Ringkasan

- Gerak bergantung pada kerangka acuan. Skalar: nilai saja; vektor: nilai dan arah.
- Jarak = panjang lintasan; perpindahan = garis lurus awal → akhir (vektor). Kelajuan rata-rata = jarak/waktu; kecepatan rata-rata = perpindahan/waktu.
- Vektor dijumlahkan per komponen; yang tegak lurus memakai Pythagoras. Ingat pasangan 37°–53° (0,6 dan 0,8).
- $\vec{v}_{\text{benda–tanah}} = \vec{v}_{\text{benda–medium}} + \vec{v}_{\text{medium–tanah}}$; searah dijumlah, berlawanan dikurangi.
- Menyeberang tercepat: haluan tegak lurus (hanyut). Tiba tepat di seberang: haluan condong ke hulu, komponen menyeberang $\sqrt{u^2 - v^2}$.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal gerak relatif

1. **Gambar sketsa** dengan arah mata angin atau arah arus. Beri label setiap vektor: "kapal–air", "air–tanah", "kapal–tanah".
2. **Tentukan apa yang diminta:** kecepatan terhadap tanah (yang dilihat orang di darat) atau terhadap medium (yang diatur mesin).
3. **Tulis persamaan vektor** $\vec{v}_{\text{benda–tanah}} = \vec{v}_{\text{benda–medium}} + \vec{v}_{\text{medium–tanah}}$, lalu selesaikan per komponen.
4. **Untuk soal strategi**, mulai dari syarat (tiba tepat waktu, tiba tepat di seberang), lalu hitung mundur.
5. **Cek ulang** dengan menjumlahkan kembali kecepatanmu dan menghitung waktunya.

Jebakan khas

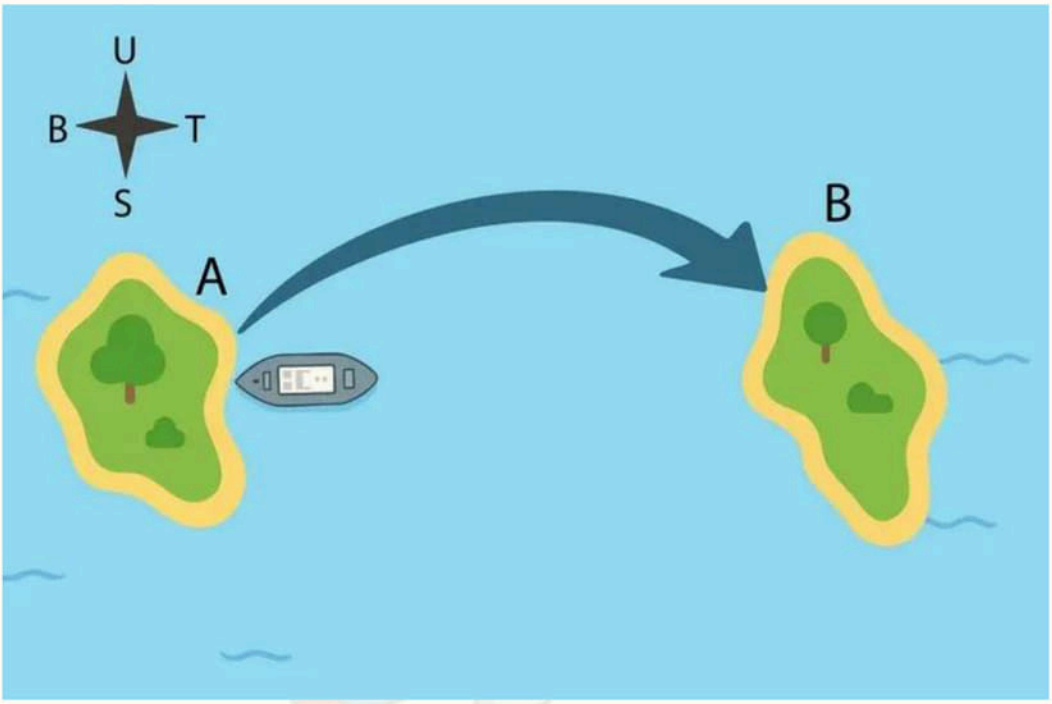
Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Kecepatan terhadap tanah dipakai sebagai kecepatan mesin	kapal diatur 10 km/jam padahal arus sudah menambah 2 km/jam	pisahkan "kapal–air" dari "kapal–tanah"
Arah arus dibaca terbalik	"arus dari barat ke timur" dianggap ke barat	"dari X ke Y" berarti bergerak **menuju** Y
Vektor tegak lurus dijumlahkan biasa	$15 + 9 = 24$ m/s, bukan $\sqrt{15^2 + 9^2}$	pakai Pythagoras
Tercepat dianggap sama dengan tepat di seberang	haluan tegak lurus dipilih untuk tiba tepat di B	haluan tegak lurus membuat perahu hanyut
Kelajuan rata-rata dihitung dari rata-rata kelajuan	$\frac{60+30}{2}$ km/jam	bagi jarak total dengan waktu total
Jarak tertukar dengan perpindahan	perpindahan robot bolak-balik dianggap jumlah semua lintasan	perpindahan hanya bergantung pada titik awal dan akhir
Satuan tidak diubah	km/jam dicampur dengan m/s	ubah semua ke satu satuan sebelum menghitung

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-2) dijawab benar oleh 29,58 % peserta. Langkah kuncinya: tentukan dulu kecepatan yang dibutuhkan **terhadap daratan** (10 km dalam 1 jam), lalu kurangkan bantuan arus. Kerjakan sebelum membaca pembahasannya.

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

►. Sebuah kapal bergerak dari pulau A menuju pulau B dengan jarak 10 km. Pulau B berada tepat di sebelah timur pulau A. Diketahui kapal berangkat dari pulau A pada pukul 08.00. Jika saat itu arus air laut bergerak dari arah barat ke timur dengan kecepatan 2 km.jam^{-1} dan kapal harus sampai tepat pukul 09.00, strategi apa yang harus diterapkan agar kapal datang tepat waktu?



A. Bergerak ke arah timur dengan kecepatan 12 km.jam^{-1}.
B. Bergerak ke arah tenggara dengan kecepatan 10 km.jam^{-1}.
C. Bergerak ke arah barat dengan kecepatan 10 km.jam^{-1}.
D. Bergerak ke arah timur laut dengan kecepatan 10 km.jam^{-1}.
E. Bergerak ke arah timur dengan kecepatan 8 km.jam^{-1}.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 29,58 %

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep gerak relatif: kecepatan kapal terhadap daratan $\vec{v}_{\text{kapal-darat}} = \vec{v}_{\text{kapal-air}} + \vec{v}_{\text{air-darat}}$.

Langkah 1 – Kecepatan yang dibutuhkan terhadap daratan. Jarak 10 km harus ditempuh dalam 1 jam (08.00–09.00), arah tepat ke timur:

$$v_{\text{kapal-darat}} = \frac{10\ \text{km}}{1\ \text{jam}} = 10\ \text{km.jam}^{-1}\ \text{ke timur}$$

Langkah 2 – Kecepatan kapal terhadap air. Arus mengalir **dari** barat **ke** timur, jadi $v_{\text{air-darat}} = 2$ km.jam^{-1} ke timur (searah tujuan).

$$v_{\text{kapal-air}} = 10 - 2 = 8\ \text{km.jam}^{-1}\ \text{ke timur}$$

Cek ulang: $8 + 2 = 10$ km.jam^{-1}; $10\ \text{km} \div 10\ \text{km.jam}^{-1} = 1$ jam → tiba pukul 09.00 ✓.

Analisis opsi:
• A ✗ 12 km.jam^{-1} → kecepatan total 14 km.jam^{-1}, tiba sekitar 08.43 (terlalu cepat). Jebakan: arus dianggap melawan.

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

• B dan D ✗ arah tenggara/timur laut membuat kapal menyimpang dari garis A–B dan komponen ke timurnya kurang dari 10 km.jam^{-1}.
• C ✗ ke barat justru menjauhi pulau B.
• E ✓

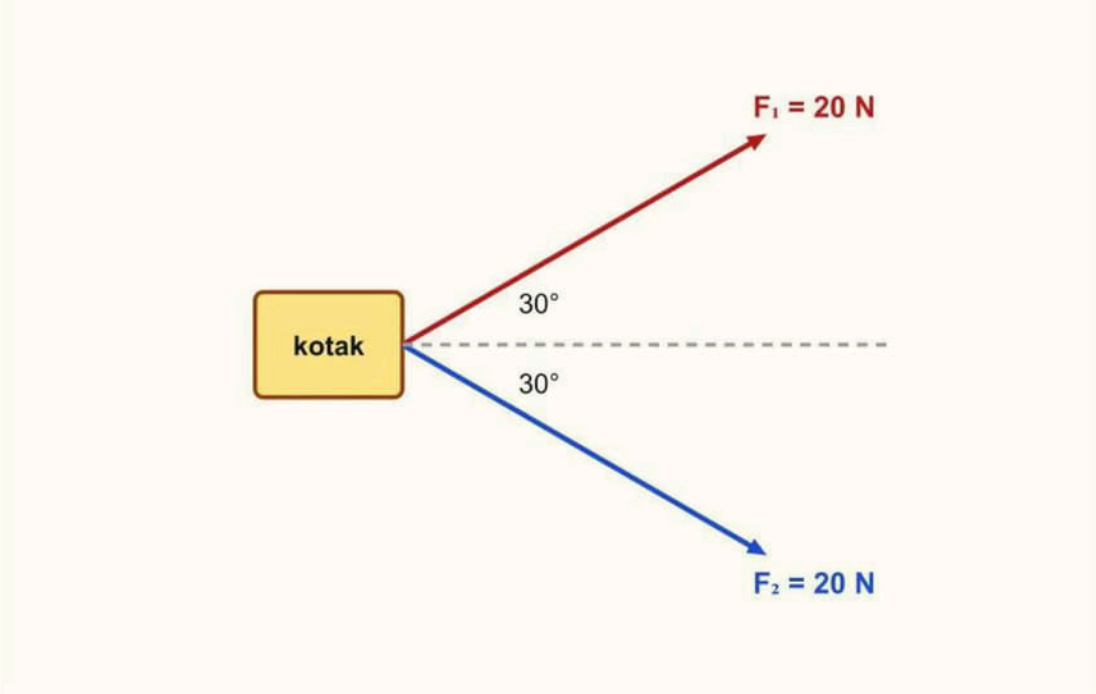
Jawaban: E.

Pengecoh yang paling menggoda adalah 12 km/jam ke timur. Peserta yang memilihnya menganggap arus **menghambat**, padahal arus bergerak dari barat ke timur, searah tujuan kapal. Pilihan tenggara dan timur laut menggoda karena "terasa" seperti strategi melawan arus, padahal arus dan tujuan berada pada satu garis.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menjumlahkan dua gaya yang membentuk sudut. Uraikan setiap gaya menjadi komponen sejajar dan tegak lurus garis putus-putus; perhatikan komponen mana yang saling meniadakan.

►. Sebuah kotak ditarik dengan dua tali mendatar oleh dua anak. Masing-masing tali menarik dengan gaya 20 N dan membentuk sudut 30° terhadap garis putus-putus, seperti tampak dari atas pada gambar.
Besar resultan kedua gaya tarik tersebut adalah ....



A. 40 N
B. 20 N
C. 34,6 N
D. 28,3 N
E. 17,3 N

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

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: resultan dua vektor dapat dicari dengan menguraikan komponen; komponen yang berlawanan saling meniadakan.

Langkah – Komponen sepanjang garis: $2 \times 20\cos 30^\circ = 40 \times 0{,}866 \approx 34{,}6$ N. Komponen tegak lurus: $20\sin 30^\circ - 20\sin 30^\circ = 0$.

Analisis opsi:

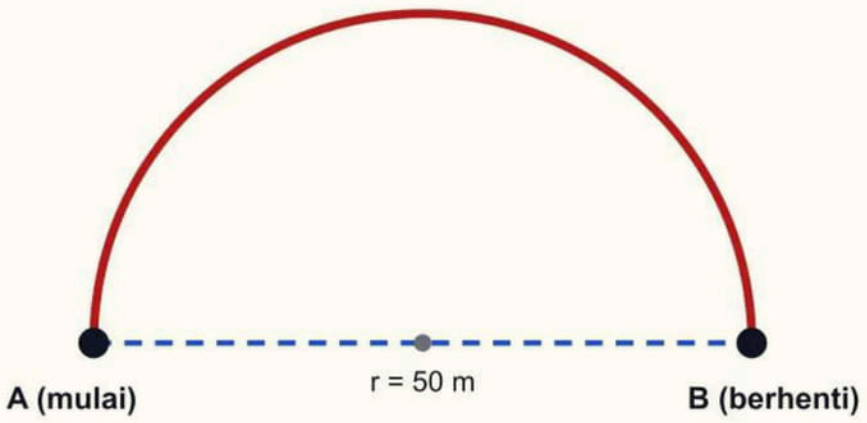
- A (40 N) ✗ – kedua gaya dijumlahkan seolah-olah searah.
- B (20 N) ✗ – resultan dua gaya sama besar sama dengan salah satunya hanya bila sudut apitnya 120°.
- C (34,6 N) ✓ – komponen tegak saling meniadakan; komponen searah garis: 2 × 20 cos 30°.
- D (28,3 N) ✗ – memakai Pythagoras seolah-olah kedua gaya tegak lurus.
- E (17,3 N) ✗ – hanya komponen satu gaya yang dihitung.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, gambar dulu vektornya dari satu titik pangkal, lalu tentukan apakah perlu Pythagoras, penguraian komponen, atau cukup penjumlahan biasa.

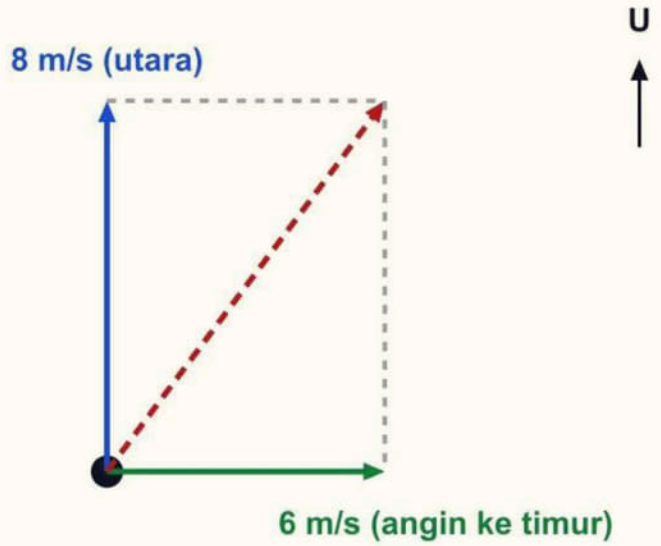
1. Seorang atlet berlari dari titik A ke titik B menyusuri setengah lingkaran lintasan yang berjari-jari 50 m, seperti pada gambar.
Jarak tempuh dan besar perpindahan atlet tersebut berturut-turut adalah ....



A. 100 m dan 157 m
B. 157 m dan 157 m
C. 314 m dan 100 m
D. 157 m dan 100 m
E. 78,5 m dan 50 m

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

2. Sebuah drone diarahkan terbang ke utara dengan kelajuan 8 m/s relatif terhadap udara. Saat itu angin bertiup ke timur dengan kelajuan 6 m/s, seperti pada gambar. Kelajuan drone terhadap tanah adalah ....



A. 14 m/s
B. 2 m/s
C. 7 m/s
D. 48 m/s
E. 10 m/s

Kunci singkat: 1. D 2. E

✔ PERIKSA DIRI

- Kapal harus tiba 10 km di timur dalam 1 jam, dan arus 2 km/jam ke timur. Berapa kecepatan yang harus diatur mesin, dan mengapa bukan 12 km/jam?
- Kapan strategi tercepat menyeberang sungai berbeda dari strategi tiba tepat di seberang?
- Mengapa kelajuan rata-rata dua bagian perjalanan tidak sama dengan rata-rata kedua kelajuannya?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

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

Sub bab 1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal

FIS-1.4

◎ APA YANG DIUJI

Ini sub bab dengan soal asli terbanyak di Bab 1. Kisi-kisi resmi meminta kamu *menganalisis keterkaitan beberapa besaran pada gerak lurus berdasarkan data*, mencakup GLB dan GLBB. "Data" di sini paling sering berupa **grafik kecepatan terhadap waktu**. Gerak vertikal (jatuh bebas dan lempar ke atas) adalah GLBB dengan percepatan gravitasi.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-3	Menginterpretasikan grafik kecepatan terhadap waktu dari peristiwa gerak lurus dalam kehidupan sehari-hari	20,42 %
SA-4	Menentukan salah satu besaran berdasarkan grafik kecepatan terhadap waktu dari peristiwa gerak lurus dalam kehidupan sehari-hari	23,75 %
SA-5	Menyelesaikan permasalahan kontekstual dan relevan menggunakan konsep gerak vertikal	41,89 %

SA-3 dan SA-4 memakai satu grafik yang sama, dan hanya sekitar seperlima peserta yang benar. Penyebab utamanya adalah satu miskonsepsi: **titik potong dua garis pada grafik kecepatan–waktu dikira tempat dua mobil bertemu.**

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- memakai persamaan GLB dan GLBB untuk satu benda maupun dua benda;
- membaca kemiringan dan luas di bawah grafik posisi–waktu, kecepatan–waktu, dan percepatan–waktu;
- menentukan kapan dan di mana dua benda bertemu atau saling menyusul;
- menyelesaikan gerak vertikal ke atas, ke bawah, dan jatuh bebas, termasuk dari ketinggian tertentu.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

KRL yang berangkat dari stasiun, bus yang melaju tetap di jalan tol, motor yang mengerem di lampu merah, dan bola yang dilempar ke atas semuanya bergerak pada satu garis lurus. Bedanya ada pada **percepatan**: ada yang kecepatannya tetap, ada yang kecepatannya berubah secara teratur. Dua jenis gerak ini, gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB), adalah dasar hampir semua soal gerak. Kunci menguasainya adalah **membaca grafik**: hampir setiap rumus di sub bab ini dapat "dilihat" langsung dari grafik kecepatan–waktu.

1. Gerak lurus beraturan (GLB)

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

Pada GLB, kecepatan tetap dan percepatan nol. Benda menempuh jarak yang sama dalam selang waktu yang sama.

$$s = v\,t, \qquad x(t) = x_0 + v\,t$$

Grafik posisi–waktu (x–t) berupa garis lurus miring. Kemiringannya adalah kecepatan: makin curam, makin cepat. Grafik kecepatan–waktu (v–t) berupa garis mendatar (Gambar 1.19, atas).

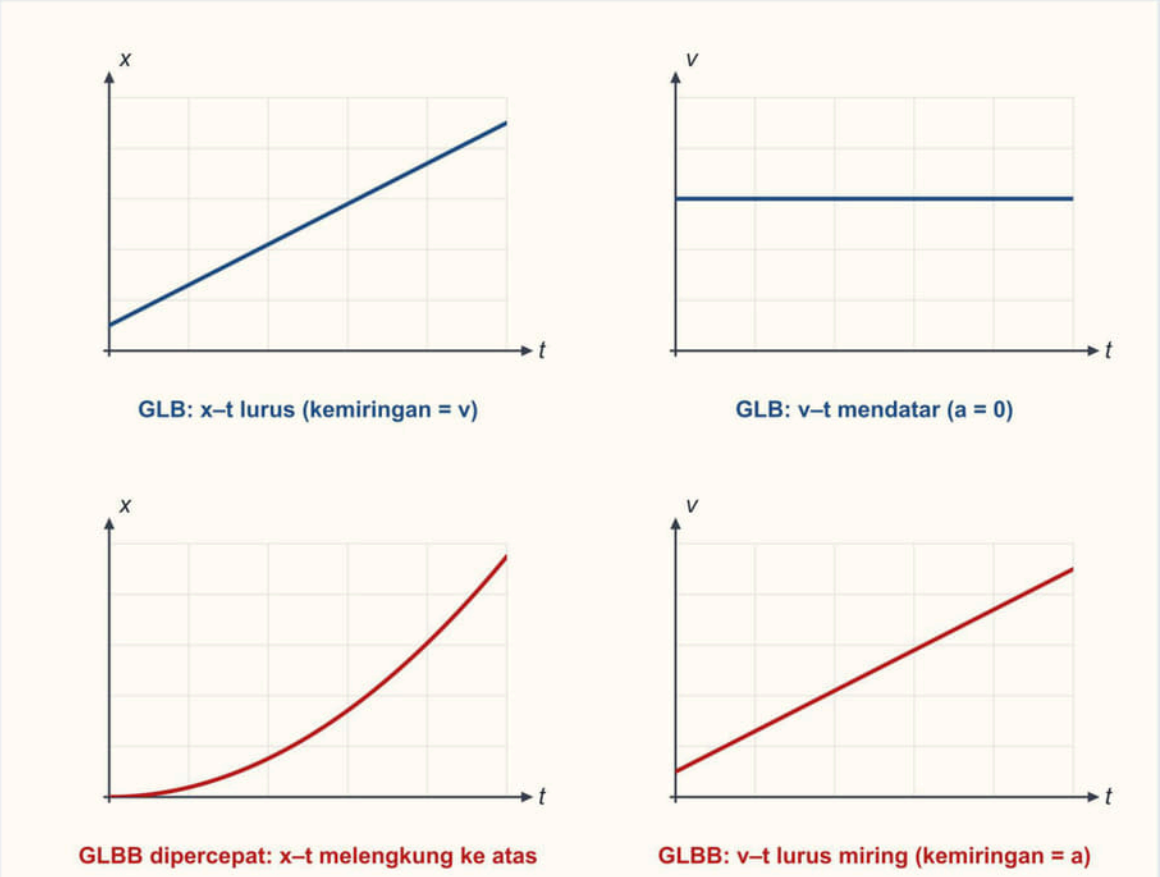
2. Percepatan dan GLBB

Percepatan adalah perubahan kecepatan setiap satuan waktu:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t}$$

Satuannya m/s^2, dibaca "meter per sekon setiap sekon". Percepatan 2 m/s^2 berarti kecepatan bertambah 2 m/s setiap detik. Percepatan adalah vektor: bila arahnya sama dengan arah gerak, benda makin cepat; bila berlawanan, benda makin lambat (diperlambat). Mobil yang mengerem saat melaju ke timur mempunyai percepatan ke **barat**.

Pada GLBB, percepatan a tetap. Grafik v–t berupa garis lurus miring, dan grafik x–t melengkung (Gambar 1.19, bawah), karena benda menempuh jarak yang makin besar dalam setiap detik berikutnya.



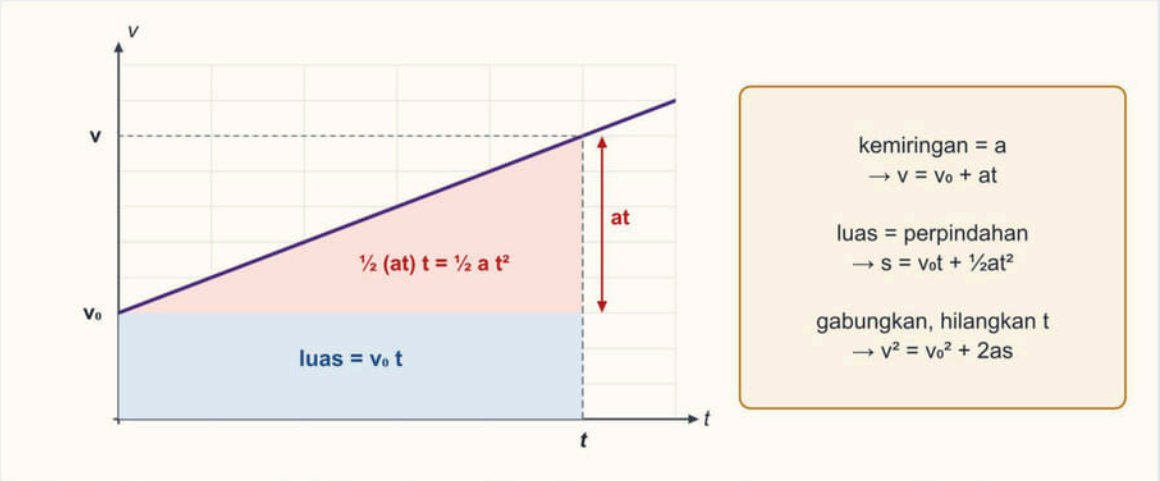
Gambar 1.19 Grafik posisi–waktu dan kecepatan–waktu untuk GLB (atas) dan GLBB dipercepat (bawah). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

3. Dari mana tiga persamaan GLBB berasal

Ketiga persamaan GLBB tidak perlu dihafal sebagai rumus lepas, karena semuanya dapat dibaca dari grafik v–t (Gambar 1.20):

1. **Kemiringan grafik = percepatan.** Garis naik dari v_0 ke v dalam waktu t, jadi $a = \dfrac{v - v_0}{t}$, atau $v = v_0 + a\,t$.
2. **Luas di bawah grafik = perpindahan.** Daerah di bawah garis terdiri atas persegi panjang (luas $v_0 t$) dan segitiga (alas t, tinggi at, luas $\frac{1}{2}at^2$). Jadi $s = v_0\,t + \frac{1}{2}a\,t^2$.
3. **Hilangkan t.** Dari persamaan pertama $t = \dfrac{v - v_0}{a}$; masukkan ke persamaan kedua, lalu sederhanakan, diperoleh $v^2 = v_0^2 + 2a\,s$.



Gambar 1.20 Persamaan GLBB dibaca dari grafik v–t: kemiringan memberi percepatan, luas (persegi panjang + segitiga) memberi perpindahan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

$$v = v_0 + a\,t \qquad s = v_0\,t + \tfrac{1}{2}a\,t^2 \qquad v^2 = v_0^2 + 2a\,s$$

Pilih persamaan yang **tidak memuat besaran yang tidak diketahui dan tidak ditanya**. Contohnya, bila waktu tidak diketahui dan tidak ditanya, pakai persamaan ketiga. Satu hasil tambahan yang sering berguna: karena grafiknya lurus, kecepatan rata-rata GLBB sama dengan rata-rata kecepatan awal dan akhir, $\bar{v} = \dfrac{v_0 + v}{2}$, sehingga $s = \dfrac{v_0 + v}{2}\,t$.

Bila benda diperlambat, a bernilai negatif (berlawanan dengan arah gerak). Jarak pengereman sampai berhenti dari kelajuan v_0 adalah:

$$s = \frac{v_0^2}{2a}$$

Jarak pengereman sebanding dengan **kuadrat** kelajuan awal. Kelajuan dua kali lipat membuat jarak pengereman empat kali lipat. Inilah alasan fisika di balik batas kecepatan di jalan permukiman. Dalam kehidupan nyata, jarak henti total masih ditambah **jarak reaksi**, yaitu jarak yang ditempuh dengan kecepatan tetap selama pengemudi baru menyadari bahaya dan menginjak rem (sekitar 1 detik).

4. Membaca grafik: kemiringan dan luas

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

Grafik	Kemiringan berarti	Luas di bawah grafik berarti
posisi–waktu (x–t)	kecepatan	(tidak dipakai)
kecepatan–waktu (v–t)	percepatan	**perpindahan**
percepatan–waktu (a–t)	(tidak dipakai)	**perubahan kecepatan**

Dua aturan penting:

1. **Nilai pada sumbu tegak** grafik v–t adalah kecepatan **saat itu**, bukan posisi. Dua garis yang berpotongan di grafik v–t hanya berarti **kecepatannya sama**.
2. **Luas di bawah sumbu waktu** (kecepatan negatif) bernilai negatif. Perpindahan = luas di atas sumbu dikurangi luas di bawah sumbu. Jarak = jumlah keduanya tanpa tanda.

Pada grafik x–t yang melengkung, kecepatan berubah setiap saat. Kecepatan sesaat pada satu titik adalah kemiringan **garis singgung** di titik itu: garis yang hanya menyentuh kurva di titik tersebut. Bila kurva makin curam, benda makin cepat; bila kurva mendatar di puncaknya, kecepatan benda sesaat itu nol dan benda berbalik arah. Pada grafik v–t, saat berbalik arah ditandai oleh garis yang **memotong sumbu waktu**: kecepatan berganti tanda dari positif ke negatif.

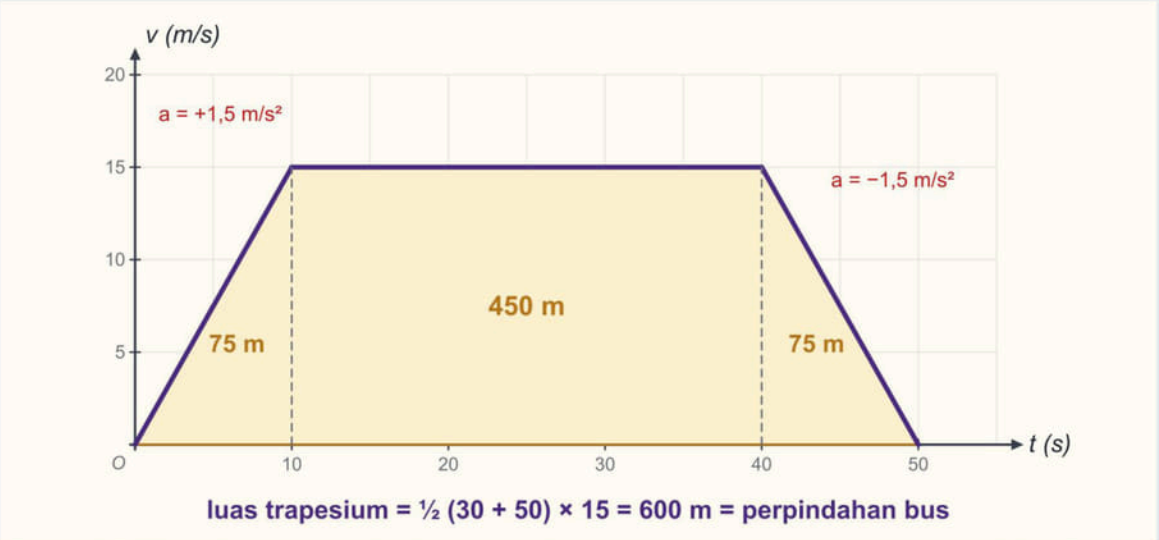
Contohnya, sebuah troli didorong menaiki lintasan miring dengan kecepatan awal 6 m/s, lalu diperlambat 2 m/s^2. Grafik v–t-nya turun lurus dari 6 m/s dan memotong sumbu waktu di $t = 3$ s, lalu terus turun ke nilai negatif (troli meluncur turun). Sampai $t = 3$ s, luas segitiga di atas sumbu $= \frac{1}{2}(3)(6) = 9$ m, yaitu jarak terjauh troli ke atas. Dari $t = 3$ s sampai $t = 5$ s, luas di bawah sumbu $= \frac{1}{2}(2)(4) = 4$ m. Jadi pada $t = 5$ s perpindahan troli $= 9 - 4 = 5$ m ke atas dari titik awal, tetapi jarak yang ditempuhnya $9 + 4 = 13$ m. Satu grafik yang sama memberi dua jawaban berbeda, tergantung yang ditanya perpindahan atau jarak.

Contoh terselesaikan 1: membaca grafik v–t bus

Sebuah bus bergerak lurus dengan kecepatan seperti pada tabel berikut. Antara titik-titik data, kecepatannya berubah secara linear (Gambar 1.21). Tentukan percepatan tiap tahap dan perpindahan total.

t (s)	0	10	40	50
v (m/s)	0	15	15	0

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



Gambar 1.21 Grafik kecepatan–waktu bus berbentuk trapesium; luasnya sama dengan perpindahan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Percepatan 0–10 s $= \dfrac{15-0}{10} = 1{,}5$ m/s². Pada 10–40 s kecepatannya tetap (GLB, $a = 0$). Pada 40–50 s, $a = \dfrac{0-15}{10} = -1{,}5$ m/s².
2. Perpindahan = luas: $s = \frac{1}{2}(10)(15) + (30)(15) + \frac{1}{2}(10)(15) = 75 + 450 + 75 = 600$ m.
3. Cara cepat: luas trapesium $= \frac{1}{2}(\text{sisi atas} + \text{sisi bawah}) \times \text{tinggi} = \frac{1}{2}(30+50)(15) = 600$ m.
4. Kecepatan rata-ratanya $\dfrac{600}{50} = 12$ m/s, lebih kecil daripada kecepatan puncak 15 m/s karena ada tahap mempercepat dan mengerem.

5. Dua benda: bertemu, menyusul, dan jarak terjauh

Untuk dua benda yang bergerak pada garis yang sama:

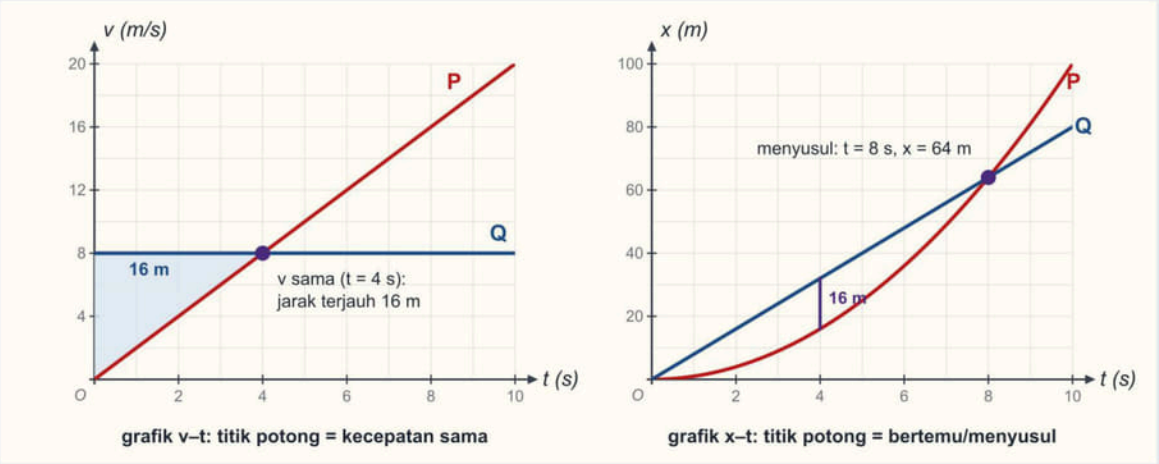
1. Tulis **persamaan posisi** masing-masing benda terhadap **acuan dan waktu yang sama**.
2. **Bertemu atau menyusul** bila posisinya sama: $x_A(t) = x_B(t)$. Pada grafik x–t, ini adalah titik potong kedua garis.
3. **Jarak terjauh** (atau terdekat) terjadi saat **kecepatannya sama**. Sebelum itu jarak bertambah; setelah itu jarak berkurang. Pada grafik v–t, ini adalah titik potong kedua garis.

Inilah alasan mengapa titik potong grafik v–t penting: titik potong itu menandai jarak **terjauh** antara keduanya, bukan saat mereka bertemu.

Contoh terselesaikan 2: motor mengejar sepeda

Pada $t = 0$, sepeda motor P mulai bergerak dari diam dengan percepatan 2 m/s². Pada saat yang sama, sepeda Q melewati P dengan kelajuan tetap 8 m/s, searah. Kapan jarak keduanya paling jauh, dan kapan P menyusul Q?

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



Gambar 1.22 Kiri: grafik v–t (titik potong = kecepatan sama, jarak terjauh). Kanan: grafik x–t (titik potong = P menyusul Q). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

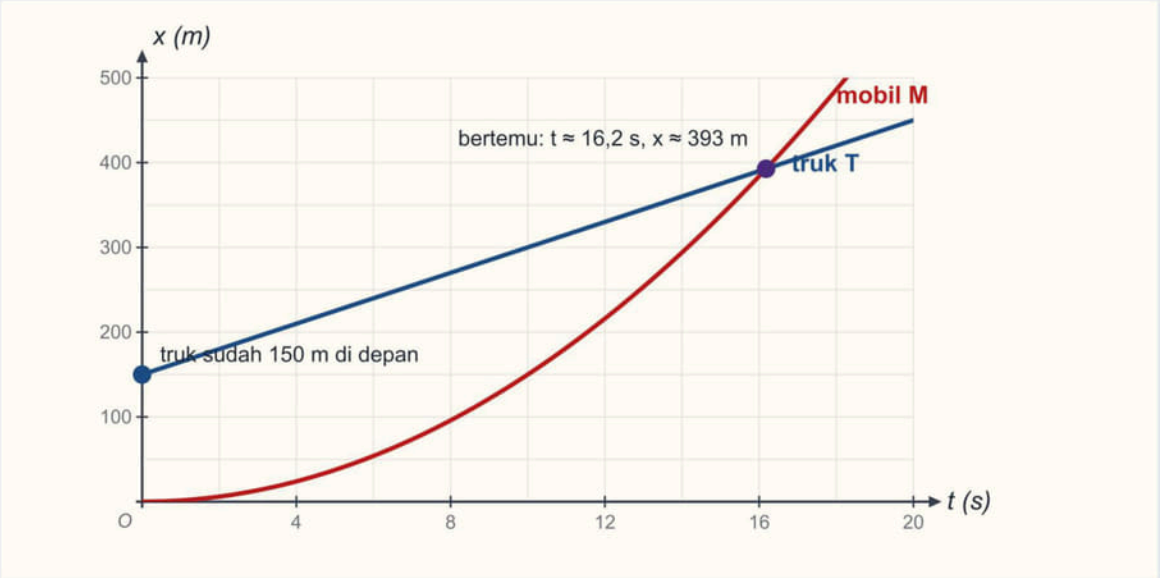
1. Posisi: $x_P = \frac{1}{2}(2)t^2 = t^2$ dan $x_Q = 8t$.
2. Kecepatan sama saat $2t = 8$, yaitu $t = 4$ s. Pada saat itu $x_P = 16$ m dan $x_Q = 32$ m, jadi jarak terjauhnya **16 m** dan P belum menyusul. Pada grafik v–t (Gambar 1.22 kiri), 16 m itu adalah luas segitiga biru di antara kedua garis.
3. Menyusul: $t^2 = 8t \rightarrow t = 8$ s. Posisinya $x = 64$ m.
4. Cek dengan grafik v–t: luas di bawah garis P sampai $t = 8$ s $= \frac{1}{2}(8)(16) = 64$ m, sama dengan luas di bawah garis Q $= 8 \times 8 = 64$ m ✓.

Perhatikan: P menyusul pada $t = 8$ s, **dua kali** waktu saat kecepatannya sama. Pola ini selalu berlaku bila satu benda mulai dari diam dengan percepatan tetap dan yang lain bergerak tetap dari titik yang sama.

Contoh terselesaikan 3: beda waktu berangkat

Truk T berangkat dari gudang dengan kelajuan tetap 15 m/s. Sepuluh detik kemudian, mobil M berangkat dari gudang yang sama dari keadaan diam dengan percepatan 3 m/s^2. Kapan dan di mana M menyusul T?

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



Gambar 1.23 Grafik posisi–waktu truk dan mobil, dengan waktu dihitung sejak mobil berangkat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Pakai waktu sejak **M berangkat** (t). Saat itu T sudah $15 \times 10 = 150$ m di depan.
2. $x_T = 150 + 15t$ dan $x_M = \frac{1}{2}(3)t^2 = 1{,}5t^2$.
3. $1{,}5t^2 = 150 + 15t \rightarrow t^2 - 10t - 100 = 0 \rightarrow t = 5 + \sqrt{125} \approx 16{,}2$ s (hanya akar positif yang bermakna).
4. Posisinya $x \approx 1{,}5(16{,}2)^2 \approx 393$ m dari gudang (Gambar 1.23). Kesalahan umum adalah memakai waktu sejak T berangkat untuk persamaan M.

6. Gerak vertikal

Bila hambatan udara diabaikan, semua benda jatuh dengan percepatan yang sama, tidak bergantung pada massanya. Galileo menyimpulkannya dari percobaan, dan astronaut Apollo 15 memperagakannya di Bulan dengan menjatuhkan palu dan bulu bersamaan: keduanya tiba di tanah bersamaan karena di Bulan tidak ada udara. Di Bumi, bulu jatuh lebih lambat hanya karena hambatan udaranya besar.

Gerak vertikal di dekat permukaan Bumi adalah GLBB dengan percepatan g (biasanya 10 m/s² atau 9,8 m/s²) **ke bawah**, baik saat benda naik, di puncak, maupun turun. Pilih arah ke atas positif, maka $a = -g$:

$$v = v_0 - g\,t, \qquad y = y_0 + v_0\,t - \tfrac{1}{2}g\,t^2, \qquad v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0)$$

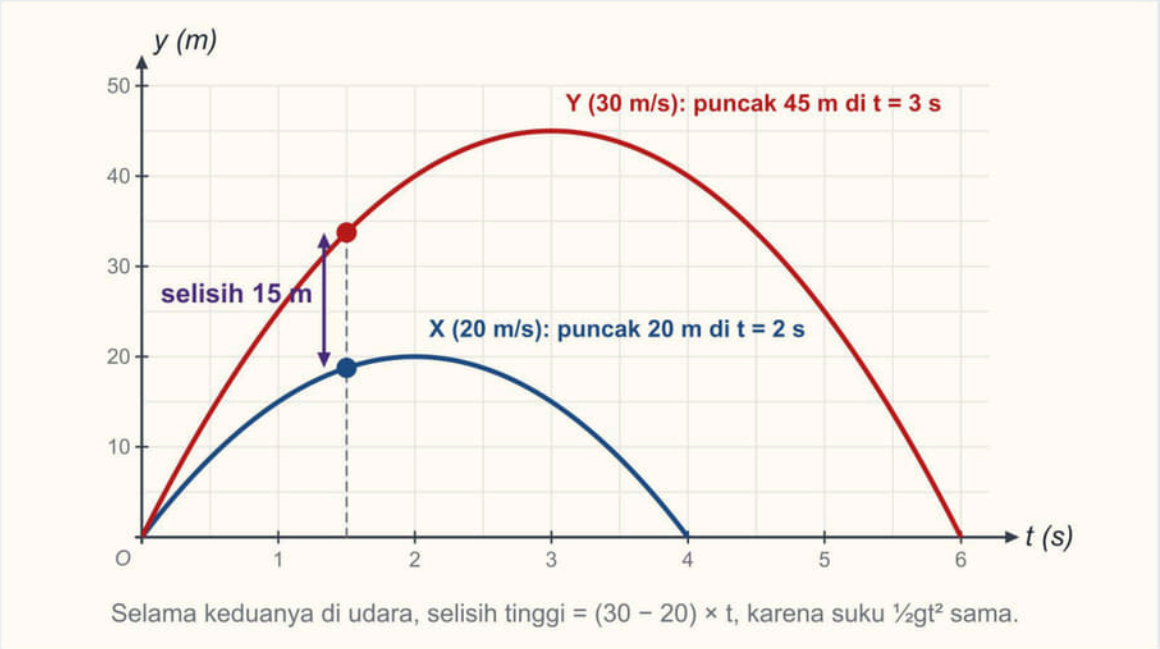
Kasus	Hasil penting
Lempar ke atas dengan v_0	waktu ke puncak $t_p = \dfrac{v_0}{g}$, tinggi maksimum di atas titik lempar $h = \dfrac{v_0^2}{2g}$
Di puncak	kecepatan nol, tetapi percepatan tetap g ke bawah
Kembali ke titik lempar	waktu $2t_p$, kelajuan sama dengan v_0 (gerak simetris)

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

Jatuh bebas dari ketinggian h	$t = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}$, kelajuan saat tiba $v = \sqrt{2gh}$

Contoh terselesaikan 4: dua bola dilempar bersamaan

Dua bola dilempar ke atas pada saat yang sama dari tanah, bola X dengan 20 m/s dan bola Y dengan 30 m/s ($g = 10\ \text{m/s}^2$). Berapa selisih ketinggiannya setelah 1,5 s?



Gambar 1.24 Grafik ketinggian–waktu dua bola yang dilempar bersamaan; garis putus-putus menandai t = 1,5 s. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

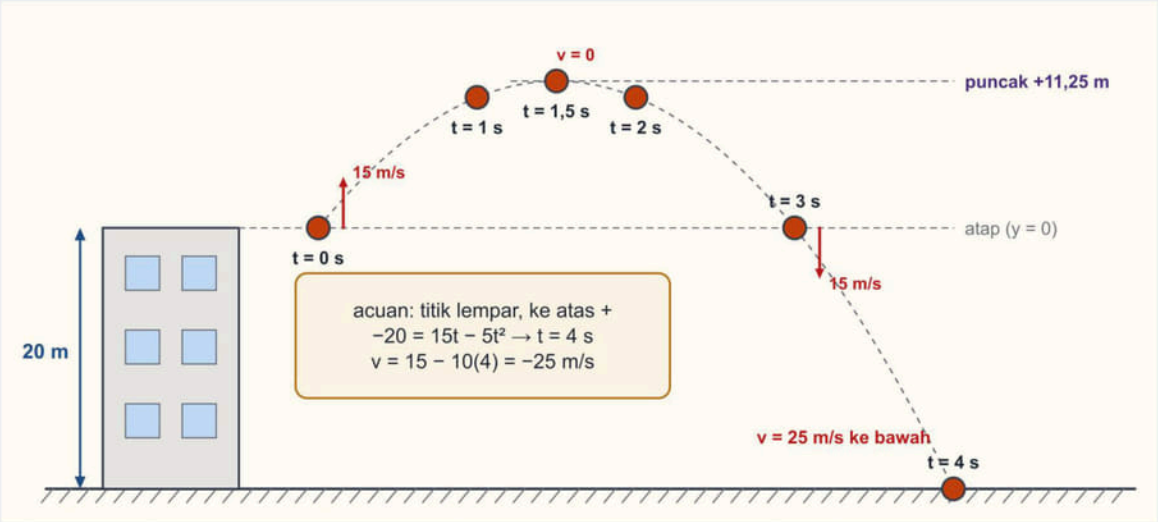
Penyelesaian.

1. $y_X = 20(1{,}5) - 5(1{,}5)^2 = 30 - 11{,}25 = 18{,}75$ m.
2. $y_Y = 30(1{,}5) - 11{,}25 = 33{,}75$ m. Selisihnya 15 m.
3. Cara cepat: suku $\frac{1}{2}gt^2$ sama untuk keduanya, jadi selisihnya $= (30 - 20) \times 1{,}5 = 15$ m.
4. Cara cepat ini hanya berlaku selama kedua bola masih di udara. Bola X mencapai puncak pada $t = 2$ s dan kembali ke tanah pada $t = 4$ s (Gambar 1.24), jadi pada $t = 1{,}5$ s keduanya masih naik.

Contoh terselesaikan 5: bola dilempar dari atap

Bola dilempar ke atas 15 m/s dari atap setinggi 20 m ($g = 10\ \text{m/s}^2$). Kapan bola menyentuh tanah, dan berapa kelajuannya saat itu?

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



Gambar 1.25 Posisi bola setiap saat setelah dilempar ke atas dari atap. Gerak bola sebenarnya tegak lurus; posisinya digeser mendatar agar tidak bertumpuk. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Pilih titik lempar sebagai acuan dan arah ke atas positif. Tanah berada di $y = -20$ m.
2. $-20 = 15t - 5t^2 \rightarrow t^2 - 3t - 4 = 0 \rightarrow (t-4)(t+1) = 0 \rightarrow t = 4$ s.
3. Kelajuan saat menyentuh tanah: $v = 15 - 10(4) = -25$ m/s, yaitu 25 m/s ke bawah.
4. Cek: $v^2 = 15^2 + 2(10)(20) = 625$, $v = 25$ m/s ✓. Perhatikan pada Gambar 1.25: saat bola kembali melewati atap ($t = 3$ s), kelajuannya 15 m/s ke bawah, sama dengan kelajuan lemparnya.

Ringkasan

- GLB: v tetap, x–t lurus, v–t mendatar. GLBB: a tetap, v–t lurus miring, x–t melengkung.
- Grafik v–t: kemiringan = percepatan, luas = perpindahan. Dari sini lahir $v = v_0 + at$, $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, $v^2 = v_0^2 + 2as$.
- Jarak pengereman $\propto v_0^2$.
- Dua benda: bertemu bila posisinya sama; jarak terjauh bila kecepatannya sama. Pakai acuan dan waktu yang sama.
- Gerak vertikal: $a = g$ ke bawah sepanjang gerak; di puncak $v = 0$; gerak naik–turun simetris.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal grafik dan GLBB

1. **Lihat label sumbu dulu.** Grafik x–t, v–t, dan a–t dibaca dengan cara yang berbeda.
2. **Ambil data dari grafik:** kecepatan awal, percepatan (kemiringan), dan waktu setiap bagian.
3. **Untuk posisi atau jarak, hitung luas** (segitiga, persegi panjang, trapesium). Luas di bawah sumbu waktu bernilai negatif untuk perpindahan.

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

4. **Untuk dua benda,** tulis persamaan posisi keduanya dengan acuan yang sama, lalu samakan. Ingat: kecepatan sama berarti jarak terjauh, bukan bertemu.
5. **Untuk gerak vertikal,** pilih arah positif sekali saja dan konsisten. Tentukan letak tanah relatif terhadap titik lempar.
6. **Cek ulang** dengan cara kedua: luas grafik dibandingkan dengan rumus, atau posisi kedua benda saat bertemu.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Titik potong grafik v–t dianggap tempat bertemu	"mobil A menyalip B pada detik ke-5"	titik potong = kecepatan sama; bertemu = luas sama
Kecepatan tertukar dengan percepatan	nilai 25 pada sumbu v disebut percepatan	percepatan = kemiringan, bukan nilai sumbu
Luas grafik dihitung sebagai persegi panjang	lupa bagian segitiga saat dipercepat	pecah grafik menjadi bangun sederhana
Kecepatan awal salah satu benda diabaikan	$s_B = \frac{1}{2}at^2$ padahal B punya $v_0 = 15$ m/s	baca titik potong garis dengan sumbu v pada $t = 0$
Grafik a–t dibaca seperti v–t	luas grafik a–t dianggap jarak	luas grafik a–t = perubahan kecepatan
Percepatan dianggap nol di puncak	"di titik tertinggi, kecepatan dan percepatan nol"	percepatan tetap g ke bawah
Tinggi awal dilupakan	tinggi maksimum dihitung dari titik lempar, bukan dari tanah	tambahkan tinggi titik lempar
Jarak reaksi dilupakan	seluruh jarak dipakai untuk pengereman	jarak henti = jarak reaksi (GLB) + jarak pengereman (GLBB)

Educational Institutions

BEDAH SOAL ASLI

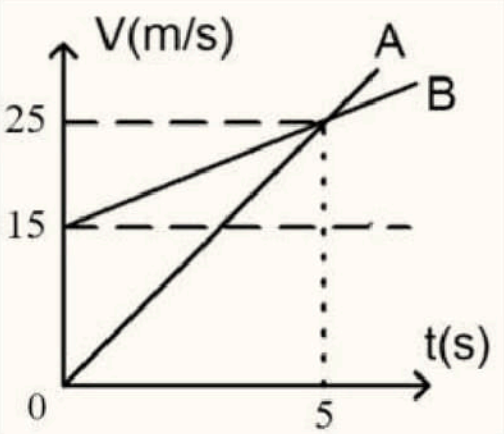
Dua soal berikut memakai grafik yang sama. Soal pertama (SA-3, 20,42 % benar) menguji apa arti titik potong grafik. Sebelum membaca pembahasan, tanyakan pada dirimu: "Bila kecepatan kedua mobil sama pada detik ke-5, apakah mereka pasti berada di tempat yang sama?"

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

Bacaan

Uji Coba Mobil

Di sebuah jalan lurus yang sepi di pinggiran kota, dua sahabat yaitu Rafi dan Dion memutuskan untuk melakukan uji coba mobil mereka. Dua mobil yaitu mobil A dan mobil B berangkat dari titik yang sama secara bersamaan ($t = 0$) dan ingin mencapai jarak tertentu. Mereka ingin mengetahui mobil mana yang akan sampai tujuan lebih cepat. Kedua mobil tersebut memiliki kombinasi kecepatan awal dan percepatan seperti pada grafik berikut.



►. Berdasarkan grafik, kondisi manakah yang menggambarkan gerak dari mobil A dan B?

A. Kecepatan mobil A dan kecepatan mobil B selalu konstan.
B. Pada detik ke-5, mobil A dan mobil B berada pada posisi yang sama.
C. Mobil A akan menyalip mobil B pada detik ke-5.
D. Pada detik ke-5, kecepatan kedua mobil sama.
E. Percepatan kedua mobil pada detik ke-5 yaitu 25 m.s^{-2}.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 20,42 %

Pembahasan Kunci: D

Konsep: pada grafik v–t, nilai pada sumbu tegak adalah **kecepatan**, kemiringan garis adalah **percepatan**, dan luas di bawah grafik adalah **perpindahan**.

Langkah 1 – Baca grafik.

- Mobil A: v dari 0 menjadi 25 m.s^{-1} dalam 5 s → $a_A = \dfrac{25-0}{5} = 5$ m.s^{-2}.
- Mobil B: v dari 15 menjadi 25 m.s^{-1} dalam 5 s → $a_B = \dfrac{25-15}{5} = 2$ m.s^{-2}.
- Kedua garis berpotongan di $t = 5$ s, $v = 25$ m.s^{-1}.

Langkah 2 – Analisis opsi.

- A ✗ Garis miring → kecepatan berubah (GLBB), bukan konstan.
- B ✗ Posisi = luas di bawah grafik. Sampai $t = 5$ s: $s_A = \frac{1}{2}(5)(25) = 62{,}5$ m, $s_B = \frac{1}{2}(15+25)(5) = 100$ m. Posisinya berbeda.
- C ✗ Pada $t = 5$ s mobil B masih 37,5 m di depan, jadi A belum menyalip.
- D ✓ Titik potong garis menunjukkan kecepatan yang sama, yaitu 25 m.s^{-1}.
- E ✗ 25 m.s^{-1} adalah kecepatan, bukan percepatan. Percepatannya 5 dan 2 m.s^{-2}.

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

Jebakan: titik potong dua garis pada grafik v–t sering dikira tempat dua benda bertemu. Itu hanya berlaku pada grafik **posisi**–waktu.

Jawaban: D.

Soal kedua (SA-4, 23,75 % benar) menanyakan di mana mobil A menyusul. Langkahnya sama dengan Contoh terselesaikan 2: tulis persamaan posisi kedua mobil, lalu samakan. Jangan lupa bahwa mobil B **sudah punya kecepatan awal**.

Bacaan: *"Uji Coba Mobil"* sudah dicetak di hlm. 61. Buka halaman itu, lalu kerjakan soal berikut.

►. Mobil A akan menyusul mobil B setelah menempuh jarak ....

A. 150 m
B. 200 m
C. 250 m
D. 300 m
E. 400 m

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 23,75 %

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: dua benda yang berangkat dari titik yang sama bertemu lagi saat perpindahannya sama. Untuk GLBB: $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$.

Langkah 1 – Data dari grafik. $v_{0A} = 0, a_A = 5\ \text{m.s}^{-2}; v_{0B} = 15\ \text{m.s}^{-1}, a_B = 2\ \text{m.s}^{-2}$.

Langkah 2 – Persamaan posisi.
$s_A = \frac{1}{2}(5)t^2 = 2{,}5t^2, \qquad s_B = 15t + \frac{1}{2}(2)t^2 = 15t + t^2$

Langkah 3 – Syarat menyusul $s_A = s_B$.
$2{,}5t^2 = 15t + t^2 \Rightarrow 1{,}5t^2 - 15t = 0 \Rightarrow t(1{,}5t - 15) = 0 \Rightarrow t = 10\ \text{s}$

Langkah 4 – Jarak. $s_A = 2{,}5(10)^2 = 250\ \text{m}$.
Cek ulang: $s_B = 15(10) + 10^2 = 250\ \text{m}$ ✓.

Asal pengecoh:
• 150 m: memakai $t = 10$ s tetapi hanya $15t$ (lupa suku percepatan mobil B).
• 200 m, 300 m, 400 m: muncul bila persamaan posisi ditulis keliru, misalnya kecepatan awal mobil B diabaikan atau percepatan dibaca salah dari grafik.

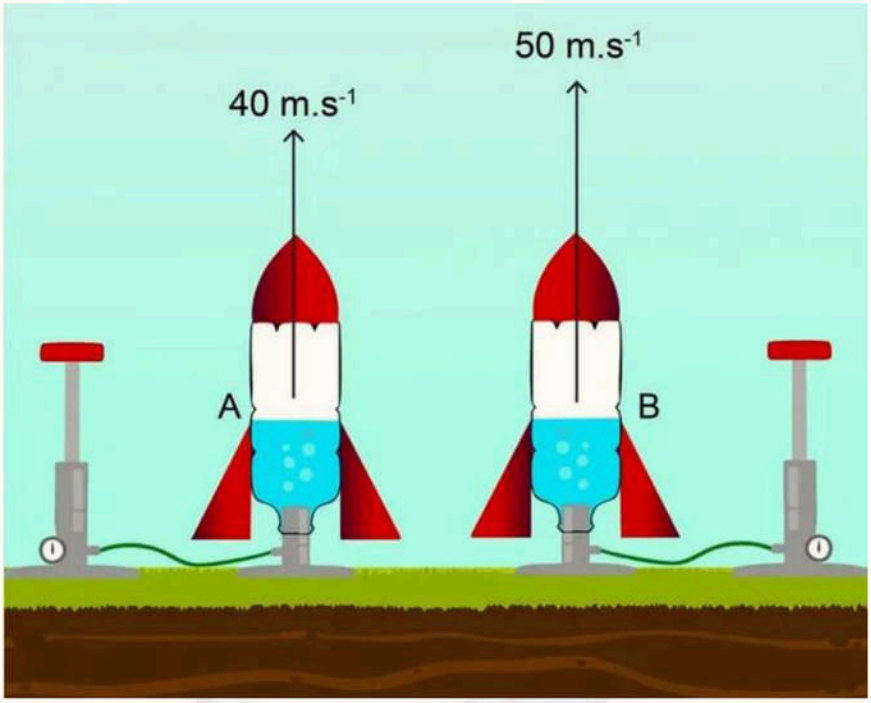
Jawaban: C.

Soal gerak vertikal berikut (SA-5, 41,89 % benar) dapat diselesaikan dalam satu baris dengan cara cepat pada Contoh terselesaikan 4. Pengecoh 75 m dan 105 m adalah ketinggian masing-masing roket, bukan selisihnya.

►. Sekelompok murid menerbangkan 2 buah roket air lurus ke atas pada waktu yang bersamaan dari lapangan dengan kecepatan awal yang berbeda seperti pada gambar.

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

Percepatan gravitasi Bumi 10 m.s^{-2}.
Berapakah perbedaan ketinggian kedua roket air setelah 3 detik diluncurkan?



A. 30 m
B. 50 m
C. 75 m
D. 105 m
E. 180 m

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 41,89 %

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep gerak vertikal ke atas: $h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$.

Langkah 1 – Roket A ($v_0 = 40$ m.s^{-1}): $h_A = 40(3) - \frac{1}{2}(10)(3)^2 = 120 - 45 = 75$ m.
Langkah 2 – Roket B ($v_0 = 50$ m.s^{-1}): $h_B = 50(3) - 45 = 150 - 45 = 105$ m.
Langkah 3 – Selisih: $105 - 75 = 30$ m.

Cek cepat: suku gravitasi sama untuk keduanya, jadi selisih $= (50 - 40) \times 3 = 30$ m ✓.
Keduanya masih naik pada $t = 3$ s (puncak A pada $t = 4$ s, puncak B pada $t = 5$ s), jadi rumus berlaku tanpa memperhatikan gerak turun.

Asal pengecoh: 75 m dan 105 m adalah ketinggian masing-masing roket; 180 m adalah jumlah keduanya; 50 m muncul jika suku gravitasi hanya dikurangkan pada satu roket.

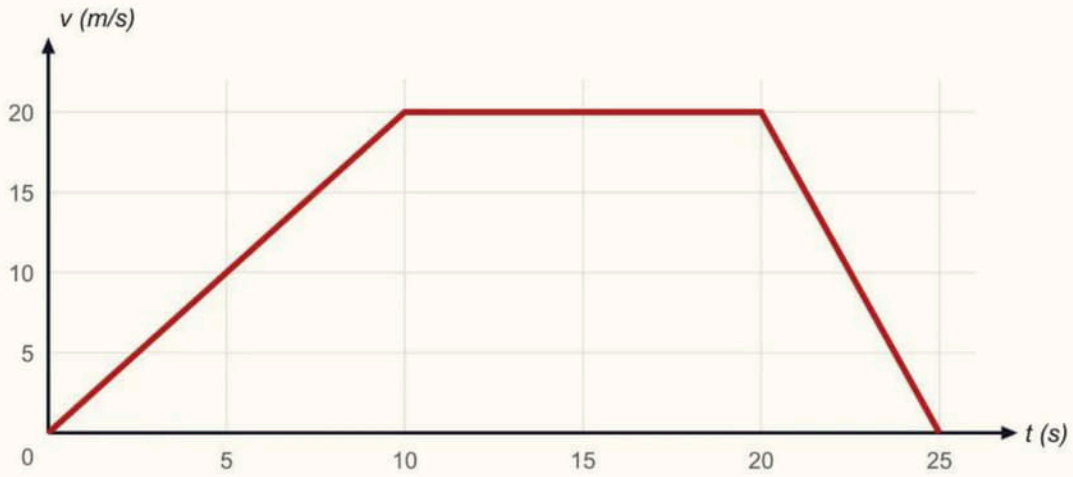
Jawaban: A.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membaca grafik kecepatan–waktu tiga tahap. Hitung jarak dari luas setiap bagian grafik, lalu bagi dengan waktu total. Jangan merata-ratakan kecepatan setiap tahap.

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

►. Grafik kecepatan terhadap waktu sebuah sepeda motor yang bergerak lurus dari keadaan diam sampai berhenti lagi ditunjukkan pada gambar.
Kecepatan rata-rata sepeda motor selama 25 s tersebut adalah ....



A. 10 m/s
B. 13,3 m/s
C. 20 m/s
D. 14 m/s
E. 8 m/s

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: kecepatan rata-rata = perpindahan total ÷ waktu total; perpindahan = luas di bawah grafik v–t.

Langkah – Luas: $\frac{1}{2} \times 10 \times 20 + 10 \times 20 + \frac{1}{2} \times 5 \times 20 = 100 + 200 + 50 = 350\,\text{m}$.

$$\bar{v} = \frac{350}{25} = 14\,\text{m/s}.$$

Analisis opsi:

- A (10 m/s) ✗ – kecepatan rata-rata dianggap setengah kecepatan maksimum.
- B (13,3 m/s) ✗ – rata-rata kecepatan rata-rata tiga bagian (10, 20, 10) tanpa memperhatikan lamanya.
- C (20 m/s) ✗ – itu kecepatan maksimum.
- D (14 m/s) ✓ – 350 m dibagi 25 s.
- E (8 m/s) ✗ – jarak hanya dihitung dari bagian yang dipercepat dan diperlambat.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

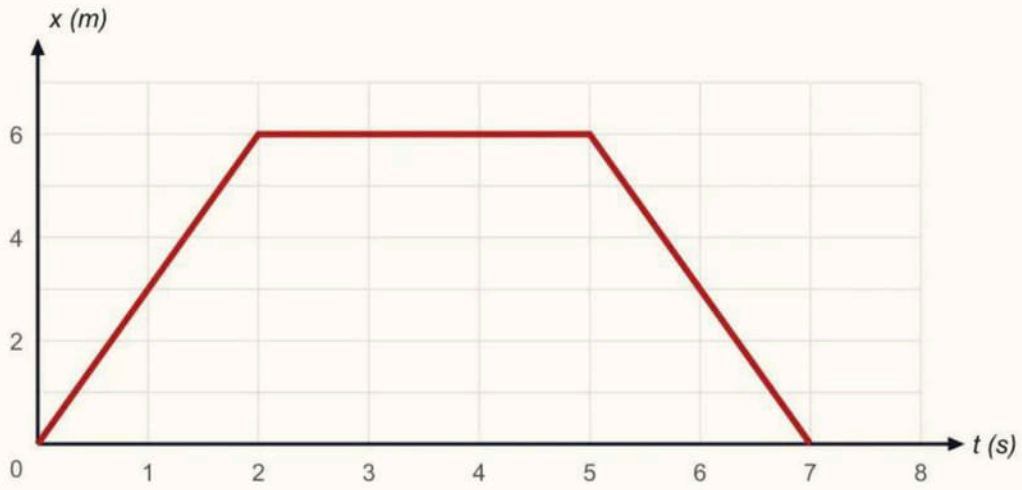
Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk soal grafik, hitung luas setiap bagian secara terpisah; untuk soal hitungan, tulis dulu v_0, v, a, s, dan t yang diketahui.

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

1. Sebuah kereta api yang melaju dengan kecepatan 72 km/jam mulai mengerem dengan perlambatan tetap ketika mendekati stasiun. Kereta berhenti tepat setelah menempuh jarak 200 m sejak mulai mengerem.
Waktu yang diperlukan kereta untuk berhenti sejak mulai mengerem adalah ....

A. 10 s
B. 5,6 s
C. 2,8 s
D. 40 s
E. 20 s

2. Grafik posisi x terhadap waktu t sebuah robot yang bergerak pada lintasan lurus ditunjukkan pada gambar.
Pernyataan yang benar tentang gerak robot tersebut adalah ....



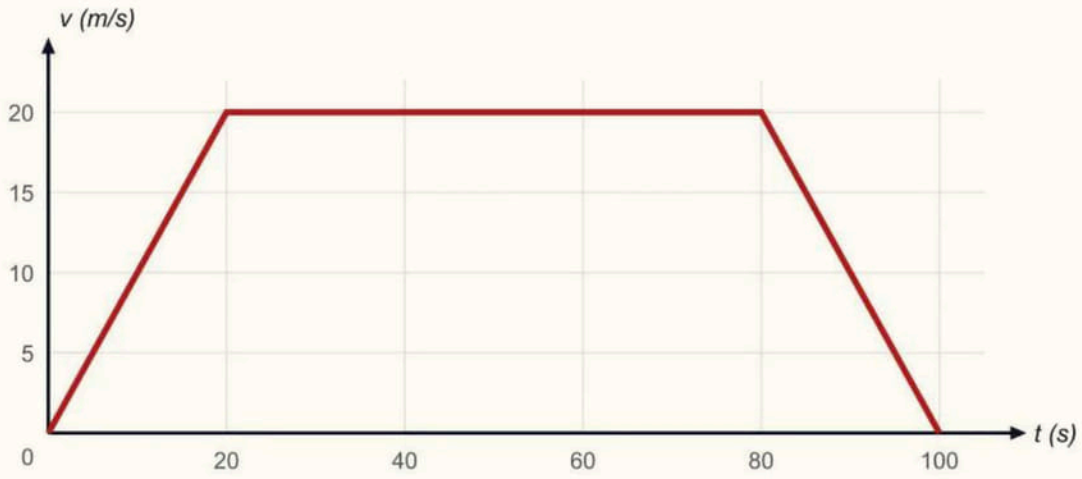
A. Robot bergerak paling cepat pada selang 2–5 s.
B. Robot bergerak dipercepat pada selang 0–2 s.
C. Pada t = 6 s robot bergerak menjauhi titik awal.
D. Perpindahan robot selama 7 s sama dengan 12 m.
E. Robot diam pada 2–5 s, lalu kembali ke awal.

3. Sebuah mobil mula-mula diam, lalu dipercepat beraturan 2 m/s^2 selama 10 s. Setelah itu mobil langsung direm dengan perlambatan tetap 4 m/s^2 sampai berhenti.
Jarak total yang ditempuh mobil sejak mulai bergerak sampai berhenti adalah ....

A. 150 m
B. 100 m
C. 200 m
D. 300 m
E. 250 m

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

4. Grafik kecepatan terhadap waktu sebuah kereta MRT yang bergerak lurus dari satu stasiun ke stasiun berikutnya ditunjukkan pada gambar.
Pernyataan yang benar berdasarkan grafik tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Percepatan kereta pada 20 s pertama adalah 1 m/s^2.
☐ B. Kereta berhenti pada selang waktu 20 s sampai 80 s.
☐ C. Kecepatan rata-rata kereta antara kedua stasiun adalah 20 m/s.
☐ D. Jarak antara kedua stasiun adalah 1.600 m.
☐ E. Pada 20 s terakhir kereta mengalami perlambatan.

5. Sebuah koin dilempar vertikal ke atas, mencapai titik tertinggi, lalu jatuh kembali ke tangan pelemparnya. Hambatan udara diabaikan.
Pernyataan yang benar tentang koin tepat di titik tertinggi adalah ....

A. kecepatannya nol, percepatannya g ke bawah
B. kecepatan dan percepatannya sama-sama nol
C. kecepatannya 10 m/s ke bawah dan percepatannya nol
D. kecepatannya maksimum dan percepatannya nol
E. kecepatannya nol dan percepatannya ke atas

Kunci singkat: 1. E 2. E 3. A 4. A, D, E 5. A

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

✔ PERIKSA DIRI

- Dua garis pada grafik kecepatan–waktu berpotongan di $t = 5$ s. Apa yang pasti sama pada saat itu, dan apa yang belum tentu sama?
- Bagaimana menghitung jarak dari grafik kecepatan–waktu yang berbentuk trapesium?
- Bola dilempar ke atas dari atap. Mengapa percepatannya di titik tertinggi tidak nol, dan bagaimana menentukan letak tanah dalam persamaan posisinya?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 1.5 · Gerak parabola

FIS-1.5

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi untuk gerak lengkung meminta kamu *mengaitkan hubungan antarvariabel pada gerak parabola dalam peristiwa sehari-hari*, dengan batasan **acuan bidang horizontal**. Soal TKA tentang parabola jarang berupa "hitung jangkauan maksimum". Yang lebih sering ditanyakan adalah **apa yang berubah** bila satu besaran diubah: kecepatan dikurangi, sudut diganti, atau titik sasaran lebih tinggi daripada titik lempar.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-6	Menganalisis keterkaitan beberapa besaran gerak parabola pada peristiwa sehari-hari	32,83 %

Pada SA-6, dua pemain basket melempar dari tempat dan sudut yang sama, tetapi salah satunya menurunkan kecepatan. Hanya sepertiga peserta yang dapat memastikan akibatnya, karena memastikan "masuk atau tidak" memerlukan perhitungan ketinggian bola **di posisi ring**, bukan sekadar rumus jangkauan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menguraikan kecepatan awal menjadi komponen mendatar dan tegak;
- menghitung posisi dan kecepatan benda pada saat mana pun, termasuk ketinggian benda pada jarak mendatar tertentu;
- memakai rumus waktu ke puncak, tinggi maksimum, dan jangkauan beserta syaratnya;
- menganalisis akibat perubahan kecepatan, sudut, atau tinggi titik lempar.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

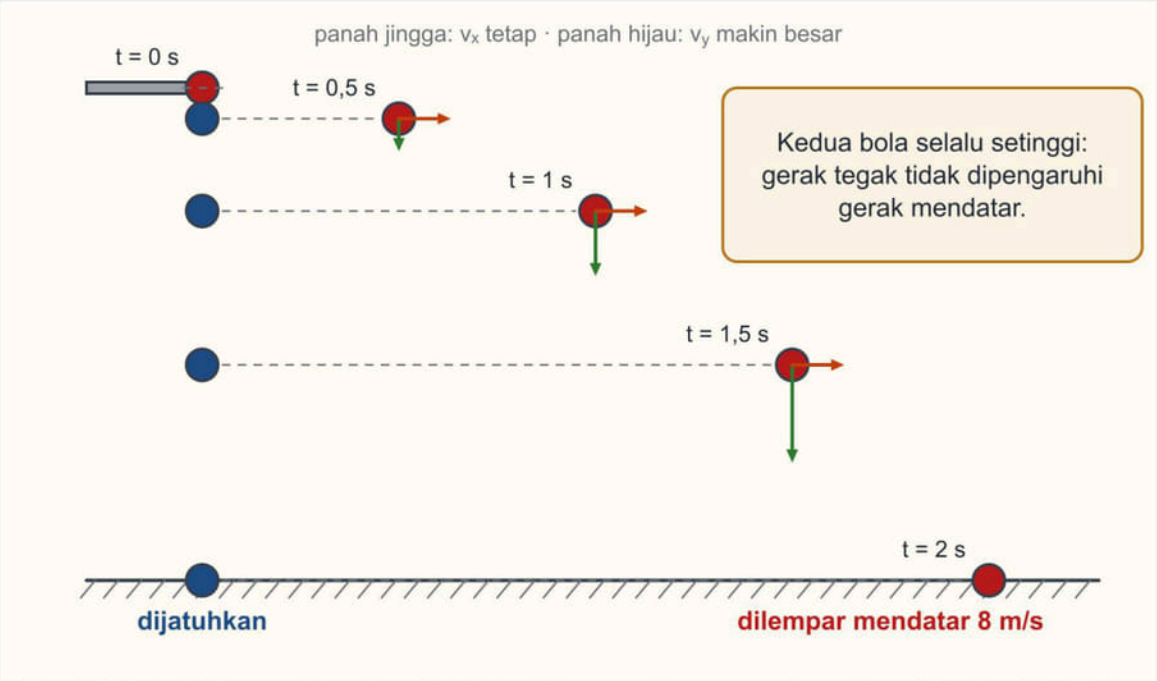
Tendangan bebas di lapangan sepak bola, lemparan bola basket ke ring, semburan air dari selang taman, dan kotak bantuan yang dijatuhkan dari pesawat semuanya melengkung membentuk lintasan yang sama: **parabola**. Bentuk lengkung ini bukan kebetulan. Ia muncul karena benda bergerak ke depan dengan kecepatan tetap, sementara gravitasi terus menariknya ke bawah. Sub bab ini menunjukkan bahwa gerak yang tampak rumit ini sebenarnya hanya gabungan dua gerak sederhana yang sudah kamu kenal di sub bab 1.4: GLB dan GLBB.

1. Dua gerak yang berjalan bersamaan

Bayangkan dua bola dilepas pada saat yang sama dari tepi meja: satu dijatuhkan begitu saja, yang lain didorong mendatar dengan kelajuan 8 m/s. Bila keduanya difoto berulang setiap setengah detik (Gambar 1.26), terlihat hal yang mengejutkan: kedua bola **selalu berada pada**

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

ketinggian yang sama dan tiba di lantai bersamaan. Gerak mendatar bola kedua sama sekali tidak memengaruhi gerak jatuhnya.



Gambar 1.26 Posisi bola yang dijatuhkan (biru) dan bola yang dilempar mendatar (merah) setiap 0,5 s. Keduanya selalu setinggi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Inilah kunci gerak parabola: gerak mendatar dan gerak tegak **saling bebas**. Tanpa hambatan udara, tidak ada gaya mendatar, sehingga kecepatan mendatar tetap (GLB). Satu-satunya gaya adalah berat, yang arahnya tegak ke bawah, sehingga gerak tegak adalah GLBB dengan percepatan g ke bawah.

Bila benda dilempar dengan kelajuan v_0 pada sudut elevasi θ terhadap tanah, kecepatan awalnya diuraikan menjadi dua komponen (lihat sub bab 1.3): $v_{0x} = v_0 \cos\theta$ dan $v_{0y} = v_0 \sin\theta$.

Arah	Jenis gerak	Kecepatan	Posisi
Mendatar (x)	GLB, tanpa percepatan	$v_x = v_0 \cos\theta$ (tetap)	$x = v_0 \cos\theta \cdot t$
Tegak (y)	GLBB dengan percepatan $-g$	$v_y = v_0 \sin\theta - g\,t$	$y = y_0 + v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} g\,t^2$

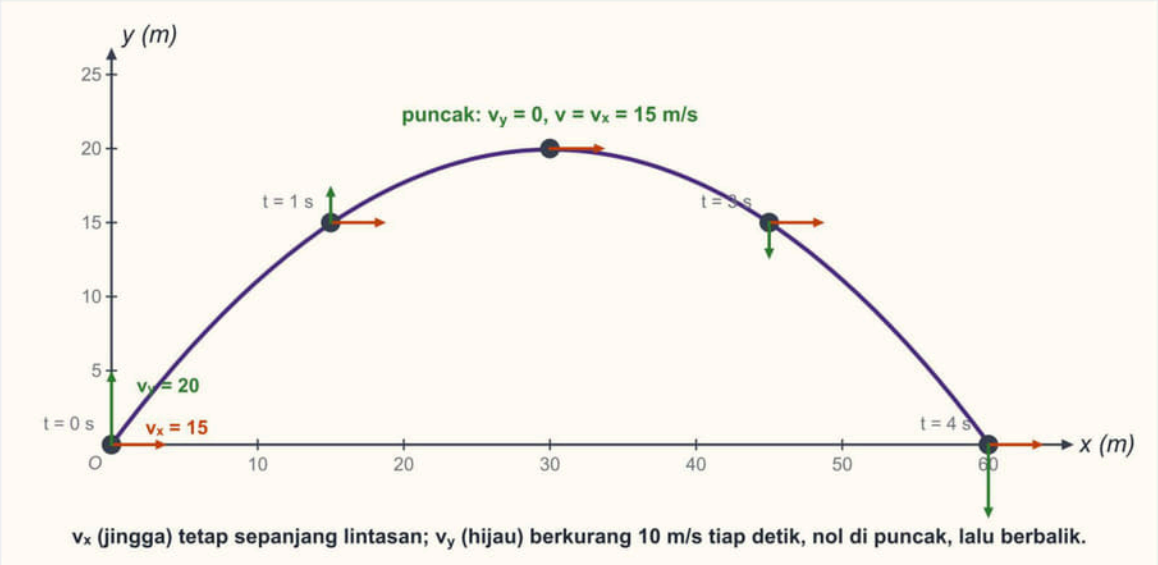
Penghubung kedua arah adalah **waktu** t, karena benda yang sama berada di kedua gerak pada saat yang sama. Hampir setiap soal parabola diselesaikan dengan pola ini: **cari waktu dari satu arah, lalu pakai waktu itu di arah lainnya.**

Mengapa lintasannya berbentuk parabola? Dari arah mendatar, $t = \dfrac{x}{v_0 \cos\theta}$. Bila t ini dimasukkan ke persamaan y, diperoleh y sebagai fungsi kuadrat dari x, dan grafik fungsi kuadrat adalah parabola.

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

2. Kecepatan sepanjang lintasan

Gambar 1.27 memperlihatkan komponen kecepatan bola yang ditendang 25 m/s pada sudut 53°. Komponen mendatar (jingga) **tidak berubah** dari awal sampai akhir. Komponen tegak (hijau) berkurang 10 m/s setiap detik: 20 m/s, 10 m/s, 0 di puncak, lalu −10 m/s dan −20 m/s saat turun.



Gambar 1.27 Komponen kecepatan mendatar (jingga) dan tegak (hijau) bola yang ditendang 25 m/s pada sudut 53°, setiap 1 s. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kelajuan pada saat mana pun: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, dengan arah membentuk sudut α terhadap tanah, $\tan\alpha = \dfrac{v_y}{v_x}$. Arah kecepatan selalu menyinggung lintasan. Di titik tertinggi, $v_y = 0$, sehingga kelajuannya **tidak nol**, melainkan v_x. Percepatannya di titik itu pun tetap g ke bawah. Lintasan juga **simetris**: titik-titik yang setinggi di sisi naik dan sisi turun mempunyai kelajuan yang sama, hanya arah komponen tegaknya berbalik.

3. Rumus khusus untuk titik lempar dan titik jatuh yang sama tinggi

Kisi-kisi TKA membatasi gerak parabola pada **acuan bidang datar**. Bila titik awal dan titik akhir **sama tinggi**, beberapa rumus siap pakai dapat diturunkan:

- Di puncak $v_y = 0$: $0 = v_0 \sin\theta - g\,t \rightarrow t_{\text{puncak}} = \dfrac{v_0 \sin\theta}{g}$. Karena simetris, $t_{\text{terbang}} = 2t_{\text{puncak}}$.
- Tinggi maksimum dari $v_y^2 = v_{0y}^2 - 2gH$ dengan $v_y = 0$: $H = \dfrac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$.
- Jangkauan $= v_x \times t_{\text{terbang}} = v_0 \cos\theta \cdot \dfrac{2v_0 \sin\theta}{g}$. Karena $2\sin\theta\cos\theta = \sin 2\theta$: $R = \dfrac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$.

Rumus R hanya berlaku bila titik jatuh setinggi titik lempar. Untuk sasaran yang lebih tinggi

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

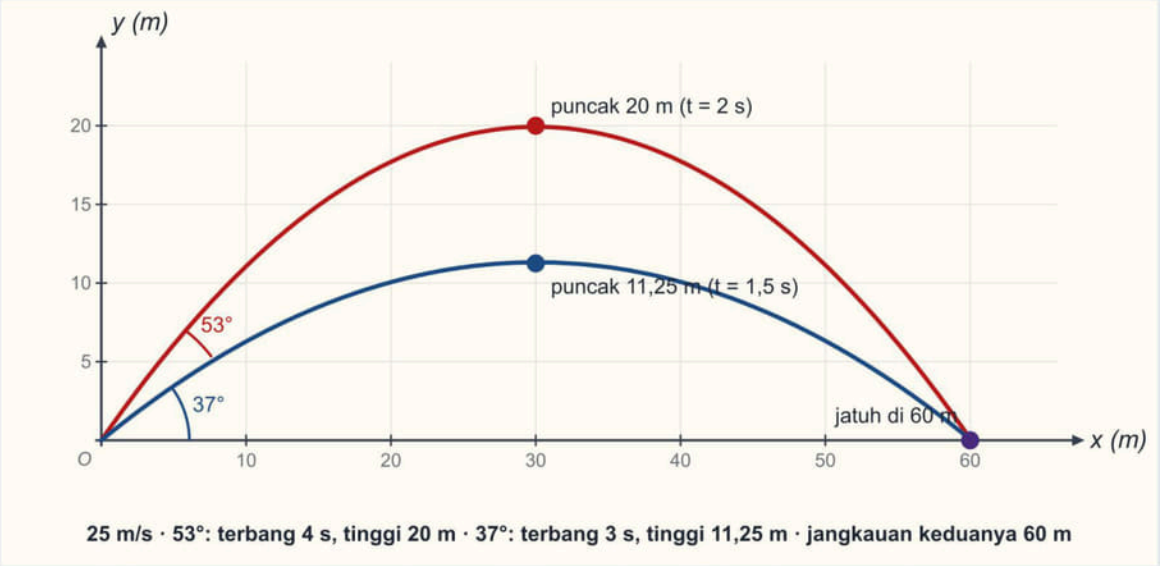
atau lebih rendah, kembali ke persamaan $x(t)$ dan $y(t)$.

Tiga akibat yang sering diuji:

1. **Jangkauan terjauh** untuk kelajuan tertentu terjadi pada $\theta = 45^\circ$, karena $\sin 2\theta$ terbesar (= 1).
2. **Sudut berpasangan** (jumlahnya 90°, misalnya 37° dan 53°) memberi **jangkauan yang sama**, karena $\sin 2\theta$-nya sama. Namun tinggi maksimum dan waktu terbangnya berbeda: sudut yang lebih besar terbang lebih tinggi dan lebih lama.
3. **Jangkauan sebanding dengan v_0^2.** Kecepatan dua kali lipat membuat jangkauan empat kali lipat. Kecepatan dikurangi 10 % membuat jangkauan berkurang sekitar 19 %.

Contoh terselesaikan 1: tendangan pada dua sudut

Bola ditendang dari tanah dengan kelajuan 25 m/s pada sudut 53° ($g = 10\ \text{m/s}^2$). Tentukan waktu terbang, tinggi maksimum, dan jangkauannya. Bandingkan dengan tendangan berkelajuan sama pada sudut 37°.



Gambar 1.28 Dua tendangan 25 m/s pada sudut 53° (merah) dan 37° (biru) jatuh di titik yang sama, tetapi tinggi dan waktu terbangnya berbeda. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Uraikan: $v_x = 25(0{,}6) = 15\ \text{m/s}$ dan $v_y = 25(0{,}8) = 20\ \text{m/s}$.
2. Waktu ke puncak $= \dfrac{20}{10} = 2\ \text{s}$; waktu terbang $= 4\ \text{s}$. Tinggi maksimum $= \dfrac{20^2}{2(10)} = 20\ \text{m}$.
3. Jangkauan $= 15 \times 4 = 60\ \text{m}$. Cek dengan rumus: $\dfrac{625 \times \sin 106^\circ}{10} = \dfrac{625 \times 0{,}96}{10} = 60\ \text{m}$ ✓.
4. Pada 37°: $v_x = 20\ \text{m/s}$, $v_y = 15\ \text{m/s}$, waktu terbang 3 s, jangkauan $20 \times 3 = 60\ \text{m}$ (sama), tetapi tinggi maksimum hanya $\dfrac{15^2}{20} = 11{,}25\ \text{m}$ (Gambar 1.28). Tendangan rendah lebih cepat sampai, sehingga sulit dijangkau lawan; tendangan tinggi lebih mudah melewati pagar

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

pemain.

4. Ketinggian benda pada jarak mendatar tertentu

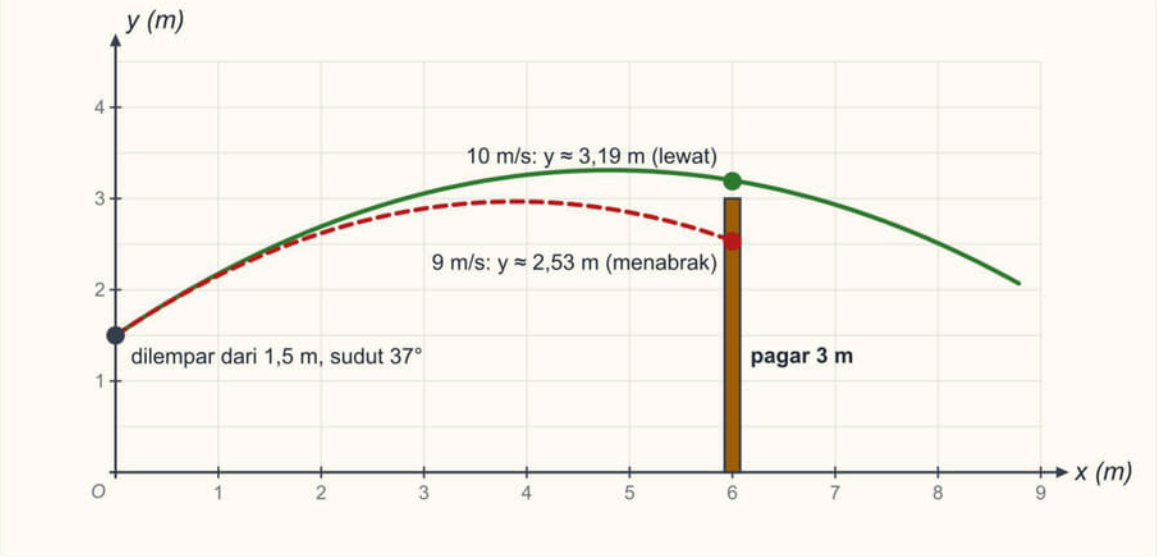
Inilah inti soal "masuk ring atau tidak", "melewati pagar atau tidak", dan "mengenai dinding di ketinggian berapa".

1. Dari arah mendatar: $t = \dfrac{x}{v_0 \cos\theta}$.
2. Masukkan t ke $y = y_0 + v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$.
3. Bandingkan y dengan tinggi sasaran.

Mengapa harus lewat waktu? Karena persamaan mendatar dan persamaan tegak masing-masing hanya "tahu" satu arah. Jarak mendatar ke sasaran sudah diketahui, sehingga arah mendatar yang memberi tahu **kapan** benda sampai di sana. Arah tegak kemudian memberi tahu **di ketinggian berapa** benda pada saat itu. Bila y yang diperoleh negatif terhadap tanah, artinya benda sudah jatuh sebelum mencapai jarak tersebut. Bila sasaran berada di atas titik lempar, y dibandingkan dengan beda tinggi sasaran dan titik lempar, bukan dengan tinggi sasaran dari tanah.

Contoh terselesaikan 2: melewati pagar

Bola dilempar dari ketinggian 1,5 m dengan kelajuan 10 m/s pada sudut 37°. Pagar setinggi 3 m berada 6 m di depan. Apakah bola melewati pagar? Bagaimana bila kelajuannya hanya 9 m/s? ($g = 10\ \text{m/s}^2$)



Gambar 1.29 Pada sudut yang sama, lemparan 10 m/s (hijau) melewati pagar, sedangkan lemparan 9 m/s (merah) menabraknya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. $v_x = 10(0{,}8) = 8\ \text{m/s}$ dan $v_y = 10(0{,}6) = 6\ \text{m/s}$. Waktu mencapai pagar: $t = \dfrac{6}{8} = 0{,}75$ s.
2. $y = 1{,}5 + 6(0{,}75) - 5(0{,}75)^2 = 1{,}5 + 4{,}5 - 2{,}81 \approx 3{,}19$ m. Ketinggian ini lebih dari 3 m, jadi bola melewati pagar dengan selisih sekitar 19 cm.

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

3. Untuk 9 m/s: $v_x = 7{,}2$ m/s dan $v_y = 5{,}4$ m/s; $t = \dfrac{6}{7{,}2} \approx 0{,}833$ s; $y = 1{,}5 + 5{,}4(0{,}833) - 5(0{,}833)^2 \approx 1{,}5 + 4{,}50 - 3{,}47 \approx 2{,}53$ m. Bola menabrak pagar (Gambar 1.29).
4. Makna: kelajuan yang lebih kecil membuat bola **lebih lama** menempuh 6 m, sehingga gravitasi sempat menurunkannya lebih jauh. Pola berpikir ini dipakai untuk menilai lemparan basket yang gagal masuk ring.

5. Lemparan mendatar dari ketinggian

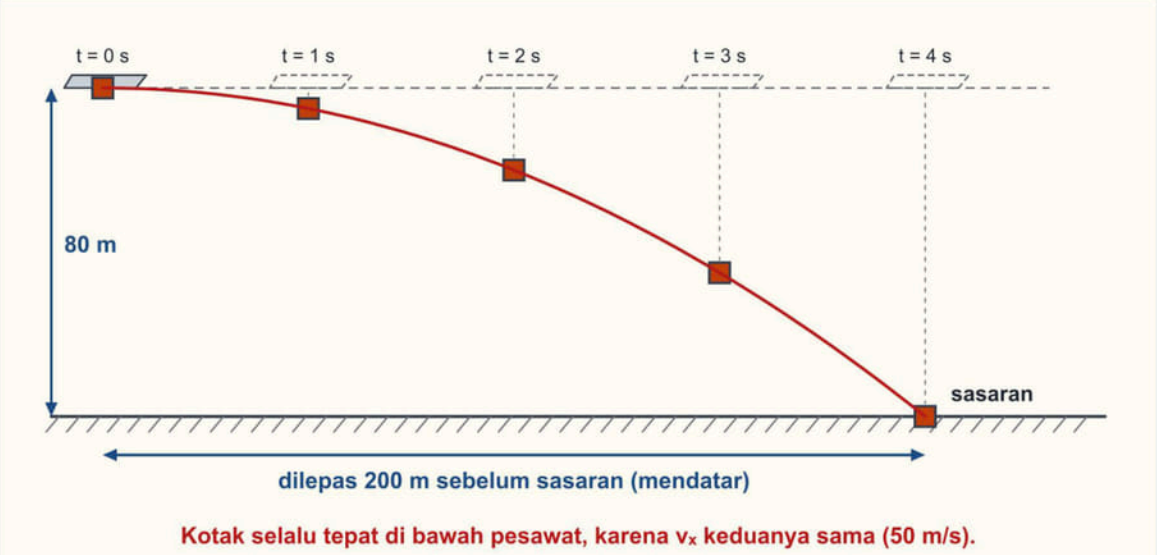
Bila benda dilempar mendatar ($\theta = 0$) dari ketinggian h, kecepatan tegak awalnya nol:

$$v_y(0) = 0, \qquad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \qquad x = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Waktu jatuh hanya bergantung pada **ketinggian**, tidak pada kecepatan mendatar, persis seperti yang terlihat pada Gambar 1.26. Bila sasaran berada pada ketinggian tertentu (misalnya mulut ember), pakai **beda tinggi** antara titik lempar dan sasaran, bukan tinggi titik lempar dari lantai.

Contoh terselesaikan 3: menjatuhkan kotak bantuan

Sebuah kotak bantuan dijatuhkan dari pesawat yang terbang mendatar 80 m di atas tanah dengan kelajuan 50 m/s ($g = 10$ m/s²). Berapa jauh sebelum sasaran (diukur mendatar) kotak harus dilepas?



Gambar 1.30 Posisi pesawat dan kotak setiap 1 s; kotak selalu tepat di bawah pesawat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Kotak semula ikut bergerak bersama pesawat, jadi kecepatan awalnya 50 m/s mendatar dan 0 tegak.
2. Waktu jatuh dari gerak tegak: $t = \sqrt{\dfrac{2(80)}{10}} = 4$ s.

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

3. Jarak mendatar selama itu: $x = 50 \times 4 = 200$ m. Kotak harus dilepas 200 m sebelum titik sasaran.
4. Makna: selama jatuh, kotak tetap berada tepat di bawah pesawat (Gambar 1.30), karena kecepatan mendatar keduanya sama. Bagi pilot, kotak tampak jatuh lurus ke bawah; bagi orang di tanah, kotak tampak melengkung. Ini contoh gerak relatif dari sub bab 1.3.

6. Batas model: hambatan udara dan dua jalan menuju satu sasaran

Semua rumus di atas memakai anggapan **tanpa hambatan udara**. Anggapan ini cukup baik untuk benda yang berat dan tidak terlalu cepat, seperti bola basket, batu, atau tolak peluru. Untuk benda ringan atau sangat cepat, seperti bola bulu tangkis, bola pingpong, atau peluru senapan, hambatan udara memperlambat gerak mendatar, sehingga lintasan nyata lebih pendek dan sisi turunnya lebih curam daripada parabola. Di soal TKA, bila tidak disebutkan lain, hambatan udara diabaikan.

Hal lain yang penting: untuk mengenai satu sasaran dengan kelajuan tertentu, biasanya ada **dua sudut** yang berhasil, satu rendah dan satu tinggi. Ini adalah perluasan dari sudut berpasangan pada bidang datar. Pemain basket memilih lemparan yang agak tinggi agar bola jatuh ke ring dengan sudut yang lebih curam, sehingga "pintu masuk" ring tampak lebih lebar dari arah datangnya bola. Penjaga gawang menendang bola dengan sudut tinggi agar bola melewati kepala pemain lawan, sedangkan umpan cepat ke rekan memakai sudut rendah agar cepat sampai. Jadi, memilih sudut adalah memilih antara **waktu tempuh** dan **tinggi lintasan**.

Saat membandingkan dua lemparan, ingat urutan berpikir yang sama dengan Contoh terselesaikan 2: kelajuan dan sudut menentukan v_x dan v_y; v_x menentukan **kapan** benda tiba di jarak tertentu; v_y dan waktu itu menentukan **setinggi apa** benda saat tiba. Setiap perubahan pada lemparan, sekecil apa pun, mengubah kedua hal itu sekaligus.

Ringkasan

- Gerak parabola = GLB mendatar ($v_x = v_0 \cos\theta$ tetap) + GLBB tegak ($a = g$ ke bawah), dihubungkan oleh waktu yang sama.
- Di puncak $v_y = 0$, tetapi kelajuan $= v_x$ dan percepatan tetap g.
- Titik lempar dan jatuh setinggi: $t_{\text{terbang}} = \dfrac{2v_0 \sin\theta}{g}$, $H = \dfrac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$, $R = \dfrac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$; 45° terjauh; sudut berpasangan jangkauannya sama.
- Tinggi pada jarak x: cari $t = x/v_x$, lalu hitung y.
- Lemparan mendatar: waktu jatuh hanya ditentukan ketinggian.
- Rumus parabola berlaku bila hambatan udara diabaikan; untuk satu sasaran biasanya ada dua sudut yang berhasil, satu rendah (cepat sampai) dan satu tinggi (lintasan tinggi).

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal parabola

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

1. **Uraikan kecepatan awal**: $v_x = v_0 \cos\theta$ dan $v_y = v_0 \sin\theta$. Cek sudutnya diukur dari horizontal atau dari vertikal.
2. **Tentukan acuan tinggi** (titik lempar atau tanah) dan letak sasaran terhadap acuan itu.
3. **Pakai rumus khusus (R, H) hanya bila titik lempar dan titik jatuh sama tinggi.** Selain itu, pakai $x(t)$ dan $y(t)$.
4. **Cari waktu dari arah mendatar** bila jarak mendatar sasaran diketahui, lalu hitung ketinggian.
5. **Untuk soal "apa yang berubah"**, pikirkan pengaruh perubahan pada v_x (waktu tempuh), v_y (tinggi), dan keduanya (jangkauan).

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Kelajuan di puncak dianggap nol	"di titik tertinggi bola diam sesaat"	di puncak hanya v_y yang nol; v_x tetap
Rumus jangkauan dipakai untuk sasaran yang tidak setinggi titik lempar	jangkauan dipakai untuk ring basket yang lebih tinggi	pakai $x(t)$ dan $y(t)$
$\sin\theta$ tertukar dengan $\cos\theta$	$v_x = v_0 \sin\theta$	gambar segitiga kecepatan
$\sin\theta$ dipakai sebagai pengganti $\sin 2\theta$	$R = \frac{v_0^2 \sin\theta}{g}$	$\sin 2\theta = 2\sin\theta\cos\theta$
Kecepatan lebih kecil dianggap membuat lintasan lebih tinggi	"bola melengkung lebih tinggi sehingga lebih mudah masuk"	tinggi maksimum sebanding dengan v_0^2
Sudut berpenyelesaian dianggap sama dalam segala hal	tinggi 37° dan 53° dianggap sama	hanya jangkauannya yang sama
Tinggi sasaran diabaikan pada lemparan mendatar	memakai tinggi meja, bukan beda tinggi meja dan ember	waktu dihitung dari beda tinggi
Satuan km/jam tidak diubah	hasil 15 m/s langsung ditulis 15 km/jam	kalikan 3,6 untuk mengubah m/s ke km/jam

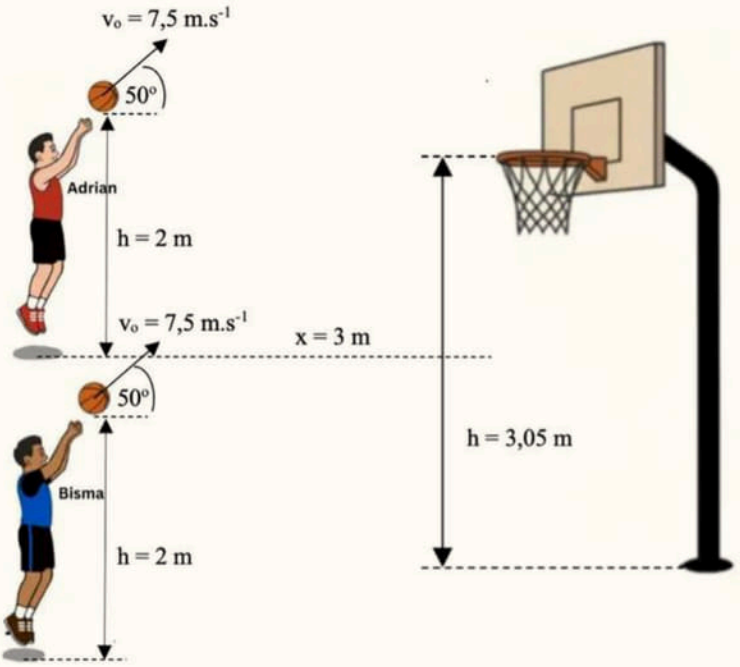
BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-6, 32,83 % benar) tidak meminta angka, tetapi meminta kondisi yang akan terjadi. Cara memastikannya adalah dengan menghitung ketinggian bola Bisma tepat saat jarak mendatarnya 3 m, persis seperti Contoh terselesaikan 2. Kerjakan dulu sebelum membaca pembahasan.

►. Adrian dan Bisma merupakan tim olahraga basket di sekolahnya. Saat latihan basket, Adrian dan Bisma melakukan lemparan melompat (*jump shot*) dari titik yang sama 3 m dari ring basket. Keduanya melepaskan bola pada sudut 50° dari horizontal dan dari ketinggian 2 m. Tinggi ring basket adalah 3,05 m. Pada percobaan pertama keduanya

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

menembakkan bola dengan kecepatan awal 7,5 m.s^{-1} sehingga bola masuk ke ring. Pada percobaan kedua, Adrian tetap menembakkan bola dengan kecepatan 7,5 m.s^{-1}, sedangkan Bisma menembakkan bola dengan menurunkan kecepatan menjadi 6,5 m.s^{-1} dengan sudut tetap.
Berdasarkan perubahan tersebut, kondisi apa yang akan terjadi pada hasil tembakan bola Bisma jika dibandingkan dengan bola Adrian? (Diketahui $\sin 50^\circ = 0{,}766$ dan $\cos 50^\circ = 0{,}643$)



A. Kedua bola tetap masuk ke ring karena sudut dan tinggi awalnya tidak berubah.
B. Bola Bisma dipastikan masih dapat masuk ke dalam ring karena sudutnya besar.
C. Bola Bisma jatuh lebih cepat dan gagal masuk karena kecepatannya lebih kecil.
D. Bola Bisma akan melengkung lebih tinggi sehingga justru lebih mudah masuk.
E. Bola Adrian diperkirakan akan melewati ring karena kecepatannya terlalu besar.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 32,83 %

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep gerak parabola: $x = (v_0 \cos\theta)t$ dan $y = y_0 + (v_0 \sin\theta)t - \frac{1}{2}gt^2$. Gunakan $g = 10$ m.s^{-2}.

Langkah 1 – Ketinggian bola saat $x = 3$ m untuk $v_0 = 6{,}5$ m.s^{-1} (Bisma).

- $v_x = 6{,}5 \times 0{,}643 = 4{,}18$ m.s^{-1} $\rightarrow t = \dfrac{3}{4{,}18} \approx 0{,}72$ s.
- $v_y = 6{,}5 \times 0{,}766 = 4{,}98$ m.s^{-1}.
- $y = 2 + 4{,}98(0{,}72) - 5(0{,}72)^2 \approx 2 + 3{,}57 - 2{,}58 = 3{,}00$ m.

Langkah 2 – Bandingkan dengan tinggi ring. $3{,}00$ m $< 3{,}05$ m: ketika bola Bisma sampai di jarak horizontal ring, bola sudah turun di bawah ketinggian ring sehingga membentur bagian depan ring/gagal masuk.

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

Langkah 3 – Mengapa kecepatan kecil membuat bola "jatuh lebih cepat"? Komponen horizontal lebih kecil → bola butuh waktu lebih lama ($0{,}72$ s, bukan $0{,}62$ s) untuk menempuh 3 m, sehingga gravitasi sempat menurunkannya lebih jauh. Lintasannya lebih pendek dan lebih rendah. Untuk bola Adrian, kondisi tidak berubah dari percobaan pertama yang dinyatakan masuk.

Analisis opsi:

- A ✗ Kecepatan berubah, jadi lintasan berubah walau sudut dan tinggi awal sama.
- B ✗ Sudut sama, tetapi jangkauan berkurang; tidak "dipastikan" masuk.
- C ✓ Sesuai perhitungan.
- D ✗ Kecepatan lebih kecil membuat tinggi maksimum **lebih rendah** ($H \propto v_0^2$).
- E ✗ Bola Adrian sama seperti percobaan pertama yang masuk.

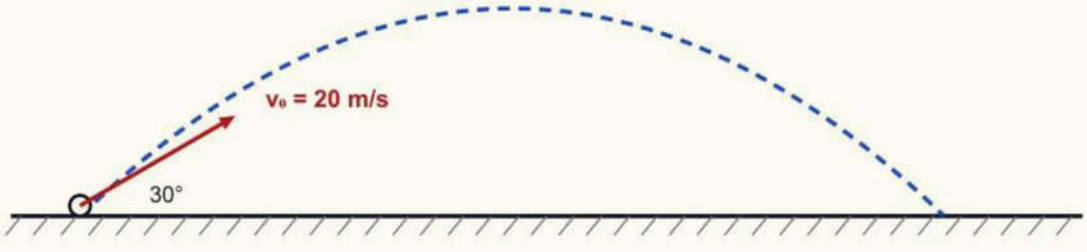
Jawaban: C.

Pengecoh D ("melengkung lebih tinggi") sangat menggoda, karena orang sering mengira lemparan pelan tampak "melambung". Padahal tinggi maksimum sebanding dengan v_0^2, jadi kecepatan yang lebih kecil justru menurunkan tinggi maksimum.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut berbentuk pilihan ganda kompleks tentang gerak parabola. Uraikan kecepatan awal menjadi $v_0 \cos\theta$ dan $v_0 \sin\theta$, lalu uji kelima pernyataan satu per satu: waktu di udara, tinggi maksimum, jarak, dan keadaan di titik tertinggi.

►. Sebuah bola golf dipukul dari tanah datar dengan kecepatan awal 20 m/s dan sudut elevasi 30°, seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Pernyataan yang benar tentang gerak bola tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Di titik tertinggi lintasan, kecepatan bola sama dengan nol.
☐ B. Bola berada di udara selama 2 s sebelum menyentuh tanah lagi.
☐ C. Tinggi maksimum yang dicapai bola adalah 5 m.
☐ D. Jarak mendatar bola akan bertambah bila sudut elevasi diubah menjadi 15°.
☐ E. Jarak mendatar yang ditempuh bola sekitar 34,6 m.

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

Pembahasan **Kunci: B, C, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: gerak parabola = GLB mendatar ($v_0 \cos\theta$) + gerak vertikal diperlambat g ($v_0 \sin\theta$).

Analisis pernyataan:

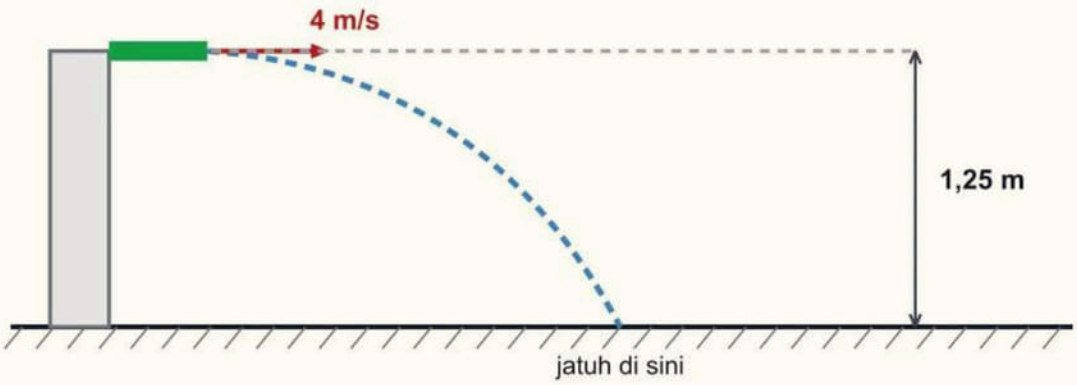
- 1 ✗ – di titik tertinggi komponen vertikal nol, tetapi komponen mendatar $20\cos 30^\circ \approx 17{,}3$ m/s tetap ada.
- 2 ✓ – $t = \dfrac{2v_0 \sin\theta}{g} = \dfrac{2 \times 10}{10} = 2$ s.
- 3 ✓ – $h = \dfrac{(v_0 \sin\theta)^2}{2g} = \dfrac{100}{20} = 5$ m.
- 4 ✗ – $\sin 30^\circ < \sin 60^\circ$; sudut 15° memberi jarak lebih kecil (jarak terjauh pada 45°).
- 5 ✓ – $x = v_0 \cos\theta \times t = 17{,}3 \times 2 \approx 34{,}6$ m.

Jawaban: pernyataan 2, 3 dan 5.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis dulu v_x, v_y, dan ketinggian titik lempar terhadap titik jatuh.

1. Air keluar mendatar dari ujung selang yang dipegang 1,25 m di atas tanah dengan kelajuan 4 m/s, seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan dan $g = 10$ m/s^2.
Jarak mendatar dari ujung selang sampai titik air jatuh di tanah adalah ....

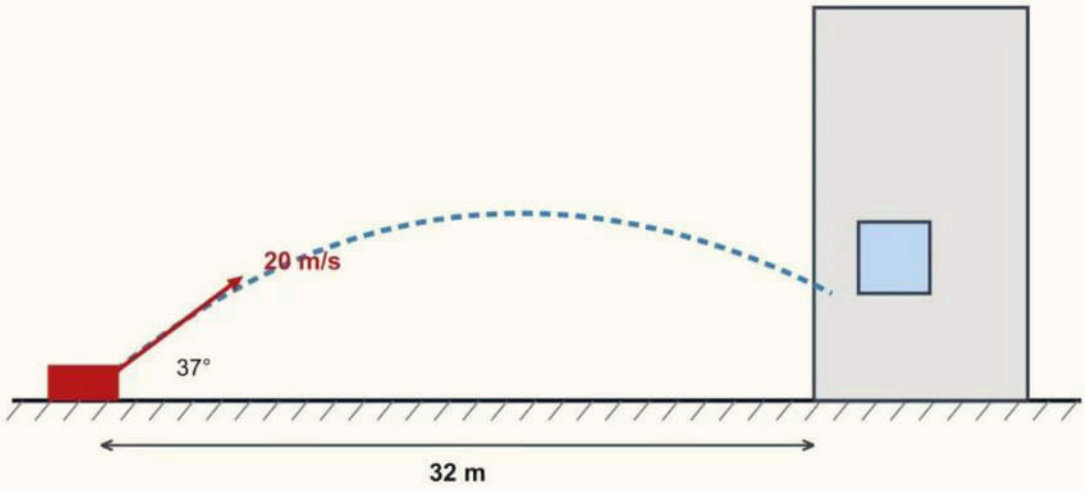


A. 5 m
B. 2 m
C. 1 m
D. 0,5 m
E. 4 m

2. Petugas pemadam kebakaran menyemprotkan air dari ujung selang dengan kelajuan 20 m/s dan sudut elevasi 37° (sin 37° = 0,6; cos 37° = 0,8) ke arah gedung yang berjarak

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

mendatar 32 m, seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan dan $g = 10\ \text{m/s}^2$. Ketinggian air saat mengenai dinding gedung, diukur dari ujung selang, adalah ....



A. 24 m
B. 4 m
C. 7,2 m
D. 20 m
E. 12 m

Kunci singkat: 1. B 2. B

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa rumus $R = \dfrac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ tidak dapat dipakai untuk menentukan apakah bola masuk ring?
- Bila kecepatan lemparan diturunkan tetapi sudutnya tetap, apa yang terjadi pada waktu bola mencapai jarak mendatar tertentu, dan mengapa bola menjadi lebih rendah di sana?
- Dua lemparan dengan sudut 37° dan 53° mendarat di titik yang sama. Besaran apa saja yang berbeda di antara keduanya?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-1.5

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

Sub bab 1.6 · Gerak melingkar beraturan

FIS-1.6

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu *mengaitkan hubungan antarvariabel pada gerak melingkar beraturan dalam peristiwa sehari-hari*, dengan batasan **gerak melingkar beraturan** saja (kelajuan tetap). Gerak melingkar **tidak muncul** di 24 soal asli 2025 yang tersedia, tetapi tercantum di kisi-kisi dan muncul di contoh soal resmi Pusmendik (memilih posisi beban di atas meja berputar agar tidak terlempar). Karena itu sub bab ini tetap dibahas, dan Kuis Akhir Bab 1 memuat soalnya.

Soal gerak melingkar di TKA biasanya berbentuk **perbandingan**: dua titik pada roda yang sama, dua roda yang dihubungkan rantai, atau laju putar yang diubah. Kemampuan yang diuji adalah memilih besaran yang **sama** dan yang **berbeda**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- mengubah putaran per menit (rpm) menjadi frekuensi, periode, dan kecepatan sudut;
- menghitung kelajuan linear dan percepatan sentripetal, serta menentukan arahnya;
- memakai hubungan roda seporos, bersinggungan, dan dihubungkan rantai atau sabuk;
- menganalisis akibat perubahan jari-jari atau laju putar dengan perbandingan.

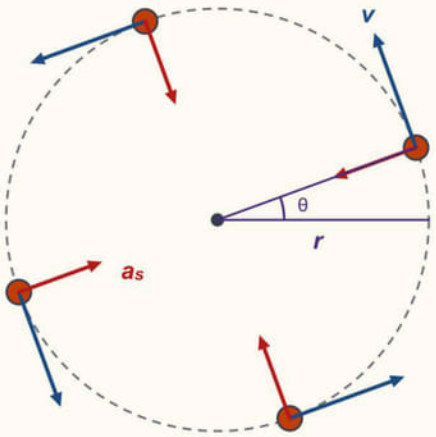
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Baling-baling kipas angin, roda sepeda, bianglala di pasar malam, mesin cuci yang memeras pakaian, dan satelit yang mengitari Bumi semuanya bergerak melingkar. Bila benda bergerak pada lingkaran dengan kelajuan tetap, geraknya disebut **gerak melingkar beraturan** (GMB). Kisi-kisi TKA membatasi gerak melingkar pada GMB. Walaupun kelajuannya tetap, GMB menyimpan satu hal yang sering mengejutkan siswa: benda itu **selalu dipercepat**. Sub bab ini menjelaskan mengapa, lalu membahas cara menghitung gerak roda-roda yang saling terhubung.

1. Sudut dalam radian dan besaran gerak melingkar

Posisi benda pada lingkaran dinyatakan dengan sudut θ yang ditempuhnya dari titik awal. Dalam fisika, sudut diukur dengan **radian**: satu radian adalah sudut yang busurnya sepanjang jari-jari. Jadi panjang busur s yang ditempuh benda pada jari-jari r adalah $s = r\,\theta$. Satu putaran penuh menempuh busur $2\pi r$ (keliling), sehingga satu putaran $= 2\pi$ rad $= 360^\circ$.

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



busur s = r θ (θ dalam radian)
1 putaran = 2π rad = 360°

ω = θ : t = 2π f = 2π : T
v = s : t = ω r

v (biru): menyinggung lingkaran, besarnya tetap, arahnya berubah
a_s (merah): selalu ke pusat,
$a_s = v^2 : r = \omega^2 r$

Gambar 1.31 Pada GMB, kecepatan linear (biru) selalu menyinggung lingkaran dan percepatan sentripetal (merah) selalu menuju pusat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Besaran	Lambang dan satuan	Hubungan
Periode	T (s)	waktu satu putaran
Frekuensi	f (Hz = putaran/s)	$f = \frac{1}{T}$
Kecepatan sudut	ω (rad/s)	$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
Kelajuan linear	v (m/s)	$v = \omega r = \frac{2\pi r}{T}$
Percepatan sentripetal	a_s (m/s^2)	$a_s = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$, arahnya ke pusat

Dari mana $v = \omega r$? Dalam waktu t, benda menyapu sudut $\theta = \omega t$ dan menempuh busur $s = r\theta = r\omega t$. Kelajuan $= \frac{s}{t} = \omega r$. Artinya, pada satu benda yang berputar (misalnya baling-baling), semua titik mempunyai ω yang sama, tetapi titik yang lebih jauh dari poros bergerak lebih cepat karena menempuh lingkaran yang lebih besar dalam waktu yang sama.

Mengubah rpm. "Putaran per menit" dibagi 60 menjadi putaran per sekon (Hz), lalu dikali 2π menjadi rad/s:

$$\omega = \frac{\text{rpm} \times 2\pi}{60}$$

Contohnya, 600 rpm $= 10$ Hz $= 20\pi \approx 62{,}8$ rad/s.

Periode dan frekuensi saling berkebalikan. Jarum detik jam dinding berputar sekali dalam 60 s, jadi $T = 60$ s, $f = \frac{1}{60}$ Hz, dan $\omega = \frac{2\pi}{60} \approx 0{,}105$ rad/s. Jarum menit memerlukan 3.600 s untuk satu putaran, sehingga kecepatan sudutnya 60 kali lebih kecil. Ujung jarum menit yang panjangnya 10 cm bergerak dengan kelajuan $v = \omega r = \frac{2\pi}{3.600} \times 0{,}10 \approx 1{,}7 \times 10^{-4}$ m/s, terlalu lambat untuk terlihat bergerak.

2. Mengapa ada percepatan walaupun kelajuannya tetap?

Percepatan adalah perubahan **kecepatan**, dan kecepatan adalah vektor. Pada gerak melingkar beraturan, **besar** kecepatan tetap, tetapi **arahnya** terus berubah: di setiap titik, kecepatan menyinggung lingkaran (Gambar 1.31). Perubahan arah itu memerlukan percepatan yang selalu menuju **pusat lingkaran**, yaitu **percepatan sentripetal** ("sentripetal" berarti menuju pusat). Besarnya $a_s = \frac{v^2}{r}$: makin cepat dan makin tajam belokannya (jari-jari kecil), makin besar percepatan yang dibutuhkan. Karena $v = \omega r$, rumus ini dapat juga ditulis $a_s = \omega^2 r$.

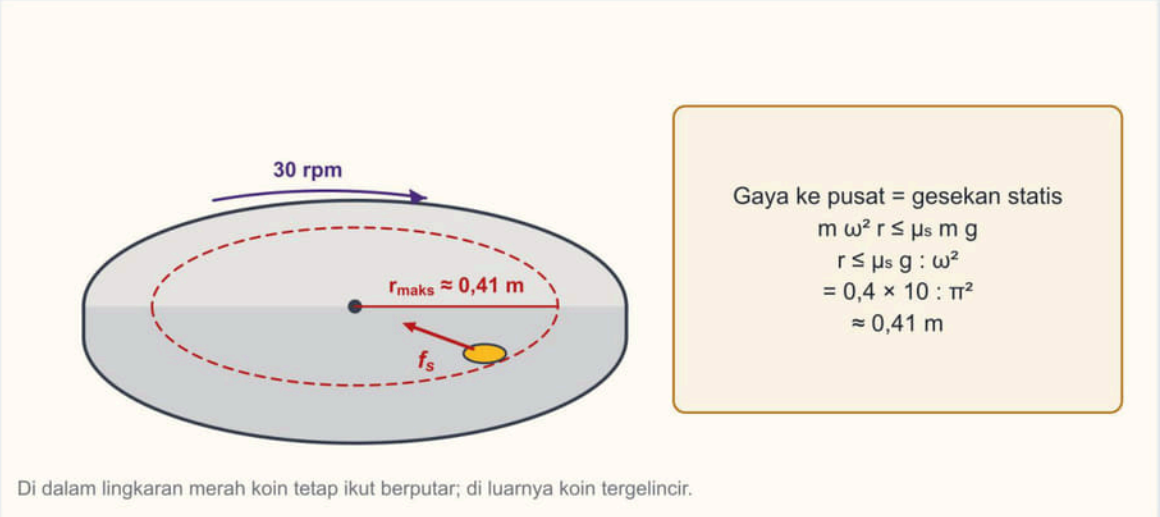
Akibatnya, benda yang bergerak melingkar memerlukan **gaya ke pusat** (gaya sentripetal) sebesar $F = m\,a_s = \frac{mv^2}{r}$. Gaya itu bukan gaya jenis baru. Gaya itu diberikan oleh gaya yang sudah ada: tegangan tali, gesekan, gaya normal dinding, atau gravitasi. Bila gaya yang tersedia

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

kurang, benda tidak dapat mengikuti lingkaran dan bergerak lurus menyinggung lingkaran (kelembaman, sub bab 2.1). Itulah sebabnya air terlempar dari pakaian di mesin pengering, dan barang di dasbor meluncur saat mobil menikung tajam.

Contoh terselesaikan 1: koin di atas meja putar

Sebuah koin diletakkan di atas piringan yang berputar 30 rpm. Koefisien gesek statis antara koin dan piringan 0,4 ($g = 10\ \text{m/s}^2$). Pada jarak berapa dari pusat koin mulai tergelincir?



Gambar 1.32 Gesekan statis (merah) memberi gaya ke pusat pada koin; koin di luar jari-jari 0,41 m tergelincir. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Gaya ke pusat diberikan oleh gesekan statis, yang besarnya paling banyak $\mu_s mg$.
2. Syarat tidak tergelincir: $m\omega^2 r \le \mu_s mg \to r \le \dfrac{\mu_s g}{\omega^2}$.
3. $\omega = \dfrac{30 \times 2\pi}{60} = \pi$ rad/s, sehingga $\omega^2 \approx 9{,}87$.
4. $r_{\max} = \dfrac{0{,}4 \times 10}{9{,}87} \approx 0{,}41$ m. Koin yang diletakkan lebih jauh dari 41 cm akan tergelincir (Gambar 1.32). Massa koin tidak berpengaruh, karena m ada di kedua ruas.

3. Perbandingan dalam gerak melingkar

Banyak soal cukup diselesaikan dengan perbandingan. Pilih rumus yang memuat besaran yang **tetap**:

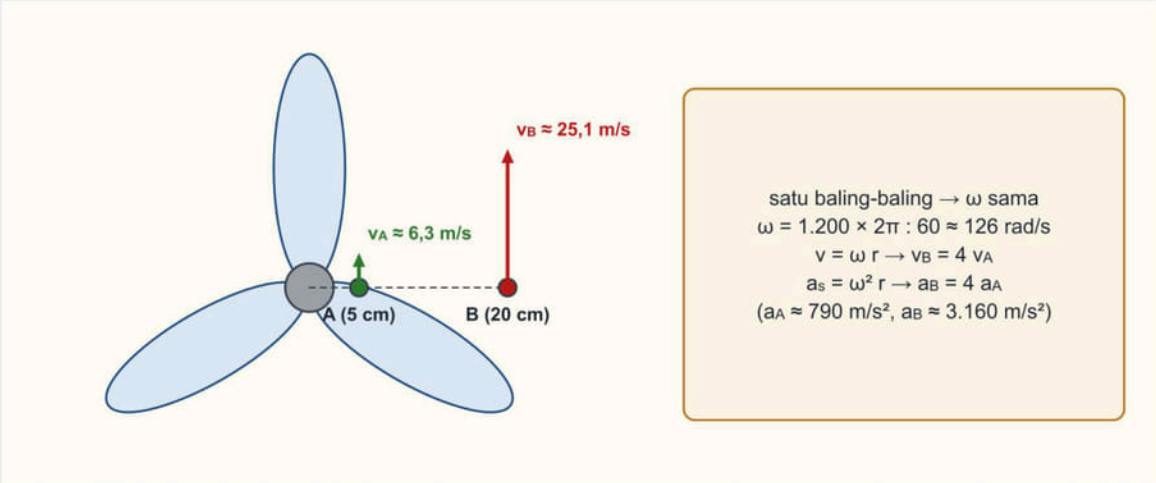
Yang tetap	Rumus yang dipakai	Akibat
ω (titik-titik pada satu roda)	$v = \omega r, a_s = \omega^2 r$	v dan a_s sebanding dengan r
v (titik di tepi roda yang dihubungkan rantai)	$a_s = \dfrac{v^2}{r}$	a_s berbanding terbalik dengan r
r (satu titik, laju putar diubah)	$a_s = \omega^2 r$	a_s sebanding dengan **kuadrat** laju putar

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

Rumus $a_s = \dfrac{v^2}{r}$ **terlihat** seperti "makin besar jari-jari, makin kecil percepatan". Namun itu hanya benar bila v tetap. Untuk titik-titik pada satu roda, v ikut membesar bila r membesar, sehingga percepatannya justru **sebanding** dengan r.

Contoh terselesaikan 2: dua titik pada baling-baling kipas

Pada kipas angin yang berputar 1.200 rpm, titik A berjarak 5 cm dan titik B berjarak 20 cm dari poros. Bandingkan kelajuan dan percepatan sentripetal keduanya (Gambar 1.33).



Gambar 1.33 Titik A dan B pada baling-baling yang sama mempunyai kecepatan sudut sama; B empat kali lebih jauh dari poros sehingga kelajuannya empat kali lebih besar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

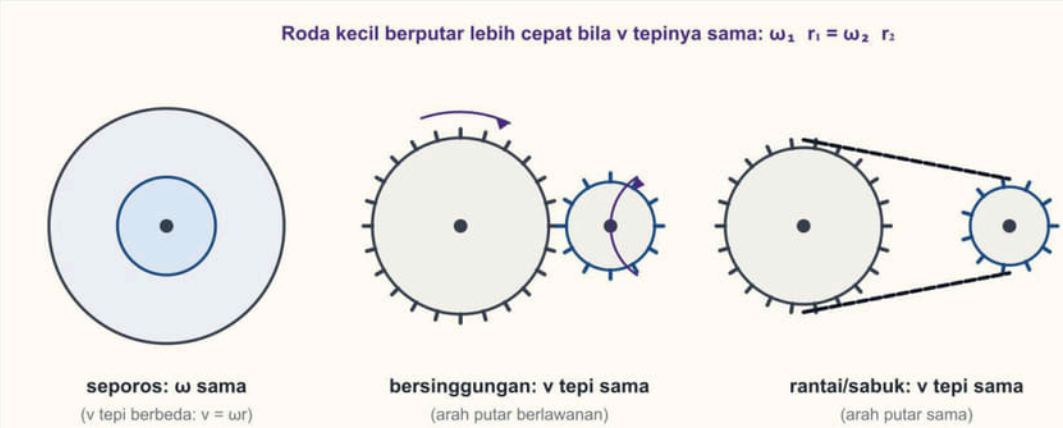
Penyelesaian.

1. Keduanya pada baling-baling yang sama, jadi ω sama: $\omega = \dfrac{1.200 \times 2\pi}{60} = 40\pi \approx 126$ rad/s.
2. $v_A = 126 \times 0{,}05 \approx 6{,}3$ m/s; $v_B \approx 25{,}1$ m/s (4 kali, sebanding dengan r).
3. $a_A = 126^2 \times 0{,}05 \approx 790$ m/s²; $a_B \approx 3.160$ m/s² (juga 4 kali).
4. Bila laju putar dinaikkan menjadi 2.400 rpm, percepatan setiap titik menjadi $2^2 = 4$ kali semula. Inilah sebabnya baling-baling yang retak dapat patah saat diputar sangat cepat: gaya ke pusat yang dibutuhkan ujungnya sangat besar.

4. Hubungan roda-roda

Mesin, jam, dan sepeda memindahkan putaran dari satu roda ke roda lain dengan tiga cara (Gambar 1.34).

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



Gambar 1.34 Roda seporos mempunyai kecepatan sudut sama; roda bersinggungan dan roda yang dihubungkan rantai mempunyai kelajuan tepi sama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

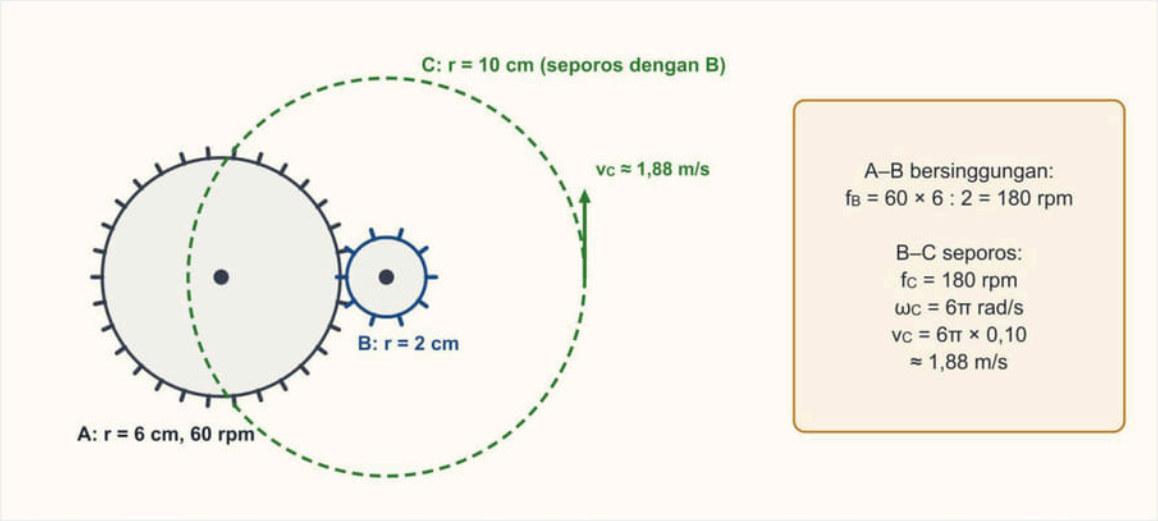
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Hubungan	Contoh	Yang sama	Akibat
Seporos (satu sumbu)	gir belakang dan roda sepeda	$\omega_1 = \omega_2$	$\frac{v_1}{r_1} = \frac{v_2}{r_2}$
Bersinggungan	roda gigi yang saling menempel	$v_1 = v_2$ (arah putar berlawanan)	$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$
Dihubungkan rantai atau sabuk	gir depan dan gir belakang sepeda	$v_1 = v_2$ (arah putar sama)	$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$

Mengapa kelajuan tepi roda bersinggungan sama? Karena gigi-giginya saling mengunci, dalam satu detik keduanya harus melewatkan panjang tepi yang sama; bila tidak, giginya akan selip. Rantai pun hanya satu: setiap mata rantai bergerak dengan kelajuan yang sama di kedua gir. Untuk roda bersinggungan atau berantai, **roda kecil berputar lebih cepat**: $\omega_2 = \omega_1 \dfrac{r_1}{r_2}$. Begitu pula dalam rpm: $f_2 = f_1 \dfrac{r_1}{r_2}$.

Contoh terselesaikan 3: rangkaian tiga roda

Roda gigi A (jari-jari 6 cm) bersinggungan dengan roda gigi B (jari-jari 2 cm). Roda B seporos dengan roda C (jari-jari 10 cm). A berputar 60 rpm (Gambar 1.35). Berapa kelajuan tepi roda C?



Gambar 1.35 Roda A bersinggungan dengan B; roda C (garis putus-putus hijau) seporos dengan B. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

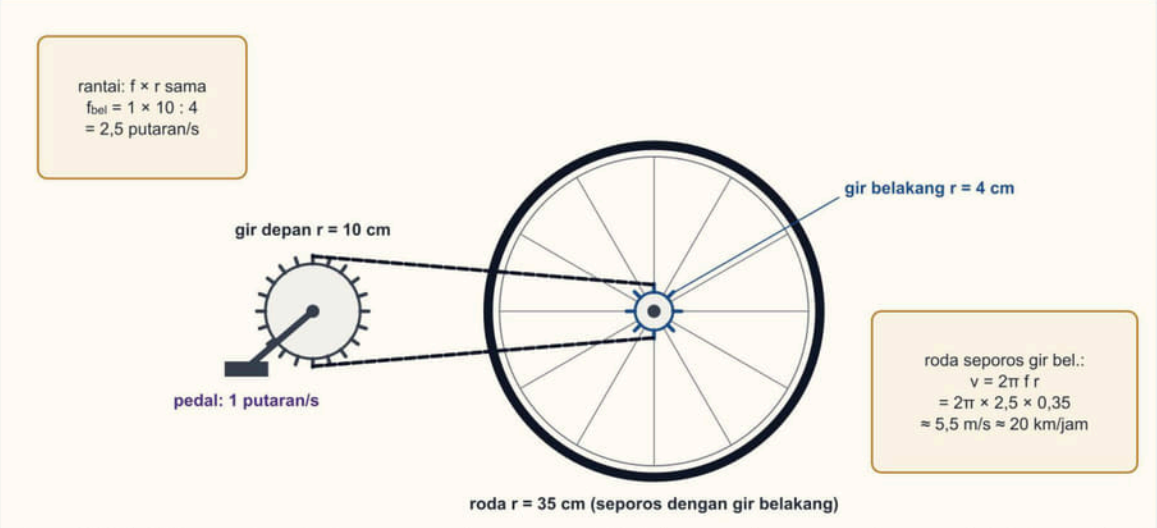
Penyelesaian.

1. A–B bersinggungan (kelajuan tepi sama): $f_B = 60 \times \dfrac{6}{2} = 180$ rpm, dengan arah putar berlawanan dengan A.
2. B–C seporos (ω sama): $f_C = 180$ rpm, dan $\omega_C = \dfrac{180 \times 2\pi}{60} = 6\pi$ rad/s.
3. Kelajuan tepi C: $v_C = 6\pi \times 0{,}10 \approx 1{,}88$ m/s.
4. Kerjakan dengan urutan "hubungan demi hubungan". Setiap kali melewati hubungan, tanyakan: apakah yang sama v atau ω?

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

Contoh terselesaikan 4: laju sepeda dari kayuhan pedal

Seorang pesepeda mengayuh pedal 1 putaran per sekon. Jari-jari gir depan 10 cm, gir belakang 4 cm, dan roda belakang 35 cm. Berapa laju sepeda (anggap roda tidak selip)? Susunan gir dan rodanya tampak pada Gambar 1.36.



Gambar 1.36 Pedal memutar gir depan; rantai memutar gir belakang; roda seporos dengan gir belakang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Pedal seporos dengan gir depan: $f_{\text{depan}} = 1$ putaran/s.
2. Gir depan dan belakang dihubungkan rantai, jadi $f_{\text{depan}}\, r_{\text{depan}} = f_{\text{bel}}\, r_{\text{bel}} \rightarrow$ $f_{\text{bel}} = 1 \times \dfrac{10}{4} = 2{,}5$ putaran/s.
3. Roda seporos dengan gir belakang: $f_{\text{roda}} = 2{,}5$ putaran/s. Kelajuan tepi roda $= 2\pi f r = 2\pi \times 2{,}5 \times 0{,}35 \approx 5{,}5$ m/s.
4. Karena roda tidak selip, laju sepeda sama dengan kelajuan tepi roda: sekitar 5,5 m/s ≈ 20 km/jam. Memindahkan rantai ke gir belakang yang lebih kecil membuat sepeda lebih cepat untuk kayuhan yang sama, tetapi kayuhan terasa lebih berat.

5. Gerak melingkar di sekitar kita

Konsep yang sama menjelaskan banyak peristiwa sehari-hari. Kuncinya selalu satu pertanyaan: **gaya apa yang menarik benda ke pusat?**

1. **Mobil di tikungan datar.** Gaya ke pusat diberikan oleh gesekan antara ban dan jalan. Di jalan licin karena hujan, gesekan maksimum mengecil, sehingga kelajuan aman di tikungan juga mengecil. Bila mobil terlalu cepat, $\dfrac{mv^2}{r}$ yang dibutuhkan melebihi gesekan yang tersedia dan mobil tergelincir keluar tikungan, bergerak lurus menyinggung lintasannya.
2. **Mesin cuci saat memeras.** Tabung berlubang berputar sangat cepat. Pakaian ditahan dinding tabung, sehingga ikut melingkar. Air di pakaian tidak ditahan apa pun ketika sampai di lubang, sehingga air keluar lurus menyinggung lingkaran dan terpisah dari pakaian.

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

3. **Penumpang bianglala.** Penumpang bergerak melingkar dengan kelajuan tetap. Di posisi paling bawah, kursi harus mendorong ke atas lebih kuat daripada berat penumpang agar ada sisa gaya ke pusat (ke atas). Di posisi paling atas, kursi mendorong lebih lemah. Itulah sebabnya badan terasa lebih ringan di puncak dan lebih berat di dasar.
4. **Satelit dan Bulan.** Gaya ke pusat diberikan oleh gravitasi Bumi. Satelit "terus jatuh" ke arah Bumi, tetapi kecepatan mendatarnya cukup besar sehingga ia selalu melewati Bumi dan tetap mengelilinginya.

Bumi sendiri berotasi sekali dalam sekitar 24 jam. Titik di khatulistiwa, sekitar 6.400 km dari sumbu Bumi, mempunyai $\omega = \dfrac{2\pi}{86.400\ \text{s}} \approx 7{,}3 \times 10^{-5}$ rad/s dan kelajuan $v = \omega r \approx 465$ m/s, lebih cepat daripada pesawat jet. Kita tidak merasakannya karena kelajuan itu tetap dan percepatan sentripetalnya kecil, sekitar 0,03 m/s^2, jauh lebih kecil daripada g.

Ringkasan

- $s = r\theta$ (radian); $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$; $v = \omega r$; rpm × $2\pi/60$ = rad/s.
- GMB: kelajuan tetap, arah kecepatan berubah → percepatan sentripetal $a_s = v^2/r = \omega^2 r$ ke pusat; gaya ke pusat diberikan gaya yang sudah ada (tali, gesekan, normal, gravitasi).
- Satu roda: ω sama, v dan a_s sebanding r.
- Seporos → ω sama; bersinggungan/rantai → v tepi sama, roda kecil berputar lebih cepat.
- Di setiap peristiwa melingkar, tanyakan dulu gaya apa yang menarik benda ke pusat: gesekan, tegangan tali, gaya normal, atau gravitasi.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal gerak melingkar

1. **Ubah satuan dulu:** rpm → Hz → rad/s; cm → m; menit → s.
2. **Kenali hubungan roda:** seporos (ω sama) atau bersinggungan/berantai (v sama).
3. **Pilih rumus yang memuat besaran yang tetap**, lalu buat perbandingan bila soal meminta "berapa kali".
4. **Untuk percepatan,** ingat $a_s = \omega^2 r$: kuadrat laju putar.
5. **Untuk soal "tergelincir atau terlempar",** bandingkan gaya ke pusat yang diperlukan ($m\omega^2 r$) dengan gaya maksimum yang tersedia (gesekan maksimum, tegangan tali maksimum).

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
rpm dipakai langsung sebagai rad/s	$\omega = 1.200$ rad/s	$\omega = \text{rpm} \times 2\pi/60$
2π dilupakan	$\omega = f$	$\omega = 2\pi f$

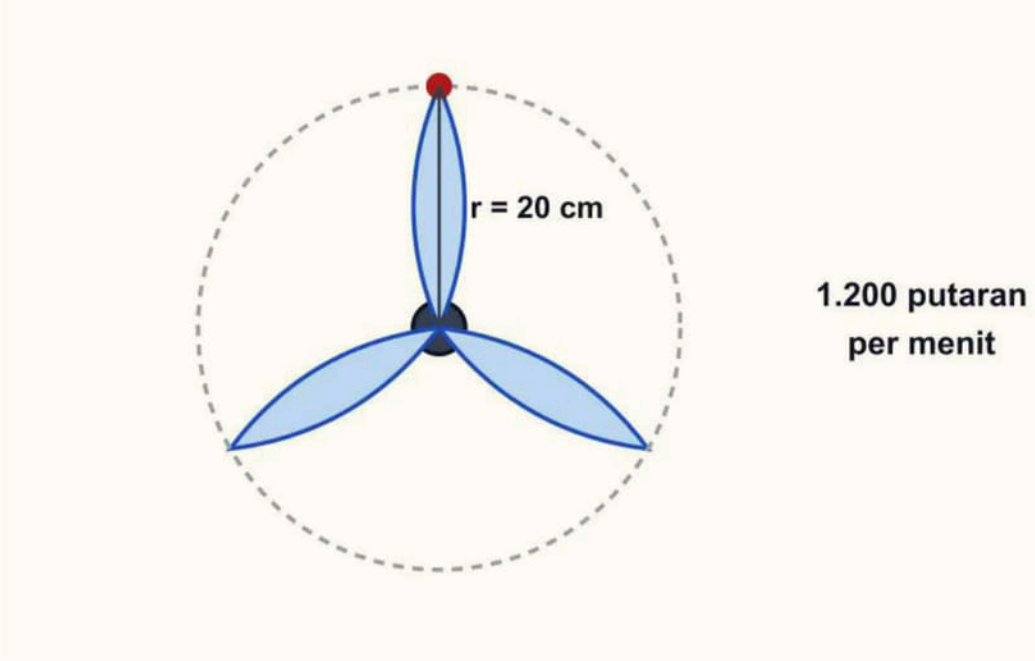
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Diameter dipakai sebagai jari-jari	roda 70 cm dihitung $r = 70$ cm	baca "diameter" atau "jari-jari" dengan teliti
Hubungan roda tertukar	roda seporos dianggap punya v sama	seporos = ω sama; berantai = v sama
Perbandingan jari-jari terbalik	$\omega_2 = \omega_1 \frac{r_2}{r_1}$ untuk roda berantai	roda kecil berputar lebih cepat
Percepatan dianggap sebanding dengan laju putar	putaran dua kali, percepatan dianggap dua kali	$a_s \propto \omega^2$, jadi empat kali
Tidak ada percepatan karena kelajuan tetap	"satelit tidak mengalami percepatan"	arah kecepatan berubah, jadi ada percepatan ke pusat
$a_s = v^2/r$ dipakai tanpa memperhatikan apa yang tetap	titik jauh dari poros dianggap percepatannya lebih kecil	pada satu roda ω tetap, jadi $a_s \propto r$

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menghitung kelajuan linear ujung baling-baling. Ubah dulu putaran per menit menjadi putaran per sekon, lalu pakai $v = 2\pi fr$ dengan jari-jari dalam meter.

►. Baling-baling sebuah kipas angin berputar beraturan 1.200 putaran per menit. Titik merah di ujung baling-baling berjarak 20 cm dari poros, seperti pada gambar.
Kelajuan linear titik merah tersebut adalah sekitar ....



A. 25 m/s
B. 240 m/s
C. 4 m/s
D. 12,6 m/s
E. 50 m/s

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

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: gerak melingkar beraturan: $v = \omega r = 2\pi f r$ dengan f dalam putaran per sekon.

Langkah – $f = \dfrac{1.200}{60} = 20$ Hz. $v = 2\pi \times 20 \times 0{,}2 = 8\pi \approx 25$ m/s.

Analisis opsi:

- A (25 m/s) ✓ – v = 2πfr ≈ 25,1 m/s.
- B (240 m/s) ✗ – putaran per menit dikalikan langsung dengan jari-jari.
- C (4 m/s) ✗ – putaran per sekon (20) dikalikan jari-jari tanpa 2π.
- D (12,6 m/s) ✗ – faktor 2 pada 2π terlupa.
- E (50 m/s) ✗ – memakai diameter (40 cm) sebagai jari-jari.

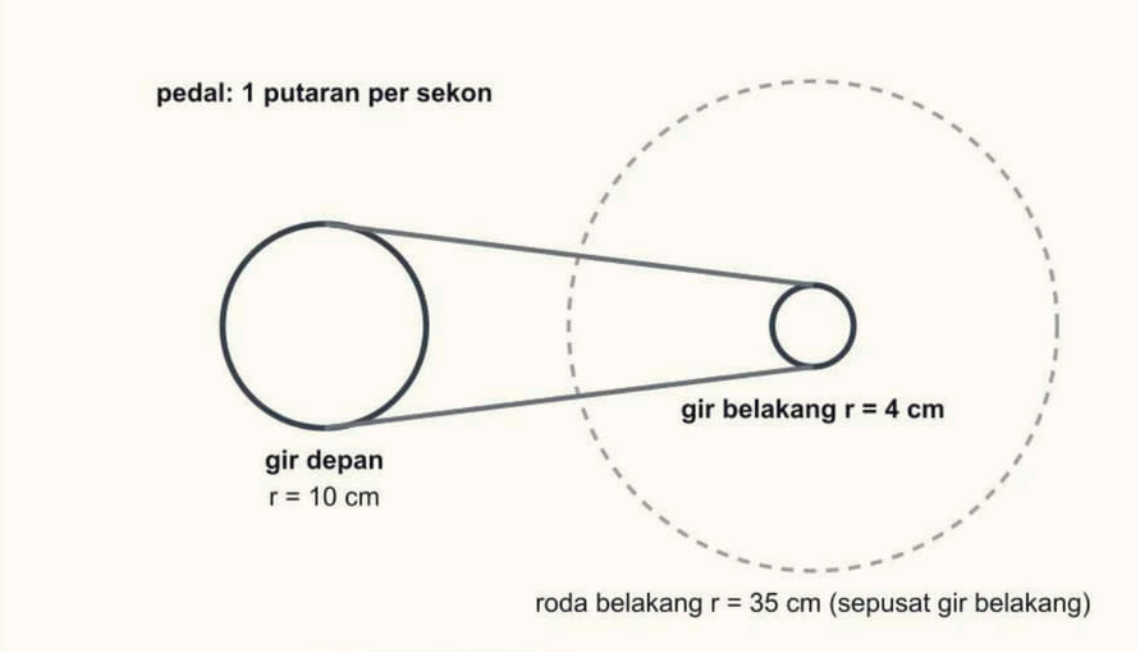
Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis dulu besaran yang tetap (kecepatan sudut atau kelajuan linear) dan satuan yang harus diubah.

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

1. Gir depan sepeda berjari-jari 10 cm dihubungkan rantai dengan gir belakang berjari-jari 4 cm. Gir belakang sepusat dengan roda belakang yang berjari-jari 35 cm, seperti pada gambar. Pengendara mengayuh pedal sehingga gir depan berputar 1 putaran per sekon dan rantai tidak slip.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

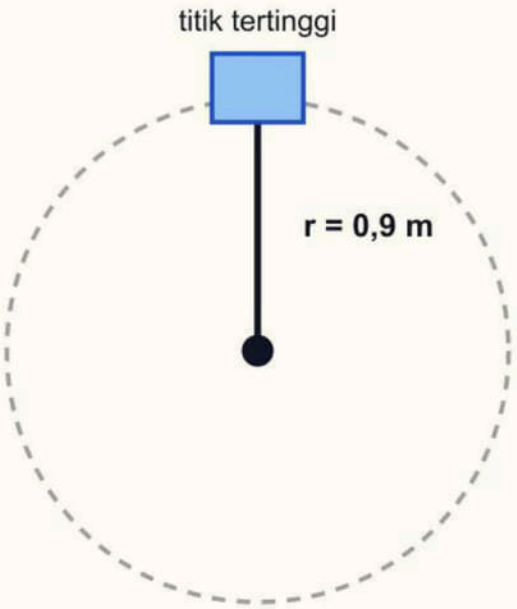


Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kelajuan linear rantai di gir depan sama dengan di gir belakang.	○	○
Kecepatan sudut roda belakang sama dengan kecepatan sudut gir belakang.	○	○
Kelajuan sepeda sekitar 2,2 m/s.	○	○

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

2. Sebuah ember berisi air diputar dalam lingkaran vertikal dengan jari-jari 0,9 m (dari bahu sampai permukaan air), seperti pada gambar. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Kelajuan paling kecil ember di titik tertinggi agar air tidak tumpah adalah ....



A. 9 m/s
B. 0,9 m/s
C. 3 m/s
D. 4,2 m/s
E. 0 m/s

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

✔ PERIKSA DIRI

- Sebuah titik pada roda berputar dua kali lebih cepat. Berapa kali kelajuan linearnya, dan berapa kali percepatan sentripetalnya?
- Pada sepeda, besaran apa yang sama antara gir depan dan gir belakang, dan besaran apa yang sama antara gir belakang dan roda?
- Mengapa benda yang bergerak dengan kelajuan tetap pada lingkaran tetap mengalami percepatan, dan ke mana arahnya?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-1.6

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

Kuis Akhir Bab 1

FIS-KB1

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

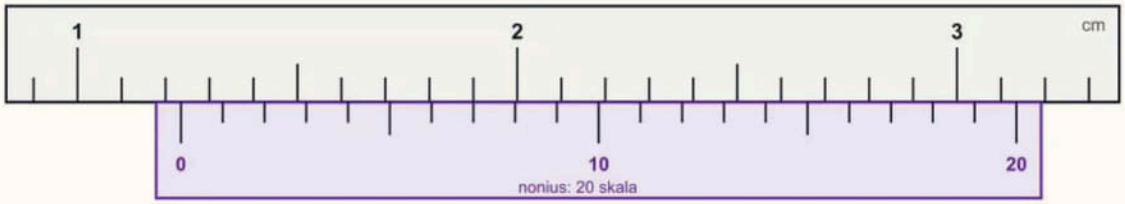
Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 1 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

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

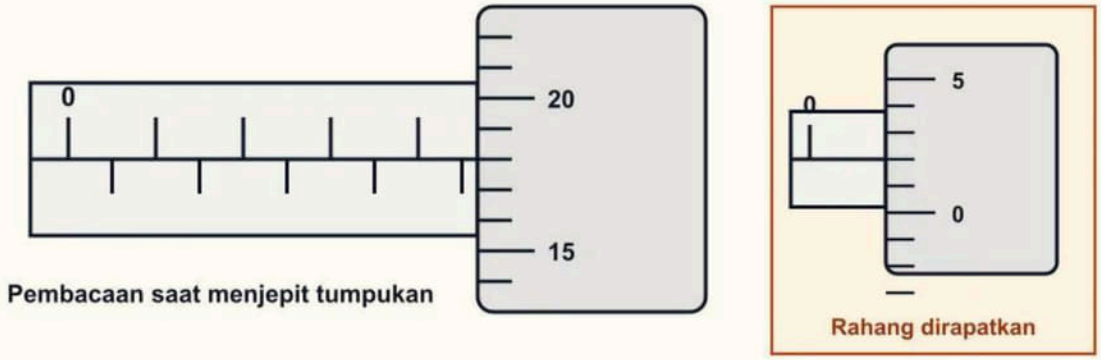
1. Seorang teknisi memeriksa sepotong pipa tembaga untuk saluran pendingin ruangan. Diameter luar pipa diukur dengan mikrometer sekrup dan hasilnya 15,85 mm. Diameter dalam pipa diukur dengan rahang dalam jangka sorong; skala jangka sorong saat mengukur tampak pada gambar. Jangka sorong tersebut memiliki 20 skala nonius. Tebal dinding pipa tembaga tersebut adalah ....



A. 3,50 mm
B. 1,58 mm
C. 1,93 mm
D. 1,75 mm
E. 3,15 mm

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

2. Nadia ingin mengetahui tebal selembar karton tipis untuk kemasan. Karena terlalu tipis, ia menumpuk 40 lembar karton yang sama lalu menjepit tumpukan itu dengan mikrometer sekrup. Sebelum mengukur, ia merapatkan rahang mikrometer tanpa benda dan mendapati skala putar tidak tepat menunjuk nol (gambar kanan). Gambar kiri menunjukkan skala saat tumpukan dijepit.
Berdasarkan pengukuran tersebut, pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tebal tumpukan sebenarnya 4,70 mm karena kesalahan titik nol harus ditambahkan pada pembacaan.

☐ B. Pembacaan skala mikrometer saat menjepit tumpukan adalah 4,68 mm.

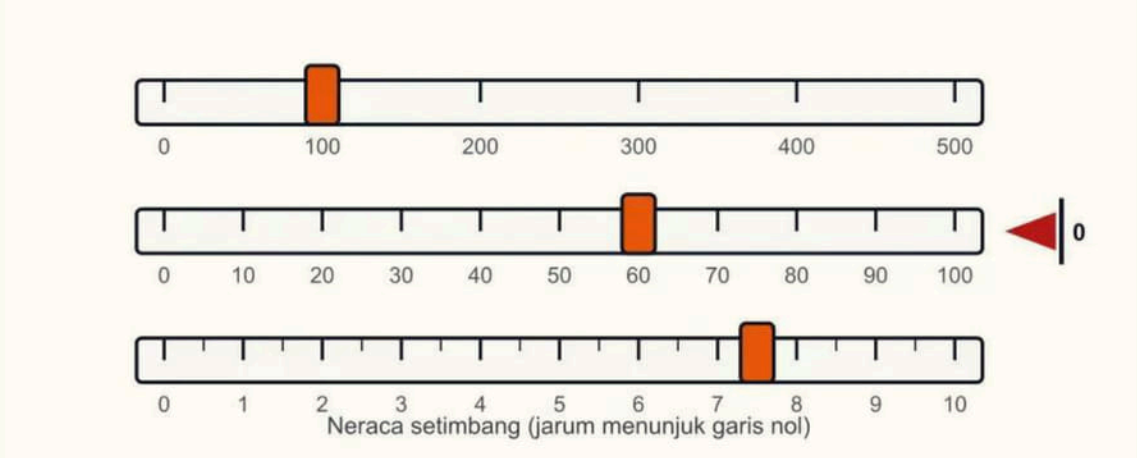
☐ C. Tebal satu lembar karton sekitar 0,117 mm.

☐ D. Tebal satu lembar ditulis 0,1 mm karena bilangan 40 hanya memiliki satu angka penting.

☐ E. Mengukur 40 lembar sekaligus membuat kesalahan baca skala terbagi rata sehingga hasil per lembar lebih teliti.

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

3. Dalam praktikum massa jenis, Tika menimbang sebuah gelas ukur kosong dengan neraca tiga lengan. Lengan belakang bertingkat 100 g, lengan tengah bertingkat 10 g, dan lengan depan berskala 0–10 g dengan skala terkecil 0,1 g. Saat neraca setimbang, posisi anak timbangan pada ketiga lengan tampak seperti gambar.
Massa gelas ukur kosong tersebut adalah ....



A. 160,7 g
B. 167,5 g
C. 175,0 g
D. 107,5 g
E. 166,5 g

4. Empat kelompok siswa mengukur diameter sebuah pin baja yang menurut pabriknya berdiameter 3,00 mm. Setiap kelompok memakai mikrometer sekrup sendiri dan mengukur empat kali. Hasilnya sebagai berikut.

Kelompok	Ukur 1 (mm)	Ukur 2 (mm)	Ukur 3 (mm)	Ukur 4 (mm)
P	3,01	3,00	2,99	3,00
Q	3,12	3,13	3,12	3,13
R	2,95	3,06	2,97	3,02
S	3,20	2,85	3,10	2,90

Kesimpulan yang tepat berdasarkan data tersebut adalah ....

A. Data kelompok Q paling akurat karena hasil keempat pengukurannya paling konsisten.
B. Data kelompok R lebih presisi daripada P karena rata-rata keduanya sama-sama 3,00 mm.
C. Kesalahan pada data S dapat dihilangkan cukup dengan mengoreksi kesalahan titik nol.
D. Data P dan Q sama akuratnya karena rentang hasil kedua kelompok sama-sama kecil.
E. Data Q mungkin memuat kesalahan sistematis yang tidak hilang walaupun diulang.

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

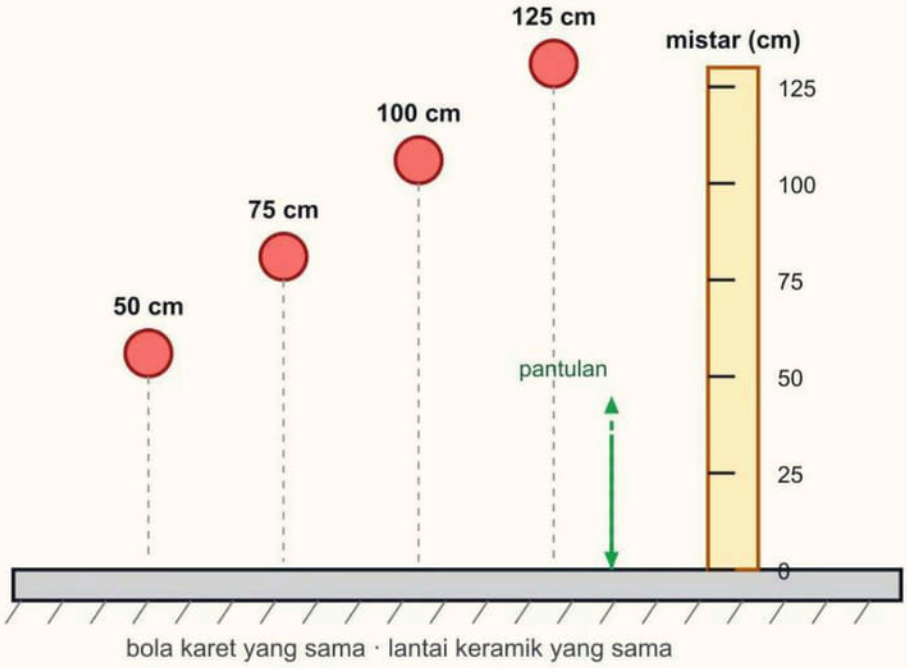
5. Percobaan pantulan bola

Tujuan: menyelidiki pengaruh ketinggian jatuh terhadap tinggi pantulan bola karet.

Langkah:

1. Pasang mistar tegak di samping lantai keramik.
2. Lepaskan bola karet (tanpa didorong) dari ketinggian 50 cm di atas lantai.
3. Amati puncak pantulan pertama pada mistar dan catat.
4. Ulangi langkah 2–3 tiga kali, lalu rata-ratakan.
5. Ulangi untuk ketinggian 75 cm, 100 cm, dan 125 cm memakai bola dan lantai yang sama.

Variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol pada percobaan tersebut adalah ....



A. bebas = tinggi pantulan; terikat = ketinggian jatuh; kontrol = jenis bola dan jenis lantai

B. bebas = jenis lantai; terikat = tinggi pantulan; kontrol = ketinggian jatuh dan jenis bola

C. bebas = ketinggian jatuh; terikat = tinggi pantulan; kontrol = jenis bola dan jenis lantai

D. bebas = ketinggian jatuh; terikat = jumlah ulangan; kontrol = jenis bola dan tinggi pantulan

E. bebas = ketinggian jatuh; terikat = kelajuan bola saat menumbuk lantai; kontrol = jenis bola

6. Percobaan pegas

Tujuan: menyelidiki pengaruh massa beban terhadap pertambahan panjang pegas.

Langkah:

1. Gantungkan sebuah pegas pada statif, lalu ukur panjang awalnya dengan mistar.
2. Gantungkan beban 50 g dan ukur panjang pegas.

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

3. Ulangi dengan beban 100 g.
4. Karena pegas pertama tersangkut di statif, pegas diganti dengan pegas lain dari kotak alat, lalu digantungi beban 150 g dan 200 g.
5. Hitung pertambahan panjang untuk setiap beban.

Kelemahan prosedur yang paling memengaruhi keakuratan kesimpulan percobaan adalah ....

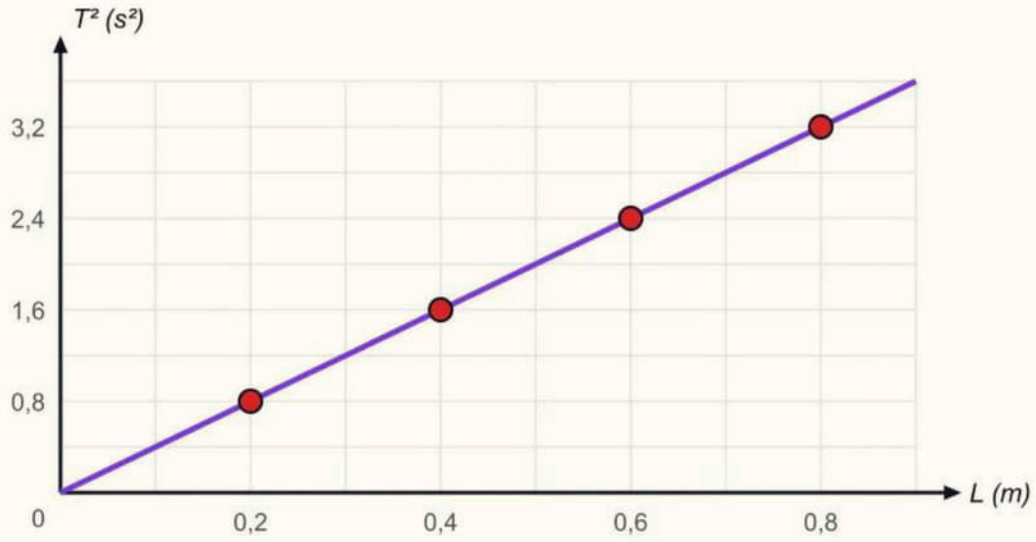
A. Pegas diganti di tengah percobaan sehingga pertambahan panjang tidak hanya bergantung pada massa beban.
B. Jumlah variasi beban hanya empat sehingga hubungan massa beban dan pertambahan panjang tidak dapat diamati.
C. Mistar berketelitian 1 mm terlalu kasar sehingga pertambahan panjang pegas sama sekali tidak dapat diukur.
D. Pegas digantung tegak sehingga berat beban ikut menarik pegas dan mengacaukan hasil pengukuran panjang.
E. Percobaan tidak mencatat waktu dengan stopwatch sehingga laju pertambahan panjang pegas tidak diketahui.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

7. Sebuah kelompok siswa mengukur periode ayunan bandul sederhana untuk beberapa panjang tali. Untuk setiap panjang tali, mereka mengukur waktu 10 ayunan lalu menghitung periode T. Mereka kemudian menggambar grafik T^2 terhadap panjang tali L seperti pada gambar. Menurut teori, periode bandul pada simpangan kecil adalah $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

Berdasarkan grafik, nilai percepatan gravitasi g yang diperoleh kelompok tersebut adalah sekitar ....



A. 4,0 m/s²
B. 0,25 m/s²
C. 2,5 m/s²
D. 9,9 m/s²
E. 39,5 m/s²

8. Rizal melepas sebuah kelereng dari keadaan diam di ujung atas talang plastik yang dipasang miring dengan kemiringan tetap. Ia merekam gerak kelereng dengan kamera ponsel dan mencatat jarak tempuh kelereng dari titik lepas.

Waktu t (s)	0,5	1,0	1,5	2,0
Jarak s (cm)	5	20	45	80

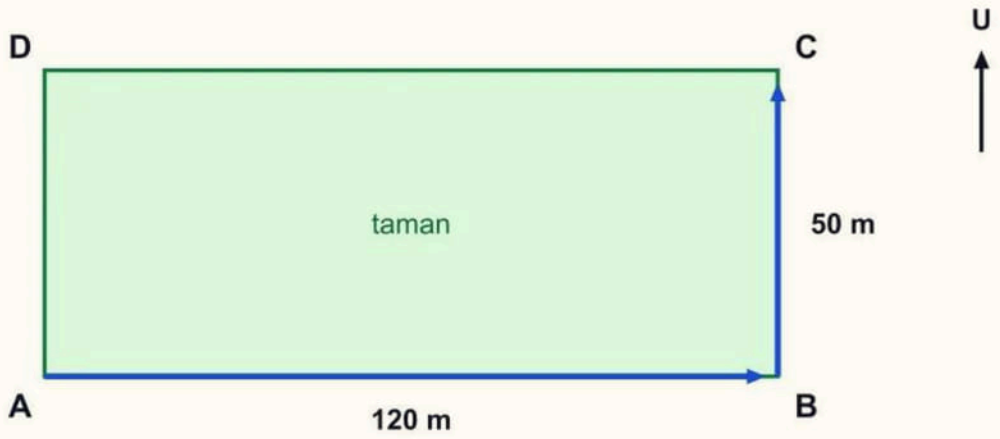
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

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

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Data menunjukkan jarak tempuh sebanding dengan kuadrat waktu, sehingga kelereng bergerak lurus berubah beraturan.	○	○
Percepatan kelereng pada talang adalah 20 cm/s^2.	○	○
Data tersebut membuktikan bahwa percepatan kelereng bertambah bila talang dibuat lebih curam.	○	○

9. Rani berlari pagi mengelilingi sebuah taman berbentuk persegi panjang ABCD. Ia berangkat dari pojok A, berlari ke timur menyusuri sisi AB sepanjang 120 m, lalu berbelok ke utara menyusuri sisi BC sepanjang 50 m, dan berhenti di pojok C seperti pada gambar. Besar perpindahan Rani dari A ke C adalah ....

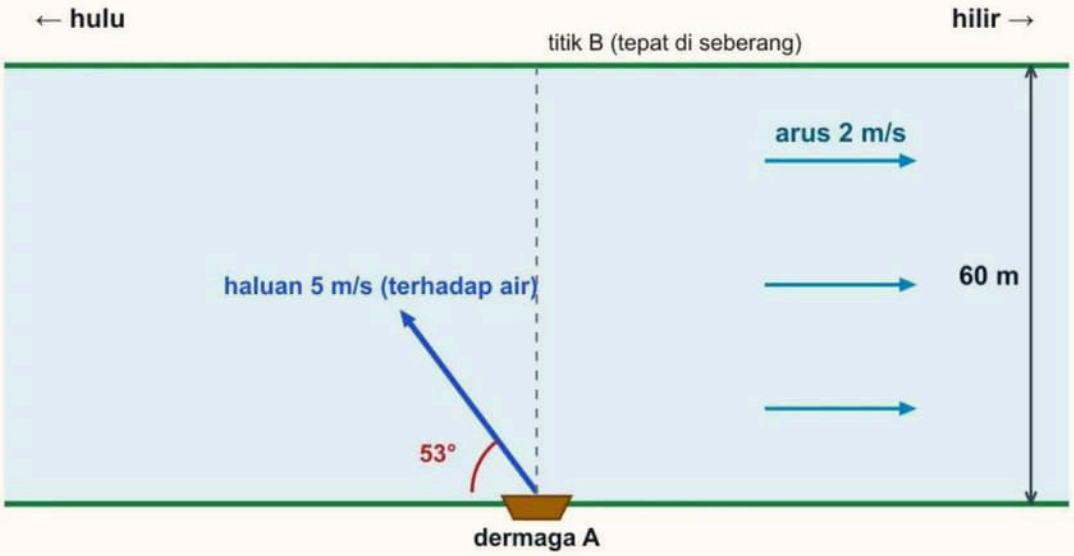


Educational Institutions

A. 170 m
B. 130 m
C. 120 m
D. 70 m
E. 85 m

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

10. Sebuah perahu motor penyeberangan berangkat dari dermaga A untuk menyeberangi sungai selebar 60 m. Kelajuan perahu terhadap air 5 m/s, dan juru mudi mengarahkan haluan membentuk sudut 53° terhadap tepi sungai, condong ke arah hulu, seperti pada gambar. Air sungai mengalir ke hilir dengan kelajuan tetap 2 m/s. Gunakan $\sin 53^\circ = 0{,}8$ dan $\cos 53^\circ = 0{,}6$.
Perahu akan tiba di seberang pada posisi ....



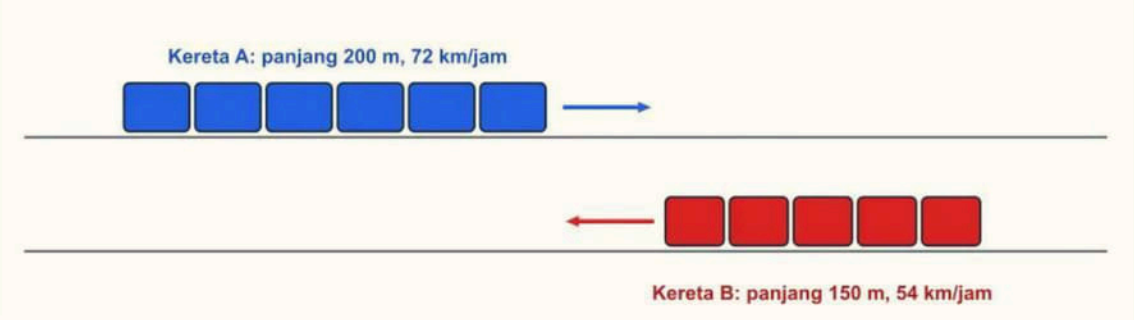
A. 15 m dari titik B ke arah hilir
B. 30 m dari titik B ke arah hilir
C. 15 m dari titik B ke arah hulu
D. 45 m dari titik B ke arah hulu
E. tepat di titik B

11. Hujan turun tegak lurus ke tanah karena tidak ada angin. Dodi yang semula berdiri diam memegang payung tegak. Ketika ia mulai berjalan cepat ke depan, bagian depan celananya basah, sehingga ia memiringkan payung ke depan agar tetap terlindung. Ia juga merasa, makin cepat ia berjalan, makin miring payung yang harus ia pegang.
Penjelasan yang paling tepat untuk peristiwa tersebut adalah ....

A. Menurut Dodi, hujan datang miring dari depan karena kecepatan relatif hujan = kecepatan hujan − kecepatan Dodi.
B. Gerak Dodi menimbulkan angin yang membelokkan butiran hujan sehingga hujan benar-benar jatuh miring terhadap tanah.
C. Kecepatan hujan terhadap Dodi menjadi lebih kecil sehingga butiran hujan lebih lama berada di depan tubuhnya.
D. Menurut Dodi, hujan tampak makin tegak bila ia berjalan makin cepat sehingga payung perlu dimiringkan sedikit saja.
E. Hujan sebenarnya jatuh miring ke belakang terhadap tanah karena ditarik gerak Dodi, sehingga payung miring ke depan.

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

12. Dua kereta bergerak berlawanan arah di dua rel sejajar yang lurus. Kereta A panjangnya 200 m dan melaju tetap 72 km/jam, sedangkan kereta B panjangnya 150 m dan melaju tetap 54 km/jam, seperti pada gambar. Seorang penumpang mencatat waktu sejak ujung depan kedua kereta tepat sejajar sampai ujung belakang kedua kereta tepat berpisah. Lama waktu kedua kereta berpapasan adalah ....

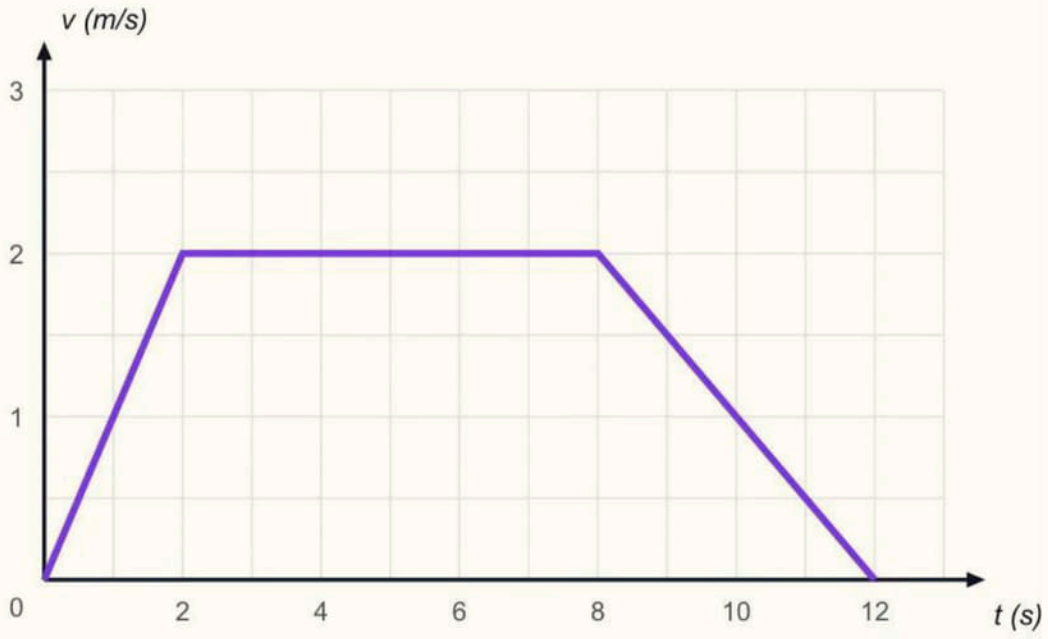


A. 70 s
B. 17,5 s
C. 23,3 s
D. 5,7 s
E. 10 s

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

13. Sebuah lift di gedung perkantoran bergerak naik dari keadaan diam di lantai dasar dan berhenti di sebuah lantai tujuan. Petugas perawatan merekam kecepatan lift terhadap waktu, dan hasilnya ditunjukkan grafik berikut. Selama perjalanan lift tidak pernah berhenti atau bergerak turun.
Ketinggian lantai tujuan di atas lantai dasar adalah ....



A. 12 m
B. 16 m
C. 18 m
D. 20 m
E. 24 m

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

14. Sebuah troli didorong sekali sehingga meluncur naik pada lintasan lurus yang miring, lalu dibiarkan bergerak sendiri. Grafik posisi troli x (diukur sepanjang lintasan dari titik dorong, arah naik positif) terhadap waktu t tampak seperti gambar. Gesekan dapat diabaikan.

Pernyataan yang sesuai dengan grafik tersebut adalah ....



A. Troli berhenti pada t = 6 s karena posisinya kembali menjadi nol.
B. Pada t = 3 s troli sesaat diam lalu bergerak turun, dengan percepatan tetap selama gerak.
C. Kecepatan troli paling besar pada t = 3 s karena posisinya paling jauh dari titik dorong.
D. Troli bergerak dengan kecepatan tetap karena grafiknya simetris di kiri dan kanan t = 3 s.
E. Percepatan troli bernilai nol pada t = 3 s karena kecepatannya nol pada saat itu.

15. Pak Darto mengendarai sepeda motor dengan kelajuan tetap 72 km/jam di jalan lurus. Tiba-tiba seekor kucing menyeberang di depannya, dan Pak Darto langsung mengerem sehingga motor mengalami perlambatan tetap 5 m/s^2 sampai berhenti. Anggap waktu reaksi Pak Darto dapat diabaikan.

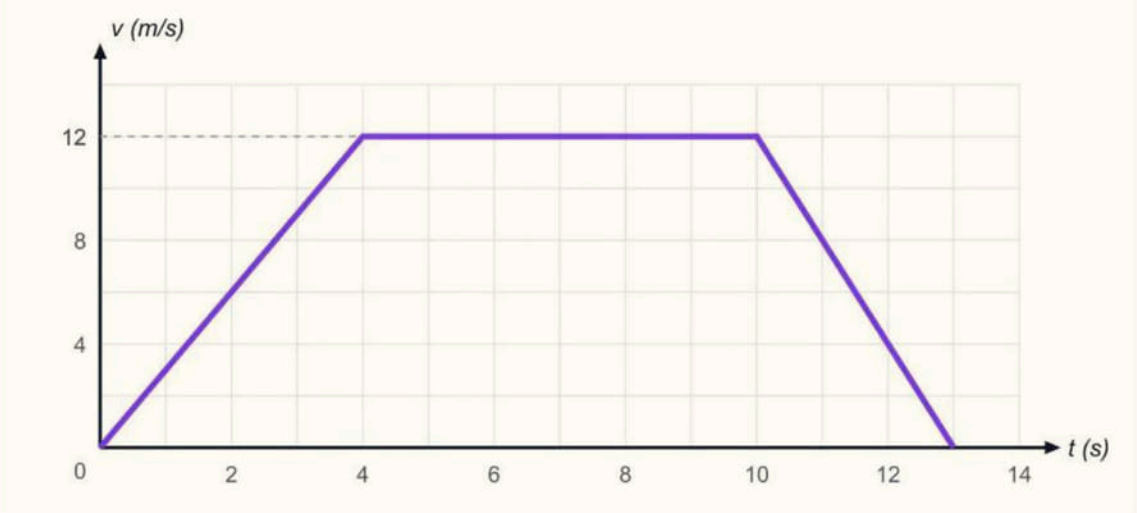
Jarak yang ditempuh motor sejak mulai direm sampai berhenti adalah ....

A. 20 m
B. 80 m
C. 4 m
D. 40 m
E. 518 m

16. Seorang pengemudi ojek daring memacu sepeda motornya dari keadaan diam di depan rumah pelanggan, melaju di jalan lurus, lalu berhenti di lampu merah. Grafik kecepatan

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

terhadap waktu perjalanan itu ditunjukkan pada gambar.
Berdasarkan grafik, pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

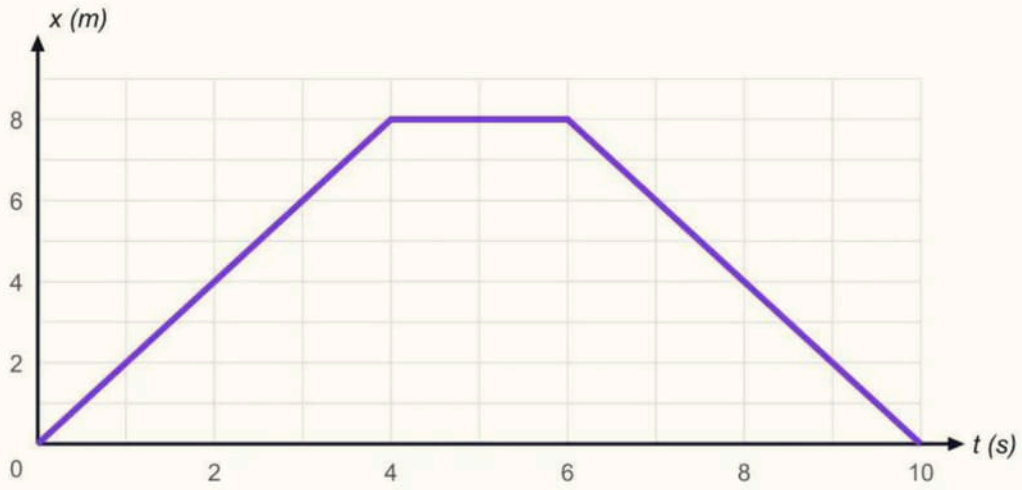
☐ A. Perpindahan motor selama 13 s adalah 114 m.
☐ B. Percepatan motor pada 4 s pertama adalah 4 m/s^2.
☐ C. Perlambatan motor saat mendekati lampu merah adalah 4 m/s^2.
☐ D. Selama kecepatannya tetap, motor menempuh 72 m.
☐ E. Kecepatan rata-rata motor selama 13 s adalah 12 m/s.

17. Dua siswa berdiri di atas jembatan setinggi 45 m dari permukaan sungai. Siswa pertama menjatuhkan batu A tanpa kecepatan awal. Tepat 1 detik kemudian, siswa kedua melempar batu B lurus ke bawah dari ketinggian yang sama. Ternyata kedua batu menyentuh permukaan air pada saat yang sama. Hambatan udara diabaikan dan $g = 10$ m/s^2.
Kecepatan awal lemparan batu B adalah ....

A. 12,5 m/s
B. 15,0 m/s
C. 22,5 m/s
D. 10,0 m/s
E. 20,0 m/s

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

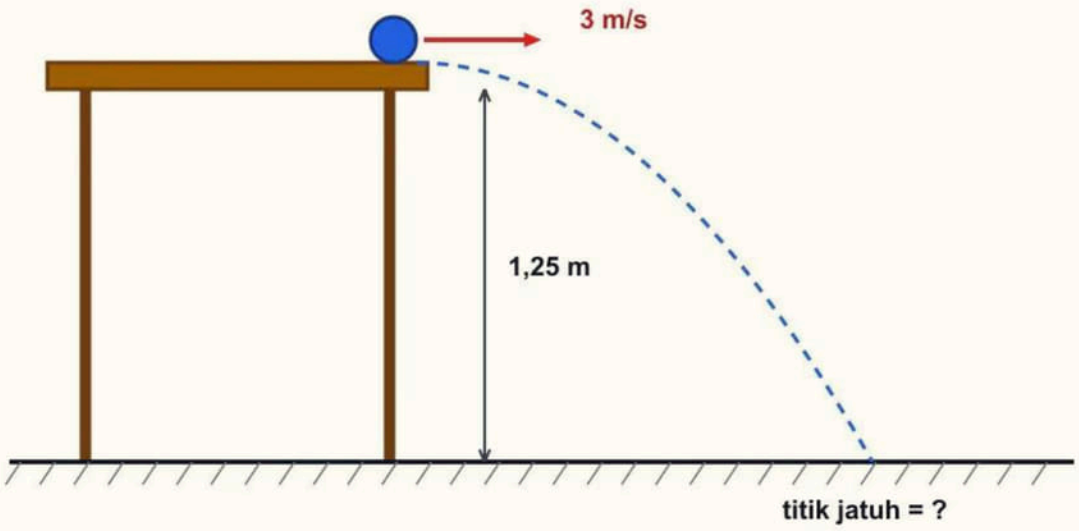
18. Sebuah robot pengantar makanan di restoran bergerak pada jalur lurus dari dapur menuju meja pelanggan, berhenti sebentar, lalu kembali ke dapur. Grafik posisi robot x (diukur dari dapur) terhadap waktu t ditunjukkan pada gambar.
Kelajuan rata-rata dan besar kecepatan rata-rata robot selama 10 s tersebut berturut-turut adalah ....



A. 0 dan 1,6 m/s
B. 0,8 m/s dan 0
C. 2,0 m/s dan 2,0 m/s
D. 1,6 m/s dan 1,6 m/s
E. 1,6 m/s dan 0

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

19. Sebuah kelereng menggelinding di atas meja datar dan meninggalkan tepi meja dengan kecepatan mendatar 3 m/s. Tinggi permukaan meja dari lantai 1,25 m, seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Jarak mendatar titik jatuh kelereng di lantai dari kaki tepi meja adalah ....

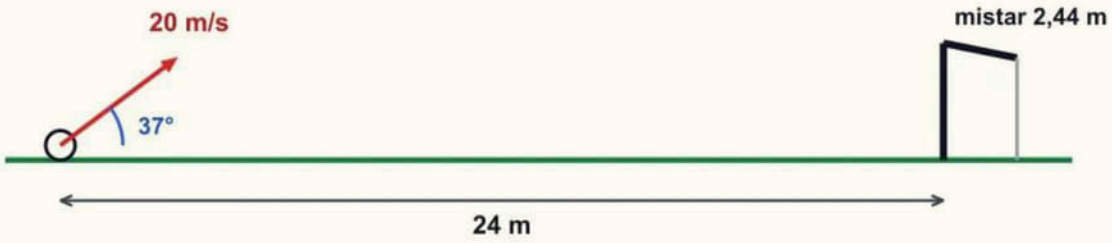


A. 0,50 m
B. 1,50 m
C. 3,00 m
D. 3,75 m
E. 0,75 m

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

20. Dalam latihan tendangan jarak jauh, seorang pemain menendang bola yang diam di tanah dengan kelajuan 20 m/s pada sudut elevasi 37°. Garis gawang berada 24 m di depan titik tendangan, dan tinggi mistar gawang 2,44 m, seperti pada gambar. Gunakan $\sin 37^\circ = 0{,}6$, $\cos 37^\circ = 0{,}8$, $g = 10\ \text{m/s}^2$, dan abaikan hambatan udara.
Ketinggian bola saat melintasi garis gawang adalah ....

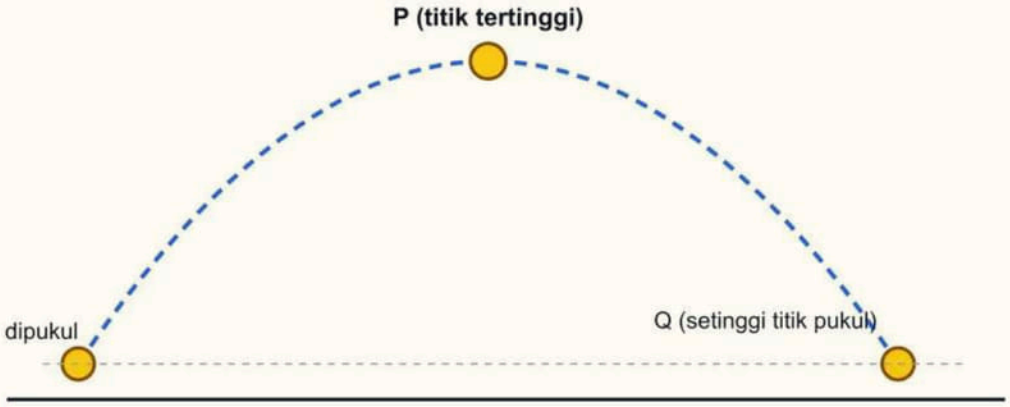


A. 7,20 m
B. 12,0 m
C. 11,25 m
D. 6,75 m
E. 18,0 m

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

21. Dalam permainan voli, bola dipukul dan melambung membentuk lintasan seperti pada gambar. Titik P adalah titik tertinggi lintasan, dan titik Q setinggi titik pukul. Hambatan udara diabaikan.
Pernyataan yang benar tentang gerak bola adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



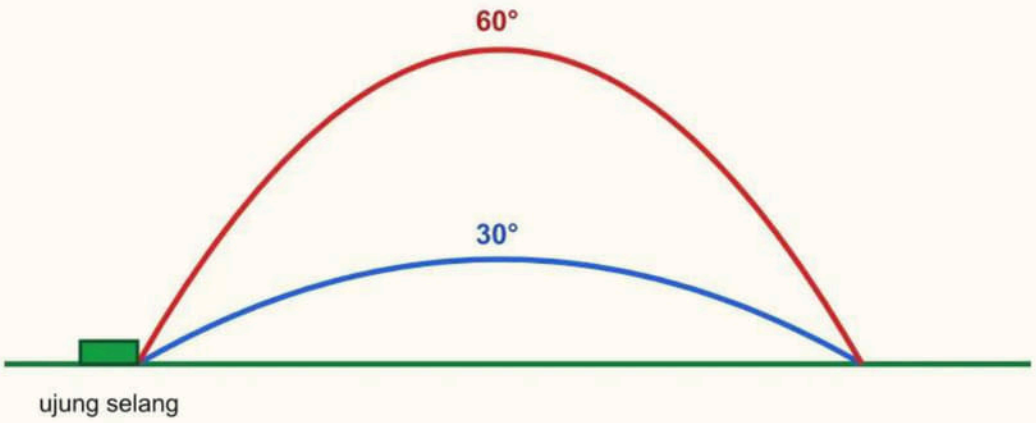
Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Di titik P kecepatan bola bernilai nol sehingga bola sesaat diam di udara.
☐ B. Di titik P percepatan bola bernilai nol karena bola tidak lagi bergerak naik.
☐ C. Komponen kecepatan mendatar bola di titik P sama dengan komponen mendatar saat dipukul.
☐ D. Di titik P arah kecepatan bola mendatar, sejajar dengan permukaan lapangan.
☐ E. Kelajuan bola di titik Q sama dengan kelajuan bola sesaat setelah dipukul.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

22. Bu Sari menyiram tanaman dengan selang. Air keluar dari ujung selang yang diletakkan di permukaan tanah dengan kelajuan 10 m/s. Mula-mula ujung selang diarahkan dengan sudut elevasi 30°, kemudian diubah menjadi 60°, dengan kelajuan air tetap sama. Kedua lintasan semburan air digambarkan seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan. Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



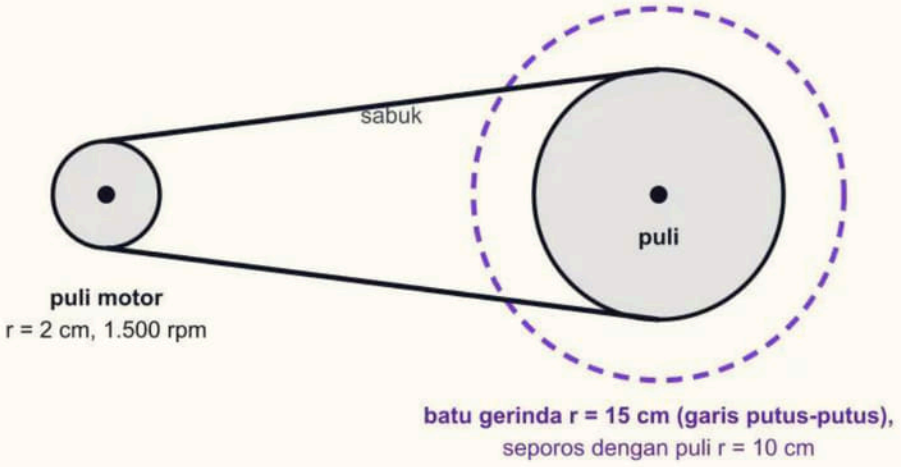
Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Tinggi maksimum semburan 60° adalah dua kali tinggi maksimum semburan 30°.	○	○
Kedua semburan jatuh pada jarak mendatar yang sama dari ujung selang.	○	○
Air pada semburan 60° berada di udara lebih lama daripada air pada semburan 30°.	○	○

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

23. Sebuah mesin gerinda bengkel digerakkan motor listrik. Puli motor berjari-jari 2 cm berputar 1.500 rpm dan dihubungkan dengan sabuk ke puli berjari-jari 10 cm. Puli itu seporos dengan batu gerinda berjari-jari 15 cm, seperti pada gambar. Sabuk tidak selip. Gunakan $\pi = 3{,}14$.
Kelajuan linear titik di tepi batu gerinda adalah ....



A. 3,14 m/s
B. 4,71 m/s
C. 23,6 m/s
D. 117,8 m/s
E. 9,42 m/s

24. Pada hari cerah, sebuah mobil dapat melewati tikungan datar di jalan raya dengan kelajuan 50 km/jam tanpa masalah. Saat hujan deras, pengemudi melewati tikungan yang sama dengan kelajuan yang sama, tetapi mobil tergelincir dan bergerak keluar dari tikungan. Akibatnya, mobil hampir menabrak pembatas di sisi luar tikungan.
Penjelasan yang paling tepat untuk peristiwa tersebut adalah ....

A. Gaya ke arah luar tikungan bertambah saat jalan basah sehingga mobil terdorong menjauhi pusat tikungan.
B. Kecepatan sudut mobil bertambah saat jalan licin sehingga jari-jari lintasan mobil menjadi lebih kecil.
C. Percepatan sentripetal hanya muncul di jalan kering sehingga di jalan basah mobil selalu bergerak lurus.
D. Massa mobil yang besar membuat gaya ke pusat yang dibutuhkan berkurang sehingga mobil mudah tergelincir.
E. Gesekan ban yang memberi gaya ke pusat berkurang saat jalan basah sehingga tidak cukup untuk berbelok.

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

25. Sebuah bianglala di taman hiburan berjari-jari 15 m berputar dengan kelajuan tetap dan menyelesaikan satu putaran dalam 60 s. Raka duduk di salah satu kursi di tepi bianglala. Gunakan $\pi = 3{,}14$.
Besar percepatan sentripetal yang dialami Raka adalah sekitar ....

A. $0{,}16\ \text{m/s}^2$
B. $0{,}10\ \text{m/s}^2$
C. $1{,}57\ \text{m/s}^2$
D. $2{,}47\ \text{m/s}^2$
E. $37{,}0\ \text{m/s}^2$

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting	1, 2, 3, 4	___ / 4	Ulangi hlm. 8
Sub bab 1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data	5, 6, 7, 8	___ / 4	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif	9, 10, 11, 12	___ / 4	Ulangi hlm. 39
Sub bab 1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal	13, 14, 15, 16, 17, 18	___ / 6	Ulangi hlm. 51
Sub bab 1.5 · Gerak parabola	19, 20, 21, 22	___ / 4	Ulangi hlm. 68
Sub bab 1.6 · Gerak melingkar beraturan	23, 24, 25	___ / 3	Ulangi hlm. 80

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 · Dinamika

FIS-B2

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- mengenali hukum Newton yang bekerja pada suatu peristiwa
- menyusun diagram gaya bebas pada bidang datar, bidang miring, dan sistem katrol
- memakai impuls, momentum, dan kekekalannya pada tumbukan
- menghitung torsi, momen inersia, dan percepatan sudut

Peta bab

Sub bab	Judul
2.1	Hukum Newton dan jenis-jenis gaya
2.2	Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol
2.3	Momentum, impuls, dan tumbukan
2.4	Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan

Bab 2 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

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

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

Sub bab 2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya

FIS-2.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi untuk sub-elemen ini meminta kamu *mengaitkan gaya dan gerak pada peristiwa sehari-hari*, mencakup hukum Newton I, II, dan III serta jenis-jenis gaya **dengan memperhatikan besar dan arahnya**. Soal TKA menguji dua kemampuan: **mengenali** hukum yang bekerja pada suatu peristiwa, dan **memakai** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ ketika gaya bekerja dalam lebih dari satu arah.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-7	Mengidentifikasi beberapa fenomena yang menerapkan hukum Newton yang sama	41,95 %
SA-8	Menganalisis keterkaitan gaya yang bekerja terhadap perubahan kondisi gerak benda pada peristiwa sehari-hari	18,63 %

SA-8 termasuk tiga soal tersulit di seluruh paket. Soalnya tidak meminta rumus baru. Yang diperlukan adalah memisahkan gerak ke dua arah dan memahami apa yang terjadi **setelah** gaya berhenti bekerja.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menentukan hukum Newton mana yang menjelaskan suatu peristiwa;
- menggambar diagram gaya bebas dan menentukan gaya total sebagai vektor;
- memakai $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ per arah, termasuk pada lift, tali, dan benda yang ditarik dua gaya;
- membedakan pasangan aksi–reaksi dari dua gaya yang seimbang.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Bab 1 menjawab pertanyaan "bagaimana benda bergerak". Bab 2 menjawab pertanyaan yang lebih dalam: "**mengapa** gerak benda berubah". Jawabannya adalah **gaya**: dorongan atau tarikan yang dialami sebuah benda karena berinteraksi dengan benda lain. Isaac Newton merangkum hubungan gaya dan gerak dalam tiga hukum. Ketiga hukum ini menjelaskan mengapa penumpang terdorong saat bus mengerem, mengapa truk bermuatan sulit dipercepat, dan mengapa roket bisa terbang. Soal TKA jarang meminta bunyi hukumnya; yang diuji adalah kemampuan **mengenali** hukum yang bekerja pada sebuah peristiwa dan **memakainya** dengan benar.

1. Gaya sebagai vektor dan gaya total

Gaya mempunyai besar dan arah, jadi gaya adalah vektor dengan satuan newton (N). Satu

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

newton adalah gaya yang membuat benda 1 kg dipercepat 1 m/s^2. Bila beberapa gaya bekerja pada satu benda, yang menentukan perubahan geraknya adalah **gaya total** (resultan) $\Sigma\vec{F}$, yaitu jumlah vektor semua gaya itu. Dua orang yang menarik gerobak ke arah yang sama dengan 100 N dan 80 N memberi gaya total 180 N; bila menarik berlawanan arah, gaya totalnya hanya 20 N ke arah tarikan yang lebih besar.

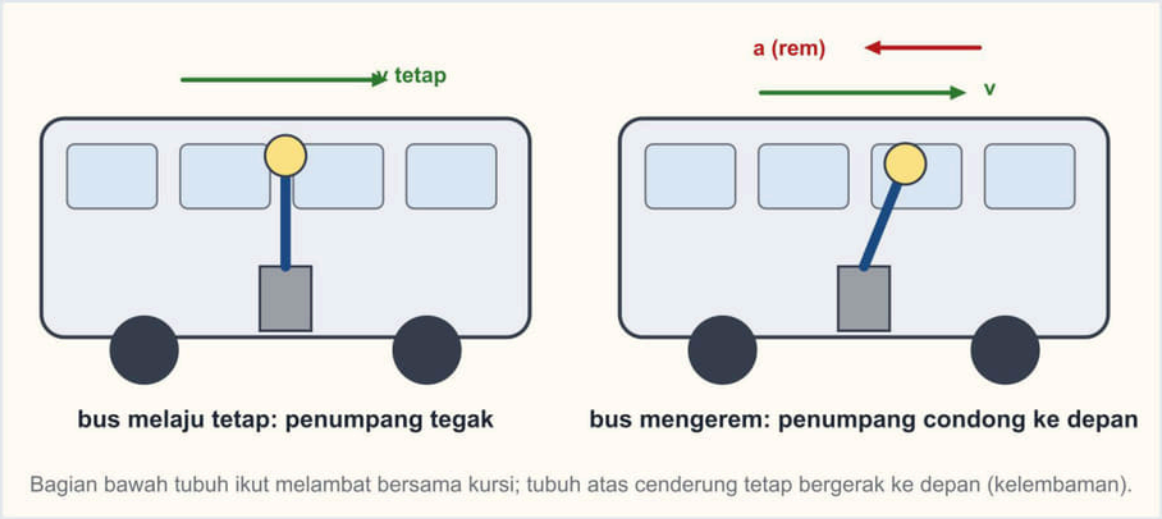
Bila gaya total nol, gaya-gaya pada benda disebut **seimbang**. Gaya seimbang tidak berarti tidak ada gaya; buku di atas meja mengalami dua gaya yang saling meniadakan.

2. Hukum I Newton: kelembaman

Hukum I: bila gaya total pada sebuah benda nol, benda yang diam tetap diam dan benda yang bergerak tetap bergerak lurus dengan kecepatan tetap.

Sifat benda untuk mempertahankan keadaan geraknya disebut **kelembaman** (inersia). Makin besar massa benda, makin besar kelembamannya. Hukum I menjelaskan peristiwa yang sering kita alami (Gambar 2.1):

- Saat bus mengerem mendadak, kaki penumpang ikut melambat bersama lantai dan kursi, tetapi tubuh bagian atas cenderung tetap bergerak ke depan, sehingga penumpang terdorong ke depan.
- Saat bus tiba-tiba berangkat, penumpang terdorong ke belakang, karena tubuhnya cenderung tetap diam.
- Taplak yang ditarik sangat cepat dapat lepas tanpa menjatuhkan gelas di atasnya, karena gelas cenderung tetap diam.



Gambar 2.1 Saat bus melaju tetap, penumpang tegak; saat bus mengerem, tubuh atas penumpang cenderung tetap bergerak ke depan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan bahwa penumpang tidak "didorong ke depan" oleh suatu gaya. Yang terjadi justru sebaliknya: bus (dan kaki penumpang) diberi gaya ke belakang oleh rem, sedangkan tubuh atas belum mendapat gaya itu. Hukum I juga berarti bahwa benda bergerak **tidak memerlukan gaya** untuk tetap bergerak; gaya hanya diperlukan untuk **mengubah** gerak.

3. Hukum II Newton: gaya total, massa, dan percepatan

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

Hukum II: gaya total pada benda menghasilkan percepatan yang searah gaya total, sebanding dengan besar gaya total, dan berbanding terbalik dengan massa:

$$\Sigma \vec{F} = m\,\vec{a}$$

Gaya yang sama memberi percepatan lebih kecil pada benda yang lebih masif: dorongan yang membuat sepeda melaju cepat hampir tidak menggerakkan mobil. Hukum II adalah hukum yang paling sering dipakai untuk **menghitung**, dan hukum I sebenarnya kasus khususnya: bila $\Sigma \vec{F} = 0$, maka $\vec{a} = 0$, kecepatan tetap.

Karena gaya dan percepatan adalah vektor, hukum II berlaku **terpisah pada setiap arah**:

$$\Sigma F_x = m\,a_x, \qquad \Sigma F_y = m\,a_y$$

Gaya pada satu arah hanya mengubah kecepatan pada arah itu. Inilah kunci soal perahu yang didorong arus dari samping: gaya arus mengubah kecepatan ke arah arus, sedangkan kecepatan ke arah semula tetap.

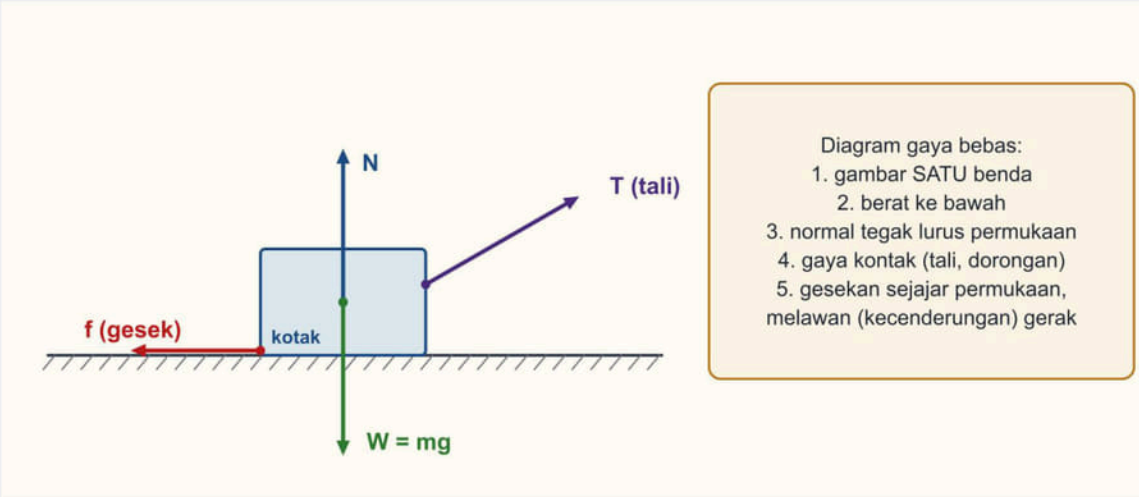
4. Jenis-jenis gaya dan diagram gaya bebas

Gaya	Arah	Besar
Berat W	selalu tegak ke bawah (ke pusat Bumi)	$W = mg$
Gaya normal N	tegak lurus permukaan, menjauhi permukaan	**tidak selalu** mg; dicari dari hukum Newton
Tegangan tali T	sepanjang tali, menarik benda	dicari dari hukum Newton; sama di kedua ujung tali ringan
Gaya gesek f	sejajar permukaan, melawan gerak atau kecenderungan gerak	statis: $0 \le f_s \le \mu_s N$; kinetis: $f_k = \mu_k N$

Massa dan **berat** berbeda. Massa (kg) adalah banyaknya zat dan ukuran kelembaman; nilainya sama di Bumi maupun di Bulan. Berat (N) adalah gaya tarik gravitasi; di Bulan berat benda hanya sekitar seperenam beratnya di Bumi.

Diagram gaya bebas adalah sketsa **satu benda** dengan semua gaya yang bekerja **padanya**, beserta arahnya (Gambar 2.2). Langkah membuatnya: (1) pilih satu benda dan gambar sebagai kotak atau titik; (2) gambar berat ke bawah; (3) untuk setiap permukaan yang disentuh, gambar gaya normal tegak lurus permukaan; (4) gambar gaya dari tali atau dorongan; (5) gambar gesekan sejajar permukaan, melawan arah gerak atau kecenderungan gerak. Jangan memasukkan gaya yang diberikan benda itu kepada benda lain.

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



Gambar 2.2 Diagram gaya bebas sebuah kotak yang ditarik tali miring di lantai kasar: berat, gaya normal, tegangan tali, dan gaya gesek. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Contoh terselesaikan 1: perahu karet didorong angin samping

Sebuah perahu karet 100 kg melaju ke selatan dengan kecepatan tetap 3 m/s. Angin kencang dari arah timur memberi gaya 50 N ke barat selama 8 s, sementara mesin tetap menjaga kecepatan ke selatan. Berapa kecepatan perahu setelah 8 s, dan bagaimana geraknya setelah angin berhenti?



Gambar 2.3 Kecepatan ke selatan tetap 3 m/s, kecepatan ke barat bertambah menjadi 4 m/s, sehingga kecepatan perahu 5 m/s. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Arah barat: $a = \dfrac{\Sigma F}{m} = \dfrac{50}{100} = 0{,}5\ \text{m/s}^2$. Setelah 8 s, $v_{\text{barat}} = 0{,}5 \times 8 = 4\ \text{m/s}$.
2. Arah selatan: tidak ada gaya total, jadi tetap 3 m/s.
3. Kecepatan resultan $= \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\ \text{m/s}$, membentuk sudut 53° dari arah selatan ke barat (Gambar 2.3).
4. Setelah angin berhenti, gaya total kembali nol, sehingga perahu terus bergerak lurus dengan kecepatan tetap 5 m/s (hukum I). Perahu **tidak** kembali ke arah selatan dengan sendirinya.

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

5. Hukum II pada gerak vertikal: lift dan timbangan

Untuk benda yang bergerak vertikal (ambil ke atas positif), gaya normal dari lantai dan berat memenuhi:

$$N - mg = ma \quad \Rightarrow \quad N = m(g + a)$$

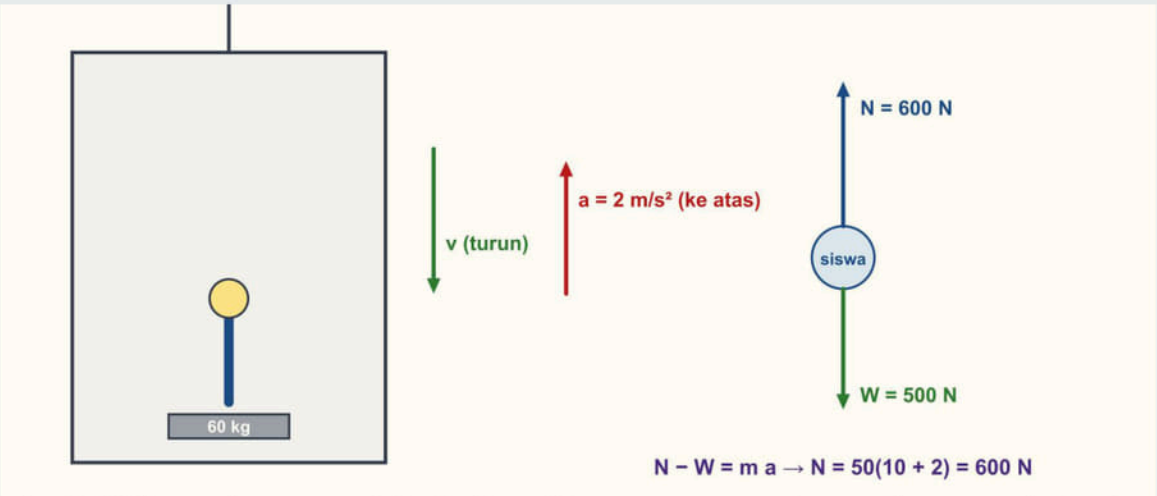
Timbangan badan sebenarnya mengukur gaya normal N, bukan massa. Rumus yang sama berlaku untuk tegangan tali yang mengangkat beban: $T = m(g + a)$.

Keadaan lift	Percepatan a	Angka timbangan dibanding berat
diam atau bergerak dengan kecepatan tetap (naik maupun turun)	0	sama
mulai naik, atau sedang turun lalu diperlambat	ke atas ($a > 0$)	lebih besar
mulai turun, atau sedang naik lalu diperlambat	ke bawah ($a < 0$)	lebih kecil

Yang menentukan angka timbangan adalah **arah percepatan**, bukan arah gerak atau besar kecepatan.

Contoh terselesaikan 2: siswa di timbangan dalam lift

Seorang siswa bermassa 50 kg berdiri di timbangan dalam lift. Lift sedang turun dan diperlambat 2 m/s² sebelum berhenti ($g = 10$ m/s²). Berapa angka yang ditunjukkan timbangan?



Gambar 2.4 Lift bergerak turun tetapi diperlambat, sehingga percepatannya ke atas; diagram gaya bebas siswa di kanan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Lift bergerak turun tetapi diperlambat, jadi percepatannya **ke atas**: $a = +2$ m/s² (Gambar 2.4).
2. Gaya pada siswa: N ke atas, $W = 500$ N ke bawah. Hukum II: $N - 500 = 50 \times 2$.
3. $N = 600$ N.

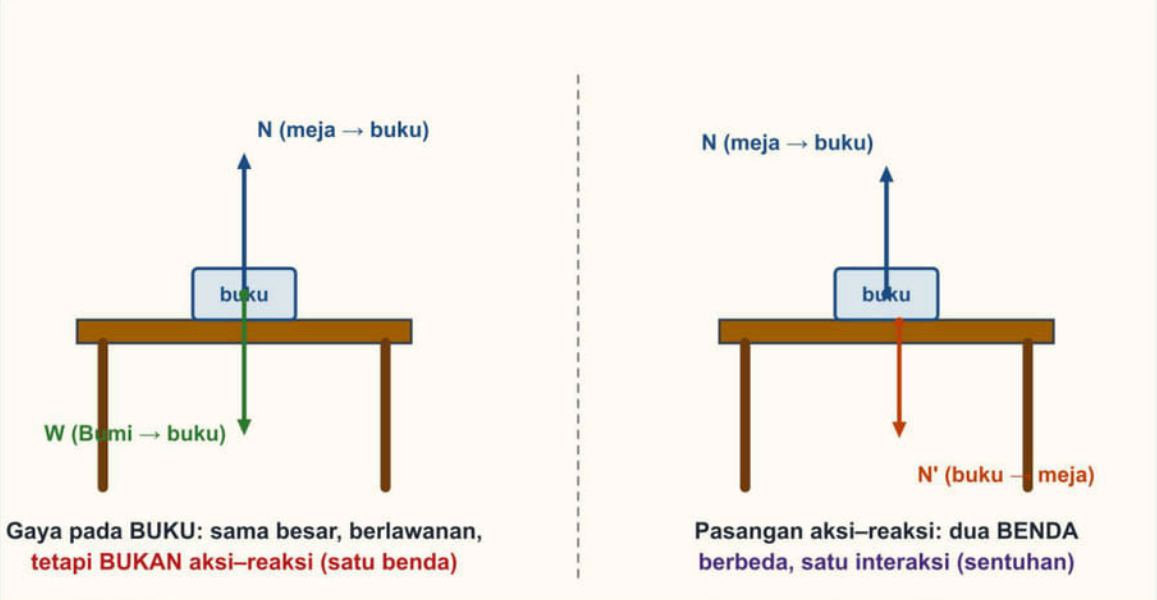
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Timbangan yang dikalibrasi dalam kilogram menunjukkan $\frac{600}{10} = 60$ kg, lebih besar daripada massa siswa. Massanya sendiri tetap 50 kg.

6. Hukum III Newton: pasangan aksi–reaksi

Hukum III: bila benda A memberi gaya pada benda B, maka B memberi gaya pada A yang sama besar dan berlawanan arah. Gaya selalu muncul berpasangan karena gaya adalah hasil **interaksi** dua benda. Perenang yang menolak dinding kolam ke belakang didorong dinding ke depan; kaki yang menekan tanah ke belakang saat berjalan didorong tanah ke depan.

Pasangan aksi–reaksi memenuhi tiga syarat: (1) sama besar, (2) berlawanan arah, (3) bekerja pada **dua benda yang berbeda** dan berasal dari **satu interaksi**. Karena bekerja pada dua benda berbeda, pasangan aksi–reaksi **tidak pernah saling meniadakan**.



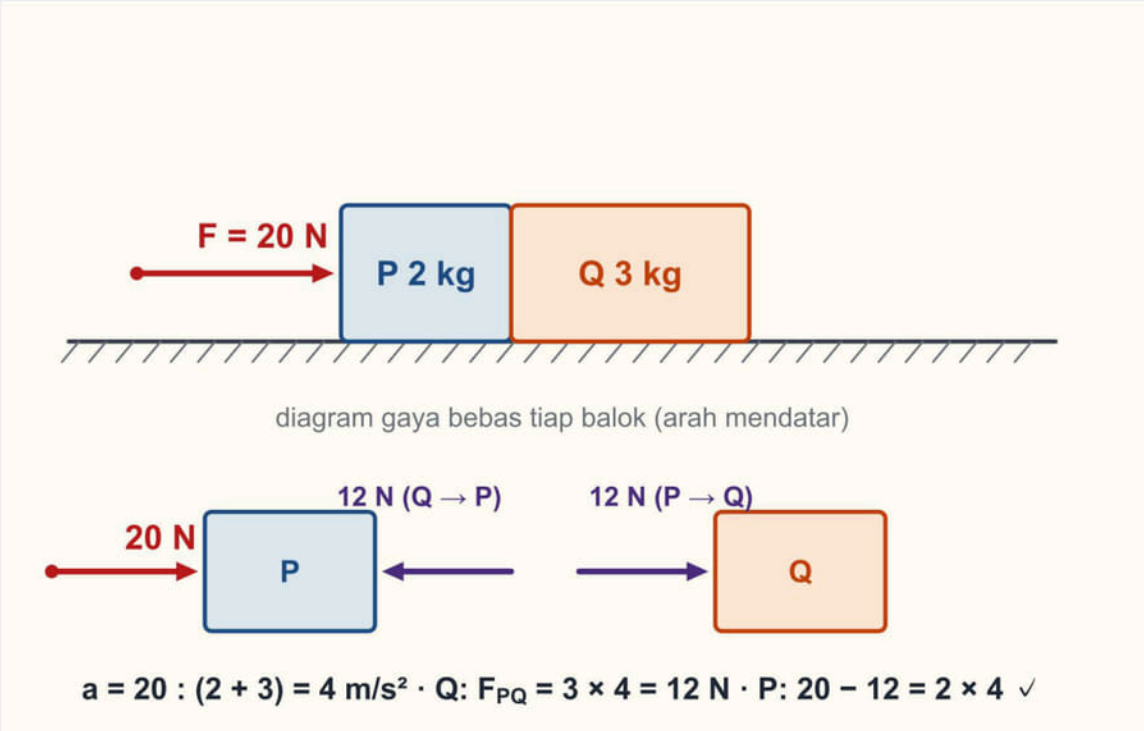
Gambar 2.5 Kiri: berat dan gaya normal pada buku sama besar tetapi bukan aksi–reaksi. Kanan: pasangan aksi–reaksi antara buku dan meja. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Buku di atas meja mengalami berat (tarikan Bumi) dan gaya normal (dorongan meja). Keduanya sama besar dan berlawanan arah, tetapi **bukan** pasangan aksi–reaksi, karena keduanya bekerja pada buku yang sama (Gambar 2.5 kiri). Pasangan gaya normal adalah dorongan buku pada meja (Gambar 2.5 kanan), dan pasangan berat buku adalah tarikan buku pada Bumi.

Contoh terselesaikan 3: dua balok bersentuhan

Balok P (2 kg) dan Q (3 kg) bersentuhan di lantai licin. P didorong dengan gaya mendatar 20 N. Berapa percepatan kedua balok dan berapa gaya kontak antara P dan Q?

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



Gambar 2.6 Dua balok didorong bersama; di bawahnya diagram gaya bebas tiap balok dengan pasangan aksi–reaksi 12 N. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

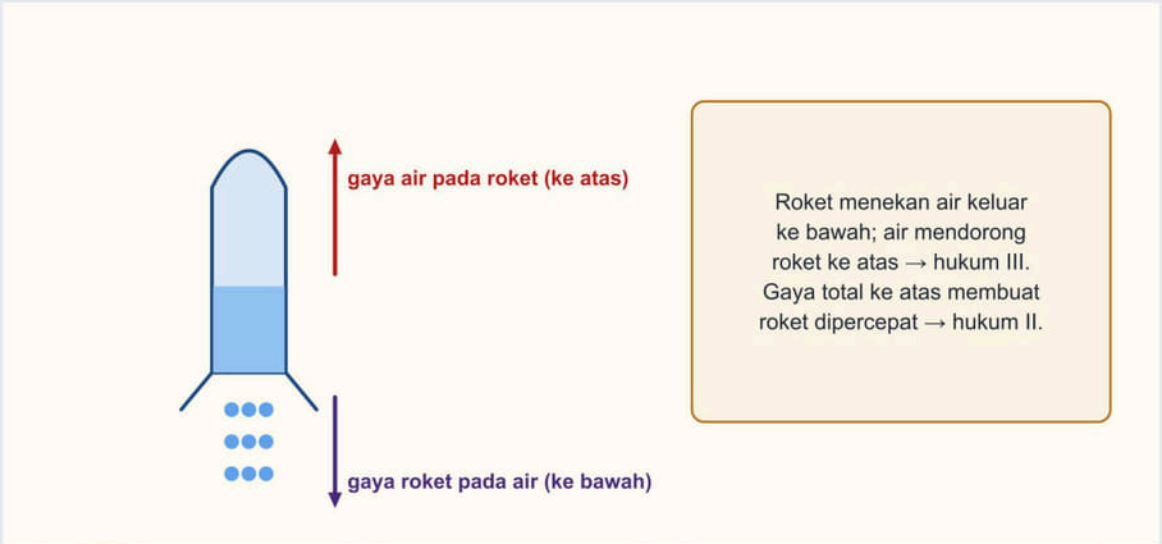
Penyelesaian.

1. Tinjau kedua balok sebagai satu sistem: $a = \dfrac{20}{2+3} = 4\ \text{m/s}^2$.
2. Tinjau Q saja: Q hanya didorong oleh P, jadi $F_{PQ} = m_Q a = 3 \times 4 = 12\ \text{N}$.
3. Menurut hukum III, Q mendorong balik P dengan 12 N ke kiri (Gambar 2.6).
4. Cek pada P: $20 - 12 = 8 = 2 \times 4$ ✓. Gaya kontak 12 N lebih kecil daripada 20 N, karena sebagian gaya dorong dipakai untuk mempercepat P sendiri.

Contoh terselesaikan 4: mengenali hukum Newton pada roket air

Sebuah roket air dari botol plastik berisi air dan udara bertekanan diluncurkan tegak. Air menyembur ke bawah dan roket melesat ke atas. Hukum Newton mana yang menjelaskan peristiwa ini?

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



Gambar 2.7 Roket mendorong air ke bawah; air mendorong roket ke atas dengan gaya yang sama besar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Hitung berapa benda yang berinteraksi: roket dan air. Roket menekan air keluar ke bawah, dan air mendorong roket ke atas dengan gaya yang sama besar (Gambar 2.7). Ini **hukum III**.
2. Gaya dorong air pada roket lebih besar daripada berat roket, jadi gaya total ke atas, sehingga roket dipercepat ke atas. Ini **hukum II**.
3. Setelah air habis, gaya dorong hilang; roket masih naik beberapa saat karena kecepatannya ke atas, tetapi diperlambat oleh berat. Benda tidak berhenti naik begitu gaya dorong hilang, sesuai **hukum I** (gaya hanya mengubah gerak).
4. Jadi satu peristiwa dapat memuat ketiga hukum. Soal biasanya menanyakan satu bagian: "mengapa roket naik" (hukum III) atau "mengapa roket makin cepat" (hukum II).

Ringkasan

- Hukum I: gaya total nol → kecepatan tetap (diam tetap diam). Kelembaman bertambah dengan massa; gaya diperlukan untuk mengubah gerak, bukan untuk mempertahankannya.
- Hukum II: $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$, berlaku per arah; gaya pada satu arah hanya mengubah kecepatan di arah itu.
- Gaya normal tidak selalu mg; di lift $N = m(g + a)$ dengan arah percepatan yang menentukan.
- Hukum III: aksi–reaksi sama besar, berlawanan, pada dua benda berbeda; tidak saling meniadakan.
- Selalu mulai dengan diagram gaya bebas untuk satu benda.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hukum Newton

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

1. **Pilih benda yang ditinjau** dan gambar diagram gaya bebasnya. Tulis semua gaya beserta arahnya.
2. **Pilih arah positif** (searah percepatan bila diketahui).
3. **Tulis $\Sigma F = ma$ per arah.** Gaya yang tegak lurus satu sama lain tidak saling memengaruhi.
4. **Baca percepatan dari data:** kemiringan grafik v–t, atau perubahan kecepatan dibagi waktu.
5. **Untuk sistem beberapa benda,** cari percepatan dari sistem, lalu cari gaya dalam (tegangan, gaya kontak) dari satu benda.
6. **Pikirkan apa yang terjadi setelah gaya berhenti:** gaya total nol berarti kecepatan tetap, bukan berhenti.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Gerak dianggap memerlukan gaya	"setelah gaya arus hilang, perahu melambat"	gaya total nol → kecepatan tetap (hukum I)
Vektor dijumlahkan biasa	kecepatan $6 + 8 = 14$ m/s	komponen tegak lurus memakai Pythagoras
Sudut diukur dari sumbu yang salah	37° "dari utara" padahal 37° dari timur	baca dari mana sudut diukur, gambar sketsa
Gaya normal selalu dianggap mg	timbangan lift dianggap tetap	$N = m(g + a)$
Arah gerak dikira arah percepatan	lift turun diperlambat dianggap "lebih ringan"	perhatikan apakah kecepatan bertambah atau berkurang
Berat dan gaya normal dianggap aksi–reaksi	"gaya normal adalah reaksi dari berat"	aksi–reaksi bekerja pada dua benda berbeda
Hukum II tertukar dengan hukum I	"truk lebih sulit dipercepat" disebut kelembaman	membandingkan gaya, massa, dan percepatan → hukum II

BEDAH SOAL ASLI

Soal pertama (SA-7, 41,95 % benar) menguji pengenalan hukum. Gunakan tabel bagian 1: penumpang terdorong ke depan adalah satu benda yang mempertahankan keadaan geraknya.

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

►. Ketika sebuah mobil tiba-tiba mengerem, penumpang di dalamnya akan terdorong ke depan seperti pada gambar.
Di antara beberapa fenomena berikut ini, yang menunjukkan penerapan hukum yang sama dengan fenomena pada gambar adalah ....



A. Semakin besar gaya yang diberikan pada suatu benda, semakin besar percepatannya.
B. Ketika mendayung perahu ke depan, air akan mendorong perahu ke belakang.
C. Sebuah buku akan tetap diam di atas meja sampai ada gaya yang menggerakkannya.
D. Sebuah bola kasti yang dilempar vertikal ke atas oleh seseorang akan kembali jatuh ke tanah.
E. Dibutuhkan gaya yang lebih besar untuk mempercepat truk dibandingkan mempercepat sepeda motor.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 41,95 %

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: penumpang terdorong ke depan saat mobil mengerem karena tubuhnya cenderung **mempertahankan keadaan geraknya** (inersia/kelembaman). Ini adalah **Hukum I Newton**: jika resultan gaya nol, benda diam tetap diam dan benda bergerak tetap bergerak lurus beraturan.

Analisis opsi:

• A ✗ Hubungan gaya–percepatan adalah Hukum II Newton ($a = \frac{\Sigma F}{m}$).
• B ✗ Pasangan aksi–reaksi adalah Hukum III Newton. (Selain itu arahnya keliru: dayung mendorong air ke belakang dan air mendorong perahu ke depan.)
• C ✓ Buku mempertahankan keadaan diamnya → inersia, Hukum I Newton.
• D ✗ Bola kembali jatuh karena gaya gravitasi (ada resultan gaya), bukan contoh kelembaman.
• E ✗ Massa lebih besar butuh gaya lebih besar untuk percepatan yang sama → Hukum II Newton.

Jebakan: pilihan E memuat kata "massa/sulit dipercepat" yang mirip inersia, tetapi yang dibandingkan adalah besar gaya untuk menghasilkan percepatan, yaitu Hukum II.

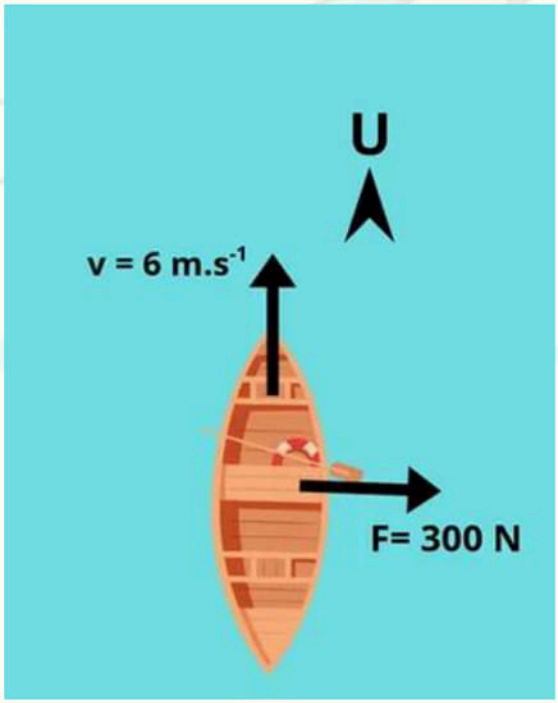
Jawaban: C.

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

Pilihan E ("dibutuhkan gaya lebih besar untuk mempercepat truk") sering dipilih karena kata "berat" terasa dekat dengan kelembaman. Namun yang dibandingkan adalah gaya dan percepatan, jadi itu hukum II.

Soal kedua (SA-8) hanya dijawab benar oleh 18,63 % peserta. Langkahnya persis Contoh terselesaikan 1: pisahkan arah utara dan timur, hitung kecepatan ke timur setelah 4 s, gabungkan dengan Pythagoras, lalu tentukan gerak setelah gaya arus berhenti.

►. Seorang nelayan tradisional menggunakan perahu motor untuk melaut di perairan yang terkenal dengan arus lautnya yang kuat. Perahu nelayan bergerak dengan kecepatan konstan 6 $m.s^{-1}$ ke arah utara menuju lokasi penangkapan ikan. Tiba-tiba, arus laut yang kuat dari arah barat memberikan gaya horizontal sebesar 300 N selama 4 detik ke arah timur. Massa perahu beserta muatannya adalah 150 kg. Selama gaya arus bekerja, mesin perahu tetap memberikan gaya dorong konstan ke utara sehingga kecepatan ke utara tetap 6 $m.s^{-1}$.
Setelah 4 detik gaya arus bekerja, kondisi gerak perahu adalah ....



A. kecepatan resultannya 10 $m.s^{-1}$ dengan arah 53° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan kecepatan konstan
B. kecepatan resultannya 8 $m.s^{-1}$ dengan arah 45° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan percepatan tetap
C. kecepatan resultannya 10 $m.s^{-1}$ dengan arah 37° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dan mengalami perlambatan
D. kecepatan resultannya 12 $m.s^{-1}$ dengan arah 37° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan percepatan konstan
E. kecepatan resultannya 6 $m.s^{-1}$ dengan arah 45° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan percepatan tetap

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

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 18,63 %

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Hukum II Newton bekerja terpisah pada tiap arah. Gaya arus hanya mengubah komponen kecepatan ke **timur**; komponen ke utara tetap 6 m.s^{-1}.

Langkah 1 – Percepatan ke timur. $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{300}{150} = 2\ \text{m.s}^{-2}$.

Langkah 2 – Kecepatan ke timur setelah 4 s. $v_x = 0 + 2(4) = 8\ \text{m.s}^{-1}$.

Langkah 3 – Kecepatan resultan. $v = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{100} = 10\ \text{m.s}^{-1}$.

Langkah 4 – Arah. Diukur dari utara: $\tan\alpha = \dfrac{v_{\text{timur}}}{v_{\text{utara}}} = \dfrac{8}{6} = \dfrac{4}{3} \rightarrow \alpha = 53^\circ$ ke timur dari utara.

Langkah 5 – Gerak setelah gaya arus berhenti. Resultan gaya kembali nol (gaya dorong mesin diimbangi hambatan air seperti sebelumnya), sehingga menurut Hukum I Newton perahu bergerak lurus dengan **kecepatan konstan** 10 m.s^{-1}.

Analisis opsi:

- A ✓
- B, E ✗ besar kecepatan salah dan tidak ada percepatan setelah gaya hilang.
- C ✗ 37° adalah sudut terhadap arah **timur**, bukan terhadap utara; juga tidak ada perlambatan.
- D ✗ $12 = 6 + 8$ (menjumlahkan vektor secara aljabar).

Jawaban: A.

Dua kesalahan paling umum pada soal ini: menjumlahkan $6 + 8 = 14$ (atau memilih 12 m/s), dan mengira perahu terus dipercepat atau diperlambat setelah gaya arus berhenti.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memakai hukum II Newton pada dua benda yang bergerak bersama. Cari percepatan dari seluruh sistem lebih dulu, lalu tinjau satu benda saja untuk menghitung gaya kontaknya.

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

►. Dua kotak bermassa 4 kg dan 6 kg diletakkan bersentuhan di lantai licin. Kotak 4 kg didorong dengan gaya mendatar 30 N sehingga kedua kotak bergerak bersama, seperti pada gambar.
Besar gaya yang dikerjakan kotak 4 kg pada kotak 6 kg adalah ....



A. 12 N
B. 18 N
C. 30 N
D. 15 N
E. 3 N

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: kedua kotak bergerak bersama dengan percepatan sama; gaya kontak adalah satu-satunya gaya mendatar pada kotak 6 kg.

Langkah – $a = \dfrac{30}{4+6} = 3\ \text{m/s}^2$. Gaya kontak pada kotak 6 kg $= 6 \times 3 = 18$ N.

Analisis opsi:
- A (12 N) ✗ – itu gaya total yang dibutuhkan kotak 4 kg sendiri (4 × 3).
- B (18 N) ✓ – gaya kontak = 6 × 3.
- C (30 N) ✗ – gaya dorong dianggap diteruskan utuh; sebagian dipakai mempercepat kotak 4 kg.
- D (15 N) ✗ – gaya dibagi rata tanpa memperhatikan massa.
- E (3 N) ✗ – itu besar percepatan, bukan gaya.

Jawaban: B.

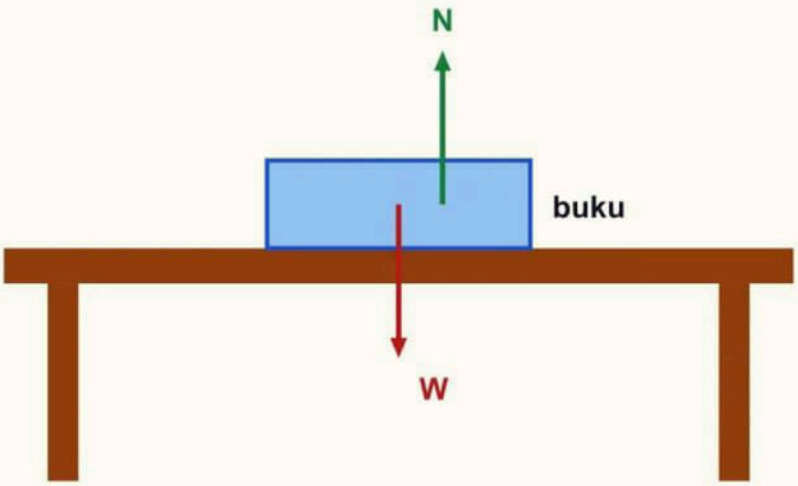
✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, gambar dulu diagram gaya bebas benda yang ditanyakan, lalu tentukan apakah benda diam, bergerak tetap, atau dipercepat.

1. Sebuah buku diam di atas meja. Pada buku bekerja gaya berat W dan gaya normal N dari meja, seperti pada gambar.

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

Pernyataan yang benar menurut hukum-hukum Newton adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

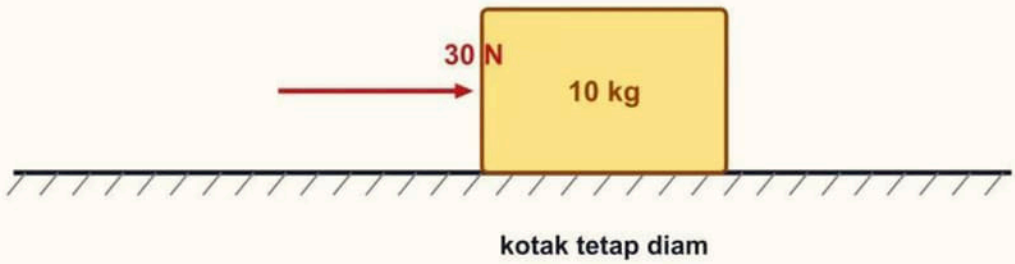


Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Buku diam karena tidak ada gaya yang bekerja padanya.
☐ B. Gaya berat W dan gaya normal N bukan pasangan aksi-reaksi.
☐ C. Pasangan aksi-reaksi selalu bekerja pada benda yang sama.
☐ D. Gaya normal meja pada buku berpasangan dengan gaya tekan buku pada meja.
☐ E. Reaksi dari gaya berat buku adalah gaya tarik buku pada Bumi.

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

2. Sebuah lemari kecil bermassa 10 kg didorong mendatar dengan gaya 30 N, tetapi lemari tetap diam, seperti pada gambar. Koefisien gesek statis lantai 0,5 dan $g = 10\ \text{m/s}^2$. Besar gaya gesek yang bekerja pada lemari saat itu adalah ....



kotak tetap diam

A. 50 N
B. 0 N
C. 20 N
D. 30 N
E. 80 N

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

✔ PERIKSA DIRI

- Setelah gaya yang mendorong benda ke samping berhenti bekerja, apa yang terjadi pada kecepatan benda itu jika gaya total menjadi nol?
- Lift sedang turun dan diperlambat. Apakah timbangan di dalamnya menunjukkan angka lebih besar atau lebih kecil daripada massa penumpang? Mengapa?
- Mengapa berat buku dan gaya normal meja pada buku bukan pasangan aksi–reaksi?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-2.1

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

Sub bab 2.2 · Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol

FIS-2.2

◎ APA YANG DIUJI

Sub bab ini adalah penerapan langsung hukum II Newton. Kisi-kisi resmi meminta kamu memperhatikan **jenis gaya beserta besar dan arahnya**. Di soal, jenis gaya itu muncul sebagai gesekan, gaya normal di bidang miring, dan tegangan tali pada sistem katrol.

Soal asli 2025 yang tersedia tidak memuat bidang miring atau katrol. Namun materi ini tercantum di kisi-kisi, menjadi dasar soal dinamika lain, dan muncul di semua paket prediksi. Kuis Akhir Bab 2 memuat enam soal dari sub bab ini.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menguraikan berat pada bidang miring dan menentukan gaya normalnya;
- membedakan gesek statis dan kinetis, termasuk menentukan apakah benda bergerak atau tidak;
- menyelesaikan sistem dua benda yang dihubungkan tali melalui katrol;
- menghitung percepatan dan tegangan tali, lalu mengeceknya dengan cara kedua.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sub bab 2.1 memperkenalkan hukum Newton. Sub bab ini memakainya pada situasi yang paling sering muncul di kehidupan sehari-hari dan di soal: benda yang didorong di lantai, peti yang meluncur di papan miring, dan beban yang dihubungkan tali melalui katrol. Semua soal jenis ini diselesaikan dengan satu cara yang sama: **gambar diagram gaya bebas, uraikan gaya ke arah gerak dan arah tegak lurusnya, lalu pakai $\Sigma F = ma$ pada setiap arah**. Yang membedakan satu soal dengan soal lain hanyalah gaya-gaya apa yang muncul.

1. Langkah baku: dari diagram gaya ke percepatan

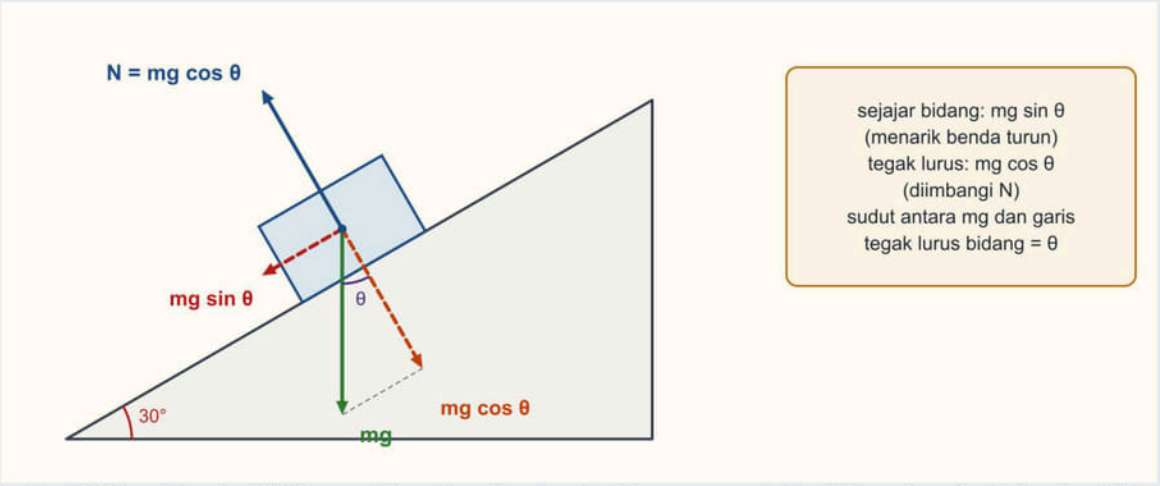
1. **Pilih benda** dan gambar diagram gaya bebasnya (sub bab 2.1).
2. **Pilih sumbu** yang memudahkan: satu sumbu searah gerak (atau calon gerak), satu sumbu tegak lurus. Di bidang miring, sumbu dipilih **sejajar dan tegak lurus bidang**, bukan mendatar dan tegak.
3. **Arah tegak lurus gerak:** benda tidak bergerak ke arah itu, jadi $\Sigma F = 0$. Dari sini diperoleh gaya normal N.
4. **Gaya gesek:** dari N hitung gesek (statis maksimum $\mu_s N$ atau kinetis $\mu_k N$).
5. **Arah gerak:** $\Sigma F = ma$. Dari sini diperoleh percepatan.
6. Bila perlu, pakai persamaan GLBB (sub bab 1.4) untuk kecepatan, jarak, atau waktu.

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

Gaya normal **tidak selalu** sama dengan mg. Bila seseorang menekan kotak ke bawah, N lebih besar daripada mg; bila kotak ditarik tali miring ke atas, sebagian berat "diangkat" tali, sehingga N lebih kecil daripada mg; di bidang miring, N hanya mengimbangi komponen berat yang tegak lurus bidang.

2. Bidang miring: menguraikan berat

Pada bidang miring bersudut θ, berat mg tetap tegak ke bawah, tetapi diuraikan menjadi dua komponen menurut sumbu bidang (Gambar 2.8):



Gambar 2.8 Berat benda di bidang miring diuraikan menjadi komponen sejajar bidang (mg sin θ) dan tegak lurus bidang (mg cos θ). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Komponen	Besar	Arah	Akibat
sejajar bidang	$mg\sin\theta$	menuruni bidang	mendorong benda turun
tegak lurus bidang	$mg\cos\theta$	menekan bidang	diimbangi gaya normal: $N = mg\cos\theta$

Mengapa sinus untuk komponen sejajar? Sudut antara arah berat (tegak) dan garis tegak lurus bidang sama dengan sudut kemiringan θ, karena kedua garis itu masing-masing tegak lurus terhadap tanah dan permukaan bidang. Komponen yang berhadapan dengan sudut itu, yaitu komponen sejajar bidang, adalah $mg\sin\theta$. Cek dengan kasus ekstrem: bila $\theta = 0$ (lantai datar), $mg\sin 0 = 0$ dan $N = mg$; bila $\theta = 90^\circ$ (dinding tegak), seluruh berat menarik benda turun.

Bila tidak ada gaya lain yang tegak lurus bidang, $N = mg\cos\theta$, **bukan** mg. Gesek kinetisnya $f_k = \mu_k mg\cos\theta$. Benda yang meluncur turun di bidang miring kasar:

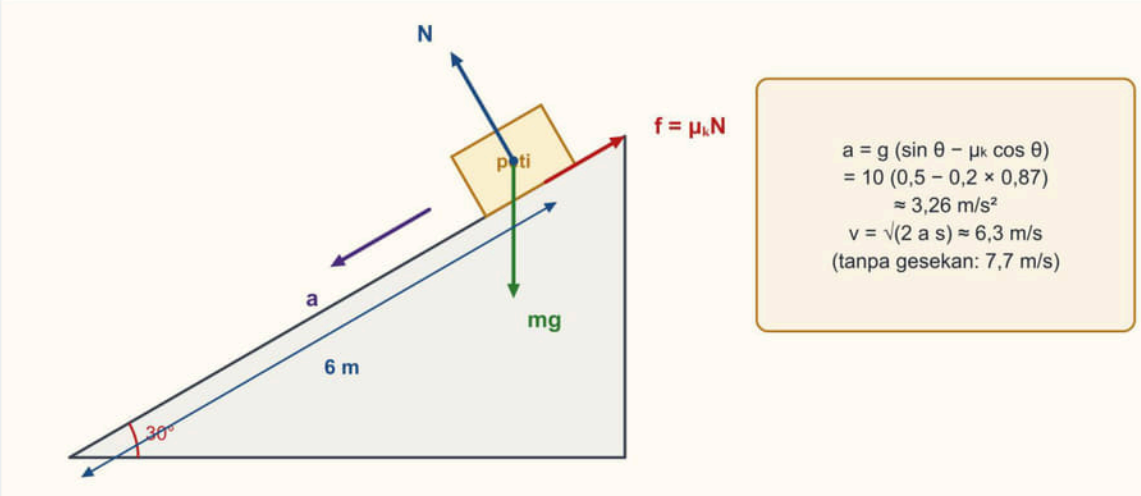
$$a = g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta)$$

Benda yang didorong naik dengan kecepatan awal lalu diperlambat (gesekan juga melawan gerak, yaitu menuruni bidang):

$$a = -g(\sin\theta + \mu_k\cos\theta)$$

Contoh terselesaikan 1: peti meluncur di papan miring

Sebuah peti dilepas dari diam di puncak papan miring 30° yang panjangnya 6 m, dengan $\mu_k = 0{,}2$ ($g = 10\ \text{m/s}^2, \sin 30^\circ = 0{,}5, \cos 30^\circ \approx 0{,}87$). Berapa kelajuan peti di ujung bawah papan?



Gambar 2.9 Gaya pada peti yang meluncur turun: berat, gaya normal, dan gaya gesek yang mengarah ke atas bidang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Tegak lurus bidang: $N = mg\cos 30^\circ$. Gesek kinetis $f = 0{,}2\,mg\cos 30^\circ$, mengarah ke atas bidang karena peti bergerak turun (Gambar 2.9).
2. Sejajar bidang: $mg\sin 30^\circ - 0{,}2\,mg\cos 30^\circ = ma \to a = 10(0{,}5 - 0{,}2\times 0{,}87) \approx 3{,}26$ m/s².

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

3. Kelajuan di bawah: $v = \sqrt{2as} = \sqrt{2(3{,}26)(6)} \approx 6{,}3$ m/s.
4. Tanpa gesekan, $a = 5$ m/s^2 dan $v \approx 7{,}7$ m/s. Massa peti tidak berpengaruh, karena m ada di semua gaya dan saling meniadakan.

3. Gesek statis: benda bergerak atau tidak?

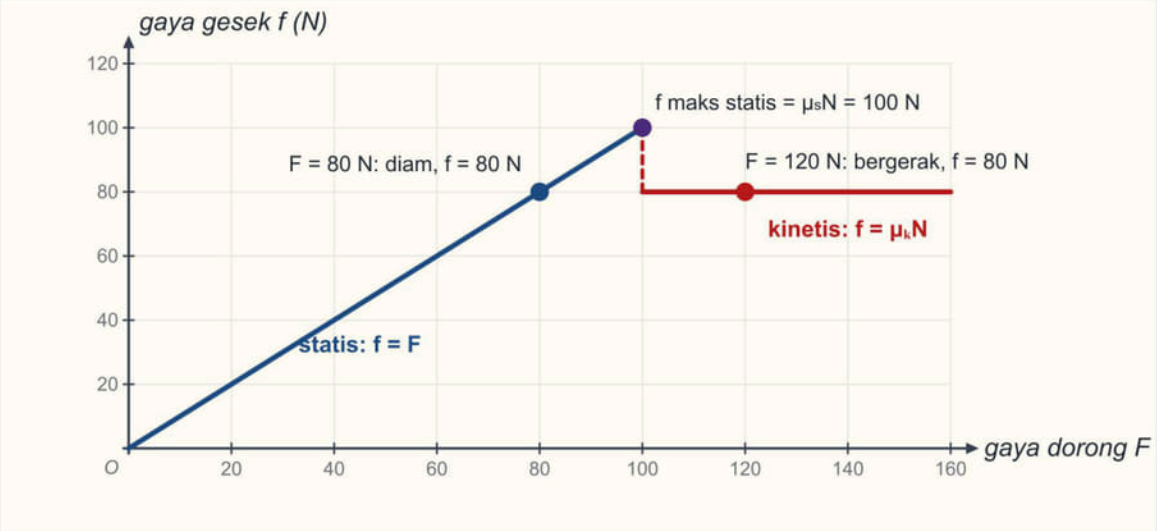
Gaya gesek muncul karena permukaan yang tampak halus sebenarnya kasar pada skala sangat kecil, sehingga kedua permukaan saling mengait. Selama benda belum bergerak, bekerja **gesek statis**. Gesek statis **menyesuaikan diri** dengan gaya yang mencoba menggerakkan benda, sampai batas $f_{s,\max} = \mu_s N$. Setelah benda bergerak, bekerja **gesek kinetis** $f_k = \mu_k N$ yang besarnya tetap dan biasanya sedikit lebih kecil, karena kaitan permukaan tidak sempat terbentuk sempurna. Itulah sebabnya mendorong lemari terasa paling berat tepat sebelum lemari bergeser.

Langkah menentukan gaya gesek:

1. Hitung gaya yang mencoba menggerakkan benda (dorongan, atau $mg\sin\theta$ di bidang miring).
2. Hitung $f_{s,\max} = \mu_s N$.
3. Bila gaya penggerak $\le f_{s,\max}$: benda **diam**, dan gaya geseknya **sama dengan** gaya penggerak (bukan $\mu_s N$).
4. Bila gaya penggerak $> f_{s,\max}$: benda **bergerak**, dan gaya geseknya menjadi kinetis $\mu_k N$.

Contoh terselesaikan 2: lemari didorong dengan dua gaya berbeda

Sebuah lemari 20 kg berada di lantai ($\mu_s = 0{,}5$, $\mu_k = 0{,}4$, $g = 10$ m/s^2). Lemari didorong mendatar 80 N, lalu dorongan diperbesar menjadi 120 N. Berapa gaya gesek dan percepatan pada setiap dorongan?



Gambar 2.10 Gaya gesek statis naik mengikuti gaya dorong sampai 100 N; setelah lemari bergerak, gaya gesek kinetis tetap 80 N. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. $N = mg = 200$ N; $f_{s,\max} = 0{,}5 \times 200 = 100$ N.

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

2. Dorongan 80 N < 100 N: lemari diam, gaya gesek **80 N** (bukan 100 N), percepatan nol.
3. Dorongan 120 N > 100 N: lemari bergerak, gaya gesek kinetis $0{,}4 \times 200 = 80$ N.
4. $a = \dfrac{120 - 80}{20} = 2$ m/s². Kedua keadaan tampak pada grafik Gambar 2.10.

Benda di bidang miring tetap diam tanpa didorong bila $mg \sin\theta \le \mu_s mg \cos\theta$, yaitu $\tan\theta \le \mu_s$. Sudut saat benda tepat mulai meluncur memberi cara sederhana mengukur μ_s: $\mu_s = \tan\theta$.

4. Sistem benda yang dihubungkan tali

Banyak alat memakai tali dan katrol: timba sumur, lift, derek bangunan. Untuk dua benda atau lebih yang bergerak bersama (dihubungkan tali ringan yang tidak mulur dan katrol licin yang ringan), kedua benda mempunyai **percepatan yang sama besar**, dan tegangan tali **sama di sepanjang tali**. Katrol hanya membelokkan arah tali.

1. **Percepatan dari sistem:** $a = \dfrac{\Sigma F_{\text{penggerak}} - \Sigma F_{\text{penghambat}}}{\Sigma m}$. Tegangan tali adalah gaya dalam sistem, jadi tidak muncul.
2. **Tegangan dari satu benda saja:** pilih benda yang gayanya paling sedikit.
3. **Cek dengan benda lainnya:** hasil tegangannya harus sama.

Sistem	Percepatan	Tegangan tali
Dua beban digantung pada katrol licin ($m_1 > m_2$)	$a = \dfrac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$	$T = m_2(g + a) = m_1(g - a)$
Balok m_1 di meja (gesek μ_k), beban m_2 tergantung	$a = \dfrac{m_2 g - \mu_k m_1 g}{m_1 + m_2}$	$T = m_2(g - a)$
Dua balok di lantai ditarik F (gesek sama μ_k)	$a = \dfrac{F - \mu_k(m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2}$	$T = F\dfrac{m_{\text{belakang}}}{m_1 + m_2}$

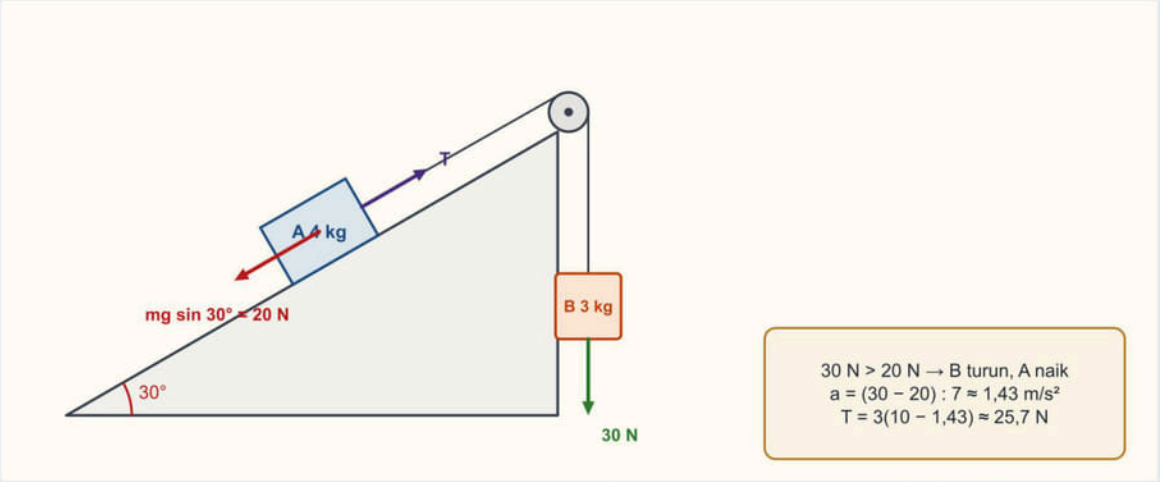
Sistem dua beban tergantung pada satu katrol disebut **mesin Atwood**. Bila kedua massanya hampir sama, percepatannya sangat kecil, sehingga gerak jatuhnya dapat diamati dan diukur dengan mudah. Dahulu alat ini dipakai untuk menguji hukum II Newton dan mengukur percepatan gravitasi. Lift juga memakai prinsip yang mirip: kabin dihubungkan dengan pemberat penyeimbang, sehingga motor hanya perlu mengatasi selisih berat keduanya.

Tegangan tali pada beban yang turun selalu **lebih kecil** daripada beratnya (sebagian berat dipakai untuk mempercepat beban), dan pada beban yang naik selalu **lebih besar**. Ini cek cepat yang berguna.

Contoh terselesaikan 3: balok di bidang miring dan beban gantung

Balok A (4 kg) di bidang miring licin 30° dihubungkan tali melalui katrol di puncak bidang ke beban B (3 kg) yang tergantung ($g = 10$ m/s²). Susunannya tampak pada Gambar 2.11. Ke mana sistem bergerak, berapa percepatannya, dan berapa tegangan tali?

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



Gambar 2.11 Berat B (30 N) menarik sistem ke satu arah, komponen berat A sejajar bidang (20 N) ke arah sebaliknya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

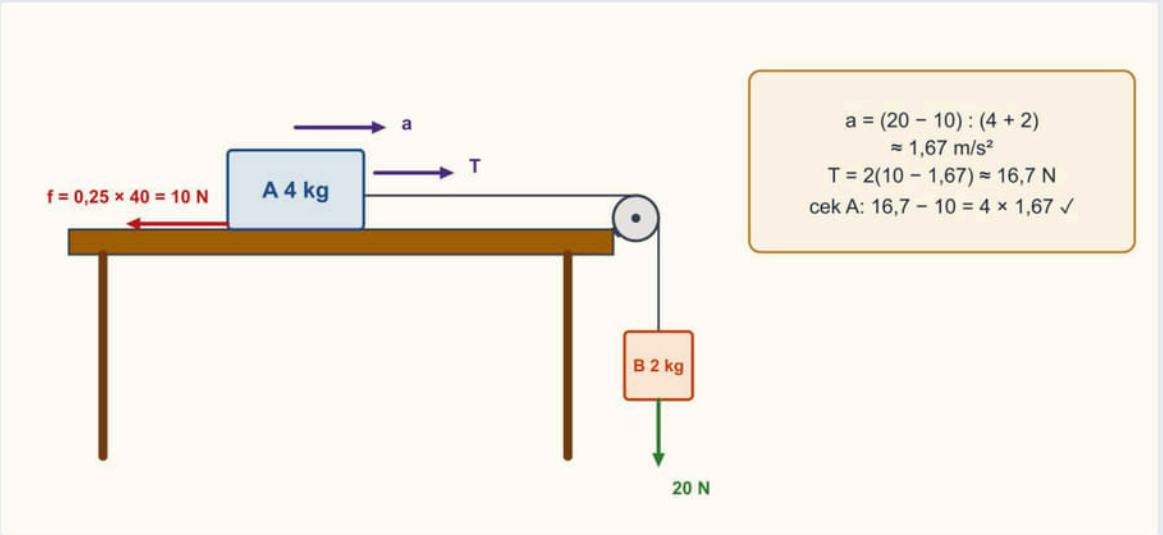
Penyelesaian.

1. Bandingkan kedua gaya penggerak: berat B $= 30$ N ingin menarik A naik; komponen berat A sejajar bidang $= 40 \times 0{,}5 = 20$ N ingin menarik A turun. Karena 30 N > 20 N, B turun dan A naik.
2. $a = \dfrac{30 - 20}{4 + 3} \approx 1{,}43$ m/s².
3. Tegangan (tinjau B yang turun): $T = 3(10 - 1{,}43) \approx 25{,}7$ N, lebih kecil daripada berat B ✓.
4. Cek (tinjau A yang naik): $T - 20 = 4(1{,}43) \rightarrow T \approx 25{,}7$ N ✓. Bila bidangnya kasar, tentukan arah gerak dulu **tanpa** gesekan, lalu tempatkan gesekan **berlawanan** dengan arah gerak itu. Bila gaya penggerak bersih tidak melebihi gesekan statis maksimum, sistem tetap diam.

Contoh terselesaikan 4: balok di meja kasar dan beban tergantung

Balok A (4 kg) di atas meja kasar ($\mu_k = 0{,}25$) dihubungkan tali melalui katrol di tepi meja ke beban B (2 kg) yang tergantung ($g = 10$ m/s²). Sistem sudah bergerak (Gambar 2.12). Berapa percepatan dan tegangan tali?

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



Gambar 2.12 Berat B menggerakkan sistem, gaya gesek pada A menghambatnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Gaya penggerak: berat B $= 20$ N. Gaya penghambat: gesek pada A $= 0{,}25 \times 40 = 10$ N (gaya normal A $= 40$ N, karena meja datar dan tali mendatar).
2. $a = \dfrac{20 - 10}{4 + 2} \approx 1{,}67$ m/s².
3. Tegangan (tinjau B): $T = 2(10 - 1{,}67) \approx 16{,}7$ N.
4. Cek (tinjau A): $T - 10 = 4 \times 1{,}67 \rightarrow 16{,}7 - 10 = 6{,}7$ ✓. Perhatikan bahwa tegangan tali bukan 20 N (berat B), karena B sedang dipercepat ke bawah.

5. Gaya tarik yang miring dan gaya normal yang berubah

Koper beroda biasanya ditarik dengan pegangan yang miring ke atas. Gaya tarik miring F bersudut α terhadap lantai diuraikan menjadi komponen mendatar $F\cos\alpha$ (menggerakkan koper) dan komponen tegak $F\sin\alpha$ (ikut mengangkat koper). Arah tegak tidak ada gerak, jadi:

$$N + F\sin\alpha - mg = 0 \quad \Rightarrow \quad N = mg - F\sin\alpha$$

Akibatnya gaya gesek $\mu_k N$ ikut **berkurang**. Itulah alasan menarik kereta dorong atau koper lebih ringan bila pegangan diangkat sedikit. Sebaliknya, bila benda **didorong** miring ke bawah (misalnya mendorong gerobak dengan tangan menekan pegangan ke bawah), komponen tegak menekan benda ke lantai: $N = mg + F\sin\alpha$, sehingga gesekan bertambah dan gerobak terasa lebih berat.

Contoh singkat: kotak 10 kg ditarik dengan tali bersudut 37° terhadap lantai ($\sin 37^\circ = 0{,}6$, $\cos 37^\circ = 0{,}8$) dengan gaya 50 N, dan $\mu_k = 0{,}2$. Gaya normal $N = 100 - 50(0{,}6) = 70$ N, gesek $= 0{,}2 \times 70 = 14$ N, komponen tarik mendatar $= 50(0{,}8) = 40$ N, sehingga $a = \dfrac{40 - 14}{10} = 2{,}6$ m/s². Bila gesekan dihitung dengan $N = mg = 100$ N, percepatan keliru menjadi 2,0 m/s². Satu langkah kecil yang terlewat, yaitu memeriksa gaya-gaya tegak, mengubah jawaban.

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

Ringkasan

- Langkah baku: diagram gaya bebas → sumbu sejajar dan tegak lurus gerak → $\Sigma F = 0$ tegak lurus gerak (cari N) → gesekan → $\Sigma F = ma$ searah gerak.
- Bidang miring: $mg\sin\theta$ sejajar bidang, $N = mg\cos\theta$; meluncur $a = g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta)$.
- Gesek statis menyesuaikan diri sampai $\mu_s N$; bila benda diam, gesekan = gaya penggerak.
- Sistem tali: percepatan dari seluruh sistem, tegangan dari satu benda; beban turun → $T < $ berat, beban naik → $T > $ berat.
- Gaya tarik miring ke atas mengurangi gaya normal dan gesekan; dorongan miring ke bawah menambahnya. Selalu periksa gaya-gaya tegak sebelum menghitung gesekan.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal bidang miring dan katrol

1. **Gambar diagram gaya bebas setiap benda.** Pada bidang miring, putar sumbu sehingga satu sumbu sejajar bidang.
2. **Tentukan arah gerak** dengan membandingkan gaya penggerak (tanpa gesekan dulu).
3. **Untuk gesek statis,** bandingkan gaya penggerak dengan $\mu_s N$ sebelum memakai rumus gesekan.
4. **Cari percepatan dari sistem,** lalu tegangan dari satu benda, dan cek dengan benda lain.
5. **Uji akal sehat:** pada beban yang naik, $T > mg$; pada beban yang turun, $T < mg$; percepatan sistem tidak pernah melebihi g.

Jebakan khas

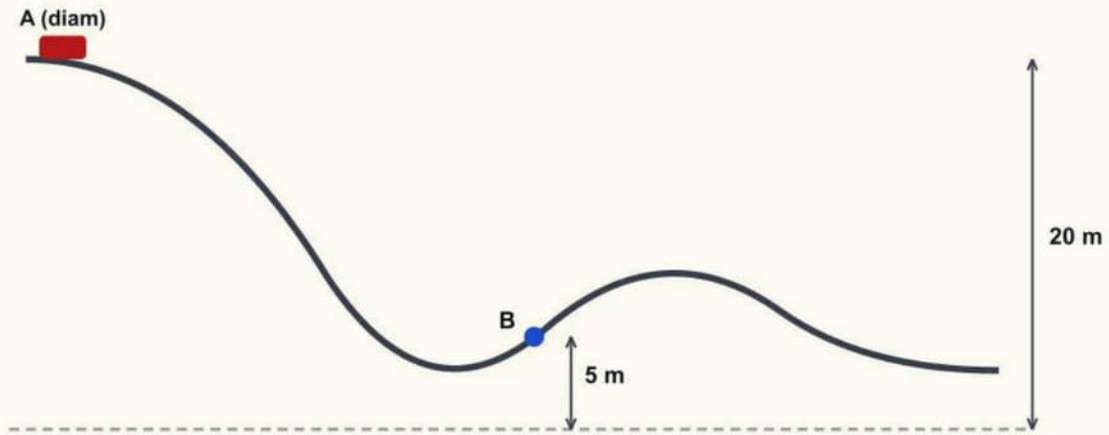
Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Gaya normal di bidang miring dianggap mg	gesekan μmg di bidang miring	$N = mg\cos\theta$ (bila tidak ada gaya lain tegak lurus bidang)
sin dan cos tertukar	komponen sejajar ditulis $mg\cos\theta$	sudut kecil → komponen sejajar kecil → itu $\sin\theta$
Gesek statis selalu $\mu_s N$	lemari diam didorong 150 N dianggap bergesek 200 N	$\mu_s N$ hanya batas maksimum
Tegangan tali dianggap sama dengan berat beban	$T = m_B g$ padahal sistem dipercepat	$T = m(g \pm a)$
Massa total salah	balok di meja tidak ikut dihitung saat mencari a	semua benda yang ikut bergerak masuk ke Σm
Gesekan dianggap membantu gerak	tanda gesekan sama dengan gaya penggerak	gesekan selalu melawan gerak relatif
Percepatan dianggap sebanding gaya tarik	F dua kali → a dua kali, padahal ada gesekan	$a = \frac{F-f}{m}$, gesekan tidak ikut berlipat

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

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memakai kekekalan energi mekanik pada lintasan lengkung. Yang menentukan kelajuan hanyalah selisih ketinggian, bukan bentuk lintasan.

►. Sebuah kereta luncur dilepas dari keadaan diam di titik A yang tingginya 20 m di atas tanah, lalu meluncur pada lintasan seperti pada gambar. Gesekan dan hambatan udara diabaikan, $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Kelajuan kereta ketika melewati titik B yang tingginya 5 m adalah sekitar ....



A. 20 m/s
B. 10 m/s
C. 17,3 m/s
D. 22,4 m/s
E. 15 m/s

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: energi mekanik kekal: energi potensial yang hilang = energi kinetik yang diperoleh; bentuk lintasan tidak berpengaruh.

Langkah – $\frac{1}{2}v^2 = g(h_A - h_B) = 10 \times 15 \rightarrow v = \sqrt{300} \approx 17{,}3\ \text{m/s}$.

Analisis opsi:
- A (20 m/s) ✗ – memakai seluruh ketinggian 20 m, seolah-olah B di tanah.
- B (10 m/s) ✗ – memakai ketinggian B (5 m), bukan selisih ketinggian.
- C (17,3 m/s) ✓ – $\sqrt{(2 \times 10 \times 15)}$.
- D (22,4 m/s) ✗ – ketinggian dijumlahkan (25 m).
- E (15 m/s) ✗ – selisih ketinggian dianggap sama dengan kelajuan.

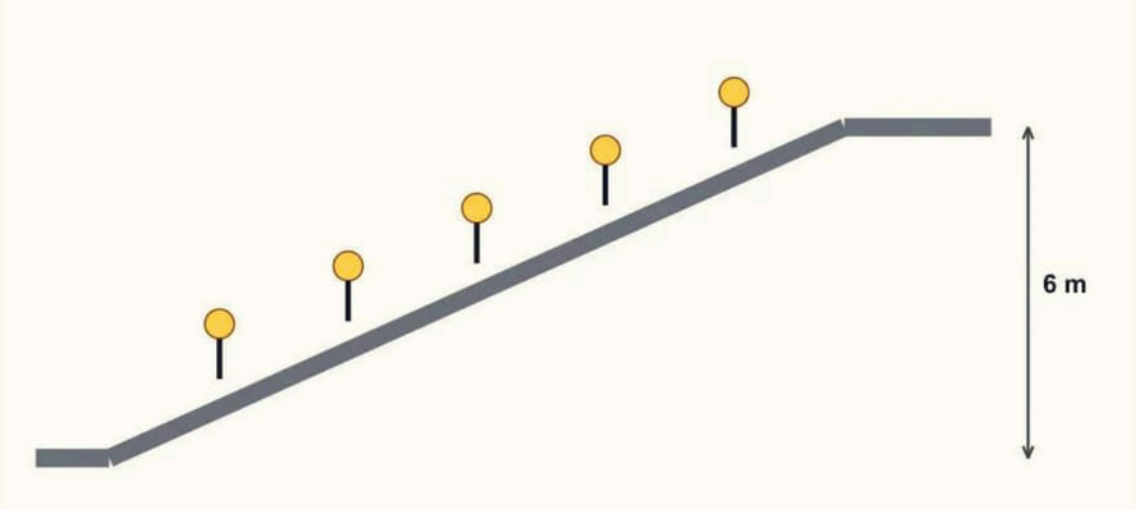
Jawaban: C.

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

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tentukan dulu apakah ada gesekan. Bila tidak ada, energi mekanik kekal; bila ada, selisih energinya menjadi kalor.

1. Sebuah eskalator di pusat perbelanjaan mengangkut 20 orang setiap menit, masing-masing rata-rata bermassa 50 kg, ke lantai atas yang 6 m lebih tinggi, seperti pada gambar. Efisiensi sistem eskalator 80 % dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Daya listrik yang diperlukan eskalator adalah ....

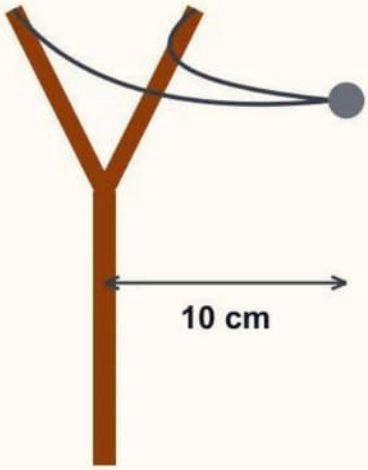


A. 800 W
B. 1.000 W
C. 1.250 W
D. 60.000 W
E. 75.000 W

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

2. Mainan ketapel memakai pegas dengan konstanta 400 N/m. Pegas ditarik sejauh 10 cm untuk melontarkan peluru karet bermassa 20 g, seperti pada gambar. Anggap seluruh energi pegas berubah menjadi energi kinetik peluru.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



pegas k = 400 N/m

peluru 20 g

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Energi potensial pegas yang ditarik 10 cm adalah 2 J.	○	○
Kelajuan peluru saat lepas dari ketapel sekitar 14 m/s.	○	○
Bila pegas ditarik 20 cm, kelajuan peluru menjadi 4 kali semula.	○	○

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa gaya normal pada balok di bidang miring 37° lebih kecil daripada beratnya?
- Sebuah lemari didorong tetapi tidak bergerak. Berapa gaya geseknya, dan mengapa bukan $\mu_s N$?
- Pada sistem dua beban yang digantung pada katrol, mengapa tegangan tali selalu berada di antara berat beban yang ringan dan berat beban yang berat?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-2.2

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

Sub bab 2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan

FIS-2.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu *menerapkan konsep momentum dan impuls untuk menyelesaikan masalah sehari-hari*, mencakup hukum kekekalan momentum. Soal TKA tentang materi ini terbagi dua: **penjelasan** fenomena (mengapa sabuk pengaman, helm, atau pukulan karate bekerja seperti itu) dan **perhitungan** tumbukan atau tolakan.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-9	Menjelaskan fenomena kehidupan sehari-hari menggunakan konsep momentum dan impuls	46,08 %

Lebih dari separuh peserta keliru pada soal penjelasan yang tidak memerlukan hitungan. Penyebabnya adalah tertukarnya tiga besaran: **impuls**, **gaya**, dan **waktu kontak**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung momentum dan perubahan momentum dengan memperhatikan arah;
- memakai hubungan impuls $= F\Delta t = \Delta p$ untuk menjelaskan peristiwa sehari-hari;
- membaca impuls dari luas di bawah grafik gaya–waktu;
- menyelesaikan tumbukan dan tolakan dengan kekekalan momentum, serta menentukan jenis tumbukan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Mengapa helm pengendara motor dilapisi busa? Mengapa atlet karate dapat mematahkan tumpukan bata ringan hanya dengan tangan? Mengapa senapan mainan terdorong ke belakang saat menembakkan peluru? Ketiga pertanyaan itu dijawab oleh dua besaran yang dibahas di sub bab ini: **momentum** dan **impuls**. Keduanya sebenarnya hukum II Newton yang ditulis dengan cara lain, tetapi cara ini sangat berguna untuk peristiwa yang berlangsung sangat singkat, seperti benturan, pukulan, dan tumbukan, karena gaya selama peristiwa itu sulit diukur langsung.

1. Momentum

Momentum adalah "jumlah gerak" sebuah benda, hasil kali massa dan kecepatannya:

$$\vec{p} = m\vec{v} \qquad (\text{satuan kg·m/s})$$

Momentum adalah vektor yang searah kecepatan. Truk yang bergerak lambat dapat mempunyai momentum lebih besar daripada sepeda motor yang cepat: truk 10.000 kg pada 5 m/s

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

mempunyai momentum 50.000 kg·m/s, sedangkan motor 150 kg pada 20 m/s hanya 3.000 kg·m/s. Makin besar momentum, makin sulit benda dihentikan.

Karena vektor, **arah itu penting**. Pilih satu arah sebagai positif, dan beri tanda negatif pada kecepatan yang berlawanan. Bola 0,2 kg yang datang 10 m/s lalu memantul balik 10 m/s mengalami perubahan momentum $0{,}2(10-(-10)) = 4$ kg·m/s, bukan nol, walaupun kelajuannya sama sebelum dan sesudah.

2. Impuls dan hubungannya dengan momentum

Impuls adalah gaya dikali lamanya gaya bekerja: $\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t$ (satuan N·s, sama dengan kg·m/s). Dari hukum II, $\vec{F} = m\vec{a} = m\dfrac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$, sehingga:

$$\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t = \Delta \vec{p} = m\vec{v}_{\text{akhir}} - m\vec{v}_{\text{awal}}$$

Inilah **teorema impuls–momentum**: impuls yang diterima benda sama dengan perubahan momentumnya. Bila gayanya berubah-ubah selama tumbukan (dan memang hampir selalu begitu), impuls sama dengan **luas di bawah grafik** F–t, dan gaya rata-ratanya $\bar{F} = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$ (Gambar 2.13).



Gambar 2.13 Dua tumbukan dengan impuls (luas) sama: waktu kontak singkat memberi gaya puncak besar, waktu kontak lama memberi gaya kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

3. Menjelaskan fenomena dengan $F = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$

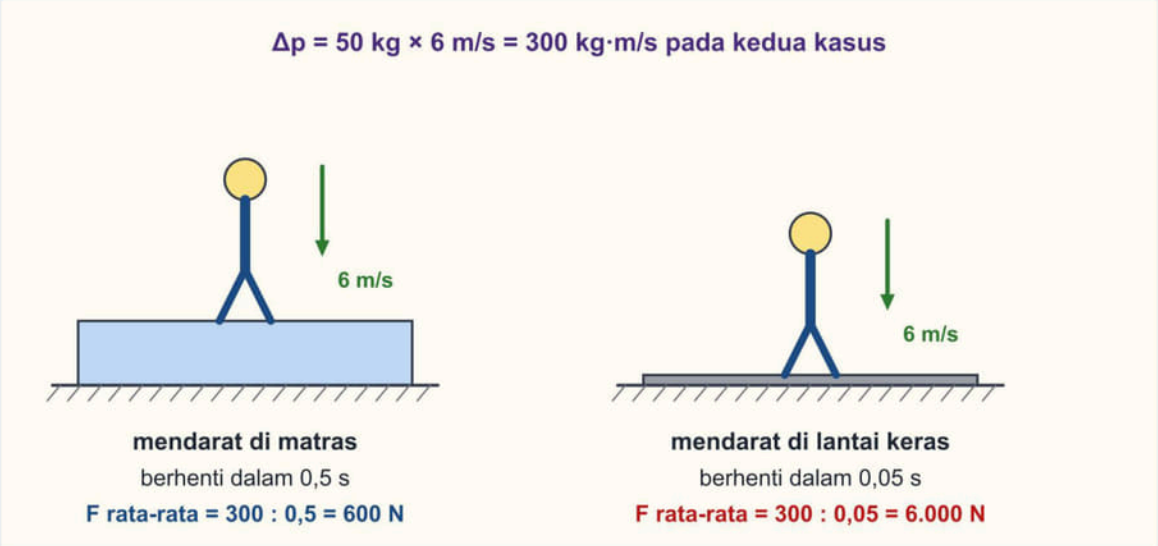
Untuk perubahan momentum yang **sama**, gaya rata-rata berbanding terbalik dengan waktu kontak.

Tujuan	Strategi	Contoh
Memperkecil gaya (melindungi)	memperpanjang waktu kontak	sabuk pengaman dan kantong udara, helm berbusa, matras lompat, menekuk lutut saat mendarat, menarik tangan saat menangkap bola
Memperbesar gaya (merusak atau memukul)	memperpendek waktu kontak	pukulan karate yang cepat dan keras, palu yang keras, tendangan cepat

Impuls tidak diperkecil oleh helm atau matras. Perubahan momentum kepala atau tubuh tetap sama (dari bergerak menjadi berhenti). Yang berubah hanyalah **cara** perubahan itu terjadi: lebih lama, sehingga gayanya lebih kecil. Bagian depan mobil modern sengaja dibuat mudah ringsek (*crumple zone*) untuk alasan yang sama.

Contoh terselesaikan 1: pesenam mendarat

Seorang pesenam 50 kg mendarat dari lompatan dengan kelajuan 6 m/s. Di matras, ia berhenti dalam 0,5 s. Di lantai keras dengan lutut lurus, ia berhenti dalam 0,05 s. Bandingkan gaya rata-rata yang dialaminya (Gambar 2.14).



Gambar 2.14 Perubahan momentum sama, tetapi waktu berhenti di matras sepuluh kali lebih lama, sehingga gayanya sepuluh kali lebih kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Perubahan momentum pada kedua kasus: $\Delta p = 50 \times 6 = 300$ kg·m/s (dari 6 m/s menjadi diam).
2. Di matras: $\bar{F} = \dfrac{300}{0{,}5} = 600$ N.

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

3. Di lantai keras: $\bar{F} = \dfrac{300}{0{,}05} = 6.000$ N.
4. Waktu sepuluh kali lebih singkat membuat gaya sepuluh kali lebih besar. (Gaya total dari lantai sedikit lebih besar lagi karena harus juga menahan berat 500 N.)

4. Kekekalan momentum

Bila gaya luar total pada suatu sistem nol (atau dapat diabaikan selama peristiwa yang singkat), momentum total sistem **tetap**:

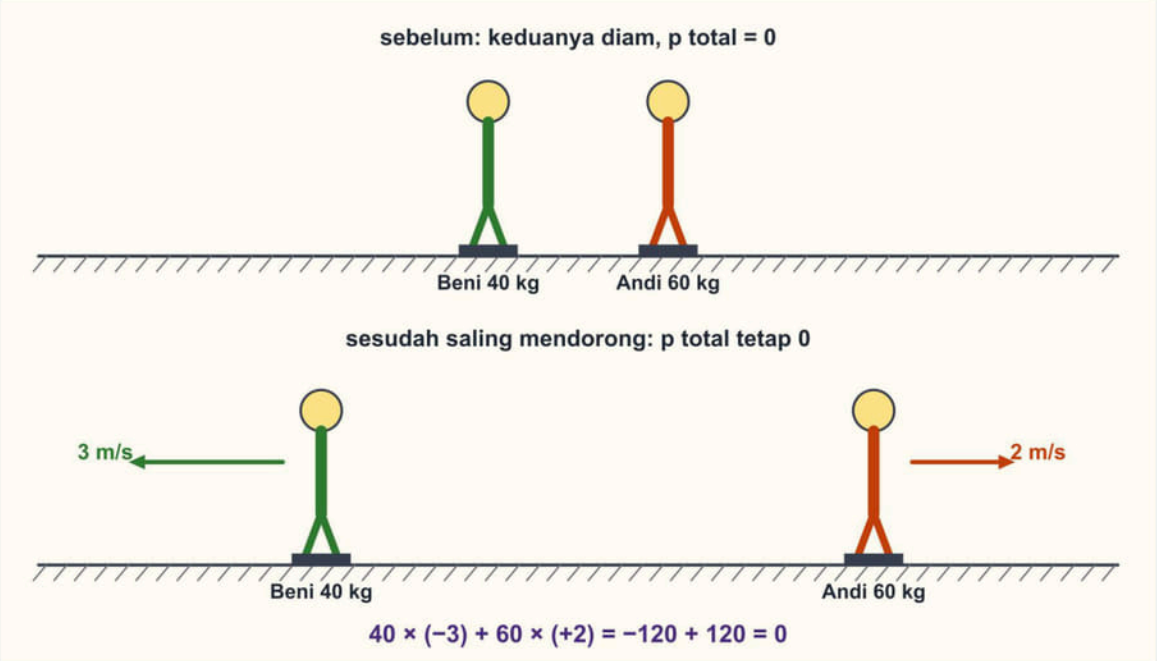
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Dasarnya adalah hukum III: saat dua benda bertumbukan, gaya keduanya sama besar dan berlawanan arah selama waktu yang sama. Akibatnya, impuls keduanya sama besar dan berlawanan arah, sehingga momentum yang hilang dari satu benda tepat diterima benda lain. Gaya gesek dan gravitasi memang ada, tetapi selama tumbukan yang berlangsung sepersekian detik, impulsnya sangat kecil dibanding gaya tumbukan, sehingga dapat diabaikan.

Kekekalan momentum berlaku untuk **tumbukan** (dua benda bertabrakan) dan **tolakan** (satu sistem diam yang memisah, misalnya senapan mainan dan pelurunya, roket dan gas buangnya, atau dua pemain sepatu roda yang saling mendorong).

Contoh terselesaikan 2: dua pemain sepatu roda saling mendorong

Dua pemain sepatu roda, Andi (60 kg) dan Beni (40 kg), mula-mula diam lalu saling mendorong. Beni bergerak 3 m/s ke kiri. Berapa kecepatan Andi?



Gambar 2.15 Sebelum saling mendorong, momentum total nol; sesudahnya momentum Beni ke kiri tepat diimbangi momentum Andi ke kanan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Pilih ke kanan positif. Momentum awal nol karena keduanya diam.
2. $60\,v_A + 40(-3) = 0 \rightarrow v_A = 2$ m/s ke kanan (Gambar 2.15).

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

3. Andi yang lebih berat bergerak lebih lambat; momentum keduanya sama besar dan berlawanan arah.
4. Energi kinetik keduanya ($\frac{1}{2}(60)(2^2) + \frac{1}{2}(40)(3^2) = 120 + 180 = 300$ J) berasal dari otot mereka. Pada tolakan, energi kinetik **tidak** kekal; yang kekal adalah momentum.

5. Jenis tumbukan

Koefisien restitusi e mengukur seberapa "memantul" sebuah tumbukan, yaitu perbandingan kelajuan menjauh sesudah tumbukan dengan kelajuan mendekat sebelum tumbukan:

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$$

Jenis	Nilai e	Momentum	Energi kinetik	Contoh
Lenting sempurna	1	kekal	kekal	bola biliar (mendekati), troli bermagnet
Lenting sebagian	$0 < e < 1$	kekal	berkurang	bola karet memantul
Tidak lenting sama sekali	0	kekal	berkurang paling banyak	benda menyatu: plastisin menempel, gerbong tersambung

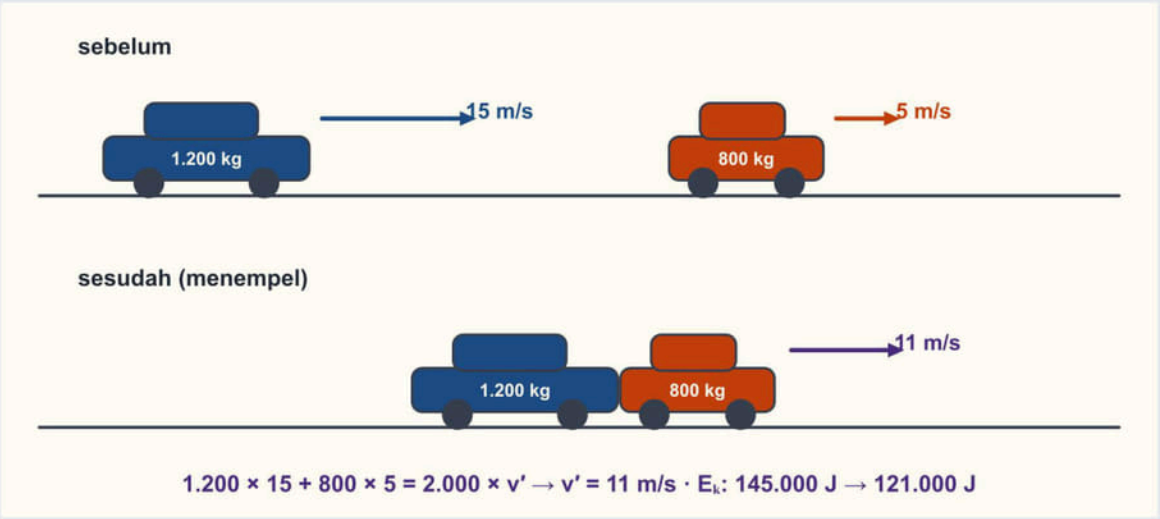
Satu hasil menarik dari tumbukan lenting sempurna: bila sebuah benda menumbuk **lurus** benda lain yang **massanya sama** dan mula-mula diam, kedua benda **bertukar kecepatan**. Benda pertama berhenti, benda kedua melaju dengan kecepatan benda pertama. Kamu dapat melihatnya pada bola biliar yang ditembak lurus ke bola lain, atau pada mainan bandul Newton (deretan bola baja tergantung): bola di satu ujung dilepas, bola di ujung lain terpental, sedangkan bola-bola di tengah hampir tidak bergerak. Sebaliknya, bila benda ringan menumbuk benda yang jauh lebih berat dan diam (misalnya bola tenis dilempar ke dinding), benda ringan memantul hampir dengan kelajuan yang sama dan benda berat hampir tidak bergerak. Bila benda berat menumbuk benda ringan, benda berat hampir tidak melambat dan benda ringan terpental cepat, seperti bola golf yang dipukul tongkat.

Pada **semua** jenis tumbukan momentum kekal; yang membedakan adalah energi kinetiknya. Energi kinetik yang "hilang" sebenarnya berubah menjadi bunyi, panas, dan perubahan bentuk.

Contoh terselesaikan 3: dua mobil bertumbukan dan menyatu

Mobil 1.200 kg yang melaju 15 m/s menabrak dari belakang mobil 800 kg yang melaju searah 5 m/s, lalu keduanya bergerak menempel. Berapa kecepatan keduanya sesaat setelah tumbukan, dan berapa energi kinetik yang berubah bentuk?

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



Gambar 2.16 Tumbukan tidak lenting sama sekali: momentum total tetap, energi kinetik berkurang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

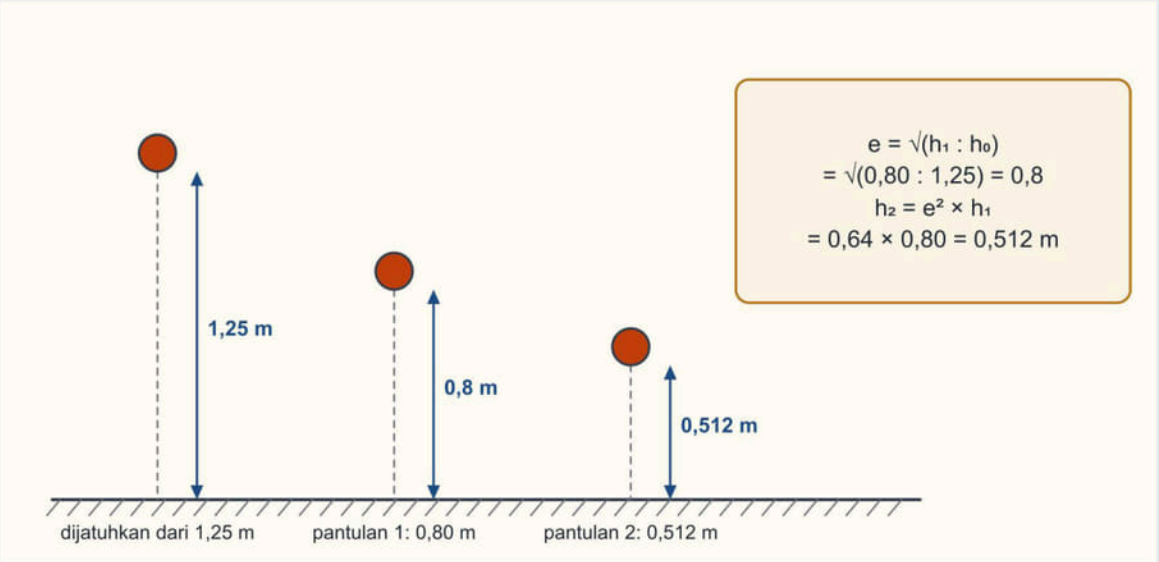
1. Kekekalan momentum: $1.200(15) + 800(5) = 2.000\,v' \to v' = \dfrac{22.000}{2.000} = 11$ m/s searah gerak semula (Gambar 2.16).
2. Energi kinetik sebelum: $\frac{1}{2}(1.200)(225) + \frac{1}{2}(800)(25) = 135.000 + 10.000 = 145.000$ J.
3. Energi kinetik sesudah: $\frac{1}{2}(2.000)(121) = 121.000$ J.
4. Sebanyak 24.000 J berubah menjadi bunyi, panas, dan kerusakan bodi. Momentum kekal walaupun energi kinetik tidak.

Tumbukan dua dimensi. Bila benda bergerak ke arah berbeda setelah tumbukan, kekekalan momentum berlaku **per komponen**: Σp_x tetap dan Σp_y tetap.

Contoh terselesaikan 4: bola yang memantul berulang

Sebuah bola dijatuhkan dari ketinggian 1,25 m ke lantai dan memantul setinggi 0,80 m. Berapa koefisien restitusinya, dan setinggi apa pantulan berikutnya?

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



Gambar 2.17 Tinggi pantulan berturut-turut bola dengan koefisien restitusi 0,8. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Lantai diam, jadi $e = \dfrac{\text{kelajuan memantul}}{\text{kelajuan datang}}$. Dari jatuh bebas, kelajuan $= \sqrt{2gh}$, sehingga $e = \sqrt{\dfrac{h_1}{h_0}}$.
2. $e = \sqrt{\dfrac{0{,}80}{1{,}25}} = \sqrt{0{,}64} = 0{,}8$.
3. Pantulan berikutnya: $h_2 = e^2 h_1 = 0{,}64 \times 0{,}80 = 0{,}512$ m (Gambar 2.17).
4. Setiap pantulan tingginya tinggal 64 % dari tinggi sebelumnya; sisanya berubah menjadi bunyi dan panas.

6. Momentum dalam teknologi dan keselamatan

Konsep impuls dan kekekalan momentum dipakai di banyak teknologi yang mungkin pernah kamu lihat.

1. **Kantong udara dan sabuk pengaman.** Saat mobil menabrak, mobil berhenti dalam waktu sangat singkat, tetapi penumpang cenderung tetap bergerak (hukum I). Tanpa pelindung, kepala penumpang dihentikan oleh setir atau kaca dalam beberapa milidetik, sehingga gayanya sangat besar. Kantong udara yang mengembang dan sabuk yang sedikit mulur menghentikan penumpang dalam waktu yang lebih lama, sehingga gaya rata-ratanya jauh lebih kecil. Perubahan momentumnya tetap sama.
2. **Helm dan pelindung lutut.** Busa di dalam helm tertekan perlahan saat benturan. Selain memperpanjang waktu, busa juga menyebarkan gaya ke daerah yang lebih luas.
3. **Senapan dan meriam.** Saat peluru ditembakkan ke depan, senapan terdorong ke belakang (tolakan). Senapan yang berat bergerak mundur lebih lambat, dan menekan popor ke bahu membuat massa yang mundur lebih besar (senapan ditambah tubuh), sehingga hentakannya lebih kecil.

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

4. **Roket.** Roket membuang gas panas berkecepatan tinggi ke belakang. Momentum gas ke belakang diimbangi momentum roket ke depan. Roket tidak memerlukan udara untuk "didorong"; karena itu roket dapat bergerak di ruang hampa.
5. **Perahu dan penumpang.** Orang yang melompat dari perahu kecil ke dermaga mendorong perahu ke arah berlawanan, sehingga perahu menjauh dari dermaga. Makin ringan perahunya, makin cepat perahu terdorong.

Dalam setiap contoh itu, pertanyaan pertama yang harus kamu ajukan sama: **apakah yang dibicarakan gaya selama benturan** (pakai $F = \Delta p/\Delta t$), **atau kecepatan sesudah peristiwa** (pakai kekekalan momentum)? Untuk yang pertama, perhatikan waktu kontak; untuk yang kedua, perhatikan tanda arah setiap kecepatan.

Ringkasan

- Momentum $\vec{p} = m\vec{v}$ (vektor; perhatikan tanda arah). Impuls $\vec{I} = \vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$ = luas grafik F–t.
- Untuk Δp yang sama, gaya berbanding terbalik dengan waktu kontak: perpanjang waktu untuk melindungi, perpendek untuk memukul.
- Gaya luar diabaikan → momentum total kekal, pada tumbukan maupun tolakan.
- Lenting sempurna ($e = 1$), sebagian ($0 < e < 1$), tidak lenting sama sekali ($e = 0$, menyatu); momentum selalu kekal, energi kinetik hanya pada $e = 1$.
- Bola memantul: $e = \sqrt{h_1/h_0}$.
- Massa sama dan lenting sempurna: kedua benda bertukar kecepatan. Untuk soal gaya benturan pakai $F = \Delta p/\Delta t$ dan perhatikan lamanya waktu kontak; untuk soal kecepatan sesudah peristiwa pakai kekekalan momentum dengan tanda arah yang konsisten untuk setiap benda.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal momentum dan impuls

1. **Tetapkan arah positif** dan beri tanda pada setiap kecepatan. Benda yang berbalik arah berganti tanda.
2. **Untuk soal penjelasan,** tulis $F = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$ lalu tentukan besaran mana yang tetap dan mana yang berubah.
3. **Untuk grafik F–t,** hitung luasnya untuk mendapat impuls, lalu $\Delta v = \dfrac{I}{m}$.
4. **Untuk tumbukan atau tolakan,** tulis kekekalan momentum. Bila perlu persamaan kedua, gunakan informasi jenis tumbukan (e, atau benda menyatu).
5. **Cek energi kinetik** untuk menentukan jenis tumbukan atau untuk menguji apakah hasilmu mungkin (energi kinetik tidak boleh bertambah pada tumbukan biasa).

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

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Waktu kontak singkat dianggap membuat impuls kecil	"impuls hebel kecil karena waktu sentuh singkat"	Δp ditentukan keadaan awal dan akhir; waktu singkat → gaya besar
Helm dianggap mengurangi impuls	"helm memperkecil perubahan momentum"	helm memperpanjang waktu sehingga gaya kecil; impuls sama
Arah diabaikan	bola memantul dianggap $\Delta v = 10 - 10 = 0$	beri tanda: $\Delta v = v_{\text{akhir}} - v_{\text{awal}}$
Energi kinetik dianggap selalu kekal	kecepatan tolakan dihitung dari energi	pada tolakan dan tumbukan tak lenting, pakai momentum
Benda ringan dianggap menerima impuls lebih besar	troli kecil "didorong lebih kuat"	impuls kedua benda sama besar (hukum III); perubahan **kecepatan** benda ringan lebih besar
"Bertukar kecepatan" dipakai untuk massa berbeda	bola 2 kg menumbuk 1 kg lalu diam	bertukar kecepatan hanya bila massa sama dan lenting sempurna
Gaya maksimum dianggap gaya rata-rata	puncak grafik F–t dipakai sebagai $\bar{F}$	$\bar{F} = \frac{\text{luas}}{\Delta t}$

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-9, 46,08 % benar) adalah soal penjelasan. Sebelum membaca pilihan, tulis dulu $F = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$, lalu tanyakan: besaran mana yang dibuat sangat kecil oleh pukulan yang cepat?

►. Dalam sebuah pertunjukan bela diri, seorang atlet karate berhasil memecahkan tumpukan batu bata ringan (hebel) dengan pukulan cepat. Tumpukan batu bata dapat pecah meskipun hanya bersentuhan dengan tangan dalam waktu singkat.
Penjelasan yang paling tepat untuk fenomena ini adalah ....

A. Impuls yang kecil menyebabkan tumpukan batu bata pecah karena kecepatan pukulan sangat tinggi.
B. Gaya menjadi sangat besar karena perubahan momentum terjadi dalam waktu yang sangat singkat.
C. Impuls yang diterima hebel menjadi kecil karena waktu sentuh sangat singkat.
D. Tidak ada perubahan momentum, karena batu bata kondisi awalnya diam.
E. Impuls yang besar terjadi karena gaya dan waktu sentuh yang besar.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 46,08 %

Pembahasan **Kunci: B**

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

Konsep impuls–momentum: $I = F\Delta t = \Delta p$, sehingga $F = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$.

Penalaran: tangan yang bergerak cepat membawa momentum besar dan dihentikan oleh bata dalam waktu sangat singkat. Untuk perubahan momentum Δp tertentu, makin kecil Δt, makin besar gaya rata-rata F. Gaya besar inilah yang memecahkan hebel.

Analisis opsi:

- A ✗ Bukan "impuls kecil" yang memecahkan bata, melainkan gaya besar.
- B ✓ Tepat sesuai $F = \Delta p/\Delta t$.
- C ✗ Impuls sama dengan perubahan momentum tangan; waktu singkat tidak membuat impuls kecil, tetapi membuat **gaya** besar.
- D ✗ Bata menerima gaya sehingga momentum (dan keadaannya) berubah.
- E ✗ Waktu sentuh justru **kecil**.

Jawaban: B.

Tiga pilihan salah (A, C, E) sama-sama menyebut impuls yang "kecil" atau "besar karena waktu besar". Pilihan-pilihan itu menunjukkan betapa sering impuls tertukar dengan gaya. Bandingkan dengan tabel di bagian 2.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menghitung gaya rata-rata saat bola berbalik arah. Tetapkan arah positif, beri tanda pada kedua kecepatan, lalu bagi perubahan momentum dengan lama sentuhan.

►. Bola tenis bermassa 60 g datang mendatar dengan kelajuan 20 m/s, lalu dipukul raket sehingga berbalik arah dengan kelajuan 30 m/s. Raket bersentuhan dengan bola selama 0,01 s.
Gaya rata-rata yang dikerjakan raket pada bola adalah ....

A. 60 N
B. 180 N
C. 120 N
D. 300 N
E. 3 N

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

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: impuls = perubahan momentum: $F\Delta t = m(v_2 - v_1)$, dengan memperhatikan arah.

Langkah – Ambil arah pukulan positif: $\Delta p = 0{,}06 \times (30 - (-20)) = 3$ N·s. $F = \dfrac{3}{0{,}01} = 300$ N.

Analisis opsi:

- A (60 N) ✗ – selisih kelajuan (10 m/s) dipakai, padahal arah berbalik.
- B (180 N) ✗ – hanya kecepatan akhir yang dipakai.
- C (120 N) ✗ – hanya kecepatan awal yang dipakai.
- D (300 N) ✓ – Δp = 3 N·s dibagi 0,01 s.
- E (3 N) ✗ – itu besar impuls (N·s), belum dibagi waktu.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis dulu arah positif dan tanda setiap kecepatan, lalu tentukan apakah energi kinetik kekal.

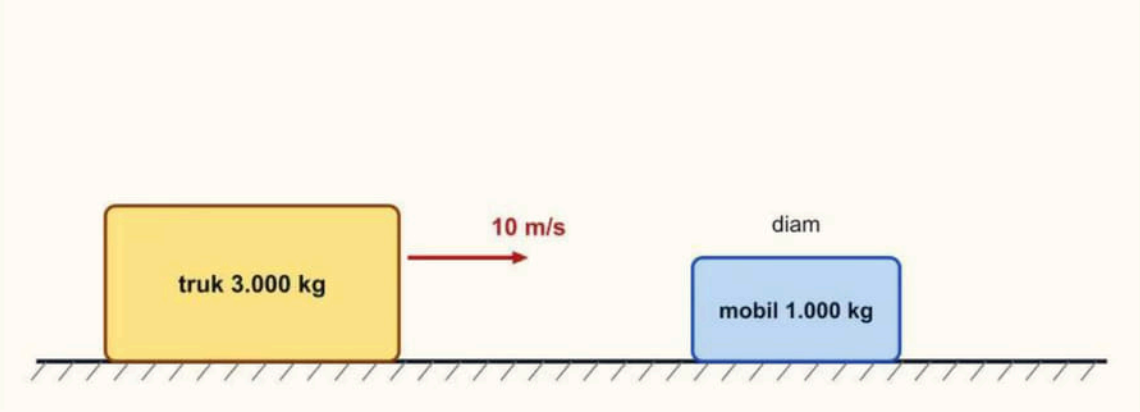
1. Dua anak bersepatu roda, Andi (40 kg) dan Budi (60 kg), mula-mula diam berhadapan di lantai licin. Mereka saling mendorong sehingga Andi bergerak mundur dengan kelajuan 3 m/s.

Kecepatan Budi sesaat setelah saling mendorong adalah ....

A. 3 m/s searah dengan Andi
B. 4,5 m/s berlawanan arah dengan Andi
C. 2 m/s searah dengan Andi
D. 2 m/s berlawanan arah dengan Andi
E. 0 m/s karena Budi lebih berat

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

2. Sebuah truk bermassa 3.000 kg yang melaju 10 m/s menabrak mobil bermassa 1.000 kg yang sedang diam. Setelah tabrakan keduanya menempel dan bergerak bersama, seperti pada gambar.
Energi kinetik yang hilang (berubah menjadi bentuk lain) akibat tabrakan adalah ....



A. 0 J
B. 112,5 kJ
C. 150 kJ
D. 75 kJ
E. 37,5 kJ

Kunci singkat: 1. D 2. E

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa helm tidak mengurangi impuls pada kepala, tetapi tetap melindungi kepala?
- Bola memantul balik dengan kelajuan yang sama. Mengapa perubahan momentumnya tidak nol?
- Pada tumbukan dua benda yang menyatu, besaran apa yang kekal dan besaran apa yang tidak?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-2.3

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

Sub bab 2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan

FIS-2.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu *menerapkan konsep momen gaya dan momen inersia dalam kehidupan sehari-hari*, mencakup momen gaya, momen inersia, dan hukum Newton tentang rotasi. Di soal, ini muncul sebagai alat sehari-hari yang memutar (kunci pas, pintu, roda) dan benda yang harus setimbang (papan, tangga, timbangan).

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-10	Menyelesaikan permasalahan kontekstual dan relevan menggunakan konsep dinamika rotasi terkait momen gaya dan momen inersia	23,10 %

Lebih dari tiga perempat peserta keliru. Pengecohnya disusun dari dua pilihan yang sering salah: **sudut** mana yang dipakai pada momen gaya (sin atau cos), dan **letak poros** untuk momen inersia batang (ujung atau tengah).

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung momen gaya dengan lengan dan sudut yang benar;
- memilih momen inersia yang sesuai bentuk benda dan letak porosnya;
- memakai $\tau = I\alpha$, termasuk pada sistem tali yang dililitkan pada roda;
- menyelesaikan soal kesetimbangan benda tegar dengan $\Sigma F = 0$ dan $\Sigma\tau = 0$.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sampai sub bab 2.3, benda diperlakukan sebagai titik: yang penting hanya ke mana benda bergeser. Namun banyak benda di sekitar kita **berputar**: pintu yang dibuka, baut yang dikencangkan, roda sepeda, kipas angin, katrol sumur, dan jungkat-jungkit. Untuk benda berputar, besarnya gaya saja tidak cukup; **di mana** dan **ke arah mana** gaya itu bekerja juga menentukan. Itulah sebabnya pegangan pintu dipasang jauh dari engsel, dan baut yang sangat kencang dibuka dengan kunci bergagang panjang. Sub bab ini membahas tiga gagasan: **momen gaya** (penyebab putaran), **momen inersia** (kelembaman putaran), dan **kesetimbangan** benda yang tidak berputar.

1. Momen gaya (torsi)

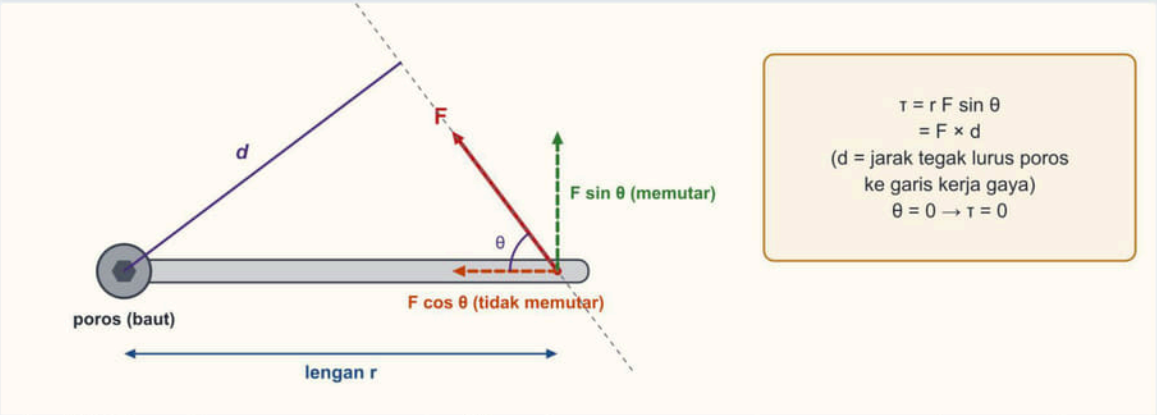
Momen gaya τ (dibaca "tau") adalah kemampuan gaya untuk memutar benda terhadap sebuah poros:

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

$\tau = r\,F\sin\theta$

- r = jarak dari poros ke titik kerja gaya (lengan);
- θ = sudut antara **arah gaya** dan **lengan** (garis dari poros ke titik kerja).

Mengapa ada $\sin\theta$? Gaya diuraikan menjadi dua komponen (Gambar 2.18). Komponen yang **tegak lurus** lengan ($F\sin\theta$) memutar benda. Komponen yang **sejajar** lengan ($F\cos\theta$) hanya mendorong atau menarik poros, sehingga tidak memutar. Coba dorong pintu tepat ke arah engselnya: sekuat apa pun dorongan itu, pintu tidak berputar.



Gambar 2.18 Hanya komponen gaya yang tegak lurus lengan yang memutar; momen gaya juga sama dengan gaya dikali jarak tegak lurus d dari poros ke garis kerja gaya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

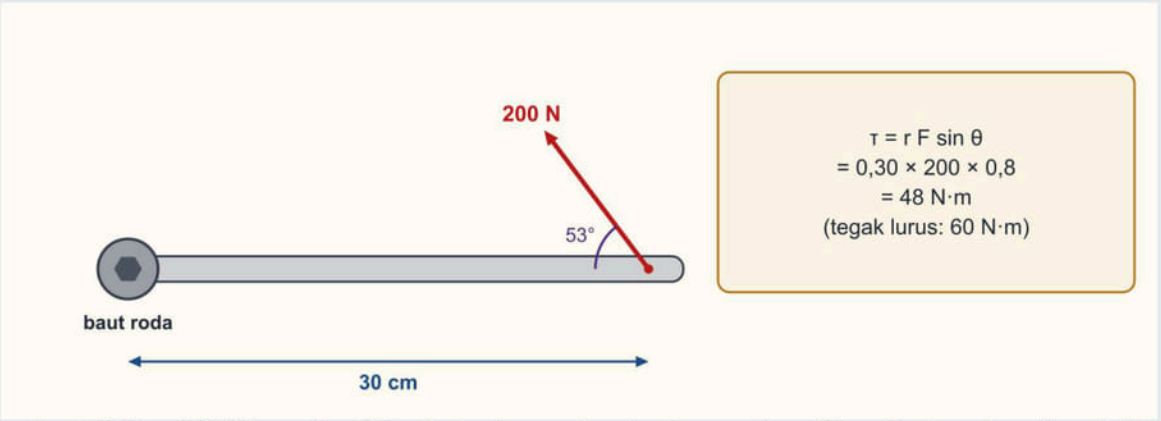
Cara lain menghitung: $\tau = F \times d$, dengan d jarak **tegak lurus** dari poros ke garis kerja gaya (lengan momen). Karena $d = r\sin\theta$, kedua cara memberi hasil sama. Satuan momen gaya adalah N·m.

Arah putar dan tanda. Pilih satu arah putar sebagai positif (misalnya berlawanan arah jarum jam). Momen gaya yang memutar ke arah sebaliknya bertanda negatif. Momen gaya total adalah jumlah semua momen dengan tandanya.

Contoh terselesaikan 1: membuka baut roda

Seorang montir menarik ujung kunci roda sepanjang 30 cm dengan gaya 200 N yang membentuk sudut 53° terhadap batang kunci (Gambar 2.19). Berapa momen gaya yang dihasilkan, dan bagaimana bila gayanya tegak lurus batang?

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



Gambar 2.19 Gaya 200 N bersudut 53° terhadap batang kunci roda sepanjang 30 cm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. $\tau = rF\sin\theta = 0{,}30 \times 200 \times \sin 53^\circ = 0{,}30 \times 200 \times 0{,}8 = 48$ N·m.
2. Bila gaya tegak lurus batang ($\theta = 90^\circ, \sin 90^\circ = 1$): $\tau = 0{,}30 \times 200 = 60$ N·m, nilai terbesar untuk gaya dan lengan itu.
3. Bila arah gaya sejajar batang ($\theta = 0$), momen gayanya nol, dan baut tidak berputar sekuat apa pun tarikannya.
4. Makna praktis: untuk membuka baut yang sangat kencang, tarik tegak lurus gagang dan pegang di ujung gagang. Menyambung gagang dengan pipa (lengan dua kali) menggandakan momen gaya dengan tenaga yang sama.

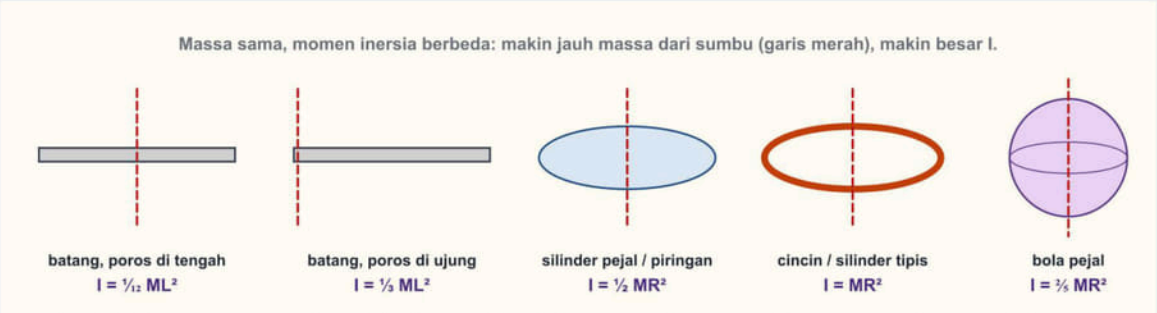
2. Momen inersia

Pada gerak lurus, massa adalah ukuran kelembaman: makin besar massa, makin sulit dipercepat. Pada gerak putar, ukuran kelembamannya adalah **momen inersia** I: makin besar I, makin sulit benda dipercepat berputar (dan makin sulit dihentikan). Momen inersia bergantung pada massa **dan** sebaran massa terhadap poros:

$$I = \sum mr^2$$

Setiap bagian kecil benda menyumbang massanya dikali **kuadrat** jaraknya dari poros. Jadi massa yang jauh dari poros menyumbang jauh lebih banyak. Itulah sebabnya pemain akrobat di atas tali membawa tongkat panjang: tongkat menambah momen inersia, sehingga tubuhnya lebih lambat terguling dan lebih mudah diseimbangkan. Pemain seluncur es yang berputar menarik lengannya ke dada untuk mengurangi momen inersia, sehingga putarannya makin cepat.

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



Gambar 2.20 Rumus momen inersia beberapa benda homogen bermassa M; garis merah menunjukkan sumbu putar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Benda (massa M)	Poros	I
Partikel pada jarak r	—	Mr^2
Batang tipis panjang L	di tengah	$\frac{1}{12}ML^2$
Batang tipis panjang L	di ujung	$\frac{1}{3}ML^2$
Silinder pejal atau piringan, jari-jari R	sumbu silinder	$\frac{1}{2}MR^2$
Cincin atau silinder berongga tipis	sumbu	MR^2
Bola pejal	melalui pusat	$\frac{2}{5}MR^2$

Perhatikan pada Gambar 2.20: cincin mempunyai momen inersia terbesar untuk massa dan jari-jari yang sama, karena seluruh massanya berada di tepi. Batang yang diputar di ujung mempunyai momen inersia empat kali batang yang diputar di tengah. Soal TKA biasanya memberikan rumus momen inersia; tugasmu adalah **memilih** rumus yang sesuai letak poros. Kunci pas yang memutar baut berporos di **ujung** batang (di baut), bukan di tengahnya. Momen inersia sebanding dengan **kuadrat** jarak: roda dengan massa sama tetapi jari-jari dua kali mempunyai momen inersia empat kali.

3. Hukum II Newton untuk rotasi

Hubungan momen gaya dan percepatan sudut α (rad/s^2) mirip hukum II Newton:

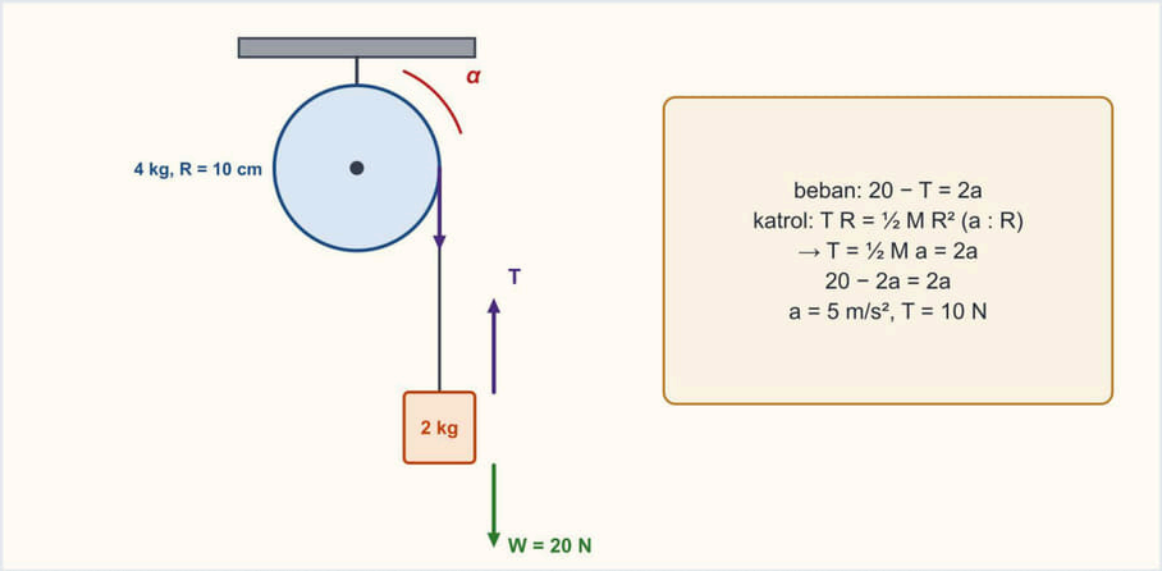
$$\Sigma\tau = I\alpha \qquad (\text{bandingkan: } \Sigma F = ma)$$

Momen gaya berperan seperti gaya, momen inersia seperti massa, dan percepatan sudut seperti percepatan. Untuk tali yang dililitkan pada roda tanpa selip, percepatan tali dan percepatan sudut roda dihubungkan oleh $a = \alpha R$, sama seperti $v = \omega R$ pada sub bab 1.6.

Contoh terselesaikan 2: beban pada katrol bermassa

Beban 2 kg digantung pada tali yang dililitkan pada katrol berbentuk piringan bermassa 4 kg dan berjari-jari 10 cm. Beban dilepas dari diam ($g = 10$ m/s^2). Berapa percepatan beban dan tegangan tali (Gambar 2.21)?

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



Gambar 2.21 Tegangan tali menarik beban ke atas dan sekaligus memutar katrol. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Beban (arah turun positif): $20 - T = 2a$.
2. Katrol: momen gaya oleh tali $TR = I\alpha = \frac{1}{2}(4)R^2 \cdot \dfrac{a}{R} \rightarrow T = 2a$.
3. Gabungkan: $20 - 2a = 2a \rightarrow a = 5\ \text{m/s}^2, T = 10\ \text{N}$.
4. Makna: tegangan tali lebih kecil daripada berat beban (20 N), dan percepatan lebih kecil daripada g, karena sebagian gaya dipakai untuk memutar katrol. Bila katrolnya dianggap tak bermassa, $a = g$ dan $T = 0$: beban jatuh bebas. Katrol yang lebih berat membuat beban turun lebih lambat.

4. Kesetimbangan benda tegar

Benda tegar (benda yang bentuknya tidak berubah) **setimbang** bila diam dan tidak berputar. Syaratnya dua: tidak ada gaya total (agar tidak bergeser) dan tidak ada momen gaya total (agar tidak berputar):

$$\Sigma F_x = 0, \qquad \Sigma F_y = 0, \qquad \Sigma \tau = 0 \ (\text{terhadap titik mana pun})$$

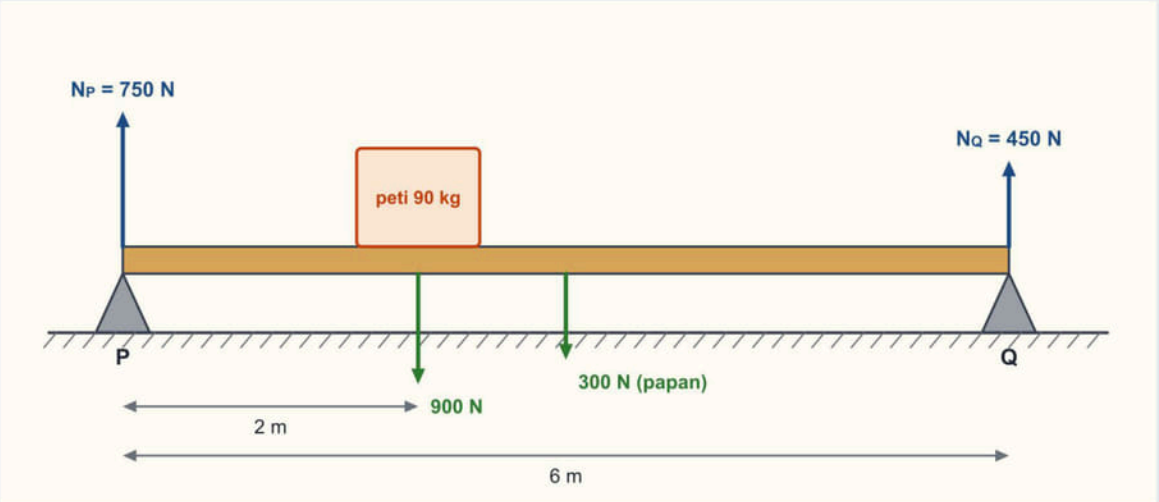
Berat benda homogen bekerja di **titik beratnya** (tengah batang atau papan). Jungkat-jungkit seimbang bila momen anak di kiri sama dengan momen anak di kanan: anak yang lebih berat harus duduk lebih dekat ke poros.

Trik utama: pilih poros di titik tempat bekerja gaya yang **belum diketahui**, agar gaya itu hilang dari persamaan momen (lengannya nol). Karena $\Sigma \tau = 0$ berlaku terhadap titik mana pun, kamu bebas memilih titik yang paling memudahkan, dan titik lain dapat dipakai untuk mengecek.

Contoh terselesaikan 3: papan pada dua penyangga

Papan homogen 6 m bermassa 30 kg ditopang di kedua ujungnya (P dan Q). Sebuah peti 90 kg diletakkan 2 m dari P ($g = 10\ \text{m/s}^2$). Berapa gaya yang ditopang tiap penyangga (Gambar 2.22)?

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



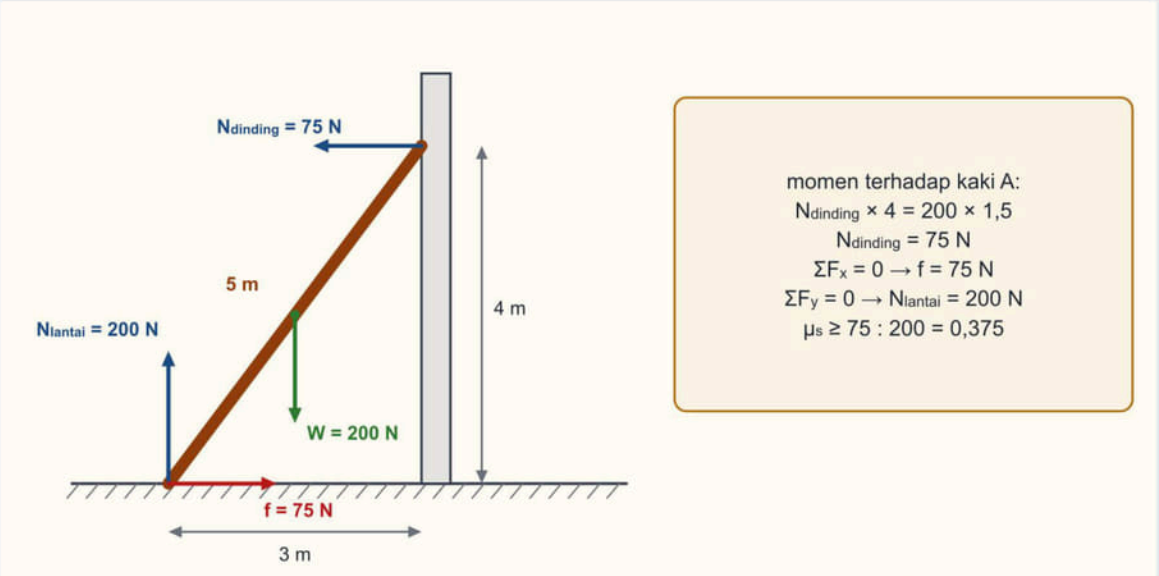
Gambar 2.22 Gaya-gaya pada papan: berat peti, berat papan di tengah, dan gaya dari dua penyangga. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Momen terhadap P (gaya N_P hilang): $N_Q(6) = 300(3) + 900(2) = 2.700 \rightarrow N_Q = 450$ N.
2. Gaya tegak: $N_P + N_Q = 300 + 900 \rightarrow N_P = 1.200 - 450 = 750$ N.
3. Cek dengan momen terhadap Q: $N_P(6) = 300(3) + 900(4) = 4.500 \rightarrow N_P = 750$ N ✓.
4. Makna: penyangga yang lebih dekat ke peti menopang beban lebih besar.

Contoh terselesaikan 4: tangga bersandar pada dinding licin

Tangga homogen 5 m bermassa 20 kg bersandar pada dinding licin. Kaki tangga berada 3 m dari dinding, dan ujung atasnya menyentuh dinding pada ketinggian 4 m ($g = 10$ m/s^2). Berapa gaya gesek yang diperlukan di lantai, dan berapa koefisien gesek statis minimum agar tangga tidak tergelincir?



Gambar 2.23 Gaya-gaya pada tangga: berat di tengah, gaya normal dinding (mendatar), serta gaya normal dan gesek lantai di kaki tangga. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Penyelesaian.

1. Gaya-gayanya (Gambar 2.23): berat 200 N di tengah tangga (1,5 m mendatar dari kaki), gaya normal dinding N_d mendatar di puncak (dinding licin, tanpa gesekan), gaya normal lantai N_l dan gesekan lantai f di kaki.
2. Momen terhadap kaki tangga (dua gaya lantai hilang): $N_d \times 4 = 200 \times 1{,}5 \rightarrow N_d = 75$ N.
3. $\Sigma F_x = 0 \rightarrow f = N_d = 75$ N; $\Sigma F_y = 0 \rightarrow N_l = 200$ N.
4. Tangga aman bila $f \le \mu_s N_l$, jadi $\mu_s \ge \dfrac{75}{200} = 0{,}375$. Makin tinggi orang memanjat, makin besar gesekan yang diperlukan, sehingga tangga paling berbahaya saat orang berada di dekat puncaknya.

5. Momen gaya pada alat sehari-hari dan pada tubuh

Banyak alat sederhana bekerja dengan memanfaatkan momen gaya. Semuanya mengikuti satu prinsip: pada kesetimbangan, **gaya kali lengannya** di kedua sisi poros sama besar. Gaya kecil dengan lengan panjang dapat mengimbangi gaya besar dengan lengan pendek.

1. **Pembuka tutup botol dan linggis.** Poros berada dekat beban (tutup botol atau batu), dan tangan menekan jauh dari poros. Lengan tangan yang panjang membuat gaya tangan yang kecil cukup untuk mengangkat beban yang besar.
2. **Gunting.** Kertas tebal atau kardus lebih mudah dipotong di dekat engsel gunting. Di sana lengan beban pendek, sehingga gaya potong yang dihasilkan tangan menjadi besar.
3. **Gagang pintu.** Gagang dipasang di sisi yang jauh dari engsel agar momen gaya terbesar diperoleh dengan dorongan kecil. Mendorong pintu di dekat engsel terasa jauh lebih berat.
4. **Lengan bawah manusia.** Siku adalah poros, dan otot bisep menempel hanya sekitar 4–5 cm dari siku, sedangkan beban di telapak tangan berada sekitar 30–35 cm dari siku. Akibatnya otot harus menarik dengan gaya beberapa kali lebih besar daripada berat beban yang dipegang. Tubuh "mengorbankan" gaya demi kecepatan dan jangkauan gerak tangan.

Titik berat dan kestabilan. Benda tidak terguling selama garis tegak melalui titik beratnya masih jatuh di dalam **bidang tumpunya**. Bila benda dimiringkan sampai garis itu keluar dari bidang tumpu, momen gaya berat membuat benda terguling. Karena itu, benda dengan titik berat rendah dan alas lebar, seperti truk tangki yang kosong bagian atasnya, lebih stabil daripada benda tinggi beralas sempit. Penumpang bus diminta tidak menumpuk barang berat di bagasi atap agar titik berat bus tidak naik. Saat membawa ember berat di satu tangan, tubuh kita condong ke sisi berlawanan agar titik berat gabungan tetap di atas kaki.

Langkah menyelesaikan soal kesetimbangan. (1) Gambar benda dan semua gaya, termasuk berat di titik berat; (2) tulis jarak setiap gaya dari poros yang dipilih; (3) tulis $\Sigma\tau = 0$ dengan tanda arah putar; (4) lengkapi dengan $\Sigma F = 0$; (5) cek dengan poros lain. Bila jawaban gaya bernilai negatif, berarti arah gaya yang dimisalkan terbalik.

Ringkasan

- $\tau = rF\sin\theta = F \cdot d$; hanya komponen gaya tegak lurus lengan yang memutar; gaya sejajar lengan tidak memutar.

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

- Momen inersia $I = \Sigma mr^2$: bergantung pada massa dan jaraknya dari poros (kuadrat); pilih rumus sesuai letak poros.
- $\Sigma\tau = I\alpha$ (analogi $\Sigma F = ma$); tali tanpa selip: $a = \alpha R$.
- Setimbang: $\Sigma F = 0$ dan $\Sigma\tau = 0$; ambil momen terhadap titik gaya yang belum diketahui.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal rotasi

1. **Tentukan poros** (titik putar sebenarnya, atau titik yang kamu pilih untuk kesetimbangan).
2. **Untuk setiap gaya,** tentukan lengan r dan sudut antara gaya dan lengan, lalu hitung $\tau = rF\sin\theta$ beserta tandanya.
3. **Pilih momen inersia yang sesuai letak poros.** Ubah satuan: gram → kg, cm → m.
4. **Untuk gerak:** $\Sigma\tau = I\alpha$; bila ada tali pada roda, hubungkan dengan $a = \alpha R$ dan tulis juga $\Sigma F = ma$ untuk beban.
5. **Untuk kesetimbangan:** ambil momen terhadap titik gaya yang belum diketahui, lalu lengkapi dengan $\Sigma F = 0$. Cek dengan titik poros lain.

Jebakan khas

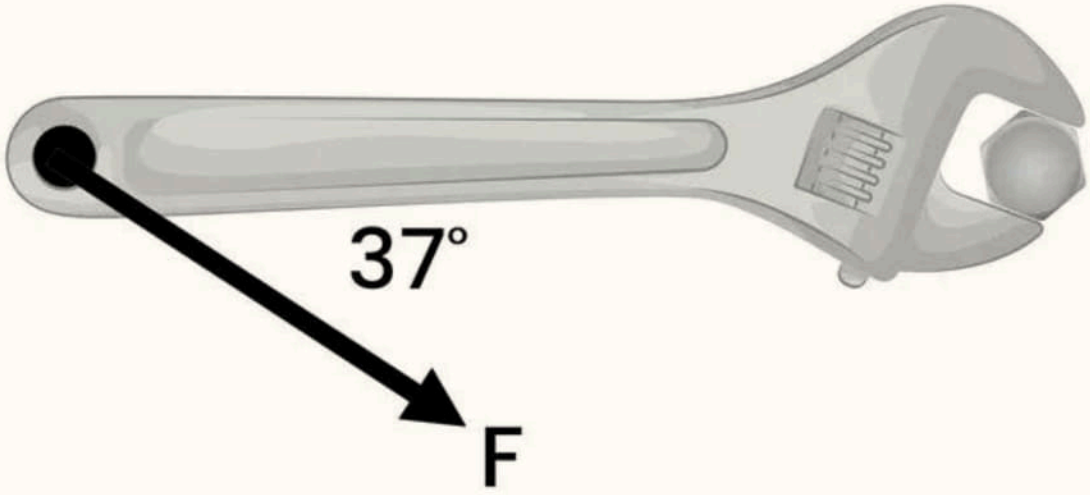
Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
cos dipakai, padahal sudut diukur dari batang	$\tau = rF\cos 37^\circ$ pada kunci pas	θ adalah sudut antara gaya dan lengan → $\sin\theta$
Poros batang tertukar	kunci pas berporos di baut dihitung $\frac{1}{12}ML^2$	poros di ujung → $\frac{1}{3}ML^2$
Satuan tidak diubah	massa 500 g, panjang 20 cm langsung dimasukkan	ubah ke kg dan m
Momen inersia dianggap sebanding dengan R	jari-jari dua kali → I dua kali	$I \propto R^2$
Tegangan tali pada katrol bermassa dianggap sama dengan berat beban	$T = mg$	$T = m(g - a)$, dengan a dari $\tau = I\alpha$
Lengan gaya diambil jarak sepanjang benda miring	tangga: memakai jarak sepanjang tangga untuk berat	pakai jarak **tegak lurus** dari poros ke garis kerja gaya
Berat batang diabaikan	papan atau mainan gantung dianggap ringan padahal bermassa	berat batang homogen bekerja di tengahnya

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

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-10) dijawab benar oleh 23,10 % peserta. Dua keputusan menentukan jawaban: sudut 37° diukur terhadap batang kunci, jadi komponen yang memutar adalah $F\sin 37^\circ$; dan poros berada di baut, yaitu di ujung batang. Kerjakan dulu sebelum membaca pembahasan.

►. Sebuah kunci pas digunakan untuk memutar baut dengan tujuan mengencangkan atau mengendorkan baut seperti gambar.
Agar kunci pas dapat berfungsi optimal untuk mengencangkan baut, diperlukan gaya $F = 15$ N yang membentuk sudut 37° terhadap posisi horizontal kunci pas yang panjangnya 20 cm. Berapakah percepatan sudut yang dihasilkan oleh gaya F tersebut jika kunci pas dianggap batang homogen bermassa 500 gram? ($\sin 37^\circ = 0{,}6$ dan $\cos 37^\circ = 0{,}8$)



A. 180 rad.s^{-2}
B. 270 rad.s^{-2}
C. 360 rad.s^{-2}
D. 1.080 rad.s^{-2}
E. 1.440 rad.s^{-2}

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 23,10 %

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: $\tau = I\alpha$, dengan $\tau = rF\sin\theta$ (θ = sudut antara gaya dan lengan). Kunci pas berputar terhadap baut (salah satu ujung), sehingga momen inersia batang homogen terhadap ujungnya $I = \frac{1}{3}mL^2$.

Langkah 1 – Momen gaya. $\tau = (0{,}20)(15)\sin 37^\circ = 3 \times 0{,}6 = 1{,}8$ N.m.
Langkah 2 – Momen inersia. $I = \frac{1}{3}(0{,}5)(0{,}20)^2 = \frac{1}{3}(0{,}02) = 6{,}67 \times 10^{-3}$ kg.m².
Langkah 3 – Percepatan sudut. $\alpha = \dfrac{\tau}{I} = \dfrac{1{,}8}{0{,}02/3} = \dfrac{5{,}4}{0{,}02} = 270$ rad.s^{-2}.

Asal pengecoh:
• 360 rad.s^{-2}: memakai $\cos 37^\circ$ (komponen gaya sejajar batang tidak menghasilkan torsi).

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

- 1.080 rad.s^{-2}: memakai $I = \frac{1}{12}mL^2$ (poros di tengah batang).
- 1.440 rad.s^{-2}: $I = \frac{1}{12}mL^2$ sekaligus memakai $\cos 37^\circ$.
- 180 rad.s^{-2}: memakai $I = \frac{1}{2}mL^2$.

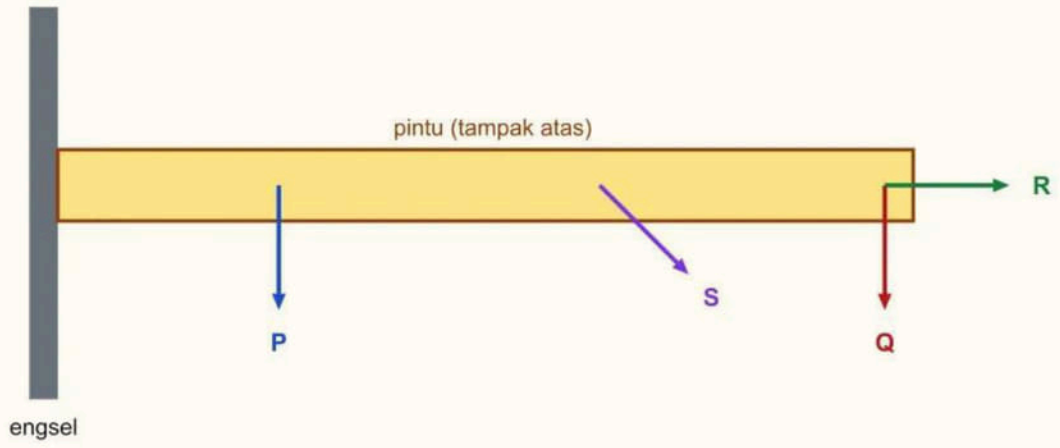
Jawaban: B.

Perhatikan bahwa setiap pengecoh adalah hasil dari tepat satu keputusan yang salah: cos (360), poros di tengah (1.080), keduanya sekaligus (1.440), atau rumus silinder (180).

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membandingkan momen beberapa gaya pada pintu. Bandingkan lengan momen dan komponen gaya yang tegak lurus pintu; gaya yang garis kerjanya melewati engsel tidak memutar pintu.

►. Gambar menunjukkan sebuah pintu yang dilihat dari atas, dengan engsel di sebelah kiri. Empat gaya P, Q, R, dan S yang sama besar dapat dikerjakan pada pintu dengan letak dan arah seperti pada gambar.
Gaya yang paling mudah membuka pintu (menghasilkan momen gaya terbesar) adalah ....



A. gaya P, karena paling dekat dengan engsel
B. gaya S, karena arahnya miring terhadap pintu
C. gaya R, karena dikerjakan di ujung pintu
D. semua gaya menghasilkan momen yang sama
E. gaya Q, karena terjauh dan tegak lurus pintu

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

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: momen gaya $\tau = F\,d\sin\theta$: terbesar bila gaya tegak lurus dan sejauh mungkin dari sumbu putar.

Analisis opsi:

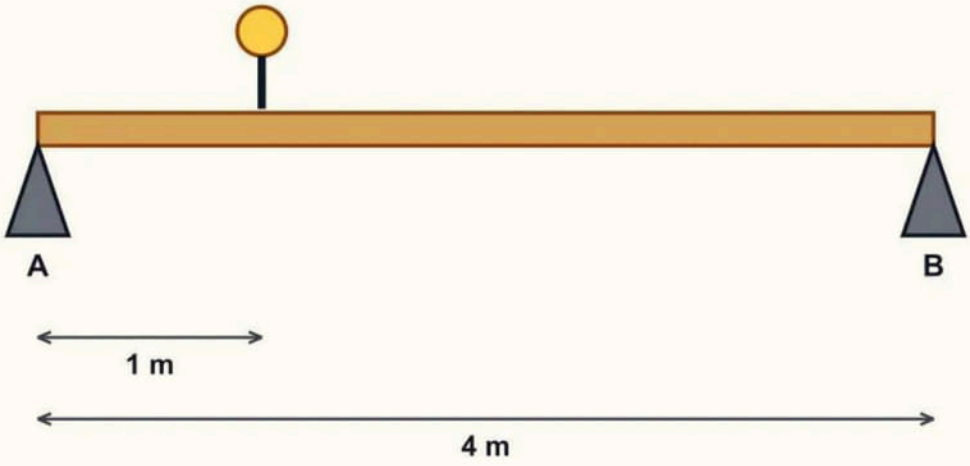
- A ✗ – makin dekat engsel, lengan momen makin kecil.
- B ✗ – arah miring hanya memberi komponen tegak lurus sebagian.
- C ✗ – R sejajar pintu, garis kerjanya melalui engsel, momennya nol.
- D ✗ – momen bergantung pada letak dan arah, bukan hanya besar gaya.
- E ✓ – lengan momen terbesar dan seluruh gaya tegak lurus.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis dulu letak poros, lalu lengan setiap gaya terhadap poros itu.

1. Papan kayu homogen sepanjang 4 m bermassa 20 kg diletakkan di atas dua penyangga A dan B di kedua ujungnya sebagai jembatan di atas parit. Seorang anak bermassa 60 kg berdiri 1 m dari penyangga A, seperti pada gambar. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Gaya yang dikerjakan penyangga A pada papan adalah ....

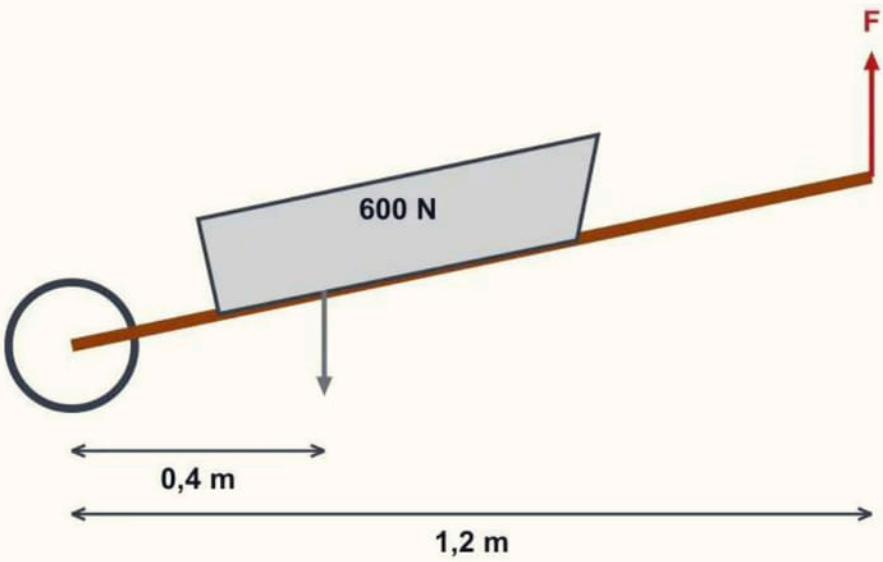


A. 250 N
B. 400 N
C. 650 N
D. 800 N
E. 550 N

2. Seorang pekerja mengangkat gagang gerobak sorong. Berat gerobak dan muatannya 600 N bekerja pada titik yang berjarak mendatar 0,4 m dari poros roda, sedangkan tangan

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

pekerja berjarak mendatar 1,2 m dari poros roda, seperti pada gambar. Gaya angkat tegak minimal yang diperlukan pekerja adalah ....



A. 200 N
B. 600 N
C. 1.800 N
D. 400 N
E. 300 N

Kunci singkat: 1. E 2. A

✔ PERIKSA DIRI

- Gaya 15 N membentuk sudut 37° terhadap batang kunci. Komponen mana yang memutar baut, dan berapa besarnya?
- Mengapa momen inersia batang lebih besar bila diputar di ujungnya daripada di tengahnya?
- Pada soal kesetimbangan, mengapa poros sebaiknya dipilih di titik tempat bekerja gaya yang belum diketahui?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-2.4

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

Kuis Akhir Bab 2

FIS-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.

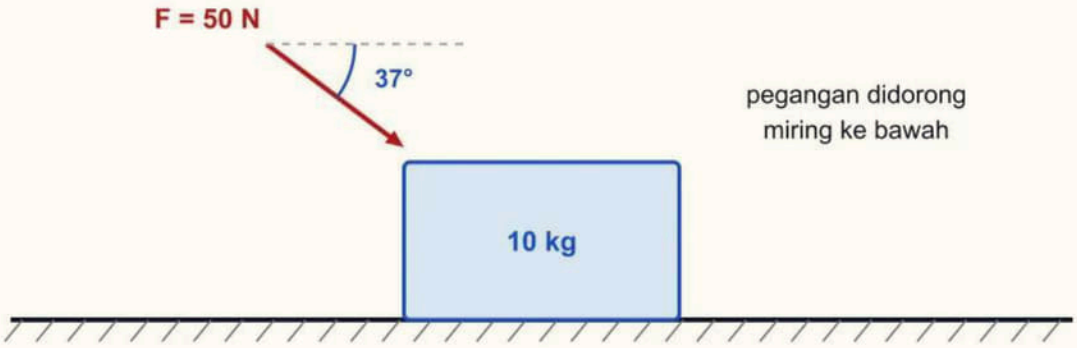
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-KB2

1. Dalam sebuah pertunjukan sains, Dita meletakkan selembar kartu di atas mulut gelas, lalu menaruh sebuah koin di atas kartu. Ketika kartu disentil cepat secara mendatar, kartu terlempar ke samping, sedangkan koin jatuh lurus ke dalam gelas. Ketika kartu didorong perlahan, koin ikut bergeser bersama kartu.
Penjelasan yang paling tepat untuk peristiwa saat kartu disentil cepat adalah ....

A. Sentilan memberi koin gaya ke samping yang lebih kecil daripada beratnya sehingga koin hanya jatuh ke bawah.
B. Koin lebih berat daripada kartu sehingga percepatan jatuh koin lebih besar daripada percepatan kartu.
C. Koin cenderung mempertahankan keadaan diamnya karena gaya gesek kartu bekerja terlalu singkat padanya.
D. Kartu mendorong koin ke samping dan koin mendorong kartu dengan gaya sama besar sehingga koin tetap diam.
E. Gaya gesek antara kartu dan koin hilang ketika kartu bergerak cepat sehingga koin tidak mendapat gaya apa pun.

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

2. Pak Udin mendorong kotak perkakas bermassa 10 kg di lantai datar. Ia menekan kotak dengan gaya 50 N yang arahnya miring ke bawah, membentuk sudut 37° terhadap arah mendatar, seperti pada gambar. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0{,}6$, dan $\cos 37^\circ = 0{,}8$. Besar gaya normal lantai pada kotak adalah ....

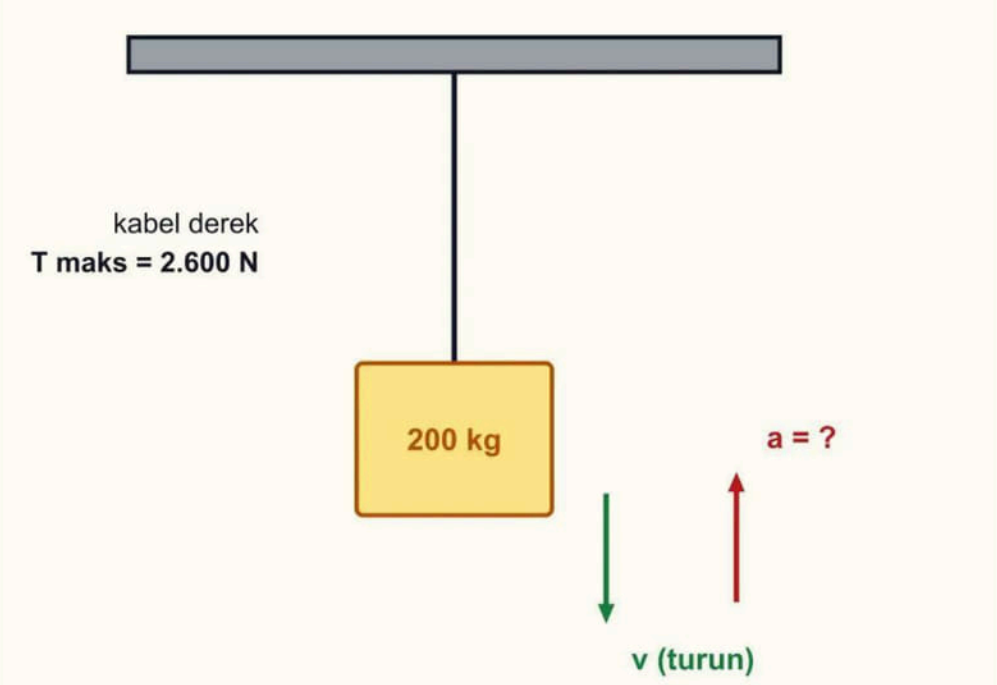


A. 100 N
B. 130 N
C. 70 N
D. 140 N
E. 60 N

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

3. Sebuah derek di proyek bangunan menurunkan peti material bermassa 200 kg dengan kabel baja. Kabel tersebut aman dipakai selama tegangannya tidak lebih dari 2.600 N. Saat peti sedang bergerak turun, operator derek mengerem agar peti melambat sebelum menyentuh tanah. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Perlambatan terbesar yang boleh diberikan operator agar kabel tetap aman adalah ....

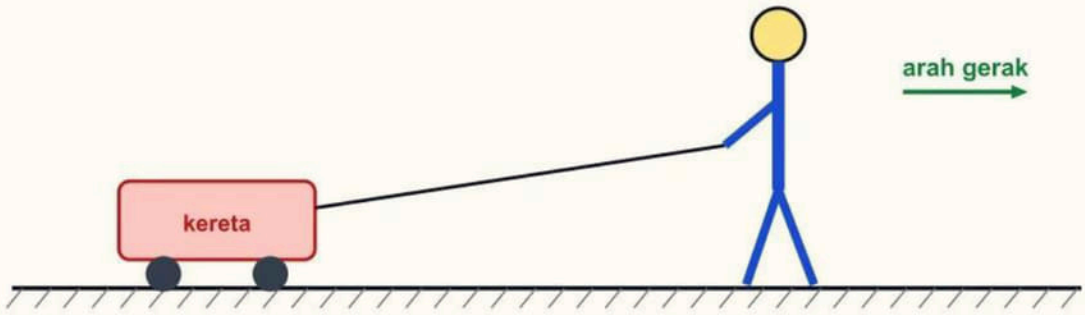


A. $3\ \text{m/s}^2$
B. $13\ \text{m/s}^2$
C. $7\ \text{m/s}^2$
D. $10\ \text{m/s}^2$
E. $1{,}3\ \text{m/s}^2$

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

4. Seorang anak menarik kereta mainan dengan tali di lantai datar sehingga keduanya bergerak ke kanan, seperti pada gambar.
Pasangan gaya berikut yang merupakan pasangan aksi–reaksi adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

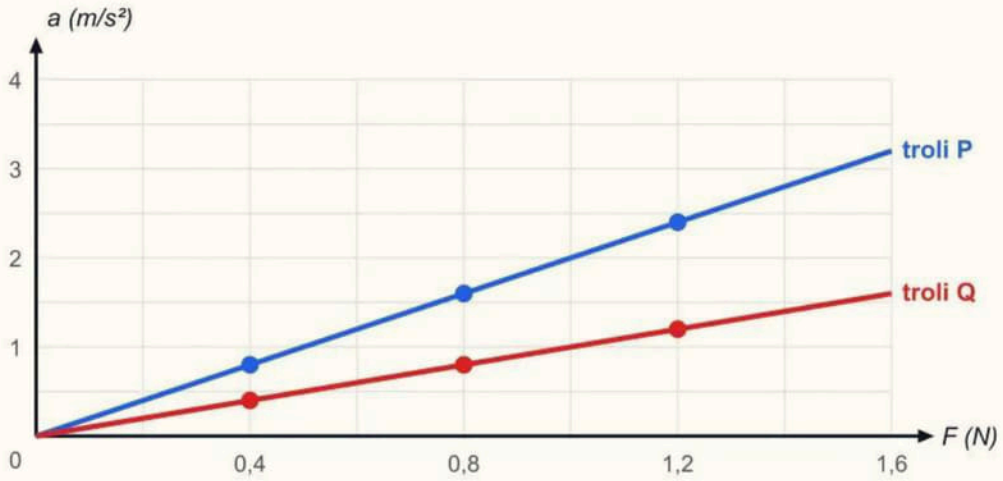


Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tarikan tangan anak pada tali dan tarikan tali pada tangan anak.
☐ B. Berat kereta ke bawah dan gaya normal yang diberikan lantai pada kereta ke atas.
☐ C. Dorongan kaki anak pada lantai dan dorongan lantai pada kaki anak.
☐ D. Tarikan tali pada kereta ke kanan dan gaya gesek lantai pada kereta ke kiri.
☐ E. Tarikan Bumi pada kereta dan tarikan kereta pada Bumi.

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

5. Dalam praktikum hukum II Newton, dua troli P dan Q ditarik di lintasan licin dengan gaya mendatar yang diukur neraca pegas. Untuk setiap gaya, percepatan troli diukur dengan sensor gerak. Hasilnya digambarkan pada grafik percepatan a terhadap gaya F berikut. Berdasarkan grafik, massa troli Q dan kesimpulan yang tepat adalah ....



A. 0,5 kg; troli Q lebih ringan karena garisnya lebih landai
B. 2 kg; percepatan troli tidak bergantung pada gaya tarik
C. 1 kg; percepatan tidak bergantung pada massa troli
D. 1 kg; massa troli Q dua kali massa troli P
E. 2 kg; massa troli Q setengah massa troli P

6. **Percobaan troli dan beban gantung**

Tujuan: menyelidiki pengaruh massa troli terhadap percepatannya bila ditarik gaya yang sama.

Langkah:

1. Letakkan troli di lintasan datar, lalu hubungkan troli dengan beban gantung 100 g melalui tali dan katrol di ujung meja.
2. Lepaskan troli dari keadaan diam dan ukur percepatannya dengan pewaktu ketik.
3. Tambahkan keping logam 200 g di atas troli, lalu ulangi langkah 2 dengan beban gantung yang sama.
4. Ulangi dengan tambahan keping 400 g dan 600 g.

Variabel bebas, terikat, dan kontrol yang tepat pada percobaan tersebut adalah ....

A. bebas = percepatan troli; terikat = massa troli; kontrol = massa beban gantung
B. bebas = massa beban gantung; terikat = percepatan troli; kontrol = massa troli
C. bebas = massa troli; terikat = gaya tarik tali; kontrol = jenis lintasan
D. bebas = jenis lintasan; terikat = percepatan troli; kontrol = massa troli
E. bebas = massa troli; terikat = percepatan troli; kontrol = massa beban gantung

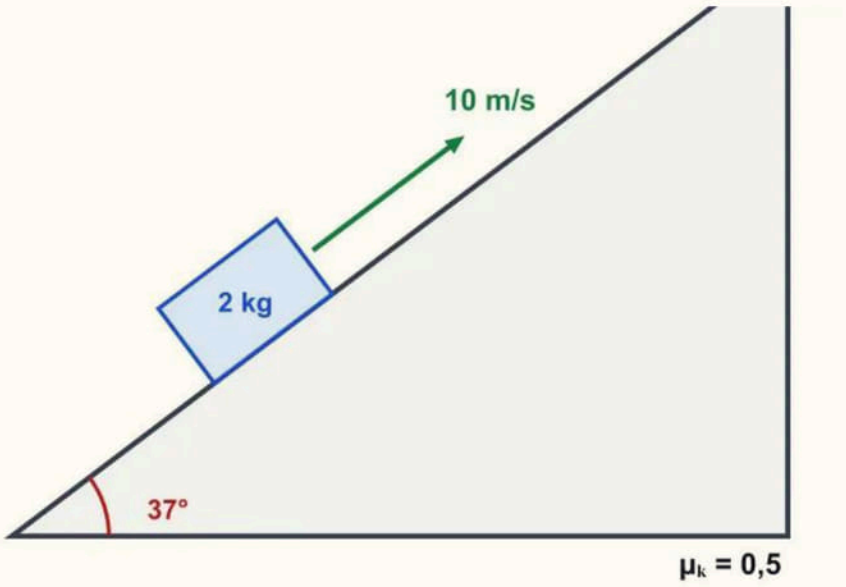
7. Sebuah mobil bermassa 1.200 kg mogok di jalan datar. Tiga orang mendorongnya bersama-sama dengan gaya total 600 N searah jalan. Selama didorong, mobil mengalami

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

gaya hambat (gesekan ban dan hambatan lain) yang tetap sebesar 240 N.
Percepatan mobil selama didorong adalah ....

A. $0{,}50\ \text{m/s}^2$
B. $0{,}20\ \text{m/s}^2$
C. $0{,}30\ \text{m/s}^2$
D. $0{,}70\ \text{m/s}^2$
E. $3{,}0\ \text{m/s}^2$

8. Sebuah balok 2 kg didorong sekali sehingga meluncur naik pada bidang miring kasar dengan kelajuan awal 10 m/s, lalu dibiarkan bergerak sendiri. Bidang miring membentuk sudut 37° terhadap tanah dan koefisien gesek kinetisnya 0,5, seperti pada gambar.
Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0{,}6$, dan $\cos 37^\circ = 0{,}8$.
Jarak yang ditempuh balok sepanjang bidang miring sampai berhenti sesaat adalah ....



A. 5,0 m
B. 8,3 m
C. 25 m
D. 10 m
E. 50 m

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

9. Seorang petugas gudang mendorong sebuah peti bermassa 50 kg yang mula-mula diam di lantai datar dengan gaya mendatar 150 N, seperti pada gambar. Koefisien gesek statis dan kinetis antara peti dan lantai berturut-turut 0,4 dan 0,3. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Besar gaya gesek yang bekerja pada peti adalah ....

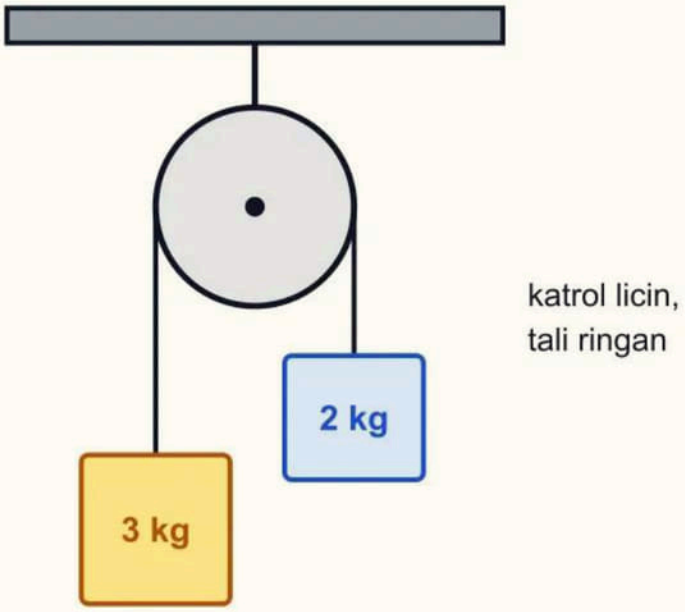


A. 200 N
B. 150 N
C. 0 N
D. 50 N
E. 1.500 N

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

10. Dua beban, 3 kg dan 2 kg, digantung pada ujung-ujung tali ringan yang dilewatkan pada katrol licin, seperti pada gambar. Sistem dilepas dari keadaan diam. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$. Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

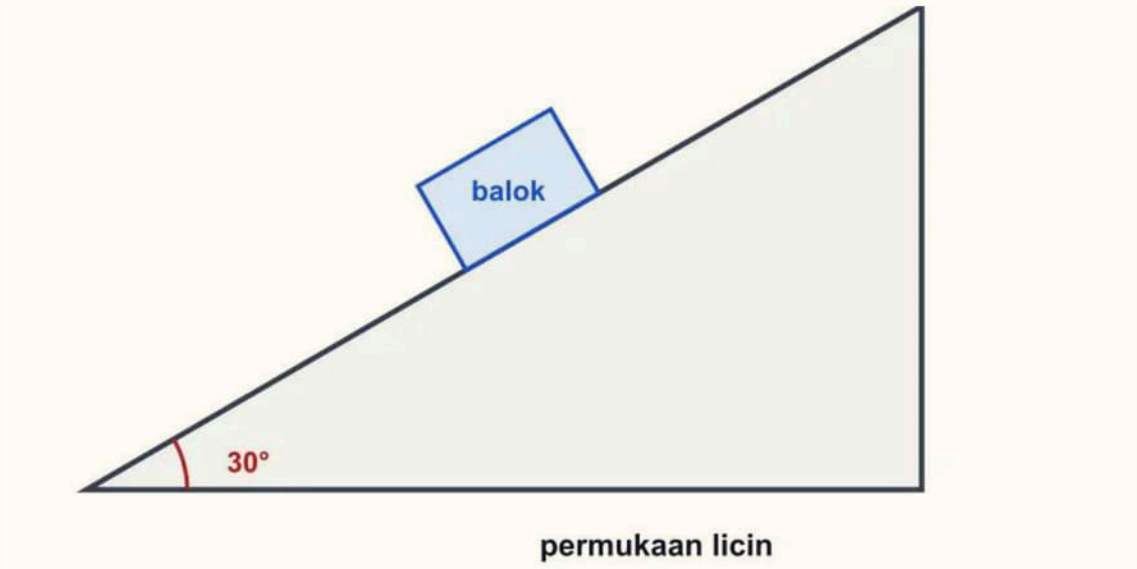
Pernyataan	Benar	Salah
Tegangan tali sama dengan berat beban 3 kg, yaitu 30 N.	○	○
Percepatan kedua beban sebesar 2 m/s^2.	○	○
Tegangan tali lebih besar daripada berat beban 2 kg.	○	○

11. Pada pagi yang kering, Pak Rahmat memarkir mobilnya di jalan beton yang agak menanjak, dengan rem tangan terpasang, dan mobil tetap diam. Sore harinya hujan deras dan permukaan jalan dilapisi air bercampur lumpur. Mobil yang sama, di tempat yang sama dengan rem tangan tetap terpasang, perlahan tergelincir menuruni jalan.
Penjelasan yang paling tepat untuk peristiwa tersebut adalah ....

A. Komponen berat mobil sejajar jalan bertambah besar saat jalan basah sehingga mobil terdorong turun.
B. Gaya normal jalan pada mobil hilang saat permukaan dilapisi air sehingga mobil tidak lagi ditahan jalan.
C. Air hujan menambah massa mobil sehingga gaya yang menarik mobil menuruni jalan menjadi lebih besar.
D. Gesek statis maksimum berkurang saat jalan licin sehingga tak cukup menahan komponen berat sejajar jalan.
E. Rem tangan melemah karena basah sehingga roda berputar bebas walaupun gesekan ban dengan jalan tetap.

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

12. Sebuah balok kayu dilepas dari keadaan diam di atas papan luncur yang licin (gesekan dapat diabaikan). Papan dimiringkan 30° terhadap lantai, seperti pada gambar. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Percepatan balok saat meluncur di papan adalah ....



A. $10\ \text{m/s}^2$
B. $8{,}7\ \text{m/s}^2$
C. $2{,}5\ \text{m/s}^2$
D. $0\ \text{m/s}^2$
E. $5\ \text{m/s}^2$

13. Dua balok praktikum, A (4 kg) dan B (2 kg), dihubungkan seutas tali ringan di atas meja datar yang kasar. Balok A yang berada di depan ditarik dengan neraca pegas yang menunjukkan gaya mendatar tetap 60 N, sehingga kedua balok bergerak bersama. Koefisien gesek kinetis setiap balok dengan meja 0,2, dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Tegangan tali penghubung kedua balok adalah ....

A. 20 N
B. 40 N
C. 16 N
D. 60 N
E. 12 N

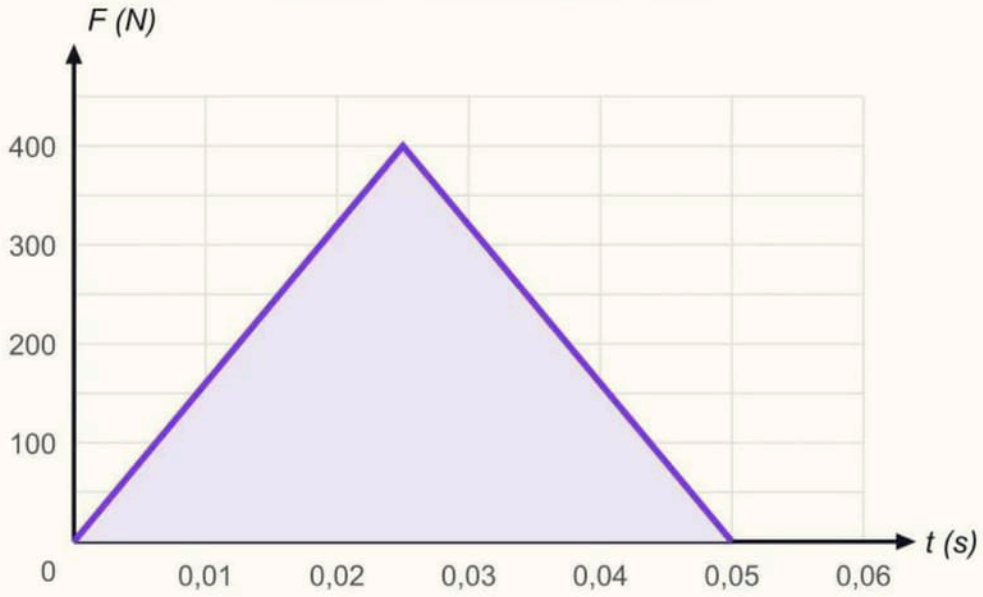
14. Dalam lomba "jatuhkan telur" di sekolah, setiap kelompok harus menjatuhkan sebutir telur mentah dari lantai dua tanpa memecahkannya. Kelompok Fira menjatuhkan telur ke atas tumpukan busa tebal, sedangkan kelompok lain menjatuhkan telur yang sama dari ketinggian yang sama ke lantai keramik. Telur di atas busa tidak pecah, sedangkan telur di

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

atas keramik pecah.
Penjelasan yang paling tepat adalah ....

A. Busa memperkecil perubahan momentum telur sehingga impuls yang diterima telur juga lebih kecil.
B. Busa membuat telur jatuh lebih lambat di udara sehingga kecepatannya saat menyentuh busa lebih kecil.
C. Busa memperpanjang waktu telur berhenti sehingga gaya rata-rata pada telur menjadi lebih kecil.
D. Busa menyerap seluruh momentum telur sehingga tidak ada gaya yang bekerja pada telur saat berhenti.
E. Busa memantulkan telur ke atas sehingga perubahan momentum telur menjadi dua kali lebih besar.

15. Sebuah bola sepak bermassa 0,2 kg diam di titik penalti. Saat ditendang, gaya kaki pada bola berubah terhadap waktu seperti grafik berikut. Abaikan gaya lain selama kaki menyentuh bola.
Kelajuan bola sesaat setelah lepas dari kaki adalah ....

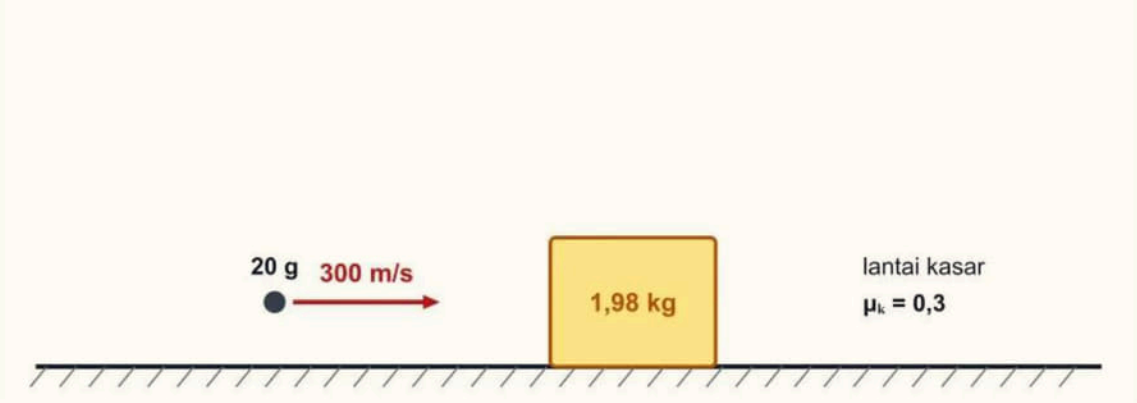


A. 100 m/s
B. 20 m/s
C. 25 m/s
D. 10 m/s
E. 50 m/s

16. Dalam uji balistik sederhana, sebutir peluru plastik 20 g yang melaju mendatar 300 m/s menembus dan tertanam di dalam balok kayu 1,98 kg yang mula-mula diam di lantai, seperti pada gambar. Setelah tumbukan, balok berisi peluru meluncur di lantai kasar

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

dengan koefisien gesek kinetis 0,3 sampai berhenti. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Jarak yang ditempuh balok sampai berhenti adalah ....



A. 1,53 m
B. 1,5 m
C. 15 m
D. 0,15 m
E. 3,0 m

17. Dalam praktikum tumbukan, troli A ditembakkan ke troli B yang diam di lintasan licin. Hasil pengukuran kecepatan (arah ke kanan positif) dicatat pada tabel berikut.

Troli	Massa (kg)	Kecepatan sebelum (m/s)	Kecepatan sesudah (m/s)
A	2	+3	+1
B	1	0	+4

Pernyataan yang benar berdasarkan data tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Energi kinetik total sistem berkurang 1 J setelah tumbukan.
☐ B. Momentum total sistem sebelum dan sesudah tumbukan sama besar.
☐ C. Tumbukan tersebut tergolong lenting sempurna.
☐ D. Gaya troli A pada troli B lebih besar daripada gaya B pada A karena A lebih berat.
☐ E. Impuls yang diterima troli B selama tumbukan sebesar 4 N·s.

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

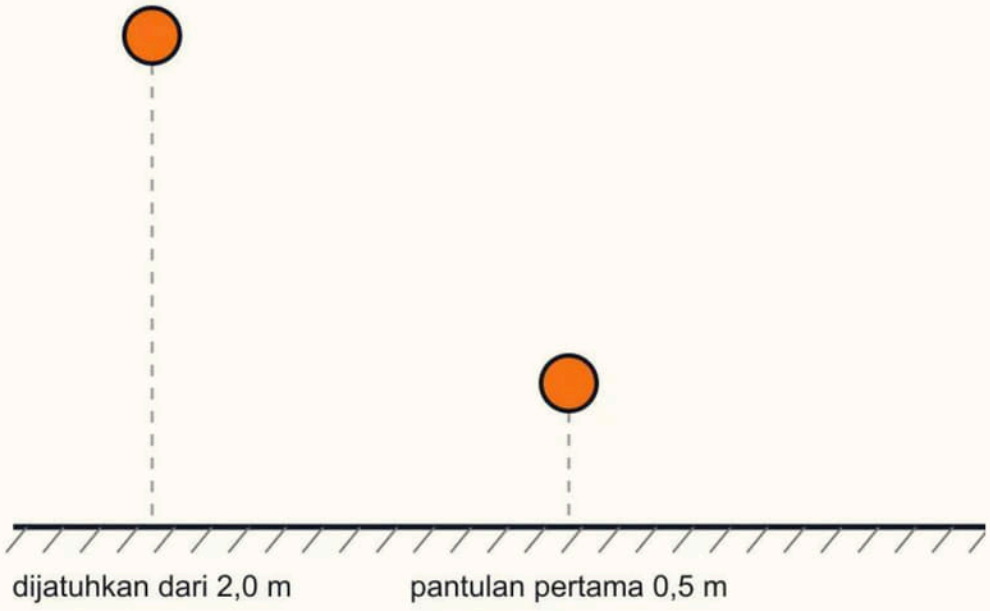
18. Seorang anak bermassa 40 kg berdiri di ujung perahu bermassa 120 kg yang diam di permukaan danau yang tenang. Anak itu melompat mendatar ke arah dermaga dengan kecepatan 3 m/s terhadap air, seperti pada gambar. Hambatan air diabaikan. Kecepatan perahu sesaat setelah anak melompat adalah ....



A. 3 m/s, searah lompatan anak
B. 1 m/s, searah lompatan anak
C. 0,75 m/s, menjauhi dermaga
D. 1 m/s, menjauhi dermaga
E. 9 m/s, menjauhi dermaga

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

19. Sebuah bola karet dijatuhkan dari ketinggian 2,0 m di atas lantai dan memantul setinggi 0,5 m, seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

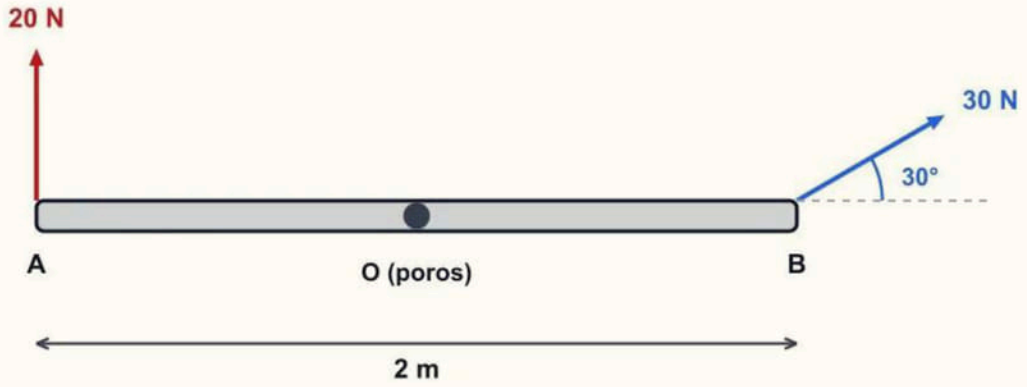


Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Tinggi pantulan kedua bola adalah 0,25 m.	○	○
Koefisien restitusi tumbukan bola dengan lantai adalah 0,5.	○	○
Kelajuan bola sesaat sebelum menumbuk lantai sekitar 6,3 m/s.	○	○

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

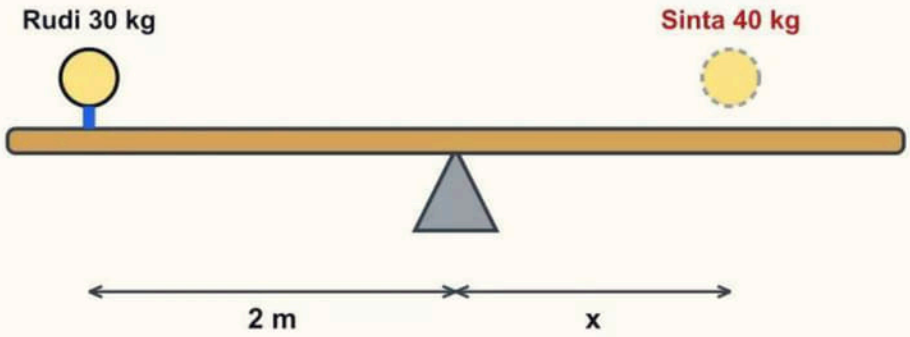
20. Sebuah batang ringan AB sepanjang 2 m dapat berputar pada poros O di tengahnya. Di ujung A bekerja gaya 20 N tegak lurus batang ke atas. Di ujung B bekerja gaya 30 N yang miring ke atas dan membentuk sudut 30° terhadap batang, seperti pada gambar. Gunakan $\sin 30^\circ = 0{,}5$ dan $\cos 30^\circ = 0{,}87$.
Besar momen gaya total terhadap poros O dan arah putarnya adalah ....



A. 5 N·m, searah jarum jam
B. 35 N·m, searah jarum jam
C. 46 N·m, berlawanan arah jarum jam
D. 6 N·m, berlawanan arah jarum jam
E. 10 N·m, berlawanan arah jarum jam

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

21. Rudi (30 kg) duduk di ujung kiri papan jungkat-jungkit, 2 m dari titik tumpu. Sinta (40 kg) ingin duduk di sisi kanan agar papan setimbang mendatar, seperti pada gambar. Anggap papan homogen dengan titik berat tepat di titik tumpu.
Jarak tempat duduk Sinta dari titik tumpu adalah ....



A. 2,7 m
B. 2,0 m
C. 1,5 m
D. 1,0 m
E. 0,75 m

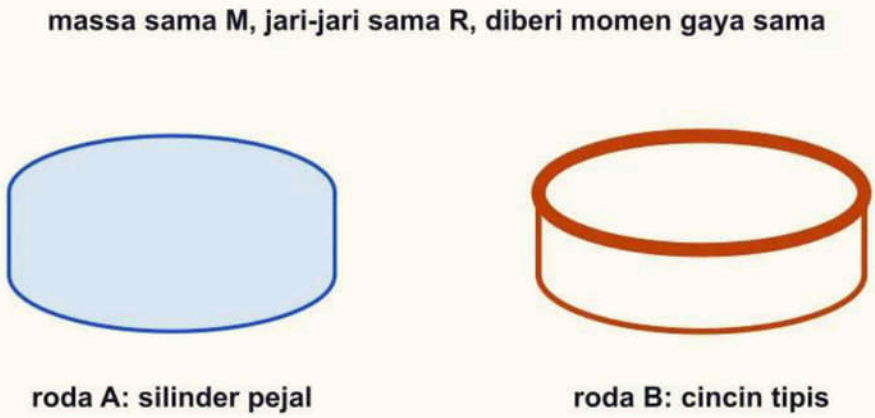
22. Seorang atlet loncat indah melompat dari papan dengan tubuh lurus sambil berputar perlahan. Di udara, ia menarik lutut ke dada dan memeluknya (posisi meringkuk), lalu tubuhnya berputar jauh lebih cepat sehingga ia dapat melakukan dua putaran sebelum menyentuh air. Sesaat sebelum masuk air, ia meluruskan tubuh kembali dan putarannya melambat.
Penjelasan yang paling tepat untuk perubahan kecepatan putar atlet tersebut adalah ....

A. Posisi meringkuk menambah momen gaya dari otot sehingga percepatan sudut seluruh tubuh menjadi lebih besar.
B. Posisi meringkuk memperkecil momen inersia karena massa mendekati sumbu putar sehingga putaran lebih cepat.
C. Posisi meringkuk memperkecil massa tubuh atlet sehingga tubuh lebih mudah diputar oleh gaya gravitasi Bumi.
D. Posisi meringkuk memperbesar momen inersia sehingga tubuh menyimpan lebih banyak putaran dari papan loncat.
E. Posisi meringkuk mengurangi hambatan udara sehingga tubuh dapat berputar lebih cepat daripada saat tubuh lurus.

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

23. Dua roda A dan B mempunyai massa dan jari-jari yang sama. Roda A berbentuk silinder pejal ($I = \frac{1}{2}MR^2$), sedangkan roda B berbentuk cincin tipis ($I = MR^2$), seperti pada gambar. Keduanya mula-mula diam dan diberi momen gaya yang sama besar terhadap sumbunya.

Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Momen inersia roda B dua kali momen inersia roda A.
☐ B. Percepatan sudut roda A lebih besar daripada percepatan sudut roda B.
☐ C. Percepatan sudut kedua roda sama karena massa dan jari-jarinya sama.
☐ D. Bila jari-jari cincin B dijadikan dua kali (massa tetap), momen inersianya menjadi empat kali.
☐ E. Roda B lebih mudah dihentikan daripada roda A bila keduanya berputar dengan kecepatan sudut sama.

24. Sebuah roda gerinda berbentuk silinder pejal bermassa 10 kg dan berjari-jari 0,2 m mula-mula diam dan dapat berputar bebas pada porosnya. Seorang teknisi memutarnya dengan menarik tali yang dililitkan di tepi roda, dengan gaya tangensial tetap 20 N. Momen inersia silinder pejal $I = \frac{1}{2}MR^2$, dan gesekan poros diabaikan.

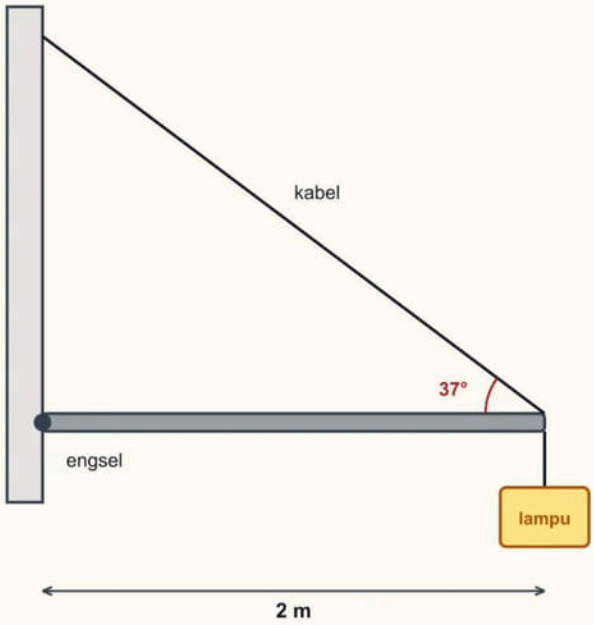
Kecepatan sudut roda setelah ditarik selama 3 s adalah ....

A. 30 rad/s
B. 120 rad/s
C. 6 rad/s
D. 12 rad/s
E. 60 rad/s

25. Sebuah papan nama toko digantungkan pada ujung batang besi mendatar sepanjang 2 m yang dipasang dengan engsel di dinding. Berat lampu dan papan nama 40 N, digantung tepat di ujung batang, sedangkan berat batang homogen 20 N. Ujung batang ditahan kabel yang membentuk sudut 37° terhadap batang, seperti pada gambar. Gunakan $\sin 37^\circ = 0{,}6$

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

dan $\cos 37^\circ = 0{,}8$.
Tegangan kabel adalah sekitar ....



A. 100 N
B. 66,7 N
C. 125 N
D. 83,3 N
E. 50 N

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	___ / 7	Ulangi hlm. 113
Sub bab 2.2 · Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol	8, 9, 10, 11, 12, 13	___ / 6	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan	14, 15, 16, 17, 18, 19	___ / 6	Ulangi hlm. 139
Sub bab 2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan	20, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 6	Ulangi hlm. 151

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 · Fluida

FIS-B3

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- memakai tekanan hidrostatis dan hukum Pascal pada alat hidrolik
- menentukan syarat terapung, melayang, dan tenggelam
- menjelaskan cara kerja benda dengan kontinuitas dan hukum Bernoulli

Peta bab

Sub bab	Judul
3.1	Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal
3.2	Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam
3.3	Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli

Bab 3 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-B3

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

Sub bab 3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal

FIS-3.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi untuk elemen Fluida meminta kamu *menerapkan konsep fluida statis dan dinamis pada teknologi sehari-hari*, mencakup tekanan fluida, hukum Pascal, hukum Archimedes, persamaan kontinuitas, dan hukum Bernoulli. Sub bab ini membahas bagian pertama: **tekanan dalam zat cair yang diam** dan **alat hidrolik**.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-11	Menentukan nilai besaran yang tidak diketahui menggunakan konsep hukum Pascal	30,28 %

Soal SA-11 hanya memerlukan satu perbandingan. Tujuh dari sepuluh peserta tetap keliru, karena mereka membandingkan **diameter**, padahal hukum Pascal membandingkan **luas**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung tekanan hidrostatis, tekanan pengukur, dan tekanan mutlak pada kedalaman tertentu;
- memakai hukum pokok hidrostatika pada bejana berhubungan dan pipa U berisi dua zat cair;
- menghitung gaya pada alat hidrolik dengan hukum Pascal, termasuk bila luasnya diberikan sebagai diameter;
- menghitung gaya zat cair pada dinding atau jendela.

Educational Institutions

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Telinga terasa sakit saat menyelam ke dasar kolam renang yang dalam. Dinding bendungan dibuat makin tebal ke bawah. Tukang bangunan memakai selang berisi air untuk membuat tanda ketinggian yang sama di dua dinding yang berjauhan. Dokter gigi menaikkan kursi pasien yang berat hanya dengan menginjak pedal kecil. Keempat peristiwa itu dijelaskan oleh satu besaran: **tekanan** di dalam zat cair. Sub bab ini membahas dari mana tekanan zat cair berasal, mengapa tekanan itu hanya bergantung pada kedalaman, dan bagaimana zat cair meneruskan tekanan sehingga gaya kecil dapat mengangkat beban besar.

1. Tekanan

Tekanan adalah gaya tegak lurus yang bekerja pada setiap satuan luas permukaan:

$$p = \frac{F}{A} \qquad (\text{satuan pascal, Pa} = \text{N/m}^2)$$

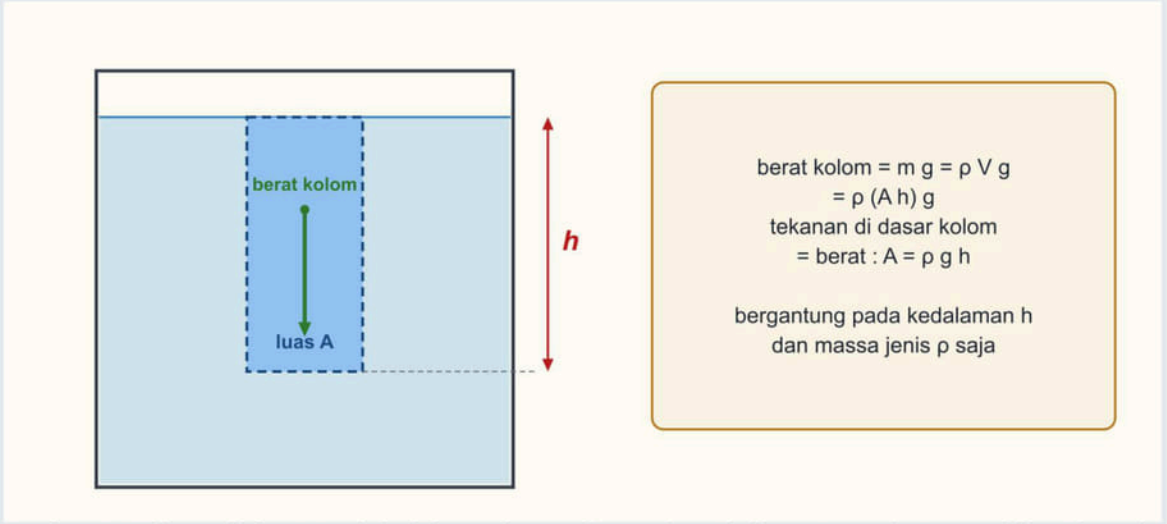
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gaya yang sama menghasilkan tekanan besar bila luasnya kecil, dan tekanan kecil bila luasnya besar. Itulah sebabnya pisau yang tajam mudah memotong (luas mata pisau sangat kecil), paku dibuat runcing, sedangkan ban traktor dibuat lebar dan sepatu salju berbentuk papan lebar agar tidak terbenam. Satuan lain yang sering dipakai adalah kilopascal (1 kPa = 1.000 Pa) dan atmosfer (1 atm ≈ 101.000 Pa ≈ 100 kPa, tekanan udara di permukaan laut).

2. Tekanan hidrostatis: dari mana asalnya?

Zat cair yang diam menekan setiap permukaan yang disentuhnya, ke segala arah. Tekanan itu berasal dari **berat zat cair di atasnya**. Bayangkan sebuah kolom zat cair tegak dengan luas alas A dan tinggi h, dari permukaan sampai titik yang ditinjau (Gambar 3.1):

1. Volume kolom $V = A\,h$, massanya $m = \rho V = \rho A h$, dan beratnya $mg = \rho A h g$.
2. Berat ini ditopang oleh zat cair di bawah kolom, tersebar pada luas A.
3. Tekanan di dasar kolom $= \dfrac{\text{berat}}{A} = \dfrac{\rho A h g}{A} = \rho g h$.



Gambar 3.1 Tekanan hidrostatis di kedalaman h sama dengan berat kolom zat cair di atasnya dibagi luas alas kolom. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

$$p_h = \rho g h \qquad \text{(tekanan hidrostatis)}$$

Luas A hilang dari rumus. Jadi tekanan hidrostatis hanya bergantung pada **massa jenis zat cair** dan **kedalaman**. Di atas permukaan zat cair masih ada udara yang juga menekan, sehingga tekanan total (tekanan mutlak) adalah:

$$p_{\text{mutlak}} = p_{\text{udara}} + \rho g h$$

Tekanan yang ditunjukkan **alat ukur** (ban, keran, sensor) biasanya tekanan pengukur, yaitu kelebihan tekanan di atas tekanan udara: $p_{\text{pengukur}} = p_{\text{mutlak}} - p_{\text{udara}}$.

Tiga hal yang sering keliru:

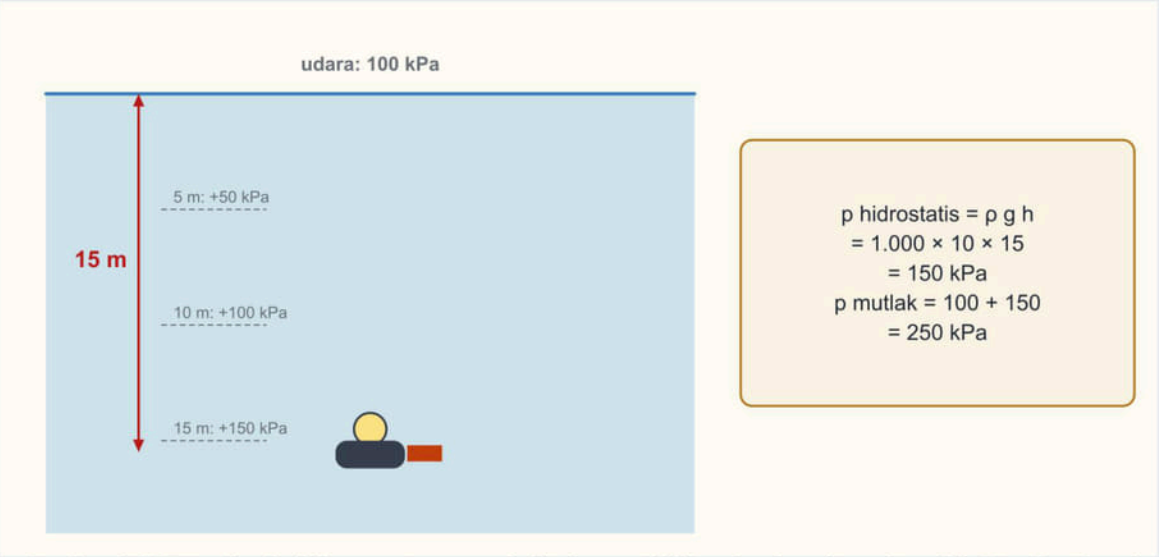
1. h diukur dari **permukaan zat cair** ke titik itu, bukan dari dasar dan bukan tinggi wadah.
2. Tekanan hidrostatis **tidak bergantung pada bentuk wadah** atau banyaknya air, hanya pada kedalaman dan massa jenis.
3. Massa jenis yang dipakai adalah massa jenis zat cair, dalam kg/m^3 (1 g/cm^3 = 1.000

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

kg/m^3).

Contoh terselesaikan 1: penyelam di danau

Seorang penyelam berada 15 m di bawah permukaan danau ($\rho = 1.000$ kg/m^3, $g = 10$ m/s^2, tekanan udara 100 kPa). Berapa tekanan hidrostatis dan tekanan mutlak yang dialaminya?



Gambar 3.2 Setiap 5 m kedalaman air menambah tekanan 50 kPa. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

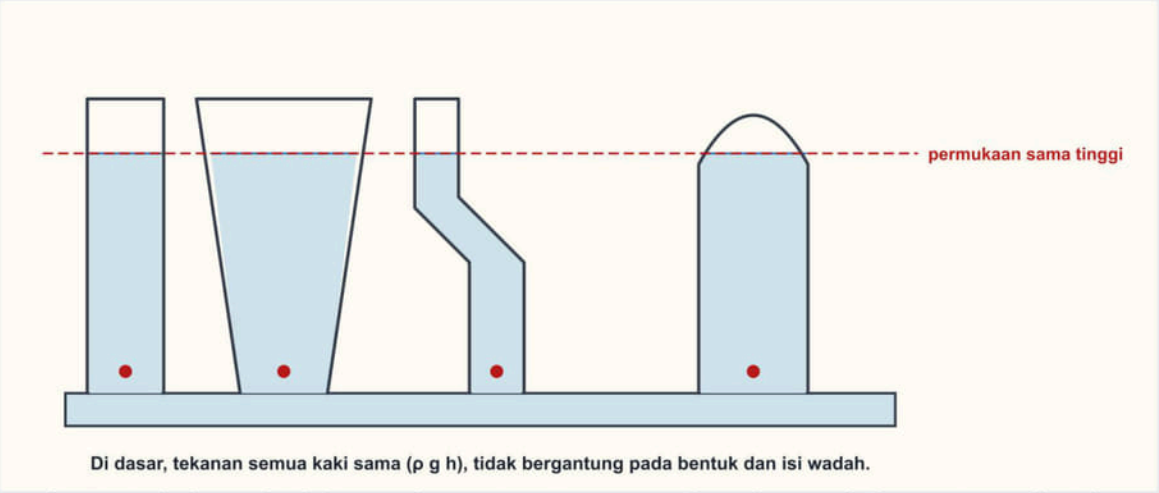
1. Tekanan hidrostatis: $p_h = \rho g h = 1.000 \times 10 \times 15 = 150.000$ Pa $= 150$ kPa.
2. Tekanan mutlak: $100 + 150 = 250$ kPa, yaitu 2,5 kali tekanan di permukaan (Gambar 3.2).
3. Aturan praktis: setiap 10 m air menambah tekanan sekitar 100 kPa, kira-kira satu kali tekanan udara.
4. Makna: gendang telinga ditekan dari luar jauh lebih kuat daripada dari dalam, sehingga terasa sakit. Penyelam "menyamakan tekanan" dengan meniup pelan sambil menutup hidung agar udara masuk ke telinga bagian tengah.

3. Hukum pokok hidrostatika dan bejana berhubungan

Hukum pokok hidrostatika: semua titik dalam **satu jenis zat cair** yang diam, saling terhubung, dan berada pada **ketinggian yang sama** memiliki tekanan yang sama. Alasannya: bila tekanan di dua titik setinggi berbeda, zat cair akan mengalir dari tekanan besar ke tekanan kecil sampai tekanannya sama.

Akibat penting hukum ini terlihat pada **bejana berhubungan** (Gambar 3.3): wadah-wadah berbeda bentuk yang dasarnya terhubung dan berisi satu zat cair selalu mempunyai permukaan yang sama tinggi. Tekanan di dasar setiap kaki sama, karena kedalamannya sama, walaupun banyaknya air di tiap kaki sangat berbeda. Prinsip ini dipakai pada selang waterpas tukang bangunan, menara air yang mengalirkan air ke rumah-rumah, dan teko (mulut teko harus setinggi bagian atas teko agar teko dapat diisi penuh).

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



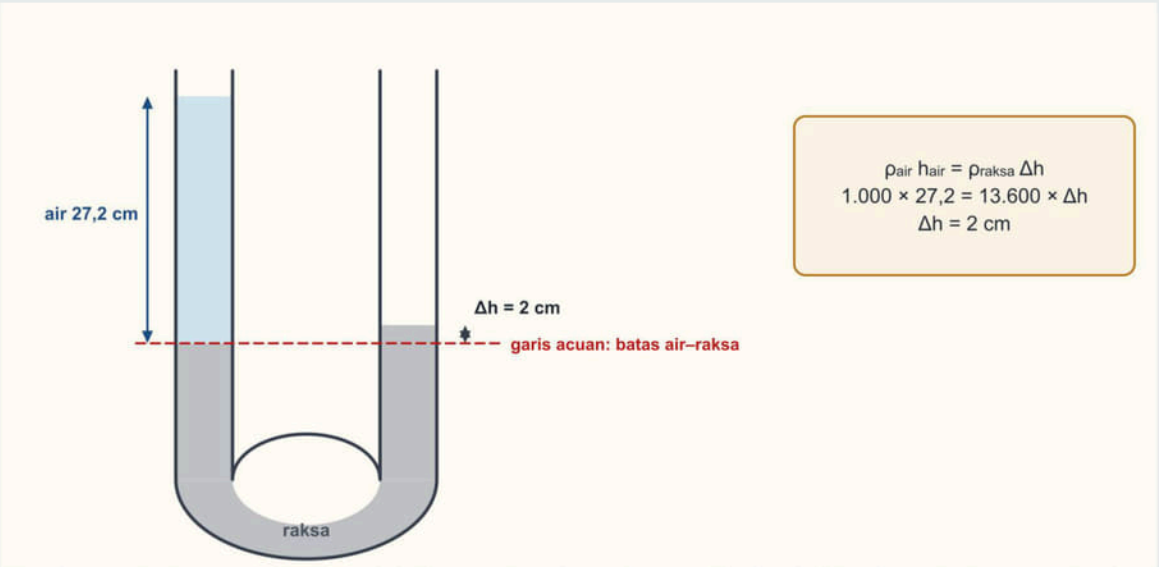
Gambar 3.3 Pada bejana berhubungan berisi satu zat cair, permukaan di semua kaki sama tinggi dan tekanan di dasar semua kaki sama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pada **pipa U berisi dua zat cair** yang tidak bercampur, permukaannya tidak lagi sama tinggi. Tarik garis mendatar melalui **batas kedua zat cair**, lalu samakan tekanan di kedua kaki pada garis itu (di bawah garis itu hanya ada satu jenis zat cair, sehingga hukum pokok berlaku):

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

Contoh terselesaikan 2: pipa U berisi air dan raksa

Pipa U berisi raksa (13.600 kg/m^3). Ke kaki kiri dituangkan air setinggi 27,2 cm. Berapa beda tinggi permukaan raksa di kedua kaki?



Gambar 3.4 Garis acuan ditarik melalui batas air–raksa; tekanan di kedua kaki pada garis itu sama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Garis acuan melalui batas air–raksa di kaki kiri (Gambar 3.4).
2. Di kaki kiri, di atas garis ada air setinggi 27,2 cm. Di kaki kanan, di atas garis hanya ada raksa setinggi Δh.

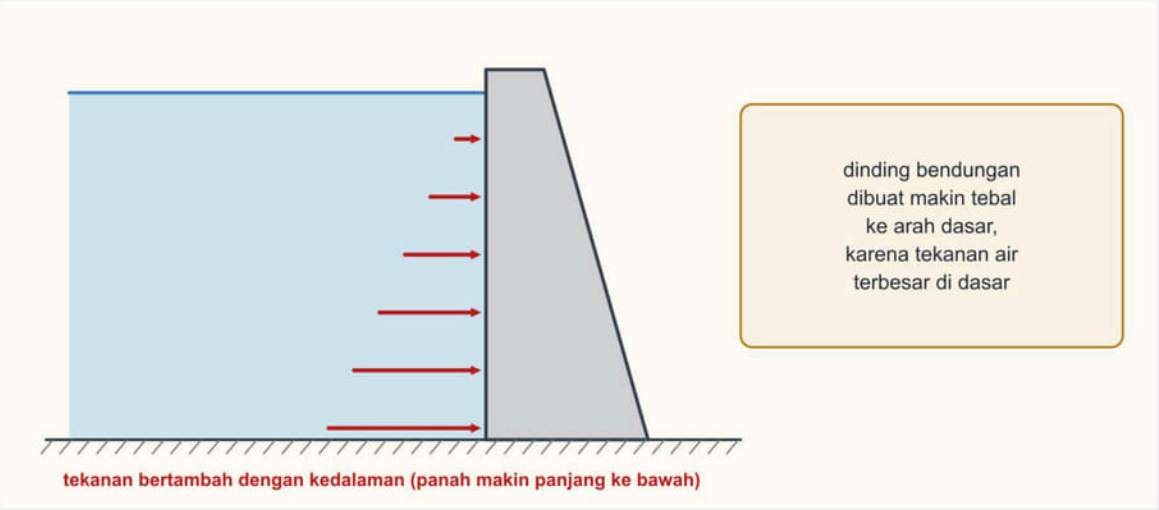
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. $\rho_{\text{air}} h_{\text{air}} = \rho_{\text{raksa}} \Delta h \rightarrow 1.000 \times 27{,}2 = 13.600 \times \Delta h \rightarrow \Delta h = 2$ cm.
4. Makna: air yang ringan memerlukan kolom 13,6 kali lebih tinggi untuk menyamai tekanan raksa. Karena itu barometer raksa cukup setinggi sekitar 76 cm, sedangkan barometer air harus setinggi sekitar 10 m.

4. Gaya zat cair pada dinding dan bendungan

Gaya oleh zat cair pada sebuah bidang adalah $F = p\,A$.

- **Bidang mendatar** (dasar wadah) atau **bidang kecil** (jendela kapal selam, kaca akuarium kecil): tekanan dianggap merata, pakai tekanan di pusatnya.
- **Dinding tegak yang tinggi** (pintu air, dinding bendungan): tekanan naik dari nol di permukaan sampai $\rho g h$ di dasar (Gambar 3.5). Pakai tekanan **rata-rata** $\frac{1}{2}\rho g h$, sehingga $F = \frac{1}{2}\rho g h \times (\text{lebar} \times h)$, dan gaya total bekerja di $\frac{1}{3}h$ dari dasar.
- Bila udara menekan **kedua sisi** bidang, tekanan udara saling meniadakan. Yang ditahan bidang hanya tekanan hidrostatis.



Gambar 3.5 Tekanan air pada dinding bendungan bertambah dengan kedalaman, sehingga dinding dibuat makin tebal ke bawah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

5. Hukum Pascal dan alat hidrolik

Hukum Pascal: tekanan tambahan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan **sama besar ke segala arah** dan ke seluruh bagian zat cair. Zat cair hampir tidak dapat dimampatkan, sehingga dorongan pada satu bagian langsung "terasa" di seluruh bagian.

Pada alat hidrolik dengan dua pengisap setinggi, tekanan pada kedua pengisap sama:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \Rightarrow \quad F_1 = F_2 \frac{A_1}{A_2} = F_2 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

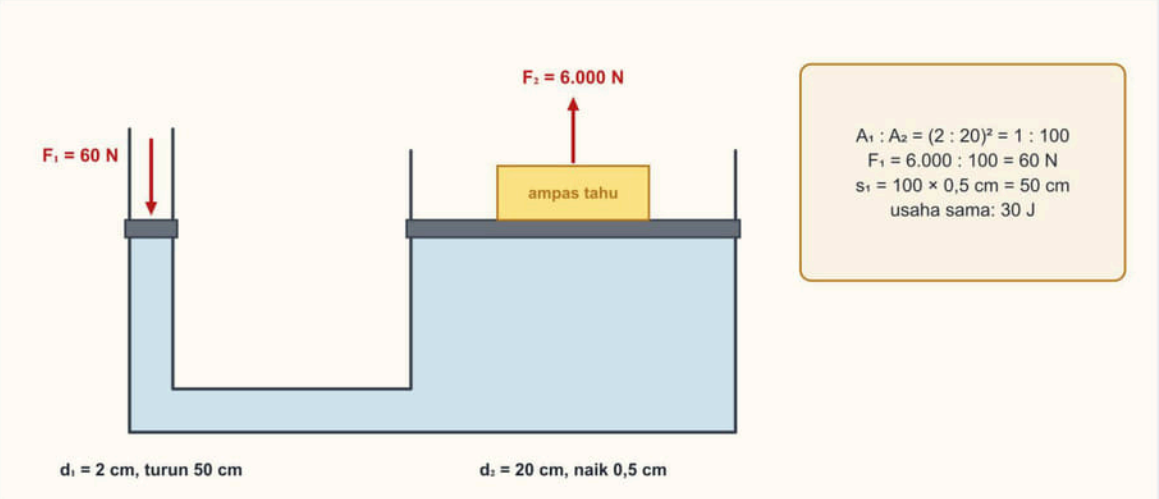
Luas lingkaran sebanding dengan **kuadrat** diameter ($A = \frac{1}{4}\pi d^2$). Pengisap yang diameternya 6 kali lebih besar mempunyai luas 36 kali lebih besar, sehingga gayanya 36 kali lebih besar.

Alat hidrolik tidak menghemat usaha. Volume zat cair yang berpindah sama: $A_1 s_1 = A_2 s_2$. Pengisap kecil harus ditekan jauh lebih panjang daripada naiknya pengisap besar. Usaha $F_1 s_1 = F_2 s_2$ tetap sama. Yang "dihemat" adalah **gaya**, dibayar dengan jarak. Karena itu dongkrak hidrolik harus dipompa berkali-kali untuk mengangkat mobil beberapa sentimeter.

Bila pengisap tidak setinggi, tambahkan tekanan hidrostatis kolom zat cair di antaranya: tekanan di pengisap yang lebih rendah lebih besar $\rho g h$. Penerapan hukum Pascal antara lain dongkrak hidrolik, kursi dokter gigi dan kursi pangkas rambut, rem hidrolik kendaraan, mesin press, dan lengan ekskavator.

Contoh terselesaikan 3: mesin press hidrolik pabrik tahu

Mesin press hidrolik di pabrik tahu memiliki pengisap kecil berdiameter 2 cm dan pengisap besar berdiameter 20 cm. Untuk menekan ampas dengan gaya 6.000 N, berapa gaya pada pengisap kecil, dan berapa jauh pengisap kecil harus turun agar pengisap besar naik 0,5 cm?



Gambar 3.6 Gaya 60 N pada pengisap kecil menghasilkan gaya 6.000 N pada pengisap besar, tetapi pengisap kecil harus turun 100 kali lebih jauh. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

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

1. Perbandingan luas: $\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{2}{20}\right)^2 = \frac{1}{100}$.
2. Gaya pada pengisap kecil: $F_1 = \frac{6.000}{100} = 60$ N (Gambar 3.6).
3. Jarak: volume sama, $A_1 s_1 = A_2 s_2 \rightarrow s_1 = 100 \times 0{,}5 = 50$ cm.
4. Cek usaha: $60 \times 0{,}5 = 30$ J dan $6.000 \times 0{,}005 = 30$ J ✓. Gaya diperbesar 100 kali, jarak diperkecil 100 kali.

6. Tekanan zat cair di sekitar kita

Konsep tekanan hidrostatis menjelaskan banyak hal sehari-hari.

1. **Infus di rumah sakit.** Kantong infus digantung tinggi di atas lengan pasien. Kolom cairan setinggi h memberi tekanan $\rho g h$ yang harus lebih besar daripada tekanan darah di pembuluh vena agar cairan dapat masuk. Bila kantong diturunkan terlalu rendah, aliran infus berhenti, bahkan darah dapat naik ke selang.
2. **Menara air dan tandon di atap.** Air ditampung di tempat tinggi agar air di keran lantai bawah mempunyai tekanan besar. Rumah di lantai atas sering mengeluhkan air keran yang lemah, karena kedalamannya di bawah permukaan tandon lebih kecil.
3. **Kapal selam dan alat selam.** Badan kapal selam dibuat dari baja tebal berbentuk silinder agar mampu menahan tekanan air yang sangat besar di kedalaman. Pada kedalaman 200 m, tekanan hidrostatis sekitar $1.025 \times 10 \times 200 \approx 2$ juta Pa, kira-kira 20 kali tekanan udara.
4. **Pengukuran tekanan darah.** Tekanan darah diukur pada lengan atas karena lengan atas setinggi jantung. Bila diukur di pergelangan kaki saat berdiri, hasilnya jauh lebih besar karena ada tambahan tekanan dari kolom darah setinggi tubuh.
5. **Waterpas selang.** Tukang mengisi selang bening dengan air dan memegang kedua ujungnya di dua dinding. Karena permukaan air di kedua ujung selalu sama tinggi (bejana berhubungan), tanda yang dibuat pada kedua dinding pasti setinggi, walaupun dindingnya berjauhan atau terhalang.

Dalam semua contoh itu, kuncinya sama: tentukan **zat cairnya** (massa jenis) dan **kedalaman** titik yang ditanya diukur dari permukaan zat cair, lalu ingat bahwa luas dan bentuk wadah tidak memengaruhi tekanan hidrostatis.

Ringkasan

- $p = F/A$; tekanan hidrostatis $p = \rho g h$ berasal dari berat zat cair di atas titik itu; $p_{\text{mutlak}} = p_{\text{udara}} + \rho g h$.
- Tekanan hidrostatis hanya bergantung pada kedalaman dan massa jenis, tidak pada bentuk wadah.
- Hukum pokok: titik setinggi dalam satu zat cair yang terhubung bertekanan sama → bejana berhubungan, pipa U ($\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$ dari garis batas).
- Hukum Pascal: $F_1/A_1 = F_2/A_2$; luas ∝ diameter²; gaya diperbesar, jarak diperkecil, usaha tetap.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal fluida statis

1. **Tentukan permukaan zat cair** dan ukur h dari situ ke titik yang ditanya.
2. **Tentukan tekanan yang diminta:** hidrostatis, pengukur, atau mutlak.
3. **Untuk pipa U atau dua zat cair,** tarik garis mendatar melalui batas zat cair yang lebih rapat, lalu samakan tekanan kedua kaki.
4. **Untuk alat hidrolik,** ubah diameter ke perbandingan luas (kuadratkan) sebelum menghitung gaya.
5. **Untuk gaya pada bidang,** periksa apakah udara menekan kedua sisi, dan pakai jari-jari untuk luas lingkaran.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
h diukur dari dasar atau tinggi wadah	memakai tinggi bendungan, bukan kedalaman air	h selalu dari permukaan zat cair
Tekanan hidrostatis tertukar dengan tekanan mutlak	menambahkan 101 kPa padahal yang ditanya tekanan hidrostatis	baca kata "mutlak", "pengukur", atau "hidrostatis"
Perbandingan diameter dipakai pada hukum Pascal	$F_1 = 540 \times \frac{0{,}5}{3}$	$F \propto A \propto d^2$
Alat hidrolik dikira menghemat usaha	"usaha pada pengisap kecil 16 kali lebih kecil"	usaha sama; yang dihemat gaya
Diameter dipakai sebagai jari-jari	luas jendela πd^2	$A = \pi r^2 = \frac{1}{4}\pi d^2$
Hukum pokok hidrostatika dipakai pada dua zat cair berbeda	permukaan minyak dan air dianggap sama tinggi	samakan tekanan hanya pada satu jenis zat cair
Satuan massa jenis	1,0 g/cm^3 dipakai langsung sebagai 1	ubah ke 1.000 kg/m^3

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-11) dijawab benar oleh 30,28 % peserta. Hitung dulu perbandingan diameter, lalu **kuadratkan** sebelum mengalikan dengan gaya.

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

►. Kursi yang digunakan oleh dokter gigi saat praktik sering kali dapat dinaikkan dan diturunkan dengan mudah menggunakan sistem hidrolik seperti gambar berikut. Pada sistem hidrolik ini bekerja gaya tertentu pada piston kecil sehingga dapat mengangkat beban tertentu melalui piston yang lebih besar. Jika beban yang dapat diangkat oleh piston besar yaitu 540 N dengan diameter 3 cm, gaya terkecil yang digunakan pada piston kecil yang berukuran (berdiameter) 0,5 cm adalah ....



A. 15 N
B. 90 N
C. 240 N
D. 3.240 N
E. 19.440 N

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 30,28 %

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep Hukum Pascal: tekanan diteruskan sama besar, $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$. Luas penampang $A = \frac{1}{4}\pi d^2$, sehingga $\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$.

Langkah 1 – Perbandingan diameter. $\frac{d_1}{d_2} = \frac{0{,}5}{3} = \frac{1}{6}$.

Langkah 2 – Gaya pada piston kecil. $F_1 = 540 \times \left(\frac{1}{6}\right)^2 = \frac{540}{36} = 15$ N.

Cek: gaya kecil 15 N mengangkat 540 N → keuntungan mekanis 36 = 6^2 ✓.

Asal pengecoh:

• 90 N: membandingkan diameter, bukan luas $(540/6)$.

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

• 3.240 N dan 19.440 N: perbandingan dibalik (540×6 atau 540×36).

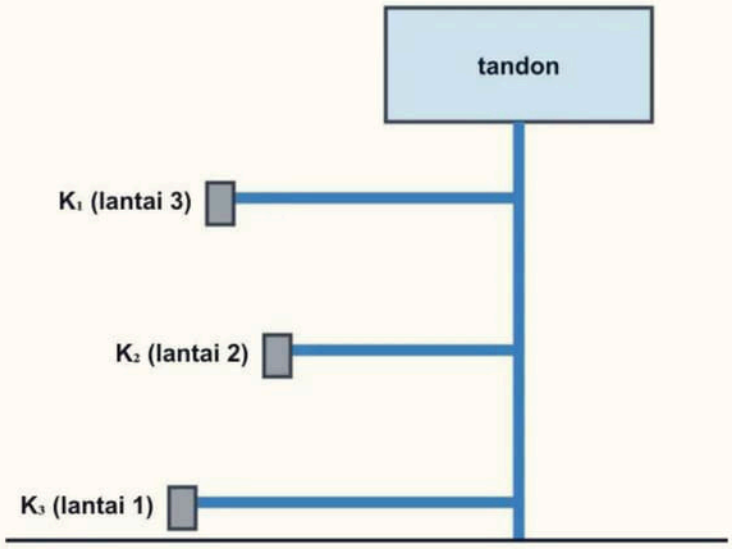
Jawaban: A.

Pengecoh 90 N adalah hasil memakai perbandingan diameter (6), bukan luas (36). Pengecoh 3.240 N dan 19.440 N muncul bila perbandingannya dibalik, padahal pengisap kecil seharusnya memerlukan gaya **lebih kecil**. Uji akal sehat seperti ini menyingkirkan dua pilihan dengan cepat.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pemahaman bahwa tekanan hidrostatis hanya bergantung pada kedalaman. Ukur kedalaman setiap keran dari permukaan air tandon; panjang dan bentuk pipa tidak berpengaruh.

►. Sebuah gedung tiga lantai mendapat air dari tandon di atap melalui pipa tegak. Keran K_1, K_2, dan K_3 dipasang di lantai yang berbeda dengan panjang pipa mendatar yang berbeda pula, seperti pada gambar. Semua keran tertutup dan air diam.
Pernyataan yang benar tentang tekanan air di depan setiap keran adalah ....



A. tekanan di K_3 paling besar karena paling dalam dari permukaan air
B. tekanan di K_2 paling besar karena pipa mendatarnya paling pendek
C. tekanan di ketiga keran sama karena airnya berasal dari tandon yang sama
D. tekanan di K_1 paling besar karena paling dekat dengan tandon
E. tekanan di K_3 paling kecil karena pipanya paling jauh dari tandon

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

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: tekanan hidrostatis $p = \rho g h$ hanya bergantung pada kedalaman titik di bawah permukaan zat cair, bukan pada panjang atau bentuk pipa.

Analisis opsi:

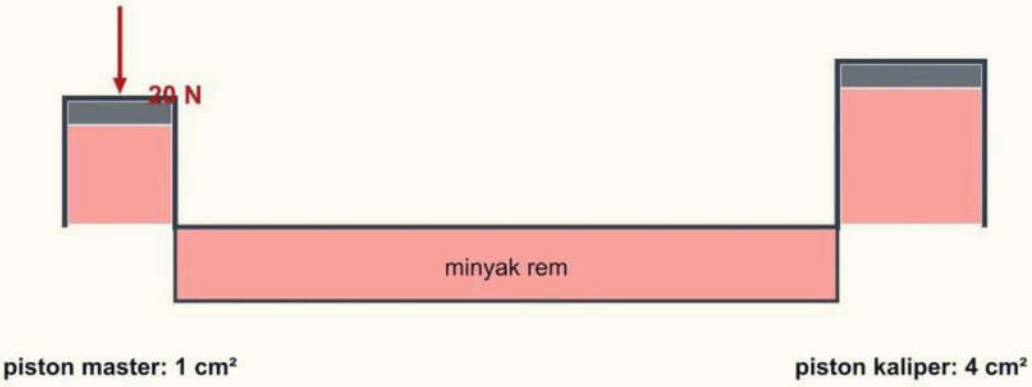
- A ✓ – kedalaman di bawah permukaan air tandon paling besar.
- B ✗ – panjang pipa mendatar tidak memengaruhi tekanan air diam.
- C ✗ – tekanan bergantung pada kedalaman di bawah permukaan air.
- D ✗ – K_1 paling dangkal, jadi tekanannya paling kecil.
- E ✗ – jarak sepanjang pipa tidak menentukan; kedalamanlah yang menentukan.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tandai dulu permukaan zat cair, titik yang ditinjau, dan apakah tekanan udara ikut diperhitungkan.

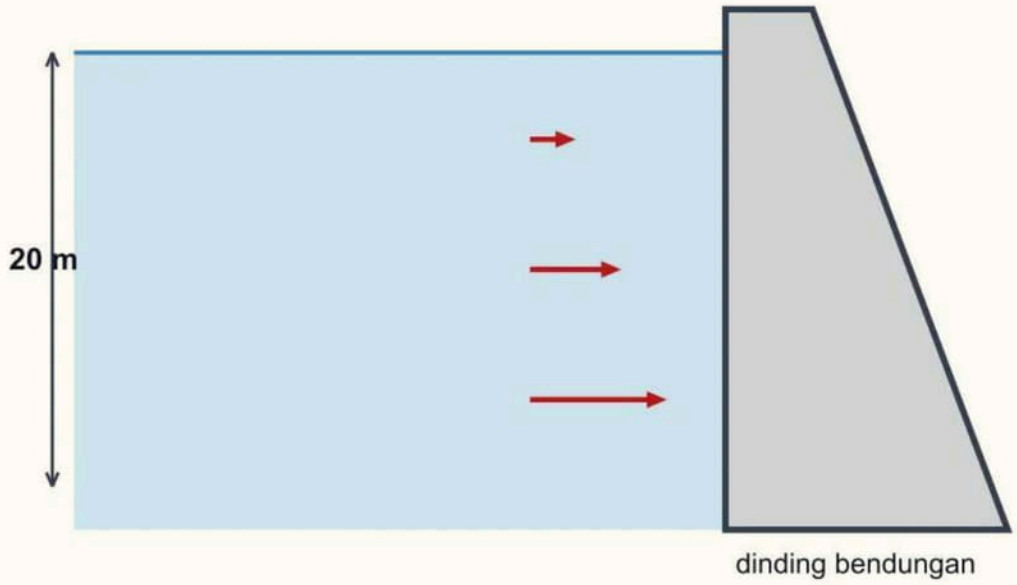
1. Rem cakram sepeda motor bekerja dengan sistem hidrolik. Tuas rem menekan piston master yang luas penampangnya 1 cm^2 dengan gaya 20 N. Tekanan diteruskan oleh minyak rem ke piston kaliper yang luas penampangnya 4 cm^2, seperti pada gambar. Gaya yang dihasilkan piston kaliper untuk menjepit cakram adalah ....



A. 80 N
B. 5 N
C. 20 N
D. 320 N
E. 24 N

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

2. Dinding sebuah bendungan dibuat makin tebal ke arah bawah, seperti pada gambar. Panah merah menggambarkan tekanan air pada dinding di beberapa kedalaman. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan $g = 10$ m/s^2.
Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tekanan air pada dinding bergantung pada luas permukaan waduk.
☐ B. Tekanan air bertambah besar seiring bertambahnya kedalaman.
☐ C. Tekanan hidrostatis pada kedalaman 20 m adalah 200 kPa.
☐ D. Gaya air pada setiap bagian dinding sama besar di semua kedalaman.
☐ E. Dinding bawah dibuat lebih tebal untuk menahan tekanan yang lebih besar.

Kunci singkat: 1. A 2. B, C, E

✔ PERIKSA DIRI

- Pada alat hidrolik, mengapa diameter pengisap harus dikuadratkan sebelum dipakai untuk menghitung gaya?
- Tekanan di dasar tiga wadah berbeda bentuk tetapi berisi air setinggi sama itu sama atau berbeda? Mengapa?
- Kapan tekanan udara boleh diabaikan saat menghitung gaya pada jendela atau dinding?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-3.1

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

Sub bab 3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam

FIS-3.2

◎ APA YANG DIUJI

Hukum Archimedes menjelaskan mengapa kapal baja terapung, kapal selam bisa naik-turun, dan balon udara bisa terbang. Soal TKA menguji dua hal: **syarat** terapung, melayang, atau tenggelam, dan **perhitungan** gaya apung, volume, atau massa jenis dari syarat itu.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-12	Menyelesaikan permasalahan kontekstual dan relevan menggunakan konsep hukum Archimedes	21,52 %

Hampir delapan dari sepuluh peserta keliru pada soal kapal selam. Pengecohnya adalah **besaran antara** (volume awal 160 m^3 dan volume akhir 200 m^3) yang muncul di tengah perhitungan, padahal soal menanyakan **perubahannya**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung gaya apung dari volume yang tercelup;
- menentukan keadaan benda dari perbandingan massa jenis, dan bagian benda yang tercelup saat terapung;
- memakai berat semu (berat di dalam zat cair) untuk mencari volume dan massa jenis;
- menganalisis perubahan muatan, perubahan massa jenis rata-rata, dan perubahan permukaan air.

Educational Institutions

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Kapal tanker seberat puluhan ribu ton terapung di laut, sedangkan sebutir kerikil tenggelam. Kapal selam dapat menyelam lalu muncul kembali sesuka hati. Balon udara panas dan balon cuaca dapat naik tinggi ke langit. Ketika mengangkat teman di kolam renang, tubuhnya terasa jauh lebih ringan daripada di darat. Semua peristiwa itu dijelaskan oleh satu hukum yang ditemukan Archimedes lebih dari dua ribu tahun lalu. Sub bab ini menjelaskan dari mana gaya apung berasal, kapan benda terapung, melayang, atau tenggelam, dan bagaimana hukum ini dipakai untuk menghitung volume, massa jenis, dan muatan.

1. Gaya apung dan asal-usulnya

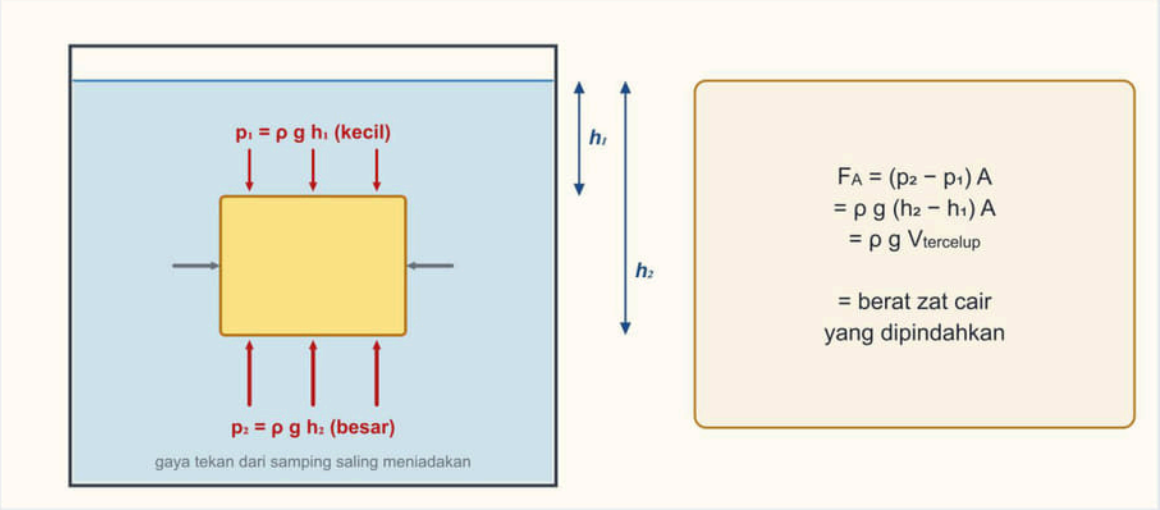
Hukum Archimedes: benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya dalam zat cair mendapat gaya ke atas (**gaya apung**) yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan:

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

$F_A = \rho_{\text{cair}}\, g\, V_{\text{tercelup}}$

Mengapa ada gaya ke atas? Jawabannya ada di sub bab 3.1: tekanan zat cair bertambah dengan kedalaman. Tinjau balok yang tercelup seluruhnya (Gambar 3.7):

1. Permukaan atas balok berada di kedalaman h_1 dan ditekan ke bawah dengan tekanan $p_1 = \rho g h_1$.
2. Permukaan bawah berada lebih dalam, di h_2, dan ditekan ke atas dengan tekanan lebih besar $p_2 = \rho g h_2$.
3. Gaya tekan pada sisi-sisi tegak sama besar dari kiri dan kanan, sehingga saling meniadakan.
4. Gaya total ke atas $= (p_2 - p_1)A = \rho g(h_2 - h_1)A = \rho g V$, karena $(h_2 - h_1)A$ adalah volume balok.



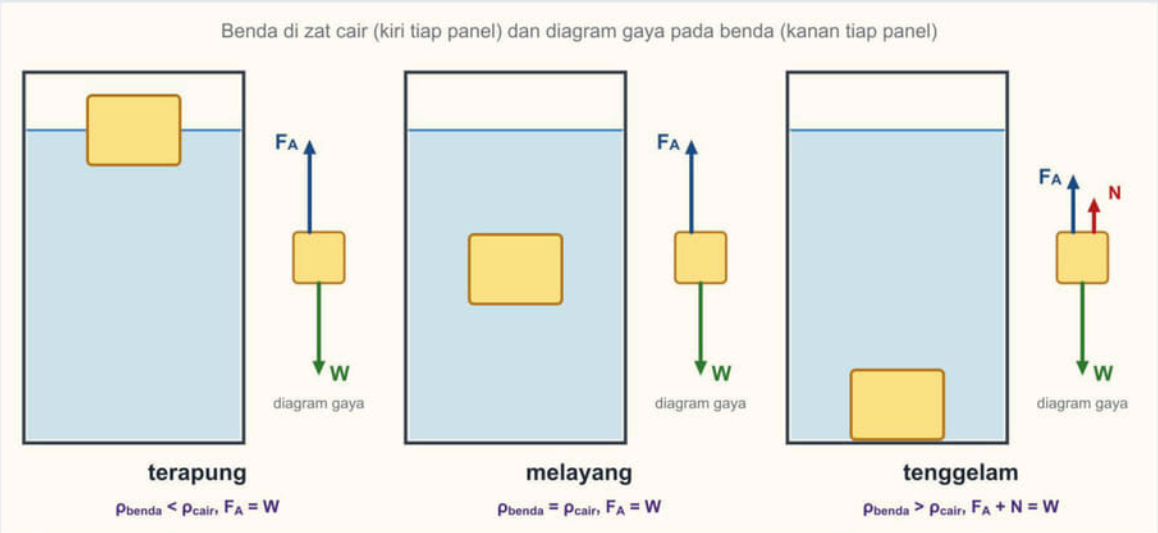
Gambar 3.7 Tekanan di permukaan bawah benda lebih besar daripada di permukaan atasnya; selisihnya menghasilkan gaya apung. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan tiga hal penting. Massa jenis yang dipakai adalah massa jenis **zat cair**, bukan benda. Volume yang dipakai hanya bagian yang **tercelup**. Gaya apung **tidak bergantung pada kedalaman** (selama benda tercelup seluruhnya), karena yang menentukan adalah selisih tekanan atas–bawah, yang selalu ρg kali tinggi benda. Gaya apung juga tidak bergantung pada bahan benda: sebongkah besi dan sebongkah kayu bervolume sama yang dibenamkan seluruhnya mendapat gaya apung yang sama.

2. Tiga keadaan benda: terapung, melayang, tenggelam

Keadaan benda ditentukan oleh perbandingan dua gaya: berat benda $W = \rho_{\text{benda}} V g$ dan gaya apung maksimumnya (saat tercelup seluruhnya) $\rho_{\text{cair}} V g$. Karena volume dan g sama, yang dibandingkan cukup **massa jenisnya** (Gambar 3.8).

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



Gambar 3.8 Tiga keadaan benda dalam zat cair beserta diagram gayanya. Pada benda tenggelam, dasar wadah ikut menopang dengan gaya normal N. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

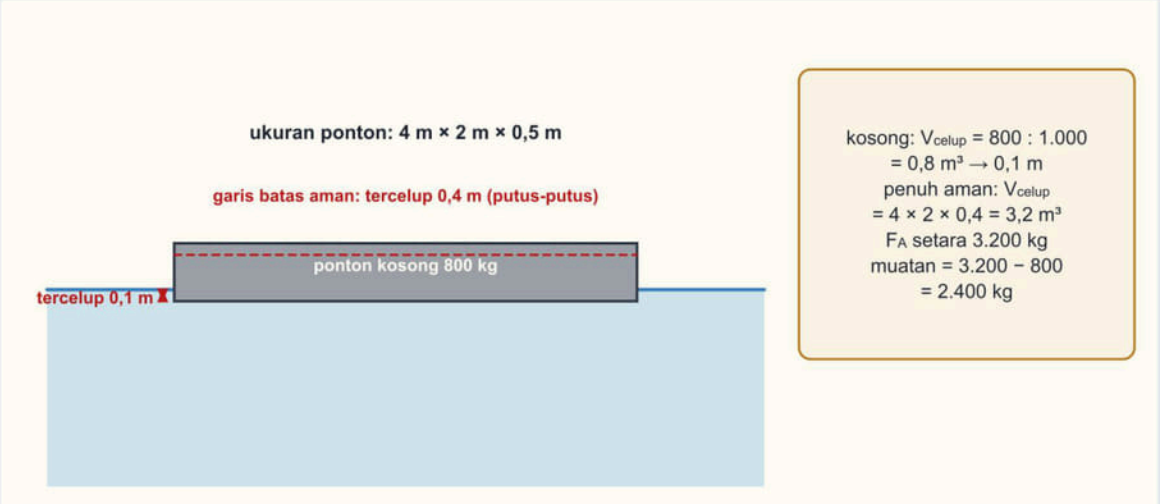
Keadaan	Syarat massa jenis	Hubungan gaya	Volume tercelup
Terapung	$\rho_{\text{benda}} < \rho_{\text{cair}}$	$F_A = W$	sebagian: $\dfrac{V_{\text{celup}}}{V} = \dfrac{\rho_{\text{benda}}}{\rho_{\text{cair}}}$
Melayang	$\rho_{\text{benda}} = \rho_{\text{cair}}$	$F_A = W$	seluruhnya, di kedalaman mana pun
Tenggelam	$\rho_{\text{benda}} > \rho_{\text{cair}}$	$F_A + N = W$ (sisanya ditahan dasar)	seluruhnya

Benda terapung **tidak** mengalami gaya apung yang lebih besar daripada beratnya. Saat dilepas di dasar, benda ringan memang naik karena gaya apung lebih besar; tetapi begitu sebagian benda muncul di atas permukaan, volume tercelup berkurang sampai gaya apung tepat sama dengan berat. Dari kesetimbangan $\rho_{\text{cair}} V_{\text{celup}} g = \rho_{\text{benda}} V g$ diperoleh rumus bagian tercelup pada tabel. Es ($\rho \approx 920$ kg/m³) di air laut (1.025 kg/m³) tercelup sekitar 90 %; itulah sebabnya bagian gunung es yang terlihat hanya "puncaknya".

Untuk benda berongga (kapal, kapal selam, ikan dengan gelembung renang, rakit drum), yang dipakai adalah **massa jenis rata-rata**: $\bar{\rho} = \dfrac{m_{\text{total}}}{V_{\text{total}}}$. Kapal baja terapung karena bentuknya yang berongga memuat banyak udara, sehingga massa jenis rata-ratanya lebih kecil daripada air.

Contoh terselesaikan 1: ponton dan muatan maksimumnya

Sebuah ponton (perahu datar) berbentuk balok 4 m × 2 m × 0,5 m bermassa 800 kg diletakkan di air tawar (1.000 kg/m³). Berapa kedalaman bagian ponton yang tercelup saat kosong? Bila demi keamanan ponton hanya boleh tercelup sampai 0,4 m, berapa muatan maksimumnya?



Gambar 3.9 Ponton kosong tercelup 0,1 m; garis putus-putus menandai batas aman 0,4 m. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Ponton terapung, jadi $F_A = W$: volume tercelup $= \dfrac{m}{\rho_{\text{air}}} = \dfrac{800}{1.000} = 0{,}8\ \text{m}^3$.

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

2. Kedalaman tercelup $= \dfrac{0{,}8}{4 \times 2} = 0{,}1$ m (Gambar 3.9).
3. Pada batas aman, volume tercelup $= 4 \times 2 \times 0{,}4 = 3{,}2\ \text{m}^3$, sehingga gaya apung setara berat 3.200 kg.
4. Muatan maksimum $= 3.200 - 800 = 2.400$ kg. Sisa 0,1 m di atas air menjaga agar air tidak masuk saat ada gelombang.

3. Berat semu: mencari volume dan massa jenis

Benda yang ditimbang dengan neraca pegas di dalam zat cair tampak lebih ringan, karena sebagian beratnya ditahan gaya apung:

$$W_{\text{semu}} = W - F_A \quad \Rightarrow \quad F_A = W - W_{\text{semu}}$$

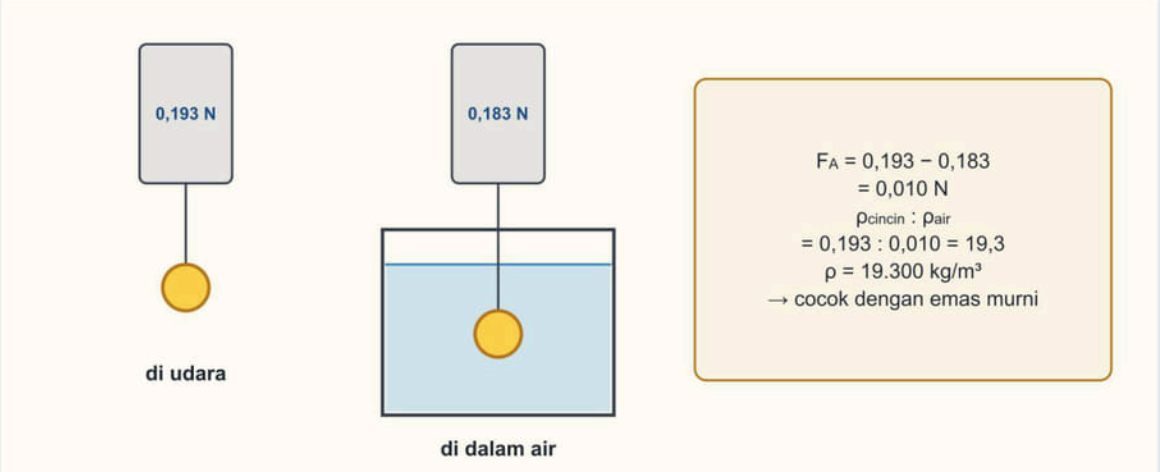
Dari F_A diperoleh volume benda: $V = \dfrac{F_A}{\rho_{\text{cair}}\, g}$. Massa jenis benda kemudian dihitung dari $\rho = \dfrac{m}{V}$, atau langsung:

$$\frac{\rho_{\text{benda}}}{\rho_{\text{cair}}} = \frac{W}{W - W_{\text{semu}}}$$

Cara ini dikabarkan dipakai Archimedes untuk memeriksa apakah mahkota raja terbuat dari emas murni, tanpa merusaknya. Bila berat semu benda di suatu cairan **lebih besar** daripada di air, berarti gaya apungnya lebih kecil, jadi cairan itu **kurang rapat** daripada air.

Contoh terselesaikan 2: menguji cincin emas

Sebuah cincin berbobot 0,193 N di udara dan 0,183 N di dalam air. Apakah cincin itu emas murni ($\rho = 19.300\ \text{kg/m}^3$)?



Gambar 3.10 Penunjukan neraca pegas berkurang saat cincin dicelupkan, karena sebagian berat ditahan gaya apung. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Gaya apung: $F_A = 0{,}193 - 0{,}183 = 0{,}010$ N (Gambar 3.10).
2. Perbandingan massa jenis: $\dfrac{\rho}{\rho_{\text{air}}} = \dfrac{0{,}193}{0{,}010} = 19{,}3$.

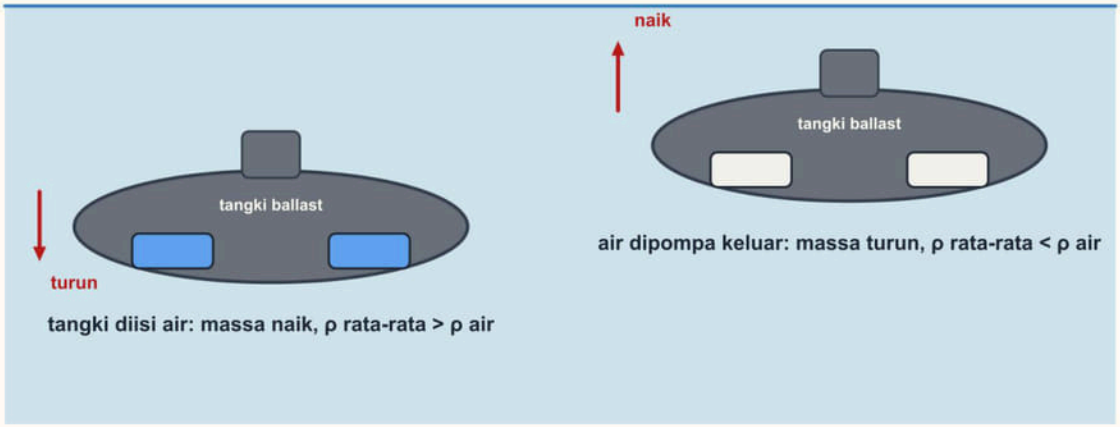
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. $\rho = 19{,}3 \times 1.000 = 19.300\,\text{kg/m}^3$, sesuai dengan emas murni.
4. Cincin campuran (misalnya emas dengan tembaga) bermassa jenis lebih kecil, sehingga gaya apungnya lebih besar dan berat semunya lebih kecil untuk berat yang sama.

4. Mengubah keadaan: kapal selam, balon, dan pindah zat cair

Banyak soal Archimedes menanyakan **perubahan**. Tiga pola yang sering muncul:

1. **Kapal selam dan tangki ballast** (Gambar 3.11). Kapal selam mengatur massa jenis rata-ratanya. Untuk menyelam, tangki ballast diisi air laut, sehingga massa bertambah sedangkan volume tetap; massa jenis rata-rata melebihi air laut dan kapal tenggelam. Untuk naik, air dipompa keluar dengan udara bertekanan, sehingga massa berkurang. Agar melayang di kedalaman tertentu, isi tangki diatur sampai massa jenis rata-rata tepat sama dengan air laut. Yang sering ditanya adalah **selisih** isi tangki, bukan nilai awal atau akhir.
2. **Pindah ke zat cair lain.** Kapal yang berlayar dari laut (lebih rapat) ke sungai (kurang rapat) tercelup **lebih dalam**, karena gaya apungnya harus tetap sama dengan beratnya. Karena itu badan kapal diberi tanda garis muat (Plimsoll) yang berbeda untuk air laut dan air tawar.
3. **Permukaan air di wadah.** Benda yang **terapung** memindahkan air seberat dirinya. Benda yang **tenggelam** memindahkan air sebanyak volumenya. Es yang mencair di air tawar tidak mengubah tinggi permukaan, karena air lelehannya tepat mengisi volume yang tadinya dipindahkan.

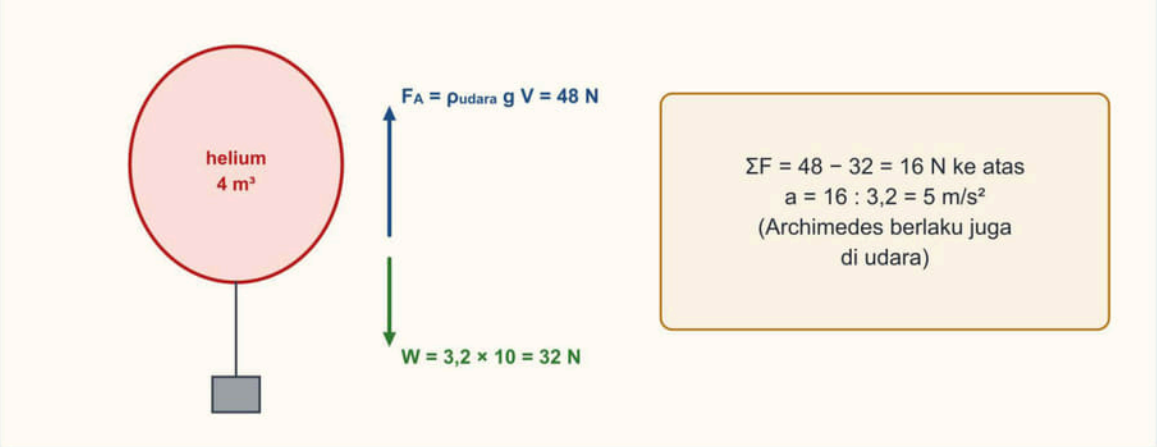


Gambar 3.11 Mengisi tangki ballast dengan air membuat kapal selam turun; memompa air keluar membuat kapal naik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Contoh terselesaikan 3: balon cuaca

Balon cuaca berisi helium bervolume 4 m^3. Massa balon, helium, dan peralatannya 3,2 kg. Massa jenis udara 1,2 kg/m^3 dan $g = 10$ m/s^2. Berapa percepatan balon sesaat setelah dilepas?



Gambar 3.12 Gaya apung udara pada balon lebih besar daripada berat seluruh balon. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

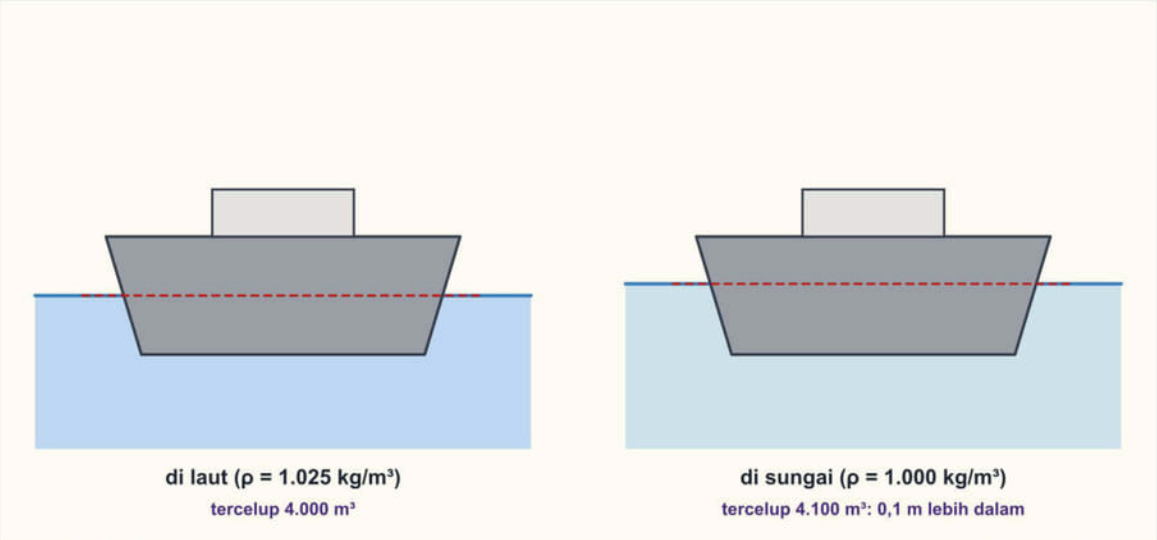
Penyelesaian.

1. Hukum Archimedes juga berlaku di udara, karena udara adalah fluida: $F_A = 1{,}2 \times 10 \times 4 = 48$ N.
2. Berat seluruh balon $= 3{,}2 \times 10 = 32$ N.
3. Gaya total ke atas $= 48 - 32 = 16$ N (Gambar 3.12).
4. $a = \dfrac{16}{3{,}2} = 5$ m/s^2 ke atas. Saat balon naik, udara makin renggang sehingga gaya apung berkurang; balon berhenti naik ketika gaya apung sama dengan beratnya.

Contoh terselesaikan 4: kapal dari laut masuk ke sungai

Sebuah kapal bermassa 4.100 ton berlayar dari laut ($\rho = 1.025$ kg/m^3) masuk ke muara sungai berair tawar ($\rho = 1.000$ kg/m^3). Luas penampang kapal pada garis air 1.000 m^2. Berapa volume tercelup di laut dan di sungai, dan berapa dalam kapal turun?

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



Gambar 3.13 Kapal yang sama tercelup lebih dalam di air tawar karena massa jenis air tawar lebih kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Kapal terapung di kedua tempat, jadi gaya apung selalu sama dengan beratnya: $\rho_{\text{cair}} V_{\text{celup}} = m$.
2. Di laut: $V = \dfrac{4.100.000}{1.025} = 4.000\ \text{m}^3$. Di sungai: $V = \dfrac{4.100.000}{1.000} = 4.100\ \text{m}^3$.
3. Tambahan volume tercelup 100 m^3 dibagi luas garis air 1.000 m^2: kapal turun sekitar 0,1 m (Gambar 3.13).
4. Makna: gaya apungnya sama, tetapi untuk zat cair yang kurang rapat, kapal harus memindahkan volume lebih besar.

5. Hukum Archimedes di sekitar kita

1. **Hidrometer.** Alat ini berupa tabung kaca berpemberat yang dibiarkan terapung di cairan. Makin rapat cairannya, makin sedikit bagian hidrometer yang perlu tercelup, sehingga hidrometer menyembul lebih tinggi. Skala pada batangnya langsung menunjukkan massa jenis cairan. Hidrometer dipakai untuk memeriksa kadar gula nira, kepekatan air aki, dan mutu susu.
2. **Telur di air garam.** Telur segar tenggelam di air tawar, karena massa jenisnya sedikit lebih besar daripada air. Bila garam dilarutkan sedikit demi sedikit, massa jenis air naik, sampai telur melayang lalu terapung. Telur yang sudah lama juga cenderung terapung, karena kantong udaranya membesar sehingga massa jenis rata-ratanya turun.
3. **Ikan dan gelembung renang.** Banyak ikan mempunyai gelembung renang berisi gas. Dengan mengubah isi gas, ikan mengatur massa jenis rata-ratanya sehingga dapat melayang di kedalaman tertentu tanpa banyak mengayuh, persis seperti kapal selam mengatur tangki ballast.
4. **Pelampung dan rompi keselamatan.** Bahan busa yang sangat ringan menambah volume tubuh tanpa menambah banyak massa. Massa jenis rata-rata orang yang memakai rompi menjadi lebih kecil daripada air, sehingga ia terapung dengan kepala di atas permukaan.

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

5. **Berenang di air laut.** Tubuh manusia rata-rata bermassa jenis hampir sama dengan air. Di air laut yang lebih rapat, tubuh lebih mudah terapung daripada di kolam air tawar. Di danau yang sangat asin, orang bahkan dapat berbaring terapung sambil membaca.

Setiap peristiwa itu diselesaikan dengan pertanyaan yang sama: bandingkan massa jenis (rata-rata) benda dengan massa jenis zat cair, lalu tentukan berapa volume yang harus tercelup agar gaya apung sama dengan berat. Bila salah satunya berubah, keadaan benda ikut berubah.

Ringkasan

- $F_A = \rho_{\text{cair}} g V_{\text{tercelup}}$; berasal dari selisih tekanan atas–bawah; tidak bergantung pada kedalaman dan bahan benda.
- Terapung ($\rho_b < \rho_c$, $F_A = W$, tercelup sebagian $= \rho_b/\rho_c$), melayang ($\rho_b = \rho_c$), tenggelam ($\rho_b > \rho_c$, $F_A + N = W$).
- Benda berongga: pakai massa jenis rata-rata.
- Berat semu: $F_A = W - W_{\text{semu}}$; $\rho_b/\rho_c = W/(W - W_{\text{semu}})$.
- Soal perubahan: hitung awal dan akhir, lalu selisihnya; zat cair kurang rapat → tercelup lebih dalam.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal Archimedes

1. **Tentukan keadaan benda:** terapung, melayang, atau tenggelam (bandingkan massa jenis, atau baca keterangan soal).
2. **Tulis persamaan gaya:** terapung atau melayang → $F_A = W$; tenggelam → $F_A = \rho_{\text{cair}} g V$ dan $F_A < W$.
3. **Pakai volume yang benar:** volume tercelup untuk gaya apung, volume total untuk massa jenis rata-rata.
4. **Untuk soal perubahan,** hitung keadaan awal dan akhir, lalu kurangkan. Pastikan yang ditanya nilai akhir atau perubahannya.
5. **Untuk berat semu,** $F_A = W - W_{\text{semu}}$, lalu volume, lalu massa jenis.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Nilai awal atau akhir dipilih, padahal yang ditanya perubahan	memilih 160 m^3 atau 200 m^3 pada soal kapal selam	baca kata "perubahan", "tambahan", "selisih"
Massa jenis benda dipakai pada rumus gaya apung	$F_A = \rho_{\text{benda}} g V$	F_A memakai massa jenis **zat cair**
Gaya apung dianggap selalu sama dengan berat	benda tenggelam dianggap $F_A = W$	hanya berlaku saat terapung atau melayang

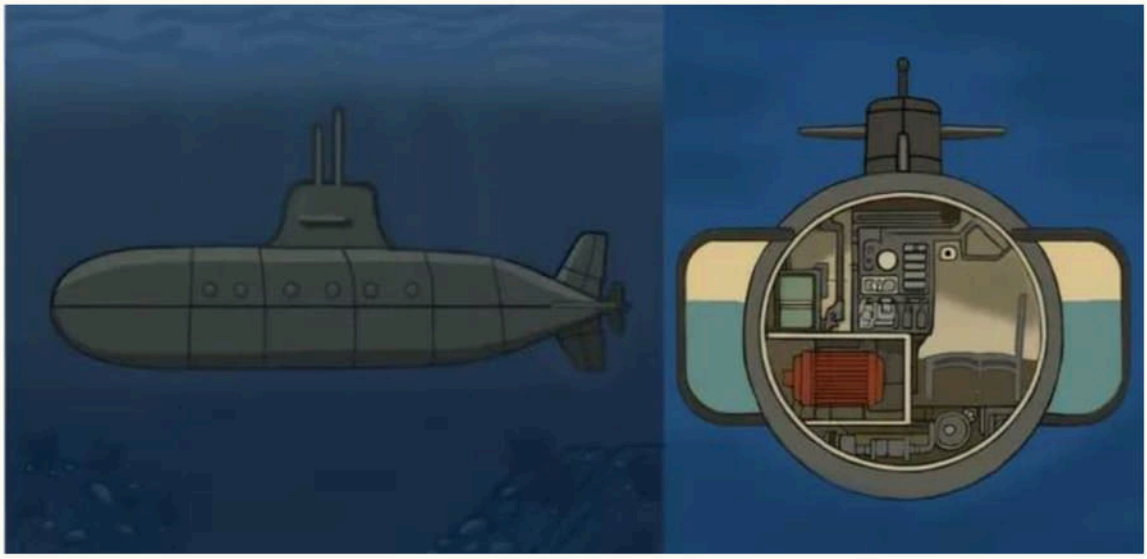
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gaya apung dianggap lebih besar dari berat saat terapung	"es terapung karena gaya apungnya lebih besar"	terapung setimbang: $F_A = W$
Volume total dipakai sebagai volume tercelup	gaya apung kapal dihitung dari volume seluruh kapal	pakai bagian yang di bawah permukaan
Berat semu yang besar dikira tanda zat cair lebih rapat	berat semu 22 N dikira cairannya lebih berat daripada air	berat semu besar → gaya apung kecil → zat cair kurang rapat
Bagian tercelup tertukar dengan bagian di atas	81% tercelup dijawab sebagai 81% di atas	bagian di atas $= 1 - \frac{\rho_b}{\rho_c}$

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-12) dijawab benar oleh 21,52 % peserta. Hitung volume awal dan volume yang diperlukan agar massa jenis rata-rata sama dengan air laut. Jawaban yang diminta adalah **selisih** keduanya.

►. Sebuah kapal selam sedang berada di dasar laut seperti gambar.
Kapal selam memiliki komponen tangki *ballast*. Tangki *ballast* berisi air yang volumenya dapat ditambah atau dikurangi. Hal ini membuat volume kapal selam berubah. Saat di dasar laut, kapal selam bermassa 200.000 kg memiliki massa jenis 1.250 kg.m^{-3}.
Agar kapal selam dapat terapung mendekati permukaan laut (asumsikan massa jenis air laut 1.000 kg.m^{-3}), perubahan volume yang dilakukan pada tangki *ballast* kapal selam adalah ....



A. 40 m^3
B. 160 m^3
C. 200 m^3
D. 240 m^3
E. 360 m^3

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

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 21,52 %

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep Archimedes: benda tenggelam jika $\rho_{\text{benda}} > \rho_{\text{fluida}}$; melayang/terapung bila massa jenis rata-ratanya turun hingga sama dengan (atau kurang dari) massa jenis air laut. Batas mulai naik: $\rho_{\text{rata-rata}} = 1.000\ \text{kg.m}^{-3}$.

Langkah 1 – Volume awal (di dasar laut). $V_1 = \dfrac{m}{\rho} = \dfrac{200.000}{1.250} = 160\ \text{m}^3$.

Langkah 2 – Volume yang dibutuhkan agar $\rho = 1.000\ \textbf{kg.m}^{-3}$ dengan massa tetap: $V_2 = \dfrac{200.000}{1.000} = 200\ \text{m}^3$.

Langkah 3 – Perubahan volume. $\Delta V = 200 - 160 = 40\ \text{m}^3$.

Cara pandang lain (yang terjadi pada kapal selam nyata): volume luar tetap 160 m^3, lalu air ballast dikeluarkan sehingga massa turun menjadi $1.000 \times 160 = 160.000$ kg. Air yang dibuang $40.000\ \text{kg} = 40\ \text{m}^3$ air. Kedua cara memberi **40 m^3** ✓.

Asal pengecoh: 160 m^3 dan 200 m^3 adalah volume awal dan akhir, bukan perubahannya; 360 m^3 adalah jumlah keduanya; 240 m^3 adalah volume akhir ditambah perubahannya $(200 + 40)$.

Jawaban: A.

Perhatikan bahwa pembahasan menunjukkan dua cara pandang (volume bertambah dengan massa tetap, atau air ballast dibuang dengan volume tetap), dan keduanya memberi 40 m^3. Pengecoh 160 m^3 dan 200 m^3 adalah nilai antara yang benar, tetapi bukan yang ditanya.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membandingkan kapal yang sama di air tawar dan air laut. Mulailah dari syarat terapung (gaya apung = berat), lalu kaitkan volume tercelup dengan massa jenis zat cair.

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

►. Sebuah kapal barang dengan muatan tetap berlayar dari sungai (air tawar) menuju laut (air asin yang lebih rapat), seperti pada gambar. Kapal selalu terapung.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Gaya apung yang dialami kapal di sungai sama dengan di laut.	○	○
Bagian kapal yang tercelup di sungai lebih dalam daripada di laut.	○	○
Volume air yang dipindahkan kapal di laut lebih besar daripada di sungai.	○	○

Pembahasan **Kunci: 1B 2B 3S**

Konsep: benda terapung: $F_A = W$; $F_A = \rho_{\text{cair}} g V_{\text{celup}}$.

Pernyataan 1. kapal terapung di keduanya, sehingga gaya apung selalu sama dengan berat kapal yang tetap → **Benar**.

Pernyataan 2. air tawar kurang rapat, sehingga volume air yang dipindahkan harus lebih besar untuk gaya apung yang sama → **Benar**.

Pernyataan 3. $V = \dfrac{W}{\rho g}$; massa jenis laut lebih besar, jadi volume yang dipindahkan lebih kecil → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis dulu keadaan benda (terapung, melayang, tenggelam) dan volume mana yang dipakai dalam rumus gaya apung.

1. Sebuah ban pelampung bermassa 1 kg memiliki volume total 20 L, seperti pada gambar. Pelampung dipakai di air tawar (massa jenis 1.000 kg/m³) dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.

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

Massa beban terbesar yang masih dapat ditopang pelampung tanpa pelampung tenggelam seluruhnya adalah ....

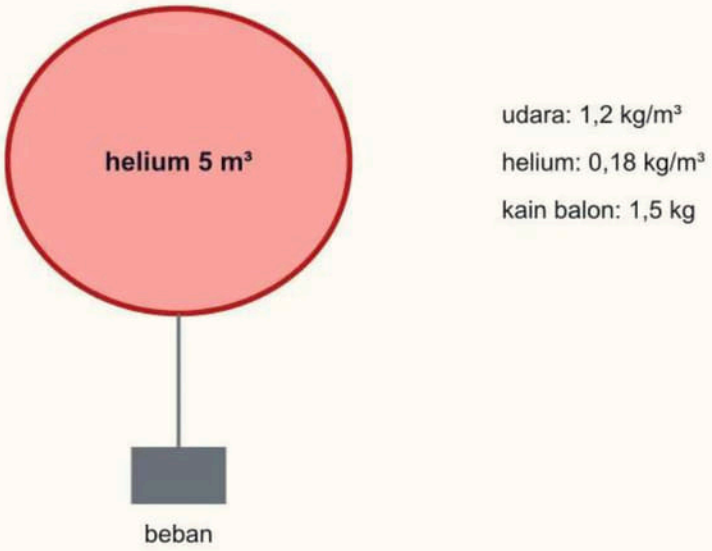


A. 21 kg
B. 19 kg
C. 20 kg
D. 1,9 kg
E. 200 kg

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

2. Sebuah balon promosi berisi 5 m^3 helium. Massa kain dan talinya 1,5 kg. Massa jenis udara 1,2 kg/m^3 dan massa jenis helium 0,18 kg/m^3, seperti pada gambar. Volume beban diabaikan.
Massa beban terbesar yang masih dapat diangkat balon tersebut adalah ....



A. 6,0 kg
B. 3,6 kg
C. 5,1 kg
D. 4,5 kg
E. 0,9 kg

Kunci singkat: 1. B 2. B

✔ PERIKSA DIRI

- Kapal selam dengan massa jenis rata-rata 1.250 kg/m^3 di air laut 1.000 kg/m^3: tenggelam, melayang, atau terapung? Apa yang harus diubah agar ia naik?
- Mengapa gaya apung pada balok yang tenggelam lebih kecil daripada beratnya, sedangkan pada balok yang terapung sama dengan beratnya?
- Mengapa kapal yang berlayar dari laut ke muara sungai tercelup lebih dalam, padahal massanya tidak berubah?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-3.2

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

Sub bab 3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli

FIS-3.3

◎ APA YANG DIUJI

Sub bab ini membahas fluida yang **bergerak**: air dalam pipa dan sungai, udara di sekitar sayap, dan semburan dari selang. Kisi-kisi resmi menyebut persamaan kontinuitas dan hukum Bernoulli, dalam konteks teknologi sehari-hari.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-13	Menjelaskan cara kerja objek menggunakan prinsip fluida dinamis	11,70 %

SA-13 adalah soal tersulit di seluruh soal asli Fisika 2025. Hanya sekitar 1 dari 9 peserta yang benar. Soal itu tidak meminta hitungan, tetapi meminta penjelasan gaya angkat sayap burung. Kebanyakan peserta keliru karena satu miskonsepsi yang kuat: "aliran yang cepat bertekanan besar".

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung debit dan memakai persamaan kontinuitas, termasuk pada pipa bercabang;
- menjelaskan hubungan kelajuan dan tekanan menurut hukum Bernoulli, lalu memakainya pada sayap, kapal, kereta, dan alat sehari-hari;
- menghitung tekanan atau kelajuan dengan hukum Bernoulli, termasuk bila ketinggian berubah;
- memakai rumus khusus: tangki bocor (Torricelli), venturimeter, dan tabung pitot.

NEXT LEVEL STUDY

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Air yang keluar dari selang memancar lebih jauh saat ujung selang dipencet. Pesawat seberat ratusan ton dapat terangkat ke udara. Atap rumah dapat terlepas saat angin puting beliung bertiup kencang di atasnya. Asap terisap keluar dari cerobong saat angin bertiup. Sub bab 3.1 dan 3.2 membahas fluida yang **diam**; sub bab ini membahas fluida yang **mengalir**. Dua prinsip menjadi kuncinya: **kontinuitas** (fluida tidak hilang dan tidak bertambah di sepanjang pipa) dan **Bernoulli** (energi fluida yang mengalir tetap). Soal asli TKA pada sub bab ini dijawab benar oleh paling sedikit peserta, padahal yang dibutuhkan hanya satu gagasan: di tempat aliran lebih cepat, tekanannya lebih kecil.

1. Fluida ideal, debit, dan persamaan kontinuitas

Agar mudah dianalisis, fluida dianggap **ideal**: tidak dapat dimampatkan (massa jenisnya tetap), tidak kental (tanpa gesekan dalam), dan mengalir **tunak** (kecepatan di setiap titik tidak berubah terhadap waktu). Lintasan partikel fluida digambarkan dengan **garis arus**: garis arus yang rapat

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

menandakan aliran cepat, garis arus yang renggang menandakan aliran lambat.

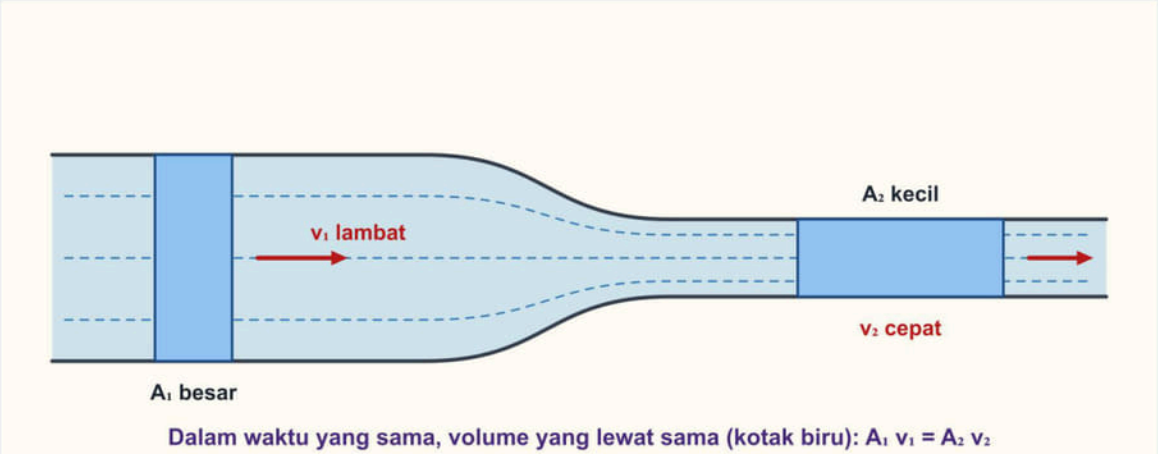
Debit adalah volume fluida yang mengalir per satuan waktu:

$$Q = \frac{V}{t} = A\,v$$

dengan A luas penampang dan v kelajuan aliran. Satuannya $\mathrm{m^3/s}$; $1\ \mathrm{L/s} = 10^{-3}\ \mathrm{m^3/s}$. Rumus $Q = Av$ berasal dari gambaran sederhana: dalam waktu t, fluida di penampang A bergerak sejauh vt, sehingga volume yang lewat $= A \cdot vt$.

Karena fluida tidak dapat dimampatkan dan pipa tidak bocor, volume yang masuk ke sebuah bagian pipa harus sama dengan volume yang keluar dalam waktu yang sama (Gambar 3.14). Jadi debit di semua penampang **sama**:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



Gambar 3.14 Dalam waktu yang sama, volume yang lewat di bagian lebar dan bagian sempit sama, sehingga aliran di bagian sempit lebih cepat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

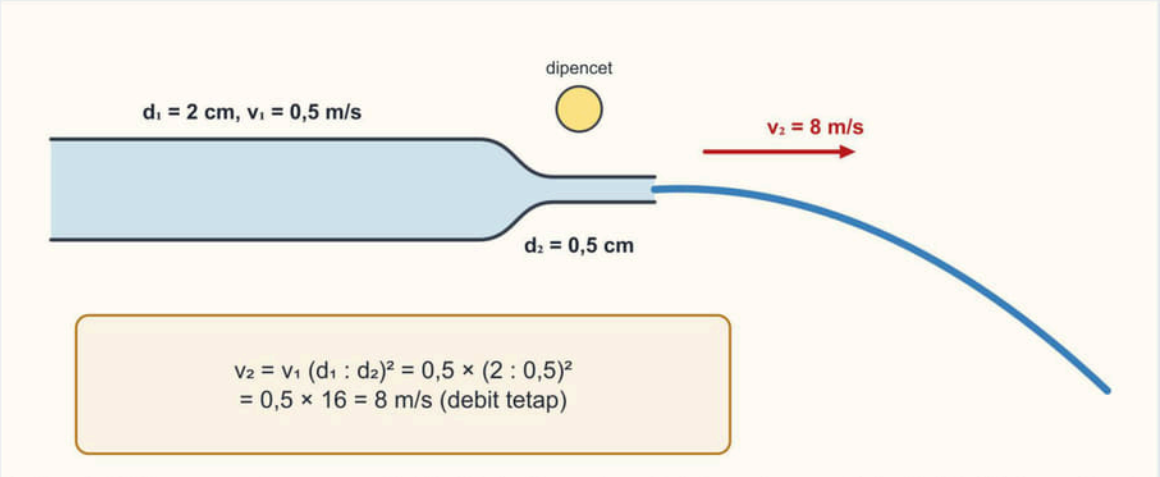
Di bagian yang sempit, aliran lebih cepat. Karena $A \propto d^2$, diameter setengahnya membuat kelajuan **empat** kali. Sungai yang menyempit di antara dua tebing mengalir deras karena alasan yang sama.

Pipa bercabang. Bila aliran terbagi ke banyak cabang, pakai **luas total** semua cabang: $A_1 v_1 = A_{\text{total}}\, v_{\text{cabang}}$. Kapiler darah masing-masing sangat sempit, tetapi luas totalnya sangat besar, sehingga darah di kapiler justru mengalir paling lambat. Ini menguntungkan, karena pertukaran zat di kapiler memerlukan waktu.

Contoh terselesaikan 1: ujung selang dipencet

Selang taman berdiameter 2 cm mengalirkan air dengan kelajuan 0,5 m/s. Ujungnya dipencet sehingga diameter lubang tinggal 0,5 cm. Berapa kelajuan air yang keluar?

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



Gambar 3.15 Diameter lubang empat kali lebih kecil membuat kelajuan air enam belas kali lebih besar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Kontinuitas: $A_1 v_1 = A_2 v_2$, dengan $A \propto d^2$.
2. $v_2 = v_1 \left(\dfrac{d_1}{d_2}\right)^2 = 0{,}5 \times \left(\dfrac{2}{0{,}5}\right)^2 = 0{,}5 \times 16 = 8$ m/s (Gambar 3.15).
3. Debitnya tetap $3{,}14 \times 10^{-4} \times 0{,}5 \approx 1{,}6 \times 10^{-4}$ m³/s; yang berubah hanya kelajuannya.
4. Makna: air memancar jauh saat ujung selang dipencet, tetapi ember tidak terisi lebih cepat, karena debitnya sama.

2. Hukum Bernoulli

Hukum Bernoulli adalah **hukum kekekalan energi** untuk fluida yang mengalir. Setiap satuan volume fluida mempunyai tiga "bentuk energi": energi dari tekanan (p), energi kinetik per volume ($\frac{1}{2}\rho v^2$), dan energi potensial per volume ($\rho g h$). Untuk fluida ideal yang mengalir tunak, jumlah ketiganya tetap sepanjang aliran:

$$p + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{tetap}$$

Untuk aliran **mendatar** (ketinggian sama), suku $\rho g h$ sama di kedua tempat:

$$p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2$$

Di tempat kelajuan aliran lebih besar, tekanannya lebih kecil. Kalimat ini adalah inti hampir semua soal penjelasan. Alasannya: fluida yang masuk ke bagian sempit harus dipercepat, dan yang mempercepatnya adalah selisih tekanan; jadi tekanan di belakang (bagian lebar) lebih besar daripada tekanan di depan (bagian sempit).

Gaya dari selisih tekanan selalu mengarah **dari sisi bertekanan besar ke sisi bertekanan kecil**, yaitu dari sisi yang alirannya lambat ke sisi yang alirannya cepat:

$$\Delta p = \tfrac{1}{2}\rho \left(v_{\text{cepat}}^2 - v_{\text{lambat}}^2\right), \qquad F = \Delta p \, A$$

Gaya angkat sayap. Sayap pesawat dan sayap burung berbentuk melengkung di atas dan dipasang sedikit miring terhadap arah udara (sudut serang). Akibatnya udara di atas sayap mengalir lebih cepat (garis arus lebih rapat), sehingga tekanannya lebih kecil daripada di bawah

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

sayap (Gambar 3.16). Selisih tekanan itu menghasilkan gaya angkat ke atas. Pada saat yang sama, sayap membelokkan udara ke bawah, dan menurut hukum III udara mendorong sayap ke atas. Makin cepat pesawat bergerak terhadap udara, makin besar gaya angkat; itulah sebabnya pesawat lepas landas melawan arah angin dan harus berlari kencang di landasan. Burung mengubah bentuk dan sudut sayapnya untuk mengatur gaya angkat saat terbang, melayang, atau mendarat.



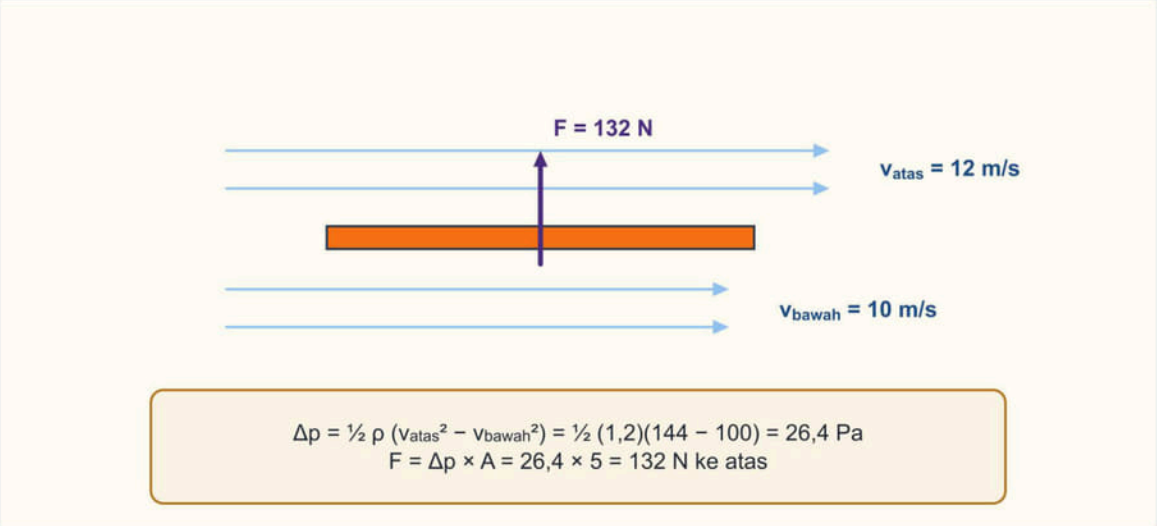
Gambar 3.16 Aliran udara di atas sayap lebih cepat dan tekanannya lebih kecil daripada di bawah sayap; selisih tekanan menghasilkan gaya angkat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Peristiwa	Di mana aliran lebih cepat?	Arah gaya
Sayap pesawat atau burung	di atas sayap (lengkung atas dan sudut serang)	ke atas (gaya angkat)
Tirai kamar mandi saat pancuran dinyalakan	di dalam ruang pancuran (udara terbawa aliran air)	tirai tertarik ke dalam
Dua lembar kertas digantung sejajar lalu ditiup di celahnya	di celah antara kertas	kedua kertas saling mendekat
Cerobong asap saat angin bertiup di atasnya	di atas mulut cerobong	asap terisap keluar ke atas
Penyemprot parfum atau obat nyamuk	di atas pipa kecil	cairan terisap naik
Atap rumah saat angin kencang	di atas atap	atap terangkat

Contoh terselesaikan 2: gaya angkat pada layang-layang raksasa

Pada sebuah layang-layang raksasa berluas 5 m^2, udara di atas permukaannya bergerak 12 m/s dan di bawahnya 10 m/s. Massa jenis udara 1,2 kg/m^3. Berapa gaya angkatnya?



Gambar 3.17 Udara di atas layang-layang lebih cepat, sehingga tekanannya lebih kecil dan timbul gaya ke atas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Selisih tekanan: $\Delta p = \frac{1}{2}(1{,}2)(12^2 - 10^2) = 0{,}6 \times 44 = 26{,}4$ Pa.
2. Gaya: $F = \Delta p \times A = 26{,}4 \times 5 = 132$ N, ke atas (dari sisi lambat ke sisi cepat) (Gambar 3.17).
3. Perhatikan: $12^2 - 10^2 = 44$, **bukan** $(12 - 10)^2 = 4$. Kesalahan ini memberi gaya sebelas kali terlalu kecil.
4. Makna: selisih kelajuan yang tampak kecil (2 m/s) sudah cukup untuk mengangkat beban sekitar 13 kg.

3. Bernoulli dengan perubahan ketinggian

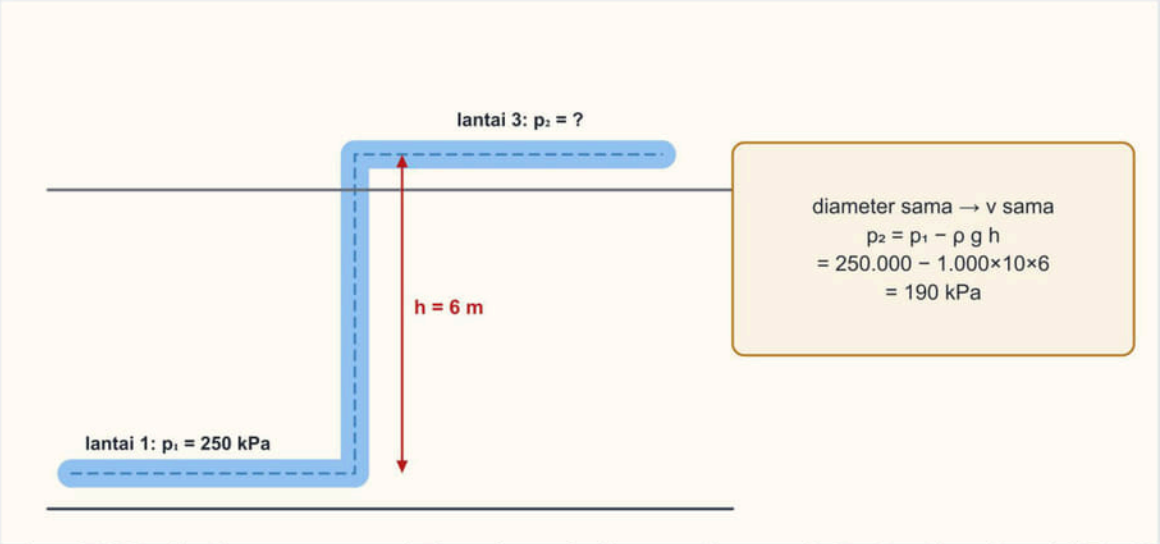
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bila fluida naik, sebagian "energi tekanan" dipakai untuk mengangkat fluida ($\rho g h$), sehingga tekanannya turun. Bila sekaligus pipanya menyempit, tekanan berkurang lagi karena alirannya lebih cepat. Inilah alasan air keran di lantai atas gedung lebih lemah daripada di lantai bawah.

Langkah: cari kelajuan dengan kontinuitas, lalu masukkan ke Bernoulli lengkap.

Contoh terselesaikan 3: tekanan air di lantai atas

Pipa air di lantai 1 berdiameter 4 cm, alirannya 2 m/s, dan tekanan pengukurnya 250 kPa. Pipa naik 6 m ke lantai 3 dengan diameter yang sama ($\rho = 1.000\ \text{kg/m}^3$, $g = 10\ \text{m/s}^2$). Berapa tekanan di lantai 3?



Gambar 3.18 Pipa berdiameter sama naik 6 m; tekanan berkurang sebesar ρ g h. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Diameter sama → (kontinuitas) kelajuan sama, jadi suku $\frac{1}{2}\rho v^2$ saling hapus.
2. Bernoulli: $p_2 = p_1 - \rho g h = 250.000 - 1.000 \times 10 \times 6 = 190.000\ \text{Pa} = 190\ \text{kPa}$ (Gambar 3.18).
3. Bila pipa di lantai 3 dibuat lebih kecil, kelajuan bertambah dan tekanan turun lagi.
4. Makna: setiap naik 10 m, tekanan air berkurang sekitar 100 kPa; gedung tinggi memerlukan pompa pendorong atau tandon di atap.

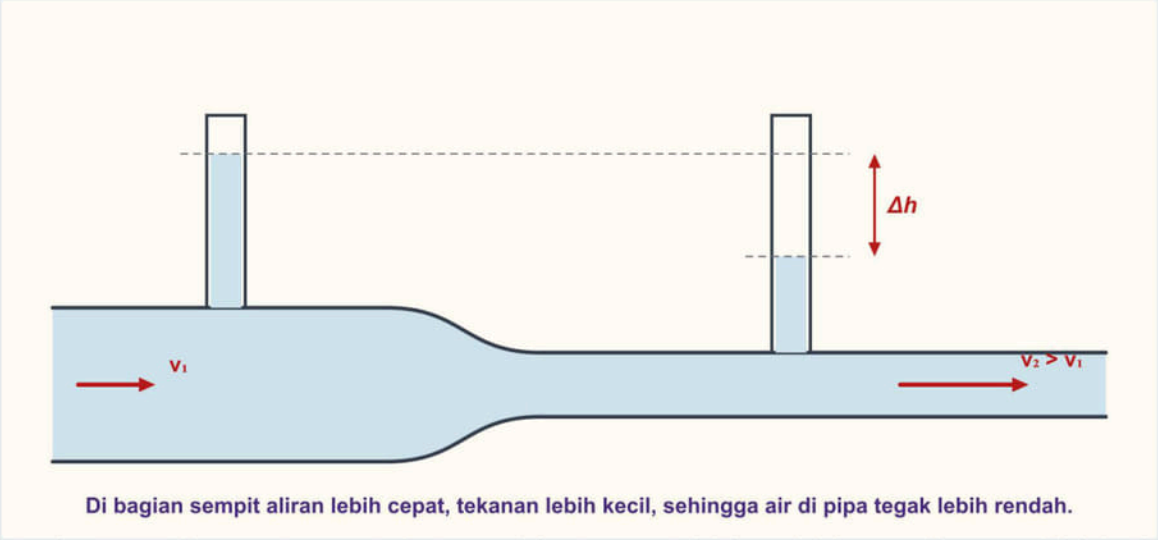
4. Alat dan peristiwa yang memakai rumus khusus

Alat atau peristiwa	Rumus	Catatan
Tangki bocor (Torricelli): lubang sedalam h di bawah permukaan	$v = \sqrt{2gh}$	sama dengan kelajuan benda jatuh bebas setinggi h; jarak jatuh di tanah $x = 2\sqrt{h\,y}$ (y = tinggi lubang dari tanah)
Venturimeter: pipa menyempit dengan dua pipa tegak	$\rho g\,\Delta h = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$ dan $A_1 v_1 = A_2 v_2$	beda tinggi air di pipa tegak menunjukkan beda tekanan

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

Tabung pitot: mengukur kelajuan pesawat atau drone	$\Delta p = \frac{1}{2}\rho v^2$	ρ adalah massa jenis udara (bukan air)

Pada **venturimeter** (Gambar 3.19), air di pipa tegak yang dipasang di bagian sempit lebih rendah daripada di bagian lebar, karena tekanannya lebih kecil. Dari beda tinggi Δh, kelajuan aliran dapat dihitung. Rumus **Torricelli** dapat dipahami dengan kekekalan energi: air di permukaan tangki hampir diam, dan setelah "turun" sejauh h sampai ke lubang, energi potensialnya berubah menjadi energi kinetik, persis seperti benda yang jatuh bebas.

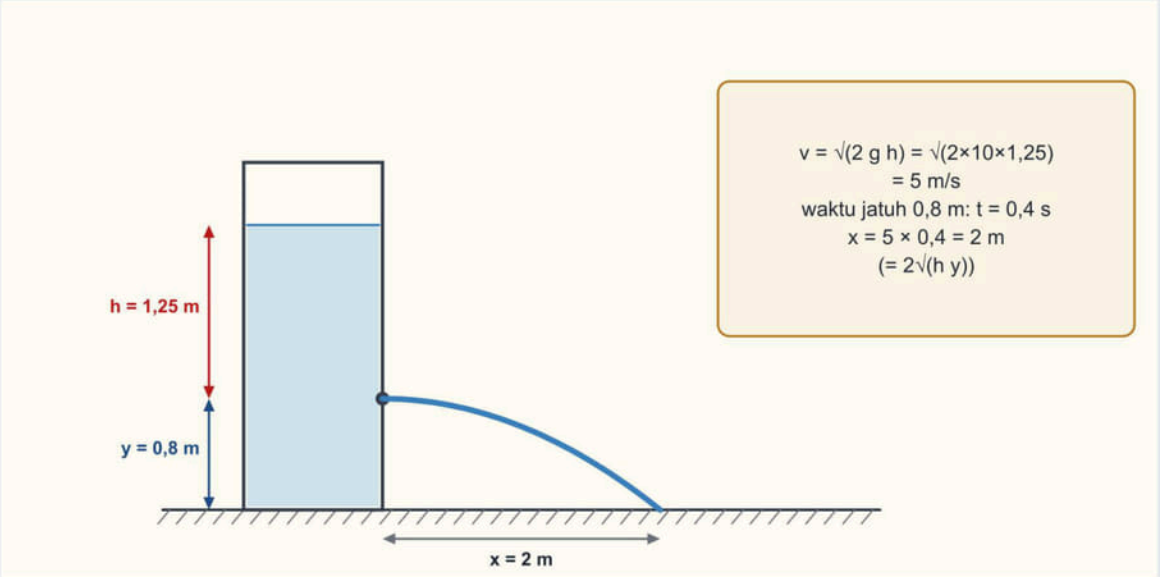


Gambar 3.19 Pada venturimeter, air di pipa tegak bagian sempit lebih rendah karena tekanannya lebih kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Contoh terselesaikan 4: tangki air yang bocor

Sebuah tangki air terbuka bocor pada lubang kecil di dinding sampingnya. Lubang berada 1,25 m di bawah permukaan air dan 0,8 m di atas tanah ($g = 10\ \text{m/s}^2$). Berapa kelajuan air yang keluar dan di mana air mengenai tanah (Gambar 3.20)?



Gambar 3.20 Air keluar mendatar dari lubang lalu bergerak parabola sampai mengenai tanah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Torricelli: $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 1{,}25} = 5\ \text{m/s}$, mendatar.
2. Setelah keluar, air bergerak seperti lemparan mendatar (sub bab 1.5): waktu jatuh 0,8 m adalah $t = \sqrt{\dfrac{2 \times 0{,}8}{10}} = 0{,}4\ \text{s}$.
3. Jarak mendatar: $x = 5 \times 0{,}4 = 2\ \text{m}$. Cek dengan $x = 2\sqrt{hy} = 2\sqrt{1{,}25 \times 0{,}8} = 2\ \text{m}$ ✓.
4. Makna: kelajuan semburan hanya bergantung pada kedalaman lubang di bawah permukaan air, tidak pada luas tangki atau besar lubang.

5. Batas model fluida ideal dan salah paham yang sering muncul

Fluida nyata tidak sepenuhnya ideal. Air, oli, dan madu mempunyai **kekentalan** (viskositas): lapisan fluida saling bergesekan, sehingga sebagian energi berubah menjadi panas. Karena itu tekanan air di ujung pipa yang sangat panjang selalu sedikit lebih kecil daripada perhitungan Bernoulli, dan pompa harus terus bekerja walaupun pipanya mendatar. Bila aliran terlalu cepat, aliran menjadi **turbulen** (berpusar tidak beraturan) dan rumus Bernoulli hanya menjadi perkiraan. Dalam soal TKA, bila tidak disebutkan lain, fluida dianggap ideal.

Beberapa salah paham yang sering muncul:

1. **"Aliran cepat berarti tekanan besar."** Justru sebaliknya. Semprotan air yang cepat memang terasa "keras" saat mengenai tangan, tetapi itu karena air dihentikan oleh tangan (perubahan momentum), bukan karena tekanan di dalam aliran besar.

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

2. **"Gaya angkat sayap berasal dari udara yang menabrak bagian bawah sayap."** Tumbukan udara memang ikut membelokkan udara ke bawah, tetapi selisih tekanan karena perbedaan kelajuan di atas dan di bawah sayap adalah penyebab utama yang diuji di soal.
3. **"Kelajuan di bagian sempit lebih besar karena tekanannya lebih besar."** Urutan sebab–akibatnya terbalik. Kontinuitas memaksa aliran lebih cepat di bagian sempit; percepatan itu memerlukan tekanan yang lebih kecil di depan.
4. **"Debit bertambah bila pipa disempitkan."** Debit tetap; yang bertambah hanya kelajuan.

Saat menjawab soal penjelasan, susun rantai sebab–akibat secara berurutan: bentuk atau penyempitan → kelajuan berubah (kontinuitas) → tekanan berubah (Bernoulli) → arah gaya dari tekanan besar ke tekanan kecil → peristiwa yang terlihat.

Ringkasan

- Kontinuitas: $Q = Av$ tetap; bagian sempit → aliran cepat; $v \propto 1/d^2$.
- Bernoulli: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h$ tetap; aliran cepat → tekanan kecil; gaya dari sisi lambat ke sisi cepat, $\Delta p = \frac{1}{2}\rho(v_{\text{cepat}}^2 - v_{\text{lambat}}^2)$.
- Gaya angkat sayap: udara di atas lebih cepat → tekanan atas lebih kecil; sayap juga membelokkan udara ke bawah.
- Naik setinggi h dengan diameter sama: tekanan turun $\rho g h$.
- Torricelli $v = \sqrt{2gh}$; venturimeter: bagian sempit, tekanan kecil, air di pipa tegak lebih rendah.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal fluida dinamis

1. **Untuk soal penjelasan,** tentukan di mana aliran lebih cepat, lalu ingat: cepat → tekanan kecil. Gaya mengarah ke sisi yang alirannya cepat.
2. **Untuk kontinuitas,** tulis $A_1 v_1 = A_2 v_2$; ubah diameter ke luas (kuadrat); untuk cabang pakai luas total.
3. **Untuk Bernoulli,** tulis ketiga suku di kedua titik. Coret yang sama (ketinggian sama atau kelajuan sama).
4. **Untuk gaya angkat,** hitung $v_{\text{cepat}}^2 - v_{\text{lambat}}^2$, bukan kuadrat selisihnya; kalikan dengan luas, lalu bandingkan dengan berat.
5. **Cek satuan:** L/s ke m^3/s, cm^2 ke m^2, kPa ke Pa.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Aliran cepat dikira bertekanan besar	"kecepatan rendah di bawah sayap menghasilkan tekanan yang lebih rendah"	Bernoulli: cepat → tekanan **kecil**

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

Gaya angkat dikira berasal dari hambatan angin	"gerakan melawan angin menciptakan hambatan sehingga burung terbang"	hambatan menahan gerak maju; gaya angkat dari beda tekanan
Perbandingan diameter tanpa kuadrat	diameter setengahnya → kelajuan dua kali	$v \propto \frac{1}{d^2}$ → empat kali
Kuadrat selisih, bukan selisih kuadrat	$(70-60)^2$	70^2-60^2
Kapiler dianggap paling cepat karena sempit	memakai luas satu kapiler	pakai luas **total** cabang
Suku ketinggian dilupakan	tekanan di lantai atas sama dengan di bawah	tambahkan $\rho g h$
Faktor ½ dilupakan	$\Delta p = \rho v^2$	$\Delta p = \frac{1}{2}\rho v^2$

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-13) hanya dijawab benar oleh 11,70 % peserta. Kerjakan dengan tabel di bagian 2: di mana udara lebih cepat, di mana tekanannya lebih kecil, dan ke mana arah gayanya? Nilai kelima pernyataan **satu per satu**.

►. Sayap pada burung membantu burung untuk beraktivitas terbang. Sayap yang dibentangkan dan gerakan melawan arah angin membuat burung terangkat terbang. Saat terbang, bentuk sayap burung dapat berubah sesuai kondisi.
Berdasarkan fenomena tersebut, bagaimana penjelasan ilmiah mengenai sayap membantu burung terbang? *(Penjelasan benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Saat udara mengalir di atas dan bawah sayap, kecepatan udara di atas lebih tinggi.
☐ B. Rendahnya kecepatan aliran udara di bawah sayap menghasilkan tekanan yang lebih rendah.
☐ C. Perbedaan tekanan menciptakan gaya angkat yang memungkinkan burung tetap terbang.
☐ D. Gerakan melawan arah angin menciptakan hambatan sehingga burung dapat terbang.
☐ E. Bentuk sayap berubah untuk menghasilkan perubahan gaya angkat.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 11,70 %

Pembahasan **Kunci: A, C, E**

Konsep Bernoulli: $P + \frac{1}{2}\rho v^2 =$ konstan, jadi di tempat aliran udara lebih **cepat**, tekanannya lebih **kecil**. Gaya angkat $F = (P_{\text{bawah}} - P_{\text{atas}})A$.

Analisis tiap pernyataan:

1. ✓ Bentuk sayap yang melengkung membuat udara di atas sayap mengalir lebih cepat.
2. ✗ Kebalikannya: kecepatan rendah di bawah sayap menghasilkan tekanan yang lebih **tinggi**.
3. ✓ Tekanan bawah > tekanan atas → gaya angkat ke atas.

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

4. ✗ Terbang melawan angin menambah kecepatan udara relatif terhadap sayap sehingga gaya angkat bertambah. Yang membuat burung terangkat adalah gaya angkat, bukan hambatan (hambatan justru menahan gerak maju).
5. ✓ Burung mengubah bentang dan sudut sayap untuk mengatur besar gaya angkat (misalnya saat lepas landas atau mendarat).

Jebakan: pernyataan 2 terdengar wajar, tetapi membalik hubungan kecepatan–tekanan dalam asas Bernoulli.

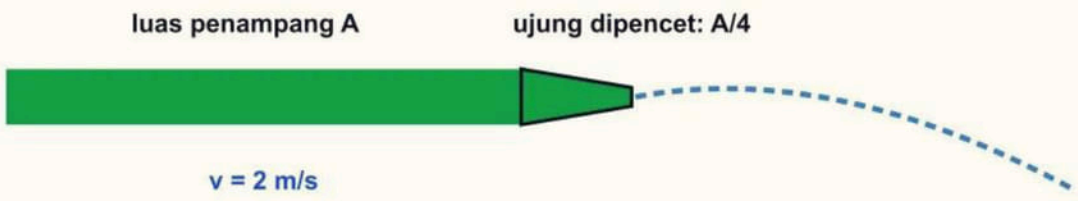
Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

Dua pernyataan salah sengaja dibuat "terdengar ilmiah". Pernyataan B membalik hubungan Bernoulli (lambat dikatakan bertekanan rendah). Pernyataan D mencampur gaya angkat dengan hambatan. Peserta yang membaca sekilas dan tidak menguji setiap kata cenderung memilih keduanya.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memakai persamaan kontinuitas. Debit tetap, jadi kelajuan berbanding terbalik dengan luas penampang. Perhatikan apakah yang diketahui luas atau diameter.

►. Air mengalir di dalam selang dengan kelajuan 2 m/s. Ujung selang dipencet sehingga luas penampang ujungnya tinggal seperempat luas penampang selang, seperti pada gambar. Debit air dianggap tetap.
Kelajuan air yang keluar dari ujung selang adalah ....



A. 0,5 m/s
B. 16 m/s
C. 4 m/s
D. 2 m/s
E. 8 m/s

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

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: persamaan kontinuitas: $A_1 v_1 = A_2 v_2$ (debit tetap).

Langkah – $v_2 = v_1 \dfrac{A_1}{A_2} = 2 \times 4 = 8$ m/s.

Analisis opsi:

- A (0,5 m/s) ✗ – perbandingan luas dibalik.
- B (16 m/s) ✗ – perbandingan luas dikuadratkan, seperti bila yang diperkecil diameternya.
- C (4 m/s) ✗ – luas seperempat dianggap menggandakan kelajuan saja.
- D (2 m/s) ✗ – kelajuan dianggap tetap.
- E (8 m/s) ✓ – A v tetap: kelajuan naik 4 kali.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tentukan dulu rumus mana yang sesuai: kontinuitas, Bernoulli, atau debit.

1. Saat angin kencang, udara di atas atap sebuah rumah bergerak dengan kelajuan 30 m/s, sedangkan udara di dalam rumah hampir diam, seperti pada gambar. Luas atap 100 m^2 dan massa jenis udara 1,2 kg/m^3. Anggap tinggi atas dan bawah atap hampir sama. Besar gaya angkat pada atap akibat perbedaan tekanan tersebut adalah ....



A. 108 kN
B. 1,8 kN
C. 54 kN
D. 540 N
E. 5,4 kN

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

2. Petugas mengukur aliran sebuah sungai kecil. Luas penampang aliran sungai 4 m^2 dan kelajuan rata-rata airnya 0,5 m/s.
Debit air sungai tersebut adalah ....

A. 8 m^3/s
B. 0,125 m^3/s
C. 2 m^3/s
D. 4,5 m^3/s
E. 2.000 m^3/s

Kunci singkat: 1. C 2. C

✔ PERIKSA DIRI

- Di bagian mana sayap pesawat udara mengalir lebih cepat, dan ke mana arah gaya akibat beda tekanannya?
- Mengapa air memancar lebih jauh bila ujung selang dipencet, padahal debitnya tidak berubah?
- Mengapa gaya angkat dihitung dari $v_1^2 - v_2^2$, bukan dari $(v_1 - v_2)^2$?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-3.3

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

Kuis Akhir Bab 3

FIS-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-fis&node=FIS-KB3

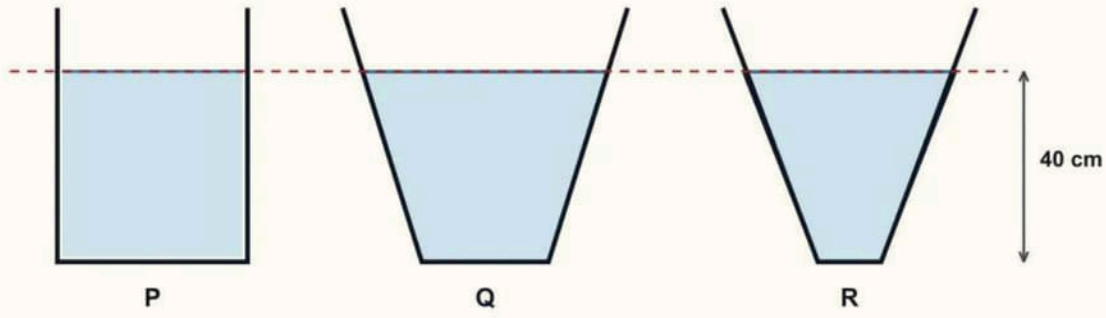
1. Sebuah kolam renang berisi air tawar sedalam 2 m, seperti pada gambar. Massa jenis air $1.000\ \text{kg/m}^3$ dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Tekanan hidrostatis di dasar kolam adalah ....



A. 2 kPa
B. 20 kPa
C. 200 kPa
D. 120 kPa
E. 10 kPa

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

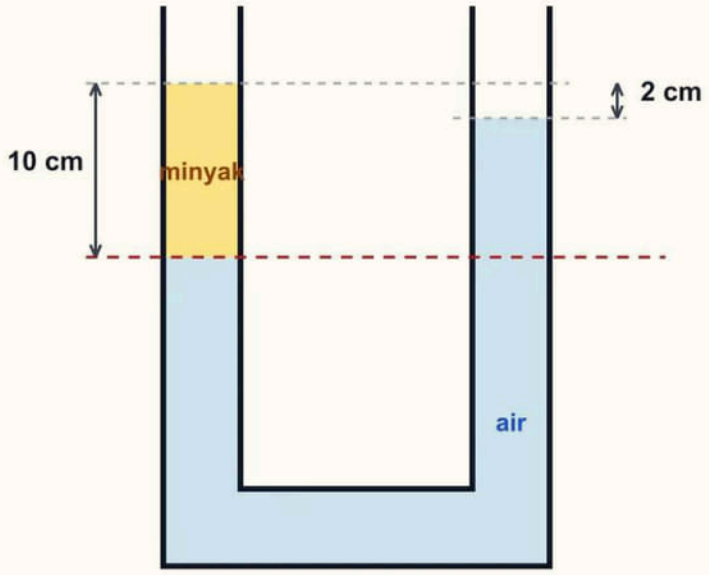
2. Tiga wadah P, Q, dan R berbentuk berbeda diisi air sampai ketinggian yang sama, yaitu 40 cm, seperti pada gambar. Luas dasar ketiga wadah juga berbeda, dan banyaknya air di dalam ketiga wadah tidak sama.
Pernyataan yang benar tentang tekanan air di dasar ketiga wadah adalah ....



A. Tekanan di dasar wadah Q paling besar karena wadah Q berisi air paling banyak.
B. Tekanan di dasar wadah P paling besar karena dinding wadah P tegak lurus dasar.
C. Tekanan di dasar wadah R paling kecil karena luas dasar wadah R paling sempit.
D. Tekanan di dasar ketiga wadah sama karena kedalaman airnya sama.
E. Tekanan di dasar wadah R paling besar karena dinding wadah R paling miring.

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

3. Sebuah pipa U mula-mula berisi air (massa jenis 1.000 kg/m^3). Ke dalam kaki kiri dituangkan minyak goreng setinggi 10 cm yang tidak bercampur dengan air. Setelah setimbang, permukaan minyak di kaki kiri berada 2 cm lebih tinggi daripada permukaan air di kaki kanan, seperti pada gambar.
Massa jenis minyak goreng tersebut adalah ....

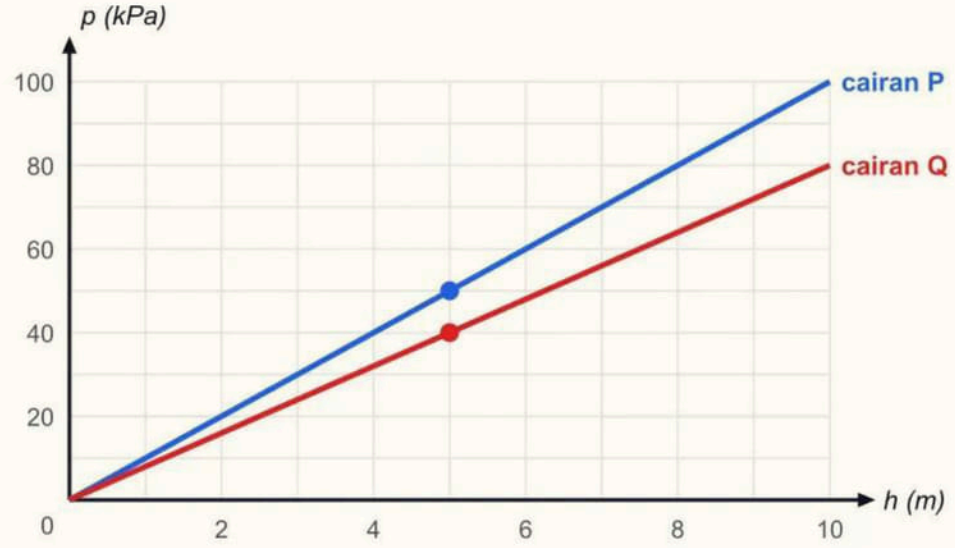


A. 800 kg/m^3
B. 200 kg/m^3
C. 1.250 kg/m^3
D. 833 kg/m^3
E. 1.200 kg/m^3

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

4. Dalam sebuah percobaan, sensor tekanan dicelupkan ke dua tangki berisi cairan P dan cairan Q pada berbagai kedalaman. Grafik tekanan hidrostatis p terhadap kedalaman h untuk kedua cairan ditunjukkan pada gambar. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Pernyataan yang benar berdasarkan grafik adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

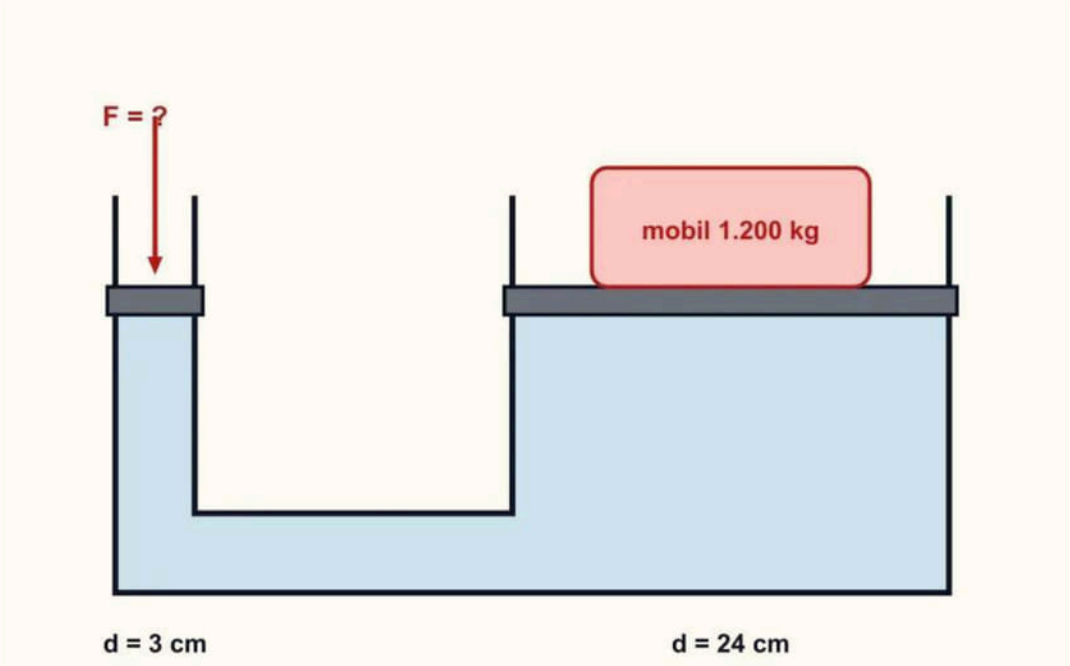
☐ A. Massa jenis cairan P adalah 1.000 kg/m^3.
☐ B. Pada kedalaman yang sama, tekanan hidrostatis di cairan Q lebih besar daripada di cairan P.
☐ C. Kemiringan setiap garis sama dengan massa jenis cairan dikali percepatan gravitasi.
☐ D. Tekanan hidrostatis di cairan Q pada kedalaman 10 m adalah 80 kPa.
☐ E. Bila tangki P diganti dengan tangki yang lebih lebar, garis P menjadi lebih landai.

5. Sebuah botol plastik tinggi diisi penuh dengan air lalu dilubangi di tiga tempat pada satu sisi: dekat atas, di tengah, dan dekat dasar. Ketiga lubang berukuran sama. Botol diletakkan di tepi meja dan airnya dibiarkan memancar. Pancaran dari lubang paling bawah tampak paling kuat dan jatuh paling jauh dari dinding botol.
Penjelasan yang paling tepat untuk pancaran dari lubang paling bawah adalah ....

A. Air di dekat dasar paling berat karena tertekan oleh air di atasnya sehingga massa jenisnya paling besar.
B. Udara di luar botol paling lemah menekan lubang bawah sehingga air keluar paling mudah dari lubang itu.
C. Lubang bawah paling dalam di bawah permukaan sehingga tekanan air di lubang itu paling besar.
D. Gravitasi menarik air di lubang bawah lebih kuat karena letaknya paling dekat dengan permukaan tanah.
E. Air di lubang bawah mengalir paling lama sehingga kelajuannya bertambah sebelum keluar dari botol.

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

6. Sebuah dongkrak hidrolik di bengkel memiliki pengisap kecil berdiameter 3 cm dan pengisap besar berdiameter 24 cm, keduanya setinggi. Sebuah mobil bermassa 1.200 kg diletakkan di atas pengisap besar, seperti pada gambar. Massa pengisap diabaikan dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Gaya minimal pada pengisap kecil agar mobil dapat terangkat adalah ....



A. 1.500 N
B. 23,4 N
C. 12.000 N
D. 96.000 N
E. 187,5 N

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

7. Percobaan tekanan hidrostatis

Tujuan: menyelidiki pengaruh kedalaman terhadap tekanan hidrostatis air.
Alat: corong bermembran karet yang dihubungkan selang ke manometer pipa U, gelas kimia tinggi berisi air, mistar.
Langkah:
1. Celupkan corong ke dalam air sedalam 2 cm dengan membran menghadap ke bawah, lalu catat beda tinggi zat cair pada manometer.
2. Ulangi untuk kedalaman 4 cm dan 6 cm.
3. Karena air di gelas berkurang, tambahkan air garam sampai penuh, lalu ukur pada kedalaman 8 cm dan 10 cm.
4. Pada kedalaman 10 cm, putar corong sehingga membran menghadap ke samping, lalu catat lagi.
Kelemahan prosedur yang paling memengaruhi keakuratan kesimpulan percobaan adalah ....

A. Membran corong diputar menghadap ke samping pada kedalaman 10 cm sehingga tekanannya berbeda.
B. Air garam ditambahkan di tengah percobaan sehingga massa jenis zat cair ikut berubah.
C. Manometer pipa U tidak dapat mengukur tekanan sehingga beda tinggi zat cair tidak bermakna.
D. Jumlah kedalaman yang diuji hanya lima sehingga hubungan kedalaman dan tekanan tak terlihat.
E. Gelas kimia yang dipakai terlalu tinggi sehingga tekanan di dasarnya selalu lebih besar.

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

8. Seorang penyelam turun di perairan danau berair tawar (massa jenis 1.000 kg/m^3) sampai kedalaman 20 m, seperti pada gambar. Tekanan udara di permukaan 100 kPa dan $g = 10$ m/s^2.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

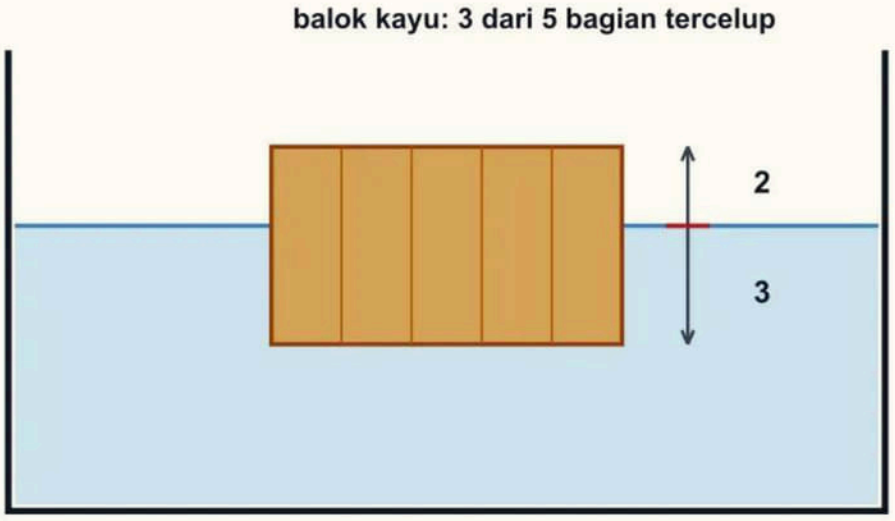


Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Tekanan mutlak yang dialami penyelam di kedalaman 20 m dua kali tekanan mutlak di kedalaman 10 m.	○	○
Tekanan mutlak yang dialami penyelam di kedalaman 20 m adalah 300 kPa.	○	○
Bila penyelam berada di kedalaman yang sama di air laut, tekanan hidrostatis yang dialaminya lebih besar.	○	○

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

9. Sebuah balok kayu terapung di air tawar (massa jenis 1.000 kg/m^3). Setelah setimbang, tiga perlima tinggi balok berada di bawah permukaan air, seperti pada gambar. Massa jenis kayu tersebut adalah ....

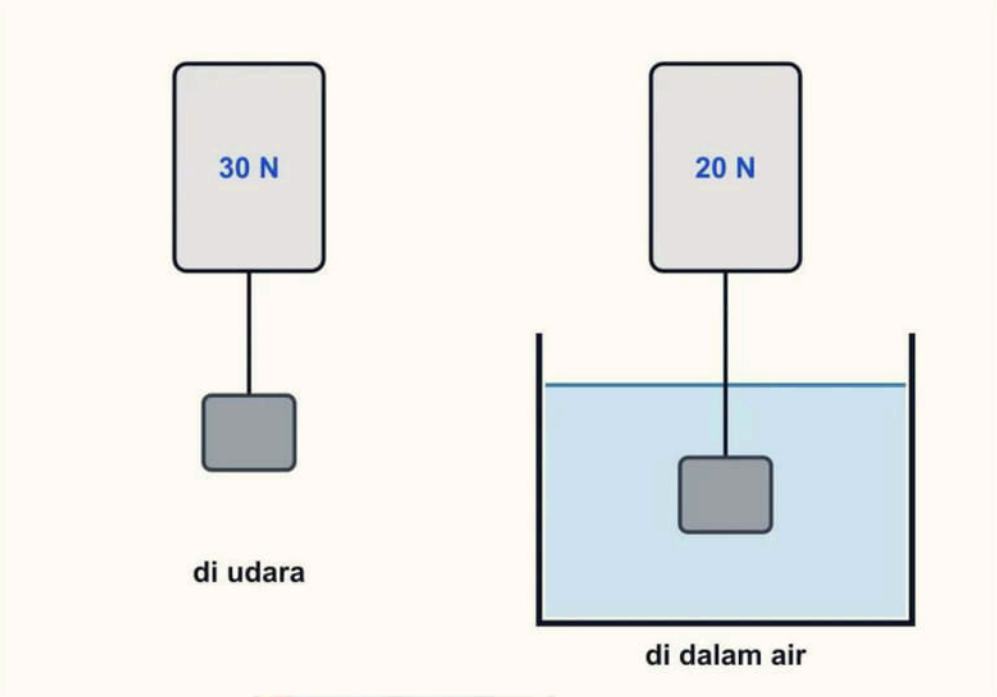


A. 400 kg/m^3
B. 1.667 kg/m^3
C. 600 kg/m^3
D. 1.000 kg/m^3
E. 300 kg/m^3

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

10. Untuk mengetahui jenis sebuah batu, Lia menggantungkan batu itu pada neraca pegas. Di udara neraca menunjukkan 30 N, sedangkan saat batu tercelup seluruhnya di air (massa jenis 1.000 kg/m^3) neraca menunjukkan 20 N, seperti pada gambar. Gunakan $g = 10$ m/s^2. Massa jenis batu tersebut adalah ....

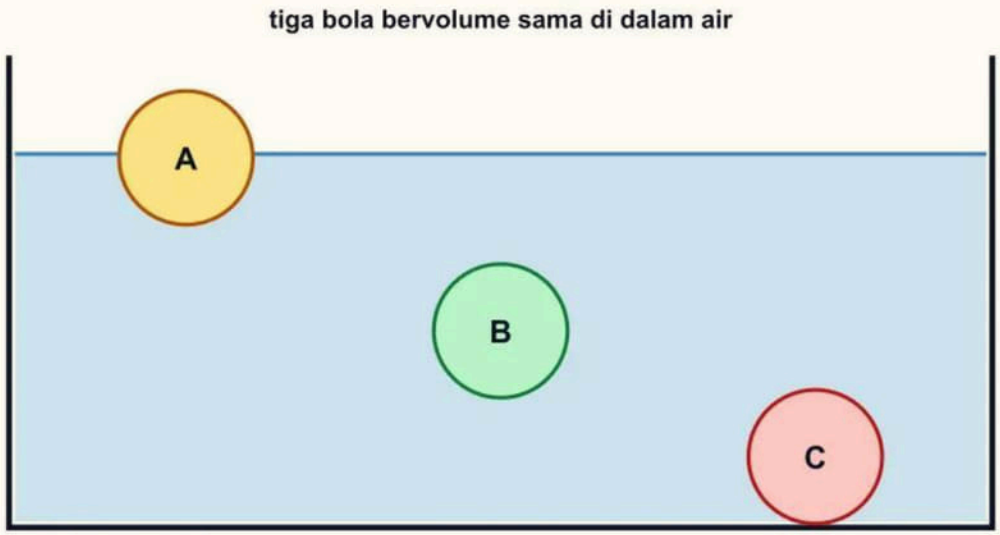


A. 3.000 kg/m^3
B. 1.500 kg/m^3
C. 2.000 kg/m^3
D. 3 kg/m^3
E. 1.000 kg/m^3

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

11. Tiga bola A, B, dan C mempunyai volume yang sama tetapi terbuat dari bahan berbeda. Ketika dimasukkan ke dalam air, bola A terapung, bola B melayang, dan bola C tenggelam sampai menyentuh dasar, seperti pada gambar.
Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Gaya apung pada bola C lebih besar daripada berat bola C.
☐ B. Gaya apung pada bola B sama dengan gaya apung pada bola C.
☐ C. Gaya apung pada bola A lebih kecil daripada gaya apung pada bola B.
☐ D. Massa bola A paling besar karena bola A berada paling atas.
☐ E. Massa jenis bola C lebih besar daripada massa jenis air.

12. Sebuah gelas diisi air sampai penuh tepat di bibirnya, lalu beberapa es batu dimasukkan dan dibiarkan terapung. Sebagian air sempat tumpah ketika es dimasukkan, dan setelah itu permukaan air kembali tepat di bibir gelas. Gelas dibiarkan di meja sampai semua es mencair (penguapan diabaikan).
Yang terjadi pada permukaan air ketika semua es telah mencair adalah ....

A. Air tumpah lagi karena es yang mencair menambah volume air di dalam gelas.
B. Permukaan air turun karena air hasil lelehan es bervolume lebih besar daripada es.
C. Permukaan air turun karena es yang mencair tidak lagi didorong gaya apung ke atas.
D. Permukaan air tetap karena air lelehan tepat mengisi volume yang tadinya dipindahkan es.
E. Air tumpah lagi karena massa jenis air lelehan lebih kecil daripada massa jenis air di gelas.

13. Warga desa membuat rakit penyeberangan dari papan kayu bermassa 40 kg yang diletakkan di atas 4 drum plastik kosong. Setiap drum bervolume 0,2 m^3 dan bermassa 15 kg, seperti pada gambar. Rakit dipakai di sungai berair tawar (massa jenis 1.000 kg/m^3). Anggap hanya drum yang dapat tercelup dan volume papan diabaikan.

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

Muatan maksimum yang dapat dibawa rakit agar drum tidak tenggelam seluruhnya adalah ....

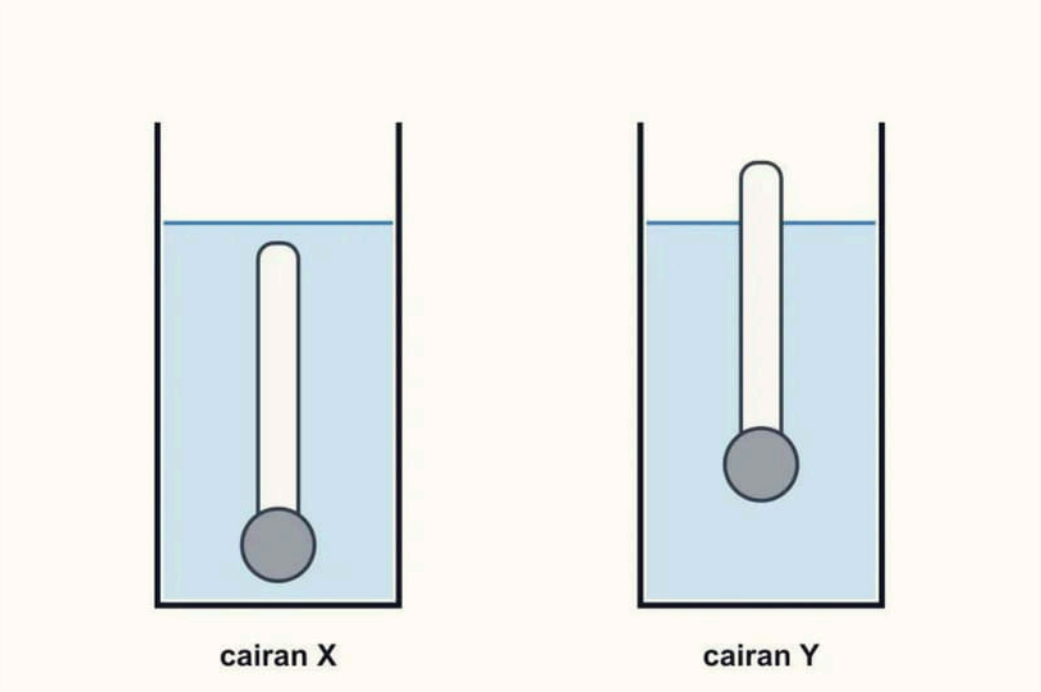


A. 800 kg
B. 760 kg
C. 740 kg
D. 640 kg
E. 700 kg

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

14. Sebuah hidrometer (tabung kaca berpemberat) yang sama dicelupkan bergantian ke dalam cairan X dan cairan Y. Di kedua cairan hidrometer terapung tegak, tetapi di cairan X hidrometer tercelup lebih dalam daripada di cairan Y, seperti pada gambar.
Kesimpulan yang tepat adalah ....



A. Gaya apung cairan X pada hidrometer lebih besar daripada gaya apung cairan Y.
B. Massa jenis cairan X lebih kecil daripada massa jenis cairan Y.
C. Massa jenis cairan X lebih besar karena hidrometer lebih tertekan ke bawah.
D. Gaya apung cairan Y lebih besar karena hidrometer menyembul lebih tinggi.
E. Massa jenis kedua cairan sama karena hidrometer terapung di keduanya.

15. Sebuah balon udara panas mempunyai volume 500 m^3. Massa balon, keranjang, dan pembakarnya 100 kg. Udara panas di dalam balon bermassa jenis 0,9 kg/m^3, sedangkan udara di sekitarnya bermassa jenis 1,2 kg/m^3. Volume keranjang dan penumpang diabaikan.
Massa penumpang maksimum agar balon tepat dapat melayang di udara adalah ....

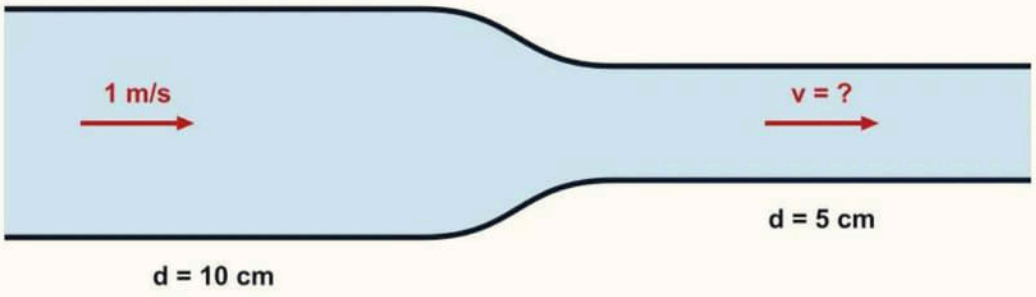
A. 50 kg
B. 150 kg
C. 500 kg
D. 350 kg
E. 600 kg

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

16. Sebutir telur ayam segar dimasukkan ke dalam segelas air tawar dan tenggelam ke dasar gelas. Kemudian garam dapur dilarutkan sedikit demi sedikit ke dalam air sambil diaduk. Setelah cukup banyak garam larut, telur mula-mula melayang lalu akhirnya terapung.
Penjelasan yang paling tepat untuk peristiwa tersebut adalah ....

A. Garam meresap ke dalam telur sehingga massa jenis telur berkurang dan telur menjadi ringan.
B. Garam menambah volume air sehingga permukaan air naik dan ikut mengangkat telur ke atas.
C. Garam menambah massa jenis air sehingga gaya apung pada telur menjadi cukup besar.
D. Garam mengurangi berat telur karena sebagian isi telur larut ke dalam air garam.
E. Garam mengurangi gaya gravitasi pada telur sehingga telur lebih mudah terdorong naik.

17. Air mengalir dalam pipa mendatar yang diameternya mengecil dari 10 cm menjadi 5 cm, seperti pada gambar. Kelajuan air di bagian pipa yang besar 1 m/s.
Kelajuan air di bagian pipa yang kecil adalah ....



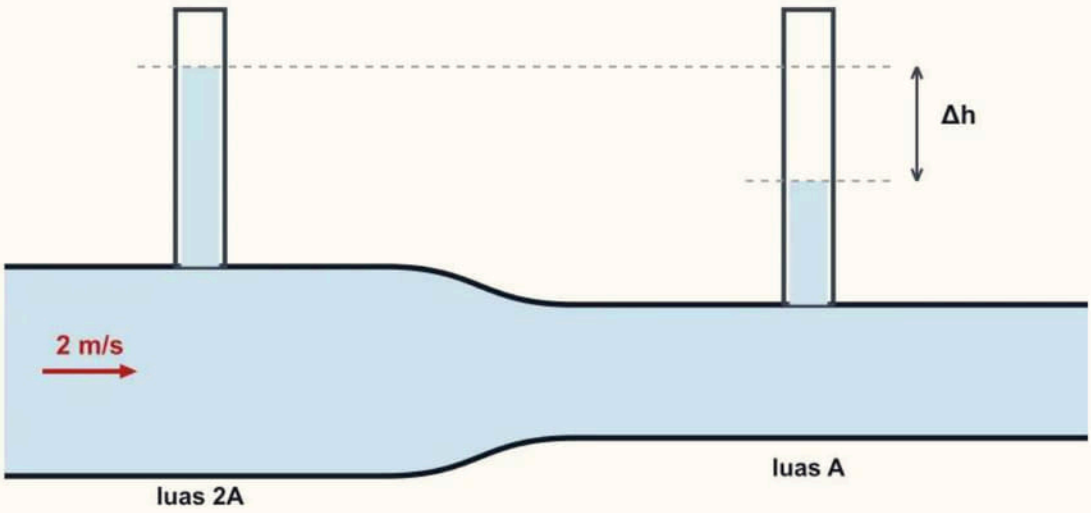
A. 2 m/s
B. 0,25 m/s
C. 0,5 m/s
D. 4 m/s
E. 8 m/s

18. Bu Ani mengisi bak mandi berkapasitas 200 liter dari sebuah keran. Luas penampang mulut keran 2 cm^2, dan air keluar dari keran dengan kelajuan tetap 5 m/s. Bak mula-mula kosong.
Waktu yang diperlukan untuk mengisi bak sampai penuh adalah ....

A. 20 s
B. 2.000 s
C. 40 s
D. 100 s
E. 200 s

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

19. Sebuah venturimeter dipasang pada pipa air mendatar. Luas penampang bagian lebar dua kali luas penampang bagian sempit, dan kelajuan air di bagian lebar 2 m/s. Dua pipa tegak pada venturimeter menunjukkan beda tinggi permukaan air Δh, seperti pada gambar. Gunakan $g = 10\,\text{m/s}^2$.
Besar Δh adalah ....

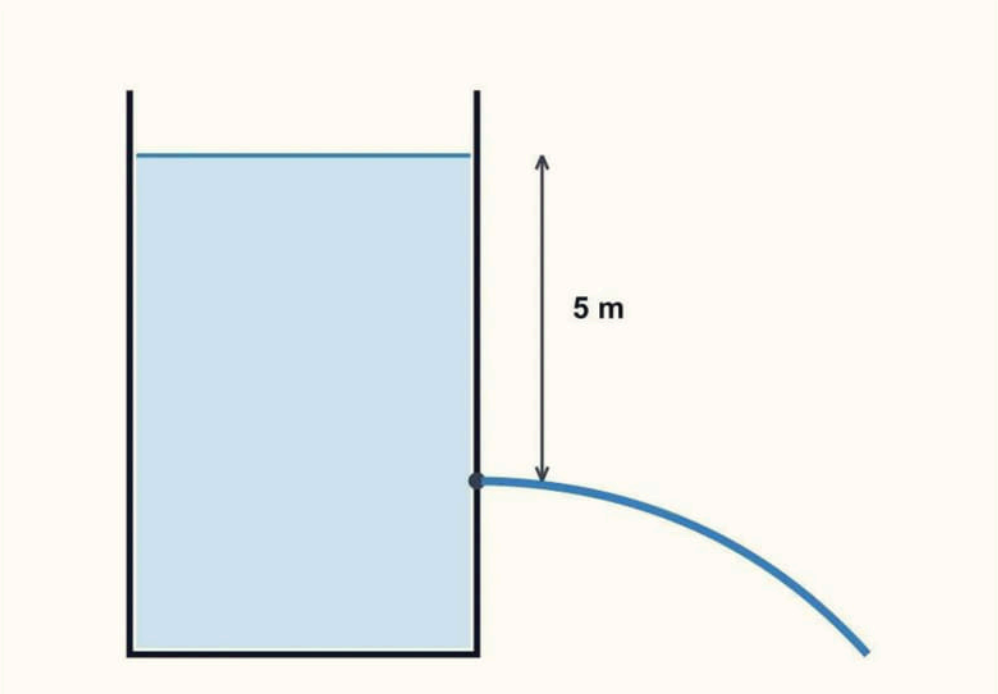


A. 0,6 m
B. 0,2 m
C. 1,2 m
D. 0,8 m
E. 0,15 m

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

20. Sebuah tangki air terbuka yang besar bocor pada sebuah lubang kecil di dinding sampingnya. Lubang berada 5 m di bawah permukaan air, seperti pada gambar. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$ dan anggap permukaan air turun sangat lambat.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

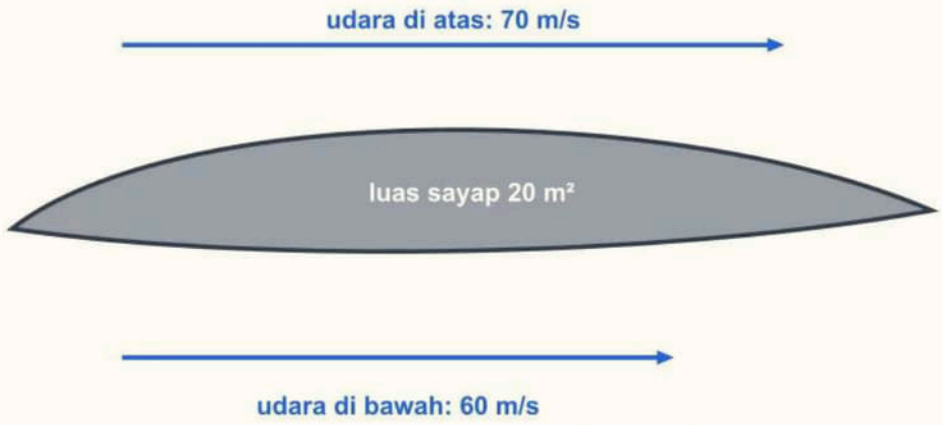


Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Bila lubang dibuat dua kali lebih luas, kelajuan air yang keluar menjadi dua kali.	○	○
Kelajuan air yang keluar dari lubang sekitar 10 m/s.	○	○
Air yang keluar dari lubang yang letaknya lebih dalam di bawah permukaan akan memancar lebih cepat.	○	○

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

21. Sebuah pesawat latih kecil sedang terbang mendatar. Pada sayapnya yang luas totalnya 20 m^2, udara di atas sayap mengalir dengan kelajuan 70 m/s, sedangkan di bawah sayap 60 m/s, seperti pada gambar. Massa jenis udara 1,2 kg/m^3.
Besar gaya angkat pada sayap pesawat adalah ....



A. 1.200 N
B. 15.600 N
C. 31.200 N
D. 7.800 N
E. 2.400 N

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

22. Dua kapal P dan Q berlayar searah dan berdampingan dengan kelajuan yang sama pada jarak yang cukup dekat, seperti pada gambar (tampak atas). Para pelaut tahu bahwa keadaan ini berbahaya, karena kedua kapal cenderung bergerak saling mendekat dan dapat bertabrakan.
Penjelasan yang paling tepat untuk kecenderungan tersebut adalah ....

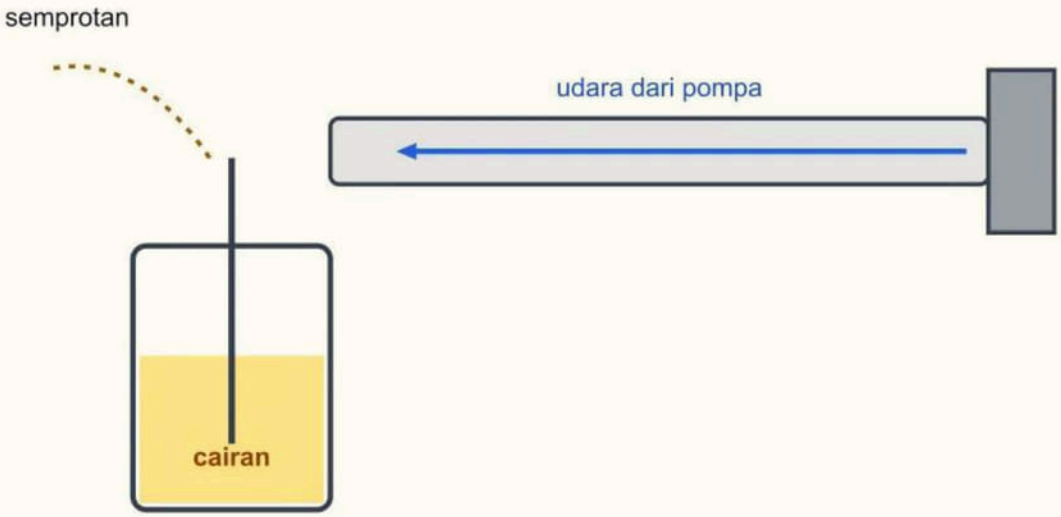


A. Air di celah antara kedua kapal diam sehingga tekanannya lebih kecil daripada air di sisi luar kapal.
B. Kedua kapal saling menarik karena gaya gravitasi antara dua benda bermassa besar sangat kuat.
C. Gelombang dari setiap kapal mendorong kapal lain ke arah dalam dengan gaya yang sama besar.
D. Air di celah sempit mengalir lebih cepat relatif terhadap kapal sehingga tekanannya lebih kecil.
E. Air di celah sempit mengalir lebih lambat relatif terhadap kapal sehingga tekanannya lebih besar.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

23. Alat penyemprot obat nyamuk terdiri atas tabung berisi cairan, pipa kecil yang ujung bawahnya tercelup dalam cairan, dan pompa yang mengalirkan udara cepat melewati ujung atas pipa kecil, seperti pada gambar. Ketika pompa ditekan, cairan naik melalui pipa kecil dan tersembur keluar.
Pernyataan yang benar tentang cara kerja penyemprot tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Udara yang mengalir cepat di atas ujung pipa kecil bertekanan lebih kecil daripada udara di atas cairan.

☐ B. Cairan naik karena tekanan udara di ujung atas pipa kecil lebih besar daripada di permukaan cairan.

☐ C. Makin kencang pompa ditekan, makin besar selisih tekanan sehingga makin banyak cairan terisap naik.

☐ D. Cairan naik karena tarikan gravitasi pada cairan di dalam pipa kecil berkurang ketika udara mengalir.

☐ E. Selisih tekanan antara permukaan cairan dan ujung atas pipa kecil mendorong cairan naik di pipa.

24. Dalam praktikum, Bima mengalirkan air dari satu keran yang dibuka tetap ke beberapa pipa berbeda luas penampang, lalu mengukur kelajuan aliran di setiap pipa. Hasilnya sebagai berikut.

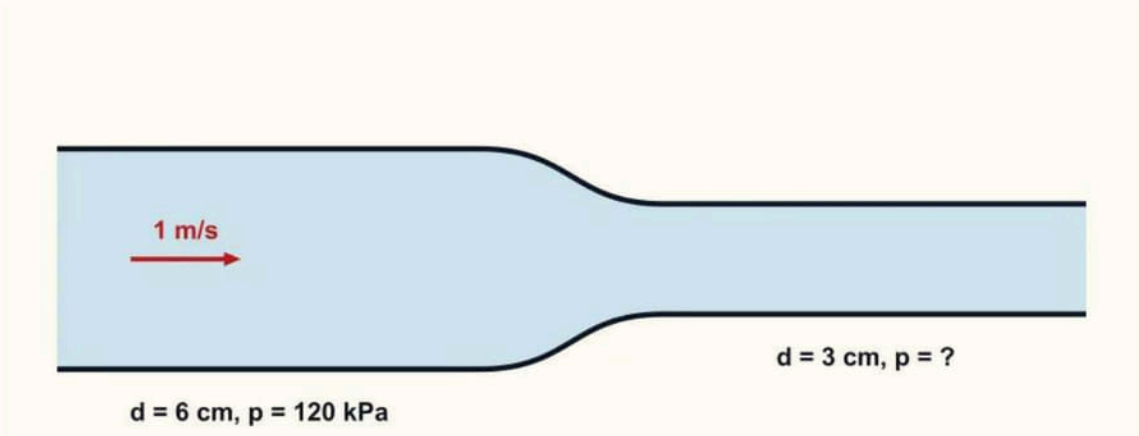
Luas penampang pipa (cm^2)	1	2	4	5
Kelajuan aliran (m/s)	4,0	2,0	1,0	0,8

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

Kesimpulan yang didukung oleh data tersebut adalah ....

A. Kelajuan aliran sebanding dengan luas penampang pipa yang dipakai.
B. Debit air bertambah ketika air dialirkan melalui pipa yang lebih sempit.
C. Kelajuan aliran berkurang secara tetap 2 m/s setiap luas bertambah 1 cm^2.
D. Tekanan air dalam pipa yang lebih sempit selalu lebih besar daripada pipa lebar.
E. Kelajuan berbanding terbalik dengan luas sehingga debitnya tetap 0,4 liter/s.

25. Air (massa jenis 1.000 kg/m^3) mengalir dalam pipa mendatar yang diameternya mengecil dari 6 cm menjadi 3 cm, seperti pada gambar. Di bagian pipa yang besar, kelajuan air 1 m/s dan tekanannya 120 kPa.
Tekanan air di bagian pipa yang kecil adalah ....



A. 127,5 kPa
B. 105 kPa
C. 112,5 kPa
D. 120 kPa
E. 115,5 kPa

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	___ / 8	Ulangi hlm. 182
Sub bab 3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	___ / 8	Ulangi hlm. 194
Sub bab 3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 9	Ulangi hlm. 208

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 4 · Gelombang, Bunyi, dan Cahaya

FIS-B4

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- mengaitkan sifat bunyi dengan besaran gelombangnya
- menentukan frekuensi sumber bunyi dan taraf intensitas
- menjelaskan sifat cahaya dan pembentukan bayangan oleh cermin dan lensa
- memilih strategi yang tepat dengan prinsip alat optik

Peta bab

Sub bab	Judul
4.1	Gelombang mekanik dan sifat bunyi
4.2	Sumber bunyi dan intensitas bunyi
4.3	Sifat cahaya, cermin, dan lensa
4.4	Alat optik

Bab 4 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-B4

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

Sub bab 4.1 · Gelombang mekanik dan sifat bunyi

FIS-4.1

◎ APA YANG DIUJI

Bab 4 membahas gelombang: gelombang pada tali dan air, bunyi, dan cahaya. Sub bab ini meletakkan dasarnya: **besaran gelombang** (amplitudo, panjang gelombang, frekuensi, periode, cepat rambat), cara **membaca grafik gelombang**, dan sifat bunyi sebagai gelombang mekanik, termasuk **efek Doppler**.

Soal asli 2025 yang tersedia tidak memuat gelombang mekanik secara khusus. Namun kisi-kisi resmi mencantumkan bunyi dan gelombang, contoh soal Pusmendik memuatnya, dan semua soal bunyi di sub bab 4.2 memerlukan $v = \lambda f$. Kuis Akhir Bab 4 memuat enam soal dari sub bab ini.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan gelombang transversal dan longitudinal, serta gelombang mekanik dan elektromagnetik;
- membaca amplitudo, panjang gelombang, dan arah gerak titik dari grafik simpangan;
- memakai $v = \lambda f$, termasuk saat gelombang berpindah medium;
- menghitung jarak dari waktu tempuh bunyi, termasuk gema;
- menghitung frekuensi yang terdengar dengan rumus efek Doppler.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Riak yang menyebar saat batu dilempar ke kolam, getaran tali gitar, suara azan yang terdengar dari kejauhan, dan sinyal sonar kapal nelayan yang mencari gerombolan ikan semuanya adalah **gelombang**. Gelombang memindahkan **energi** dari satu tempat ke tempat lain tanpa memindahkan zat perantaranya. Sub bab ini membahas jenis-jenis gelombang, besaran yang menggambarkannya, cara membaca grafiknya, lalu sifat-sifat gelombang bunyi: cepat rambat, pemantulan (gema), dan efek Doppler.

1. Jenis gelombang dan besarannya

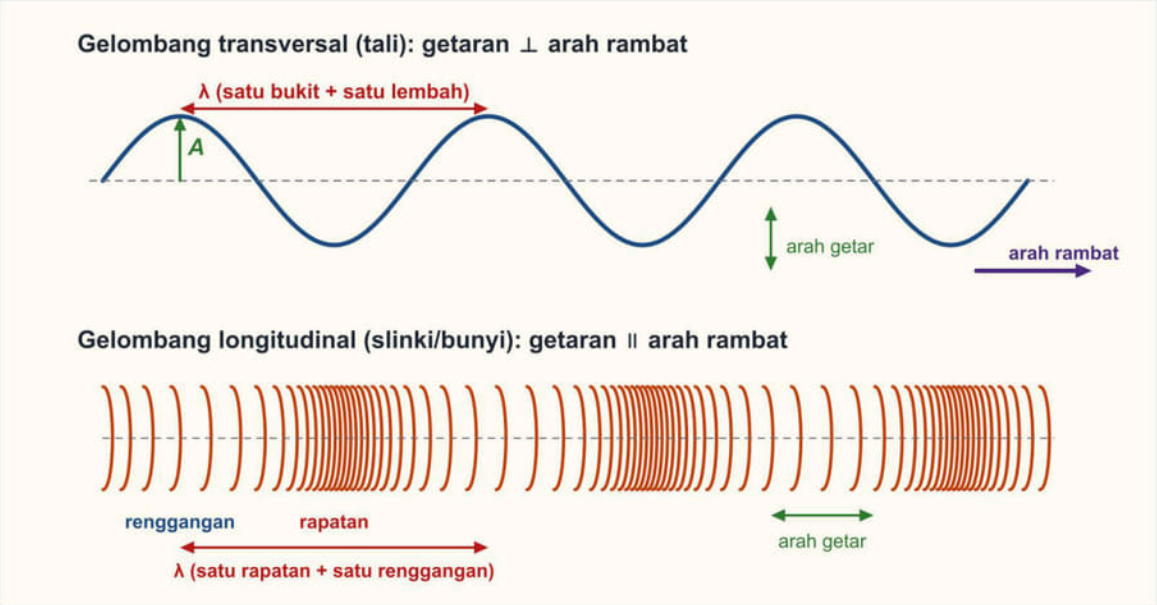
Gelombang adalah getaran yang merambat. Yang merambat adalah **energi dan bentuk gelombangnya**; partikel medium hanya bergetar di sekitar posisi setimbangnya. Gabus di kolam hanya naik-turun ketika riak lewat, tidak ikut terbawa ke tepi. Penonton stadion yang membuat "gelombang Meksiko" hanya berdiri lalu duduk di tempatnya, tetapi gelombangnya berkeliling stadion.

Menurut arah getarnya, gelombang dibedakan menjadi dua (Gambar 4.1):

Jenis	Arah getar terhadap arah rambat	Contoh

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

Transversal	tegak lurus	gelombang pada tali, riak air, gelombang elektromagnetik
Longitudinal	sejajar (rapatan dan renggangan)	bunyi di udara, gelombang pada pegas yang didorong-tarik



Gambar 4.1 Pada gelombang transversal, medium bergetar tegak lurus arah rambat; pada gelombang longitudinal, medium bergetar searah rambat membentuk rapatan dan renggangan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Menurut perlu tidaknya medium, gelombang dibedakan menjadi gelombang **mekanik** (tali, air, bunyi) yang memerlukan medium, dan gelombang **elektromagnetik** (cahaya, gelombang radio) yang tidak memerlukan medium; ia dapat merambat di ruang hampa. Karena itu bunyi ledakan di luar angkasa tidak terdengar, sedangkan cahaya Matahari sampai ke Bumi.

Besaran gelombang:

- **amplitudo** A: simpangan terbesar dari posisi setimbang; makin besar amplitudo, makin besar energi yang dibawa (bunyi makin keras);
- **panjang gelombang** λ: panjang satu gelombang penuh, yaitu satu bukit + satu lembah (transversal) atau satu rapatan + satu renggangan (longitudinal); sama dengan jarak dua puncak berurutan;
- **periode** T: waktu untuk satu gelombang penuh; **frekuensi** $f = \dfrac{1}{T}$: banyaknya gelombang per sekon (hertz, Hz);
- **cepat rambat**:

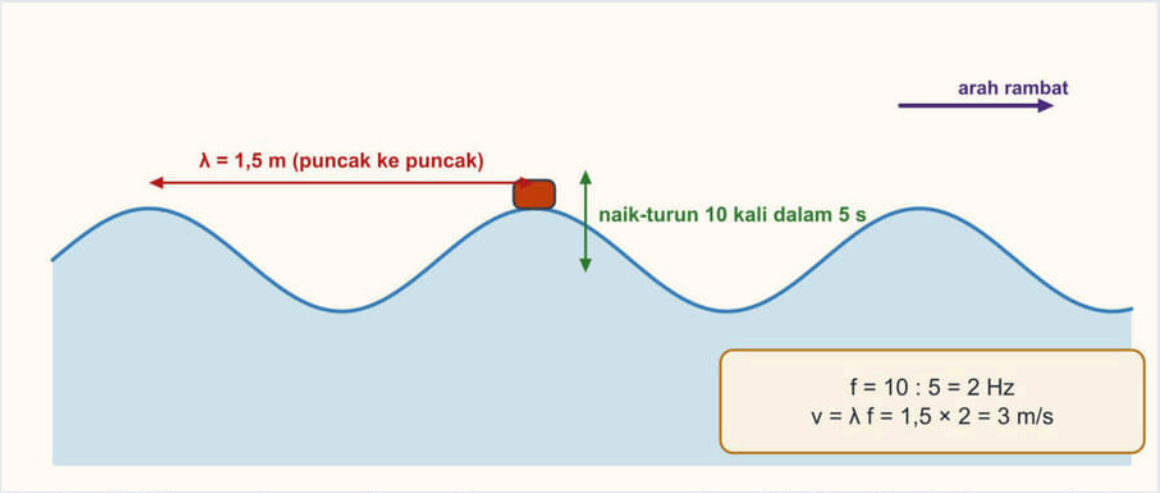
$$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$$

Rumus ini berasal dari definisi kelajuan: dalam satu periode T, puncak gelombang berpindah sejauh satu panjang gelombang λ, sehingga $v = \lambda / T$.

Contoh terselesaikan 1: pelampung di danau

Sebuah pelampung di danau naik-turun 10 kali dalam 5 s ketika gelombang lewat. Jarak dua puncak gelombang yang berurutan 1,5 m. Berapa cepat rambat gelombang (Gambar 4.2)?

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



Gambar 4.2 Pelampung hanya naik-turun di tempat; yang merambat adalah bentuk gelombangnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

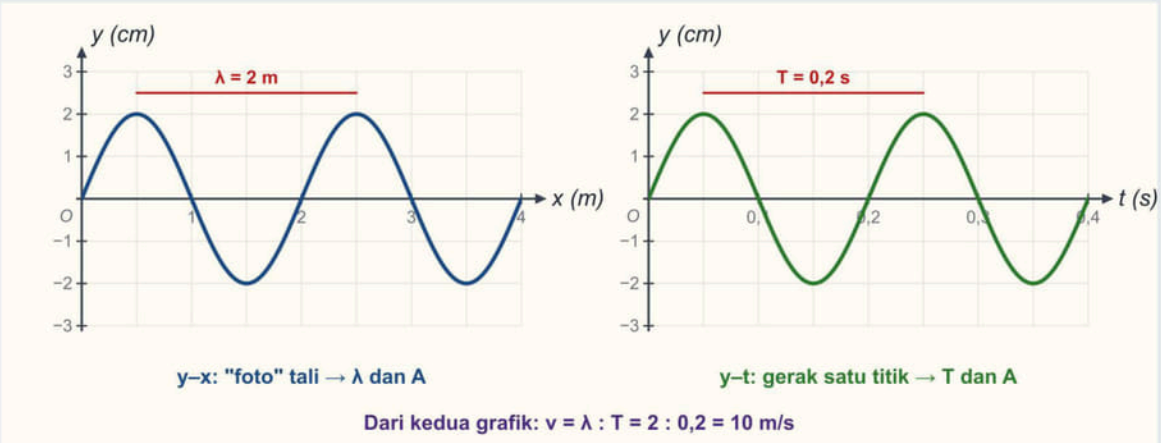
Penyelesaian.

1. Frekuensi $= \dfrac{\text{banyak getaran}}{\text{waktu}} = \dfrac{10}{5} = 2$ Hz.
2. Panjang gelombang = jarak dua puncak berurutan $= 1{,}5$ m.
3. $v = \lambda f = 1{,}5 \times 2 = 3$ m/s.
4. Makna: pelampung sendiri tidak berpindah 3 m tiap sekon; yang berpindah adalah puncak gelombangnya.

2. Membaca grafik simpangan

Ada dua jenis grafik gelombang yang sering tertukar (Gambar 4.3):

- Grafik **simpangan terhadap posisi** (y–x) adalah "foto" tali pada satu saat. Dari grafik ini dibaca amplitudo (tinggi puncak dari sumbu) dan **panjang gelombang** (panjang satu bukit + satu lembah, **bukan** satu bukit saja).
- Grafik **simpangan terhadap waktu** (y–t) menggambarkan gerak **satu titik** dari waktu ke waktu. Dari grafik ini dibaca amplitudo dan **periode**, bukan panjang gelombang.



Gambar 4.3 Kiri: grafik y–x memberi panjang gelombang. Kanan: grafik y–t memberi periode. Keduanya bersama memberi cepat rambat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Arah gerak sebuah titik. Bila gelombang merambat ke kanan, bentuk tali yang sekarang ada di **kiri** sebuah titik akan tiba di titik itu sesaat kemudian. Jadi:

- bagian tali di kiri titik lebih tinggi → titik akan naik;
- bagian tali di kiri titik lebih rendah → titik akan turun.

Titik yang berada di posisi setimbang bergerak paling cepat, dengan $v_{\max} = \omega A = 2\pi f A$. Titik di puncak atau lembah sesaat diam.

Gelombang berjalan sering ditulis dalam bentuk persamaan:

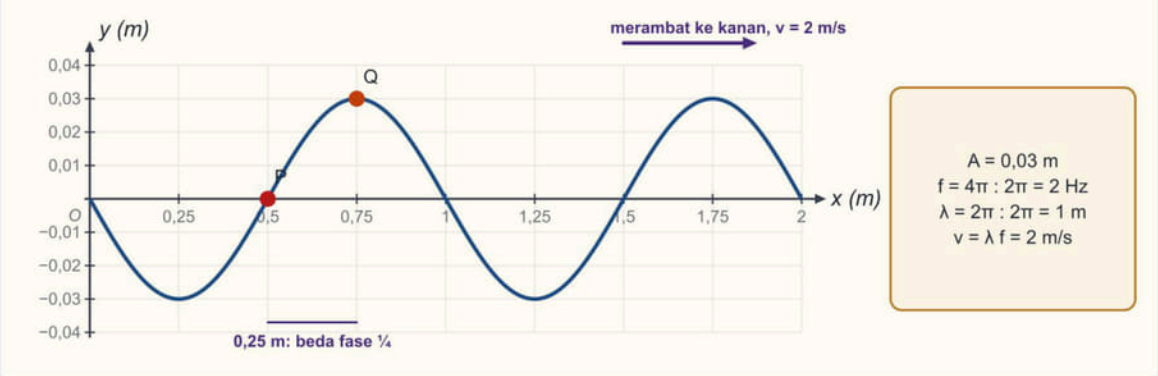
$$y = A\sin(\omega t - kx), \qquad \omega = 2\pi f, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Tanda minus di antara ωt dan kx menunjukkan gelombang merambat ke arah x positif. Dari persamaan ini, $v = \dfrac{\omega}{k}$.

Beda fase dua titik yang berjarak Δx pada gelombang yang sama: $\Delta\varphi = \dfrac{\Delta x}{\lambda}$ (dalam satuan gelombang). Dua titik berjarak satu panjang gelombang ($\Delta\varphi = 1$) bergerak **sefase**, sedangkan dua titik berjarak setengah panjang gelombang ($\Delta\varphi = \frac{1}{2}$) bergerak **berlawanan fase**: saat satu di puncak, yang lain di lembah.

Contoh terselesaikan 2: membaca persamaan gelombang

Gelombang pada tali dinyatakan dengan $y = 0{,}03\sin(4\pi t - 2\pi x)$, dengan y dan x dalam meter serta t dalam sekon. Tentukan amplitudo, frekuensi, panjang gelombang, cepat rambat, dan beda fase dua titik yang berjarak 0,25 m.



Gambar 4.4 Bentuk tali y = 0,03 sin(−2πx) pada t = 0; titik P dan Q berjarak 0,25 m. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Bandingkan dengan $y = A\sin(\omega t - kx)$: $A = 0{,}03$ m, $\omega = 4\pi$ rad/s, $k = 2\pi$ rad/m.
2. $f = \dfrac{\omega}{2\pi} = 2$ Hz; $\lambda = \dfrac{2\pi}{k} = 1$ m; $v = \lambda f = 2$ m/s, merambat ke kanan (tanda minus).
3. Kelajuan maksimum titik tali $= \omega A = 4\pi \times 0{,}03 \approx 0{,}38$ m/s. Kelajuan titik tali berbeda dengan cepat rambat gelombang.
4. Beda fase P dan Q (Gambar 4.4): $\dfrac{0{,}25}{1} = \frac{1}{4}$ gelombang. Saat P di posisi setimbang, Q tepat

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

di puncak.

3. Bunyi: cepat rambat, pindah medium, dan gema

Bunyi adalah gelombang longitudinal: sumber bunyi (senar, selaput speaker, pita suara) bergetar dan mendorong-tarik udara di sekitarnya sehingga terbentuk rapatan dan renggangan yang merambat. Karena memerlukan medium, bunyi merambat paling cepat di zat padat (partikelnya terikat kuat), lebih lambat di zat cair, dan paling lambat di gas. Nilai yang sering dipakai: udara ±340 m/s, air ±1.500 m/s, baja ±5.000 m/s. Orang zaman dulu menempelkan telinga ke rel untuk mendengar kereta yang masih jauh, karena bunyi merambat lebih cepat dan lebih kuat di baja.

Saat gelombang **berpindah medium**, frekuensinya **tetap** (ditentukan sumber), sedangkan cepat rambat dan panjang gelombangnya berubah bersama-sama: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$.

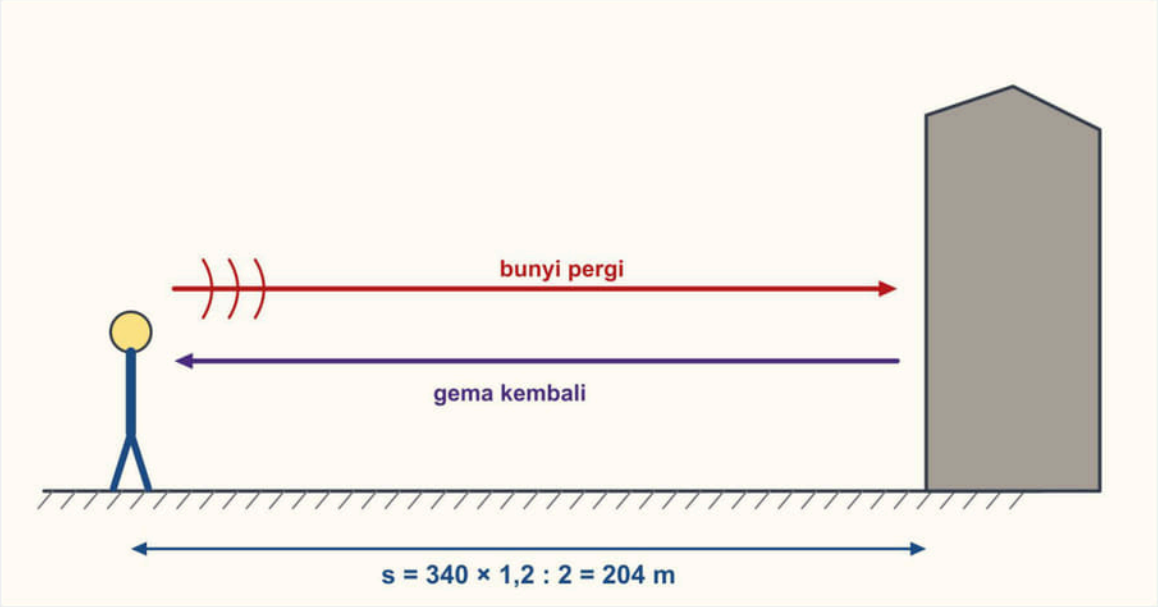
Waktu tempuh bunyi. Untuk bunyi yang datang satu arah: $s = v\,t$. Kilat dan guntur terjadi bersamaan, tetapi cahaya tiba hampir seketika, sedangkan guntur terlambat; setiap 3 detik keterlambatan menandakan jarak sekitar 1 km. Untuk **gema** (bunyi dipantulkan lalu kembali ke sumber), bunyi menempuh jarak dua kali, pergi dan pulang:

$$s = \frac{v\,t}{2}$$

Prinsip yang sama dipakai pada **sonar** kapal (gelombang bunyi di air untuk mengukur kedalaman laut dan mencari ikan), pada alat USG di rumah sakit, dan oleh kelelawar untuk berburu dalam gelap.

Contoh terselesaikan 3: gema dari tebing

Seorang pendaki berteriak menghadap tebing dan mendengar gema 1,2 s kemudian ($v = 340$ m/s). Berapa jarak pendaki ke tebing (Gambar 4.5)?



Gambar 4.5 Bunyi menempuh jarak pergi dan pulang; jarak ke tebing hanya setengah jarak tempuh bunyi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

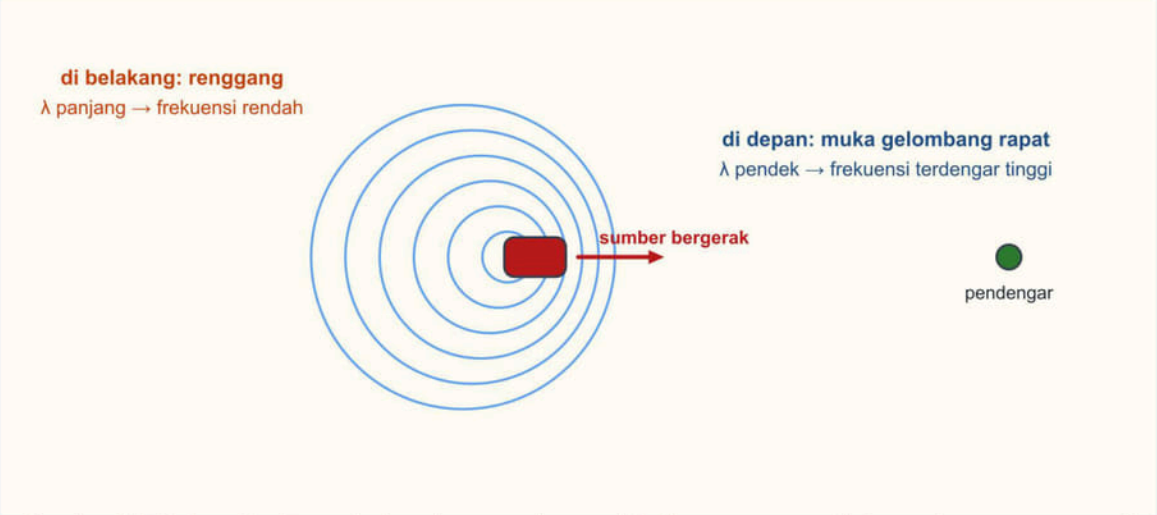
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Penyelesaian.

1. Dalam 1,2 s, bunyi menempuh $340 \times 1{,}2 = 408$ m.
2. Jarak itu adalah jarak pergi dan pulang, jadi jarak ke tebing $= \dfrac{408}{2} = 204$ m.
3. Bila lupa membagi dua, hasilnya 408 m, dua kali jarak sebenarnya.
4. Makna: gema hanya terdengar terpisah dari suara asli bila selang waktunya cukup lama (sekitar 0,1 s), sehingga di ruangan kecil pantulan hanya membuat suara terdengar "bergaung".

4. Efek Doppler

Ketika ambulans melewati kita, nada sirenenya terdengar tinggi saat mendekat lalu tiba-tiba lebih rendah saat menjauh, padahal sirene itu sendiri tidak berubah. Peristiwa ini disebut **efek Doppler**. Bila sumber bergerak, muka gelombang di depannya **merapat** (panjang gelombang lebih pendek) dan di belakangnya **merenggang** (Gambar 4.6). Telinga di depan sumber menerima puncak gelombang lebih sering, sehingga frekuensi yang terdengar lebih tinggi. Bila hanya pendengar yang bergerak, panjang gelombang di udara tidak berubah; pendengar hanya menemui puncak gelombang lebih sering (mendekat) atau lebih jarang (menjauh).



Gambar 4.6 Muka gelombang dari sumber yang bergerak ke kanan merapat di depan dan merenggang di belakang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Rumusnya:

$$f_p = f_s \, \frac{v \pm v_p}{v \mp v_s}$$

Cara memilih tanda tanpa menghafal: **gerakan yang mendekatkan membuat frekuensi naik.**

Keadaan	Pembilang	Penyebut
Pendengar mendekati sumber	$v + v_p$	
Pendengar menjauhi sumber	$v - v_p$	
Sumber mendekati pendengar		$v - v_s$

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

Sumber menjauhi pendengar		$v + v_s$

Contoh terselesaikan 4: sirene motor patroli

Sebuah motor patroli bersirene 800 Hz melaju 30 m/s melewati seorang pejalan kaki yang diam ($v = 340$ m/s). Berapa frekuensi yang didengar pejalan kaki saat motor mendekat dan saat menjauh?

Penyelesaian.

1. Pendengar diam ($v_p = 0$); sumber bergerak. Saat mendekat, penyebut $v - v_s$: $f = 800 \times \dfrac{340}{340 - 30} \approx 877$ Hz.
2. Saat menjauh, penyebut $v + v_s$: $f = 800 \times \dfrac{340}{340 + 30} \approx 735$ Hz.
3. Nada sirene turun tepat saat motor lewat (lihat kembali muka gelombang pada Gambar 4.6).
4. Frekuensi aslinya tetap 800 Hz; yang berubah hanya yang terdengar. Pengendara motor sendiri tetap mendengar 800 Hz, karena ia bergerak bersama sumber.

5. Sifat lain gelombang bunyi

Selain dipantulkan (gema), bunyi menunjukkan sifat-sifat yang dimiliki semua gelombang.

1. **Pembiasan.** Cepat rambat bunyi bergantung pada suhu udara. Pada malam hari udara dekat tanah lebih dingin daripada udara di atasnya, sehingga bunyi yang merambat ke atas dibelokkan kembali ke bawah. Itulah sebabnya suara dari kejauhan, misalnya suara kereta atau pengeras suara, terdengar lebih jelas pada malam hari.
2. **Difraksi (pelenturan).** Bunyi dapat melentur di sekitar penghalang dan melewati celah, karena panjang gelombang bunyi sehari-hari (sekitar 0,3 m sampai beberapa meter) sebanding dengan ukuran pintu dan tembok. Kita dapat mendengar orang berbicara di balik tembok walaupun tidak dapat melihatnya.
3. **Interferensi (perpaduan).** Dua gelombang yang bertemu dijumlahkan simpangannya. Bila puncak bertemu puncak, bunyi menguat; bila puncak bertemu lembah, bunyi melemah. Headphone peredam bising bekerja dengan menghasilkan gelombang yang berlawanan fase dengan bising dari luar.
4. **Batas pendengaran.** Telinga manusia mendengar frekuensi sekitar 20 Hz sampai 20.000 Hz. Bunyi di atas 20.000 Hz disebut **ultrasonik** (dipakai kelelawar, lumba-lumba, dan alat USG), sedangkan di bawah 20 Hz disebut **infrasonik** (dihasilkan gempa bumi dan dapat dirasakan sebagian hewan). Makin tinggi frekuensi, makin tinggi nada yang terdengar; makin besar amplitudo, makin keras bunyinya.

Ringkasan

- Gelombang memindahkan energi, bukan medium. Transversal: getar ⊥ rambat; longitudinal: getar ∥ rambat (rapatan–renggangan). Mekanik perlu medium; elektromagnetik tidak.
- $v = \lambda f = \lambda / T$; λ dibaca dari grafik y–x (bukit + lembah), T dari grafik y–t.

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

- $y = A\sin(\omega t - kx)$: $f = \omega/2\pi$, $\lambda = 2\pi/k$, $v = \omega/k$; beda fase $\Delta x/\lambda$.
- Pindah medium: f tetap, v dan λ berubah. Gema: $s = vt/2$.
- Doppler: saling mendekat → frekuensi naik; pilih tanda dari arah gerak.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal gelombang dan bunyi

1. **Baca jenis grafik:** y–x (memberi λ) atau y–t (memberi T).
2. **Ambil panjang satu gelombang penuh** (bukit + lembah, atau dua puncak berurutan), lalu pakai $v = \lambda f$.
3. **Untuk arah gerak titik,** lihat bentuk tali di sisi asal gelombang.
4. **Untuk bunyi,** tentukan apakah bunyi menempuh satu arah atau pergi-pulang (gema).
5. **Untuk Doppler,** tulis rumus, lalu pilih tanda dengan aturan "mendekat → frekuensi naik". Cek: hasilnya harus lebih besar bila mendekat.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Panjang gelombang dibaca dari satu bukit saja	bukit 0,4 m dikira $\lambda = 0{,}4$ m	satu gelombang = bukit + lembah
$v = \lambda f$ dibalik	$f = \lambda \times v$	$f = \dfrac{v}{\lambda}$
Frekuensi dikira berubah saat pindah medium	bunyi masuk air dikira frekuensinya naik	frekuensi tetap; v dan λ yang berubah
Cepat rambat dikira bergantung frekuensi	frekuensi dinaikkan → gelombang lebih cepat	v ditentukan medium; f naik → λ turun
Partikel dikira ikut merambat	titik tali berpindah 2 m dalam 1 s	partikel hanya bergetar di tempat
Gema tidak dibagi dua	jarak tebing $= v\,t$	bunyi pergi-pulang: $s = \dfrac{vt}{2}$
Tanda Doppler terbalik	sumber mendekat memakai $v + v_s$	mendekat → frekuensi harus naik

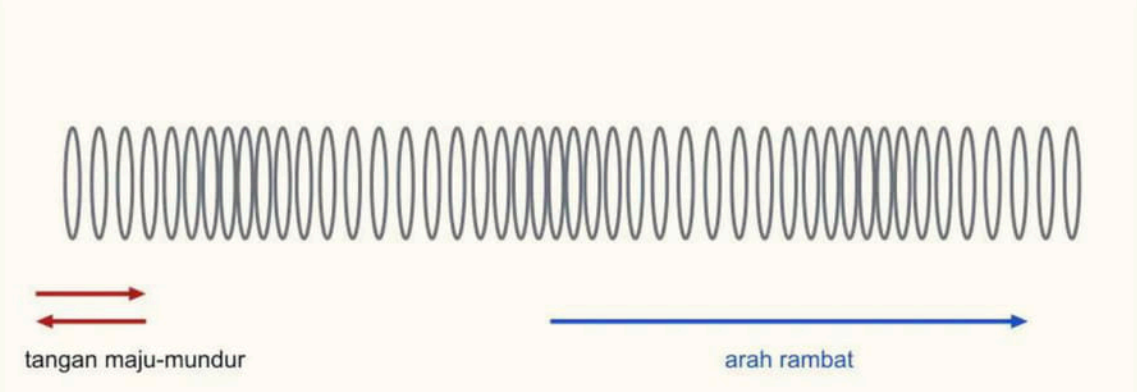
● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji ciri gelombang longitudinal pada slinki. Bandingkan arah getar dengan arah rambat, lalu ingat bahwa gelombang memindahkan energi, bukan materi.

►. Ujung sebuah slinki yang terbentang di lantai digerakkan maju-mundur searah panjang slinki, sehingga terbentuk gelombang yang merambat sepanjang slinki seperti pada gambar.

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

Pernyataan yang benar tentang gelombang pada slinki tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Gelombang pada slinki itu adalah gelombang longitudinal.
☐ B. Arah getar bagian slinki tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.
☐ C. Gelombang itu terdiri atas rapatan dan renggangan.
☐ D. Setiap lilitan slinki ikut berpindah sampai ke ujung yang lain.
☐ E. Gelombang itu memindahkan energi sepanjang slinki.

Pembahasan **Kunci: A, C, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: gelombang longitudinal: arah getar sejajar arah rambat, berupa rapatan dan renggangan; gelombang memindahkan energi tanpa memindahkan medium.

Analisis pernyataan:

- 1 ✓ – arah getar (maju-mundur) sejajar arah rambat.
- 2 ✗ – itu ciri gelombang transversal.
- 3 ✓ – lilitan saling mendekat (rapatan) dan menjauh (renggangan).
- 4 ✗ – lilitan hanya bergetar di sekitar kedudukannya.
- 5 ✓ – gelombang memindahkan energi, bukan materi.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 5.

✎ LATIHAN

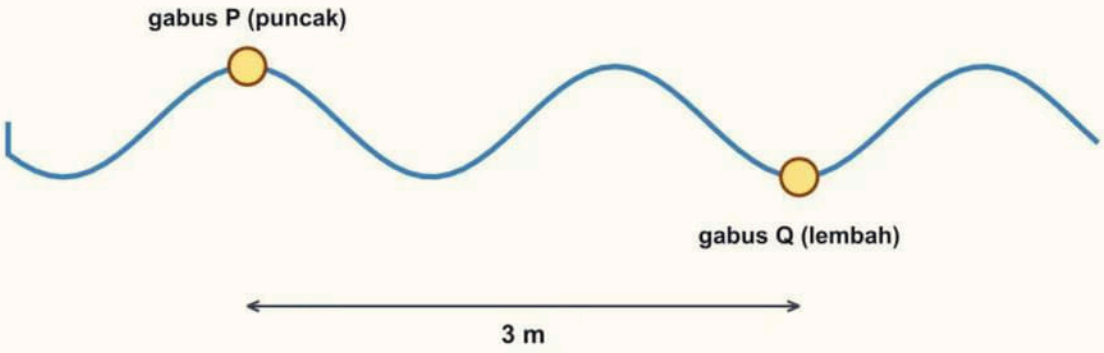
Untuk soal Doppler, tentukan dulu siapa yang bergerak dan apakah saling mendekat atau menjauh. Untuk soal panjang gelombang, hitung berapa bagian gelombang yang ada di antara dua titik.

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

1. Sebuah ambulans membunyikan sirene berfrekuensi 760 Hz sambil bergerak menjauhi seorang pejalan kaki yang diam dengan kelajuan 40 m/s. Cepat rambat bunyi di udara 340 m/s.
Frekuensi sirene yang didengar pejalan kaki adalah ....

A. 861 Hz
B. 671 Hz
C. 760 Hz
D. 680 Hz
E. 720 Hz

2. Dua gabus P dan Q terapung di kolam yang dilalui gelombang. Jarak P dan Q 3 m. Saat P berada di puncak, Q berada di lembah dan di antara keduanya terdapat satu puncak lain, seperti pada gambar. Setiap gabus naik-turun 2 kali dalam 1 sekon.
Cepat rambat gelombang air tersebut adalah ....



A. 6 m/s
B. 3 m/s
C. 1 m/s
D. 4 m/s
E. 12 m/s

Kunci singkat: 1. D 2. D

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

✔ PERIKSA DIRI

- Dari grafik simpangan–posisi, bagaimana cara membaca panjang gelombang? Mengapa jawabannya bukan panjang satu bukit?
- Bunyi berpindah dari udara ke air. Besaran apa yang tetap, dan besaran apa yang berubah?
- Mengapa nada sirene ambulans turun tepat saat ambulans melewati kita, padahal frekuensi sirenenya tidak berubah?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-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 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi

FIS-4.2

◎ APA YANG DIUJI

Alat musik menghasilkan bunyi dari **dawai** yang bergetar (gitar, sasando, biola) atau **kolom udara** yang bergetar (suling, terompet, pipa organa). Sub bab ini membahas frekuensi yang dihasilkan keduanya, peristiwa **resonansi**, serta **intensitas** dan **taraf intensitas** bunyi (desibel).

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-14	Menentukan salah satu besaran fisis terkait bunyi dan gelombang menggunakan data yang disajikan	22,63 %

Soal SA-14 hanya memerlukan satu rumus, tetapi kurang dari seperempat peserta menjawab benar. Ada dua jebakan sekaligus: **panjang pipa** yang dipakai (seluruh pipa atau hanya kolom udaranya) dan **jenis pipa** (kolom udara di atas air termasuk pipa tertutup).

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung frekuensi nada dasar dan nada atas pada dawai, pipa organa terbuka, dan pipa organa tertutup;
- memakai hubungan cepat rambat gelombang dawai dengan tegangan dan massa per satuan panjang;
- menganalisis resonansi kolom udara, termasuk dari dua panjang resonansi berurutan;
- menghitung intensitas dan taraf intensitas untuk banyak sumber dan jarak yang berbeda.

Educational Institutions

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Gitar, biola, dan sasando menghasilkan bunyi dari **dawai** yang bergetar. Suling bambu, terompet, dan angklung menghasilkan bunyi dari **kolom udara** yang bergetar. Mengapa senar yang lebih pendek berbunyi lebih tinggi? Mengapa botol yang diisi air sampai hampir penuh berbunyi nyaring saat ditiup? Mengapa dua knalpot motor tidak terdengar dua kali lebih keras daripada satu? Sub bab ini menjawabnya dengan dua gagasan: **gelombang berdiri** pada sumber bunyi dan **intensitas** bunyi yang menyebar ke sekeliling. Soal asli TKA pada sub bab ini (alat musik dari pipa berisi air) dijawab benar oleh kurang dari seperempat peserta, terutama karena kolom udara di atas air tidak dikenali sebagai pipa tertutup.

1. Gelombang berdiri pada dawai

Saat dawai dipetik, gelombang merambat ke kedua ujung, dipantulkan, lalu bertemu dengan gelombang datang. Perpaduan keduanya membentuk **gelombang berdiri**: ada titik yang selalu

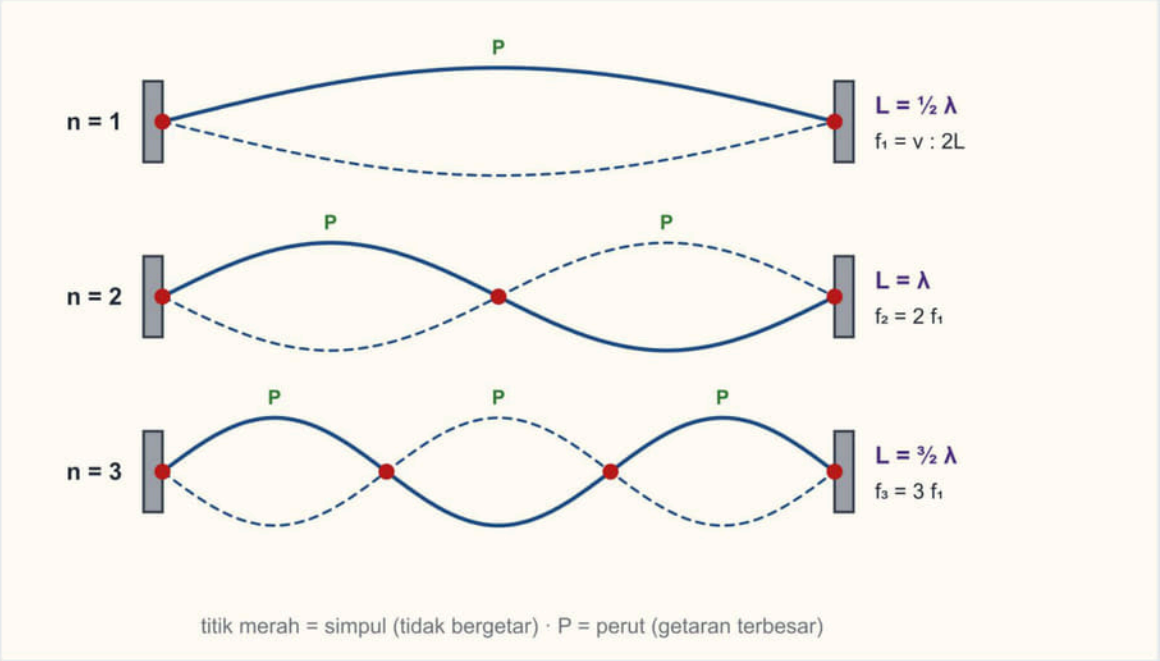
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

diam (**simpul**) dan titik yang bergetar paling besar (**perut**). Ujung dawai terikat, sehingga ujung-ujungnya selalu simpul. Jarak antara dua simpul berurutan adalah setengah panjang gelombang.

Dawai hanya dapat bergetar dengan pola yang "pas": panjang dawai harus berisi bilangan bulat kali setengah panjang gelombang (Gambar 4.7). Pola paling sederhana, dengan satu perut, disebut **nada dasar** (harmonik pertama): $L = \frac{1}{2}\lambda$. Pola berikutnya mempunyai dua perut ($L = \lambda$), tiga perut ($L = \frac{3}{2}\lambda$), dan seterusnya. Dari $v = \lambda f$:

$$f_n = \frac{n\,v}{2L} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots), \qquad v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

dengan F tegangan dawai (N) dan μ massa per satuan panjang (kg/m). Dawai menghasilkan **semua** harmonik: $f_1, 2f_1, 3f_1, \ldots$ Akibatnya, **dua frekuensi resonansi berurutan berselisih** f_1.



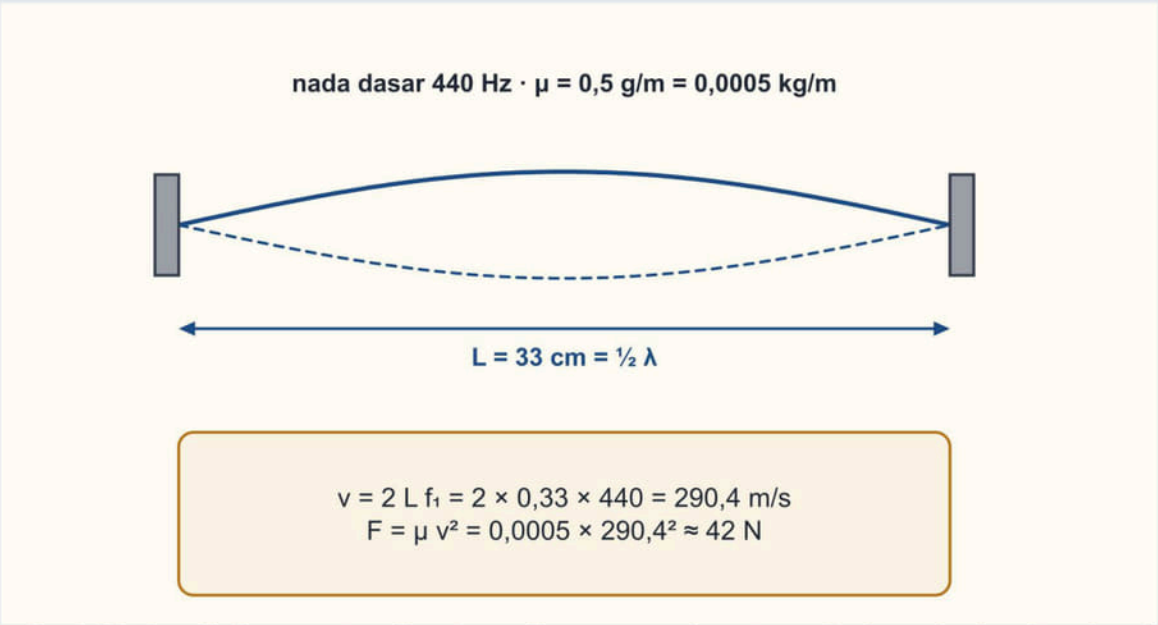
Gambar 4.7 Tiga pola getaran pertama sebuah dawai; kedua ujung selalu simpul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dari rumus itu: $f \propto \frac{1}{L}$ dan $f \propto \sqrt{F}$. Memendekkan dawai (menekan fret gitar) atau mengencangkannya (memutar kunci senar) membuat nada lebih tinggi. Dawai yang lebih tebal (μ besar) berbunyi lebih rendah; karena itu senar bas gitar dibuat tebal.

Contoh terselesaikan 1: tegangan dawai biola

Dawai biola sepanjang 33 cm bergetar dengan nada dasar 440 Hz. Massa per satuan panjangnya 0,5 g/m. Berapa tegangan dawai tersebut (Gambar 4.8)?

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



Gambar 4.8 Pada nada dasar, panjang dawai sama dengan setengah panjang gelombang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Nada dasar: $L = \frac{1}{2}\lambda \rightarrow \lambda = 0{,}66$ m.
2. Cepat rambat gelombang pada dawai: $v = \lambda f = 0{,}66 \times 440 = 290{,}4$ m/s.
3. Ubah satuan: 0,5 g/m $= 0{,}0005$ kg/m. Dari $v = \sqrt{F/\mu}$:
   $F = \mu v^2 = 0{,}0005 \times 290{,}4^2 \approx 42$ N.
4. Makna: gaya sekitar 42 N, kira-kira berat beban 4 kg, menarik dawai yang sangat tipis itu. Kesalahan satuan μ (memakai 0,5) membuat hasil seribu kali terlalu besar.

2. Pipa organa terbuka dan tertutup

Kolom udara di dalam pipa juga membentuk gelombang berdiri. Di ujung **terbuka**, udara bebas bergerak, sehingga ujung terbuka selalu **perut**. Di ujung **tertutup**, udara tidak dapat bergerak, sehingga ujung tertutup selalu **simpul** (Gambar 4.9).

Jenis pipa	Nada dasar	Rumus	Harmonik yang muncul
Terbuka (kedua ujung terbuka)	$L = \frac{1}{2}\lambda$	$f_n = \dfrac{n\,v}{2L}$	semua: $f_1, 2f_1, 3f_1, \ldots$
Tertutup (satu ujung tertutup)	$L = \frac{1}{4}\lambda$	$f_n = \dfrac{(2n-1)\,v}{4L}$	ganjil saja: $f_1, 3f_1, 5f_1, \ldots$

Dengan panjang yang sama, nada dasar pipa tertutup **setengah** nada dasar pipa terbuka. Pipa tertutup hanya menghasilkan harmonik ganjil, karena pola harus selalu berupa perut di satu ujung dan simpul di ujung lain; pola itu hanya muat untuk $\frac{1}{4}\lambda$, $\frac{3}{4}\lambda$, $\frac{5}{4}\lambda$, dan seterusnya.

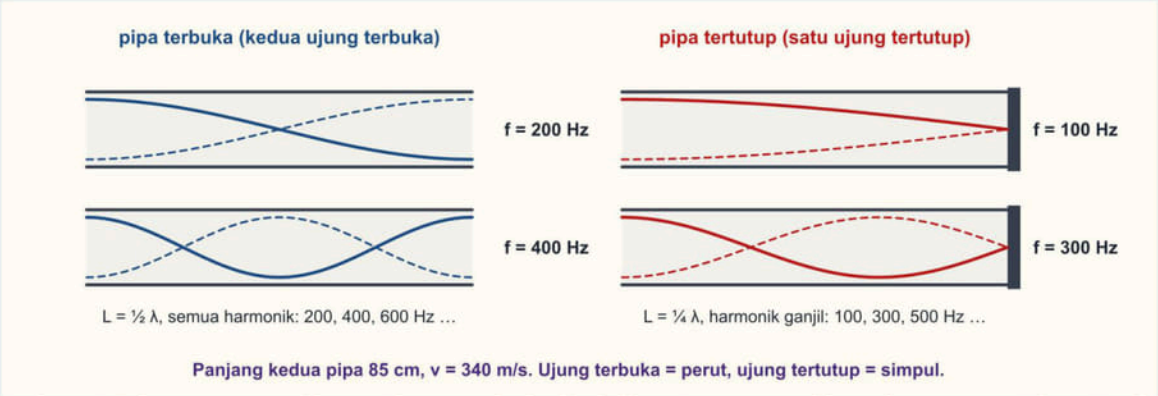
Kolom udara di atas air (botol berisi air, tabung resonansi, pipa yang sebagian diisi air) adalah **pipa tertutup**, karena permukaan air menutup ujung bawahnya. Panjang yang dipakai adalah **panjang kolom udara** saja, bukan panjang pipa. Makin banyak air, makin pendek kolom udara,

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

makin tinggi nadanya; itulah cara orang "menyetem" deretan botol menjadi tangga nada.

Contoh terselesaikan 2: pipa terbuka dan pipa tertutup

Sebuah pipa sepanjang 85 cm ($v = 340$ m/s). Berapa frekuensi nada dasar dan nada atas pertamanya bila kedua ujungnya terbuka, dan bila salah satu ujungnya ditutup?



Gambar 4.9 Pola simpangan udara pada pipa terbuka (kiri) dan pipa tertutup (kanan) sepanjang 85 cm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Pipa terbuka: $f_1 = \dfrac{340}{2 \times 0{,}85} = 200$ Hz; nada atas pertama $= 2f_1 = 400$ Hz.
2. Pipa tertutup: $f_1 = \dfrac{340}{4 \times 0{,}85} = 100$ Hz; nada atas pertama $= 3f_1 = 300$ Hz (Gambar 4.9).
3. Nada atas pertama pipa tertutup adalah $3f_1$, **bukan** $2f_1$, karena harmonik genap tidak muncul.
4. Makna: menutup satu ujung pipa membuat nadanya turun satu oktaf (frekuensi setengahnya).

3. Resonansi

Resonansi adalah ikut bergetarnya suatu benda karena frekuensi getaran dari luar sama dengan frekuensi alaminya. Bunyi terdengar paling keras saat resonansi terjadi. Kotak gitar dan tabung bambu angklung dibuat agar beresonansi dengan getaran sumbernya sehingga bunyinya lebih keras. Resonansi juga dapat merugikan: jembatan atau gedung dapat bergetar hebat bila getaran angin atau langkah kaki cocok dengan frekuensi alaminya.

Pada **tabung resonansi** (garpu tala di atas tabung, permukaan air diturunkan perlahan), resonansi terjadi pada panjang kolom udara:

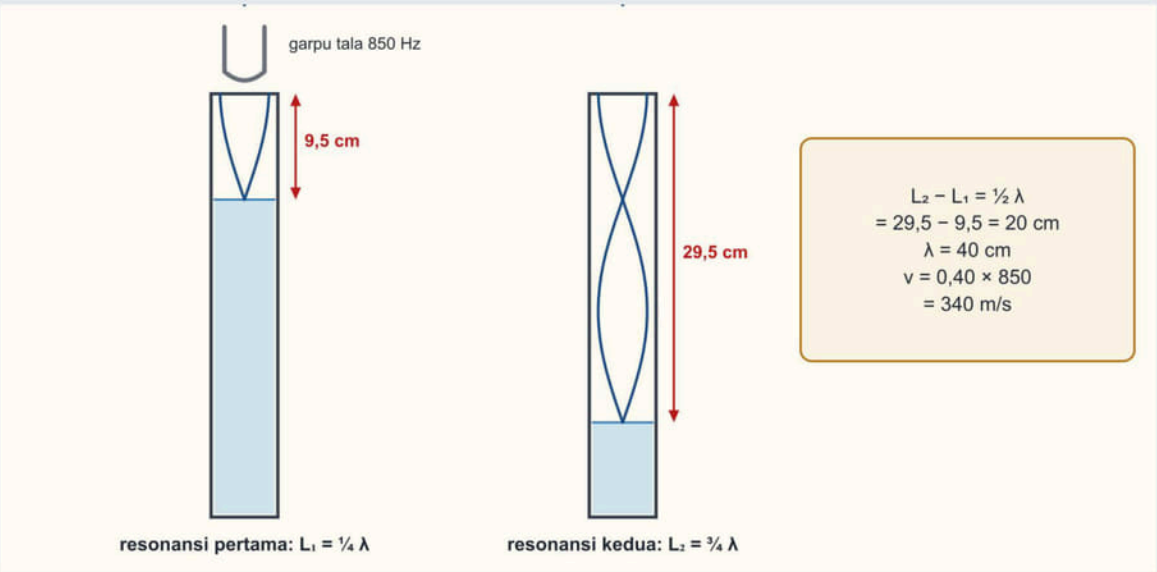
$$L_1 = \tfrac{1}{4}\lambda, \quad L_2 = \tfrac{3}{4}\lambda, \quad L_3 = \tfrac{5}{4}\lambda, \ \ldots$$

Jadi **dua panjang resonansi berurutan berselisih** $\tfrac{1}{2}\lambda$. Cara ini lebih teliti daripada memakai L_1 saja, karena perut di mulut tabung sebenarnya sedikit di atas mulut tabung (disebut **koreksi ujung**). Selisih $L_2 - L_1$ tidak terpengaruh koreksi itu.

Contoh terselesaikan 3: mengukur cepat rambat bunyi

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

Dengan garpu tala 850 Hz, resonansi terjadi pada kolom udara 9,5 cm dan 29,5 cm. Berapa cepat rambat bunyi di udara (Gambar 4.10)?



Gambar 4.10 Resonansi pertama dan kedua pada tabung resonansi; permukaan air selalu simpul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

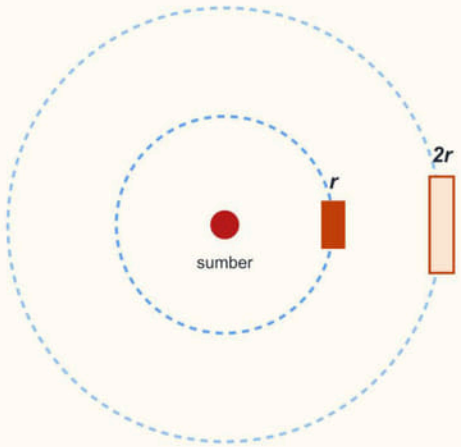
1. $L_2 - L_1 = \frac{1}{2}\lambda \rightarrow 29{,}5 - 9{,}5 = 20\ \text{cm} \rightarrow \lambda = 40\ \text{cm}$.
2. $v = \lambda f = 0{,}40 \times 850 = 340\ \text{m/s}$.
3. Menurut teori, $L_1 = \frac{1}{4}\lambda = 10$ cm. Selisih 0,5 cm dengan hasil ukur (9,5 cm) adalah koreksi ujung.
4. Makna: memakai selisih dua resonansi menghilangkan kesalahan sistematis karena koreksi ujung (ingat sub bab 1.2).

4. Intensitas dan taraf intensitas

Intensitas adalah daya bunyi yang menembus setiap satuan luas (W/m^2). Sumber titik memancarkan bunyi ke segala arah, sehingga dayanya tersebar pada permukaan bola yang makin besar (Gambar 4.11):

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}, \qquad \text{jadi } I \propto \frac{1}{r^2}$$

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



I = P : (4π r²)
jarak 2 kali → luas 4 kali
→ intensitas ¼ kali

TI = 10 log (I : I₀)
I ¼ kali → TI turun 6 dB
I 10 kali → TI naik 10 dB

Gambar 4.11 Pada jarak dua kali, daya yang sama tersebar pada luas empat kali, sehingga intensitasnya tinggal seperempat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Telinga manusia dapat mendengar intensitas dari sekitar 10^{-12} W/m² (ambang dengar) sampai sekitar 1 W/m² (ambang rasa sakit), rentang sejuta juta kali. Telinga merasakan kenyaringan secara logaritmik, sehingga dipakai **taraf intensitas** (TI) dalam desibel:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}, \qquad I_0 = 10^{-12}\ \text{W/m}^2$$

Setiap kenaikan intensitas 10 kali menambah 10 dB. Percakapan biasa sekitar 60 dB, lalu lintas padat sekitar 80 dB, dan bunyi di atas 85 dB dalam waktu lama dapat merusak pendengaran.

Dua rumus cepat yang paling sering dipakai:

Perubahan	Rumus	Contoh
n sumber identik	$TI_n = TI_1 + 10 \log n$	2 sumber: +3 dB; 10 sumber: +10 dB; 100 sumber: +20 dB
Jarak dari r_1 ke r_2	$TI_2 = TI_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1}$	jarak 2 kali: −6 dB; jarak 10 kali: −20 dB

Faktor 20 pada rumus jarak muncul karena intensitas sebanding dengan **kuadrat** kebalikan jarak: $10 \log (r_2/r_1)^2 = 20 \log (r_2/r_1)$.

Contoh terselesaikan 4: mesin bor jalan

Sebuah mesin bor jalan menghasilkan taraf intensitas 100 dB pada jarak 5 m. Berapa taraf intensitas pada jarak 50 m, dan berapa taraf intensitas pada jarak 5 m bila dua mesin identik dipakai bersamaan (Gambar 4.12)?

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



Gambar 4.12 Menjauh sepuluh kali menurunkan taraf intensitas 20 dB; menggandakan sumber hanya menambah sekitar 3 dB. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Jarak 50 m adalah 10 kali jarak 5 m: $TI = 100 - 20\log 10 = 100 - 20 = 80$ dB.
2. Dua mesin identik: intensitas dua kali, $TI = 100 + 10\log 2 \approx 100 + 3 = 103$ dB.
3. Hasilnya **bukan** 200 dB. Desibel tidak dijumlahkan biasa; yang dijumlahkan adalah intensitasnya.
4. Makna: menjauh dari sumber bising jauh lebih efektif daripada mengurangi jumlah mesin.

5. Warna bunyi, pelayangan, dan alat musik Nusantara

Warna bunyi (timbre). Biola dan suling yang memainkan nada dasar yang sama, misalnya 440 Hz, tetap terdengar berbeda. Sebabnya, setiap alat menghasilkan nada dasar **bersama** sejumlah harmonik dengan kekuatan yang berbeda-beda. Perpaduan nada dasar dan harmonik itulah yang membentuk warna bunyi. Suling yang bersuara lembut didominasi nada dasar, sedangkan terompet yang bersuara tajam membawa banyak harmonik tinggi. Pipa tertutup yang hanya punya harmonik ganjil terdengar "lebih bulat" daripada pipa terbuka dengan panjang yang sama.

Pelayangan. Bila dua sumber dengan frekuensi yang sedikit berbeda berbunyi bersamaan, kerasnya bunyi naik-turun secara teratur, terdengar seperti "wung-wung-wung". Banyaknya naik-turun per sekon disebut frekuensi pelayangan:

$$f_{\text{layangan}} = |f_1 - f_2|$$

Pemain gitar memanfaatkannya untuk menyetem: senar dibandingkan dengan nada acuan, lalu kunci senar diputar sampai pelayangan makin lambat dan akhirnya hilang. Pada saat itu kedua frekuensi tepat sama. Gamelan Bali justru sengaja menyetel pasangan instrumen sedikit berbeda frekuensinya agar timbul pelayangan yang membuat bunyinya "berombak" khas.

Alat musik Nusantara sebagai sumber bunyi.

1. **Sasando dan kecapi** memakai dawai. Dawai yang lebih pendek atau lebih kencang

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

menghasilkan nada lebih tinggi, sesuai $f = \dfrac{v}{2L}$ dan $v = \sqrt{F/\mu}$.

2. **Suling bambu** adalah pipa terbuka. Menutup lubang-lubangnya mengubah panjang kolom udara yang bergetar, sehingga nadanya berubah.
3. **Angklung** memakai tabung bambu yang tertutup di satu ujung sebagai ruang resonansi. Panjang tabung dipotong sedemikian sehingga frekuensi resonansinya cocok dengan nada bilah bambu yang dipukul.
4. **Kentongan dan bedug** menghasilkan bunyi dari getaran badan kayu atau kulit; rongga di dalamnya beresonansi dan memperkeras bunyi.

Semua contoh itu mengikuti satu pola pikir: tentukan **apa yang bergetar** (dawai atau kolom udara), **kondisi ujungnya** (terikat, terbuka, tertutup), lalu pola gelombang berdiri yang muat. Dari pola itu, panjang gelombang dan frekuensi dapat dihitung.

Ringkasan

- Dawai (kedua ujung simpul) dan pipa terbuka (kedua ujung perut): $f_n = nv/2L$, semua harmonik.
- Pipa tertutup (simpul di ujung tertutup): $f_1 = v/4L$, hanya harmonik ganjil; kolom udara di atas air = pipa tertutup, pakai panjang kolom udara.
- Dawai: $v = \sqrt{F/\mu}$; nada naik bila dawai pendek, kencang, atau tipis.
- Tabung resonansi: $L_2 - L_1 = \frac{1}{2}\lambda$; resonansi terjadi saat frekuensi luar sama dengan frekuensi alami.
- Warna bunyi ditentukan oleh harmonik yang menyertai nada dasar; pelayangan $= |f_1 - f_2|$.
- $I = P/4\pi r^2$; $TI = 10\log(I/I_0)$; n sumber: $+10\log n$; jarak: $-20\log(r_2/r_1)$.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sumber bunyi

1. **Tentukan jenis sumber:** dawai, pipa terbuka, atau pipa tertutup. Kolom udara di atas air = pipa tertutup.
2. **Tentukan panjang yang bergetar:** panjang dawai di antara tumpuan, atau panjang kolom udara saja.
3. **Tentukan harmonik yang diminta:** nada dasar, nada atas pertama, dan seterusnya; ingat pipa tertutup hanya punya harmonik ganjil.
4. **Untuk data dua resonansi berurutan,** pakai selisihnya: dawai dan pipa terbuka berselisih f_1; tabung resonansi berselisih $\frac{1}{2}\lambda$.
5. **Untuk desibel,** pakai $+10\log n$ untuk jumlah sumber dan $-20\log\frac{r_2}{r_1}$ untuk jarak.

Jebakan khas

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

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Panjang seluruh pipa dipakai	pipa 80 cm berisi air memakai $L = 80$ cm	pakai panjang kolom udara saja
Kolom udara di atas air dianggap pipa terbuka	memakai $f = \frac{v}{2L}$	permukaan air menutup ujung: $f = \frac{v}{4L}$
Nada atas pertama pipa tertutup $= 2f_1$	100 Hz → 200 Hz	pipa tertutup: $3f_1$
Tegangan tidak diakarkan	tegangan 4 kali → frekuensi 4 kali	$f \propto \sqrt{F}$ → 2 kali
Satuan μ	5 g/m dipakai sebagai 5	ubah ke 0,005 kg/m
Desibel dijumlahkan biasa	dua sumber 60 dB → 120 dB	$60 + 10\log 2 \approx 63$ dB
Faktor jarak memakai $10\log$	jarak 2 kali → −3 dB	intensitas $\propto \frac{1}{r^2}$ → −6 dB

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-14) dijawab benar oleh 22,63 % peserta. Sebelum menghitung, jawab dua pertanyaan: berapa panjang bagian yang bergetar, dan termasuk pipa jenis apa?

►. Seorang siswa melakukan percobaan membuat alat musik sederhana dari pipa PVC yang diisi air. Ia memukul bagian atas pipa untuk menghasilkan bunyi. Panjang pipa adalah 80 cm dan sebagian diisi air sehingga hanya tersisa kolom udara setinggi 40 cm yang berfungsi sebagai kolom udara terbuka di salah satu ujungnya. Diketahui bahwa cepat rambat bunyi di udara adalah 340 m.s^{-1}.
Jika pada saat itu pipa menghasilkan nada dasar (harmonik pertama), berapa frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh pipa tersebut?

A. 212,5 Hz
B. 425,0 Hz
C. 637,5 Hz
D. 850 Hz
E. 1.062,5 Hz

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 22,63 %

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: kolom udara yang satu ujungnya terbuka dan ujung lainnya tertutup permukaan air adalah **pipa organa tertutup**. Nada dasar: $L = \frac{1}{4}\lambda$ sehingga $f_1 = \frac{v}{4L}$.

Langkah 1 – Panjang yang dipakai. Yang bergetar hanya kolom udara: $L = 40$ cm $= 0{,}40$ m (bukan 80 cm).

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

Langkah 2 – Frekuensi. $f_1 = \dfrac{340}{4 \times 0{,}40} = \dfrac{340}{1{,}6} = 212{,}5$ Hz.

Asal pengecoh:
- 425 Hz: rumus pipa terbuka $\frac{v}{2L}$.
- 637,5 Hz dan 1.062,5 Hz: harmonik ke-3 dan ke-5 pipa tertutup ($3f_1, 5f_1$).
- 850 Hz: $\frac{v}{L}$ (salah rumus).

Jawaban: A.

Kelima pilihan berasal dari rumus yang hampir benar. Pengecoh 425 Hz memakai rumus pipa terbuka. Pengecoh 637,5 Hz dan 1.062,5 Hz adalah harmonik ke-3 dan ke-5 pipa tertutup, yang memang ada tetapi bukan nada dasar. Perhatikan juga: panjang pipa 80 cm dengan rumus pipa terbuka ($\frac{340}{2\times0{,}80}$) kebetulan juga menghasilkan 212,5 Hz. Itu jawaban benar dengan alasan yang salah, dan pada soal lain angkanya tidak akan kebetulan sama. Biasakan menjawab dengan alasan fisika yang benar: kolom udara 40 cm, pipa tertutup.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memadukan dua aturan desibel: menambah jumlah sumber ($+10 \log n$) dan menjauh dari sumber ($-20 \log \frac{r_2}{r_1}$). Kerjakan berurutan.

►. Satu pengeras suara di lapangan menghasilkan taraf intensitas 100 dB pada jarak 2 m. Panitia memasang pengeras suara kedua yang identik di tempat yang sama, dan kedua pengeras suara dibunyikan bersamaan.
Taraf intensitas yang didengar penonton yang berdiri 20 m dari kedua pengeras suara adalah ....

A. 80 dB
B. 93 dB
C. 83 dB
D. 86 dB
E. 160 dB

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

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: n sumber identik: $TI_n = TI_1 + 10\log n$; jarak $r_1 \to r_2$: $TI_2 = TI_1 - 20\log\frac{r_2}{r_1}$.

Langkah – Dua sumber: $100 + 10\log 2 \approx 103$ dB pada 2 m. Jarak 10 kali: $103 - 20 = 83$ dB.

Analisis opsi:

- A (80 dB) ✗ – pengaruh pengeras suara kedua terlupa.
- B (93 dB) ✗ – +3 dB sudah benar, tetapi jarak 10 kali hanya dihitung −10 dB.
- C (83 dB) ✓ – 100 + 3 − 20.
- D (86 dB) ✗ – dua sumber dianggap menambah 6 dB.
- E (160 dB) ✗ – taraf intensitas dua sumber dijumlahkan, lalu dikurangi 20 dB.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis dulu jenis sumber bunyinya (dawai atau pipa terbuka/tertutup) atau besaran intensitas yang berubah.

1. Saat menyetem gitar, Sinta memutar pasak sehingga salah satu dawai menjadi lebih tegang. Panjang bagian dawai yang bergetar tidak berubah.
Akibatnya, nada yang dihasilkan dawai tersebut ....

A. tetap, karena panjang dawai yang bergetar tidak berubah
B. lebih rendah, karena dawai lebih sulit bergetar
C. lebih rendah, karena panjang gelombangnya bertambah
D. lebih keras, tetapi tinggi nadanya tetap
E. lebih tinggi, karena cepat rambat di dawai bertambah

2. Sebuah seruling bambu dapat dianggap sebagai pipa organa yang kedua ujungnya terbuka. Saat ditiup tertentu, seruling menghasilkan nada atas kedua berfrekuensi 1.020 Hz. Cepat rambat bunyi di udara 340 m/s.
Panjang seruling tersebut adalah ....

A. 33,3 cm
B. 41,7 cm
C. 66,7 cm
D. 16,7 cm
E. 50 cm

Kunci singkat: 1. E 2. E

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa kolom udara di dalam botol yang sebagian berisi air dihitung sebagai pipa tertutup?
- Pipa terbuka dan pipa tertutup sama panjang. Mana yang nada dasarnya lebih rendah, dan berapa kali?
- Sepuluh pengeras suara identik menyala bersamaan. Berapa desibel tambahannya dibandingkan satu pengeras suara?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-4.2

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa

FIS-4.3

◎ APA YANG DIUJI

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik. Sifat-sifatnya, yaitu dipantulkan, dibiaskan, dan dipantulkan sempurna, menjelaskan banyak fenomena: fatamorgana di jalan panas, kolam yang tampak dangkal, dan kabel serat optik. Sub bab ini juga membahas **cermin dan lensa**, dasar semua alat optik di sub bab 4.4.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-15	Menjelaskan fenomena kehidupan sehari-hari menggunakan konsep sifat-sifat cahaya	39,94 %

SA-15 tidak memerlukan hitungan. Kesulitannya ada pada **memilih sifat cahaya yang tepat**: fatamorgana tampak seperti pantulan di permukaan air, sehingga banyak peserta memilih "pemantulan oleh tanah". Penyebab sebenarnya adalah **pembiasan**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebut urutan spektrum gelombang elektromagnetik dan memakai $c = \lambda f$;
- memakai hukum Snellius, indeks bias, dan kedalaman semu;
- menentukan syarat pemantulan sempurna dan menghitung sudut kritis;
- menjelaskan fenomena cahaya sehari-hari (fatamorgana, pelangi, berlian berkilau);
- menghitung letak, perbesaran, dan sifat bayangan pada cermin dan lensa, termasuk dua lensa.

Educational Institutions

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sedotan di dalam gelas tampak patah. Kolam renang tampak lebih dangkal daripada kedalaman sebenarnya. Di siang terik, jalan aspal di kejauhan seperti tergenang air. Spion mobil memperlihatkan banyak kendaraan sekaligus walaupun ukurannya kecil, sedangkan cermin rias memperbesar wajah. Semua peristiwa itu dijelaskan oleh dua sifat cahaya: **pemantulan** dan **pembiasan**. Sub bab ini dimulai dari sifat cahaya sebagai gelombang elektromagnetik, lalu membahas pembiasan, pemantulan sempurna, fenomena alam, dan cara menentukan bayangan pada cermin dan lensa dengan rumus dan dengan **lukisan sinar**.

1. Cahaya sebagai gelombang elektromagnetik

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik (GEM): getaran medan listrik dan medan magnet yang merambat. GEM tidak memerlukan medium dan merambat di ruang hampa dengan kelajuan $c = 3 \times 10^8$ m/s. Semua GEM memenuhi $c = \lambda f$. Cahaya tampak hanyalah sebagian

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

kecil dari **spektrum** GEM (Gambar 4.13).



Gambar 4.13 Spektrum gelombang elektromagnetik dari frekuensi rendah ke tinggi; cahaya tampak hanya sebagian kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Urutan (frekuensi kecil → besar)	Contoh pemakaian
Gelombang radio	radio, televisi
Gelombang mikro	Wi-Fi, oven microwave, radar
Inframerah	remote televisi, kamera termal
Cahaya tampak (merah → ungu)	penglihatan
Ultraviolet	lampu pembasmi kuman
Sinar-X	foto rontgen
Sinar gamma	radioterapi kanker

Dari atas ke bawah: frekuensi dan energi **naik**, panjang gelombang **turun**. Karena energinya besar, ultraviolet, sinar-X, dan sinar gamma dapat merusak sel tubuh, sehingga pemakaiannya harus dibatasi. Waktu tempuh sinyal GEM dihitung seperti gerak lurus beraturan: $t = \dfrac{s}{c}$.

Perhatikan lintasan sinyalnya: naik ke satelit lalu turun lagi berarti jaraknya dua kali ketinggian satelit.

2. Pemantulan dan pembiasan

Hukum pemantulan: sinar datang, sinar pantul, dan garis normal (garis tegak lurus permukaan) terletak pada satu bidang, dan sudut datang sama dengan sudut pantul. Pada cermin datar, bayangan bersifat maya, tegak, sama besar, dan berjarak sama di belakang cermin.

Pembiasan adalah pembelokan cahaya ketika berpindah ke medium dengan kelajuan cahaya berbeda. **Indeks bias** suatu medium: $n = \dfrac{c}{v}$. Makin besar n, makin lambat cahaya di medium itu (air $\frac{4}{3}$, kaca ±1,5, berlian ±2,4). Hubungan sudut-sudutnya dinyatakan **hukum Snellius**:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

dengan sudut diukur dari **garis normal**, bukan dari permukaan. Cahaya yang masuk ke medium lebih rapat dibiaskan **mendekati** normal; yang keluar ke medium kurang rapat dibiaskan **menjauhi** normal. Bayangkan barisan prajurit yang berbaris miring dari jalan aspal ke lumpur: prajurit yang lebih dulu masuk lumpur melambat, sehingga barisan berbelok. Frekuensi cahaya tetap; kelajuan dan panjang gelombangnya berubah.

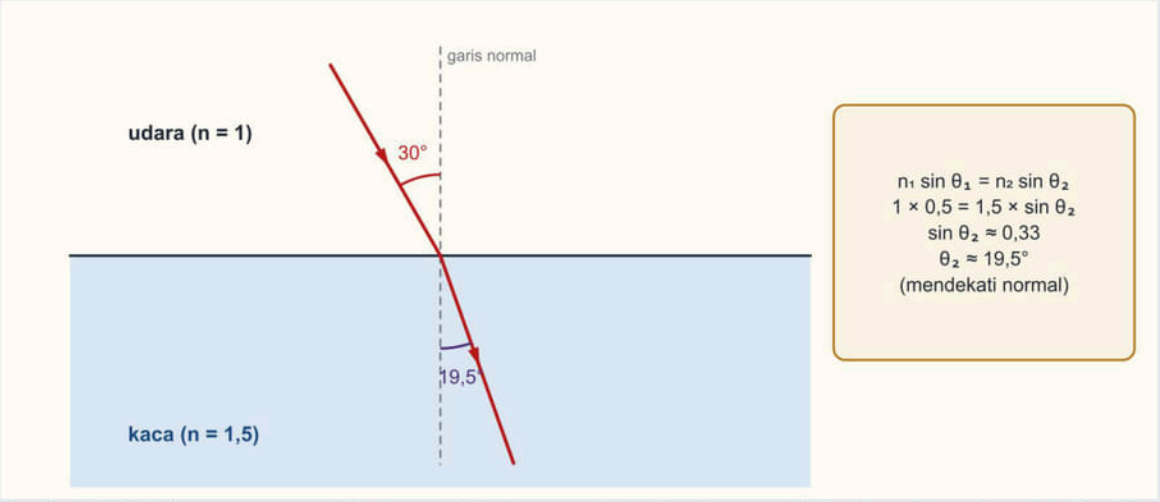
Kedalaman semu. Benda di dalam air tampak lebih dekat ke permukaan, karena cahaya darinya dibiaskan menjauhi normal saat keluar ke udara, dan mata menelusuri sinar itu lurus ke belakang. Untuk pengamatan hampir tegak lurus:

$$h_{\text{tampak}} = h \times \frac{n_{\text{pengamat}}}{n_{\text{benda}}}$$

Contoh terselesaikan 1: cahaya masuk ke kaca

Seberkas cahaya dari udara masuk ke balok kaca ($n = 1{,}5$) dengan sudut datang 30°. Berapa sudut biasnya, dan berapa kelajuan cahaya di dalam kaca?

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



Gambar 4.14 Cahaya yang masuk ke kaca dibiaskan mendekati garis normal. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Snellius: $1 \times \sin 30^\circ = 1{,}5 \times \sin\theta_2 \rightarrow \sin\theta_2 = \dfrac{0{,}5}{1{,}5} \approx 0{,}33$.
2. $\theta_2 \approx 19{,}5^\circ$, lebih kecil daripada 30°, jadi sinar mendekati normal (Gambar 4.14).
3. Kelajuan di kaca: $v = \dfrac{c}{n} = \dfrac{3 \times 10^8}{1{,}5} = 2 \times 10^8$ m/s.
4. Makna: kaca memperlambat cahaya sepertiganya; frekuensinya tetap, panjang gelombangnya ikut memendek sepertiganya.

3. Pemantulan sempurna

Bila cahaya bergerak dari medium **rapat** ke medium **kurang rapat**, sudut biasnya lebih besar daripada sudut datang. Pada sudut datang tertentu, yaitu **sudut kritis**, sudut biasnya 90° (sinar bias menyusur permukaan):

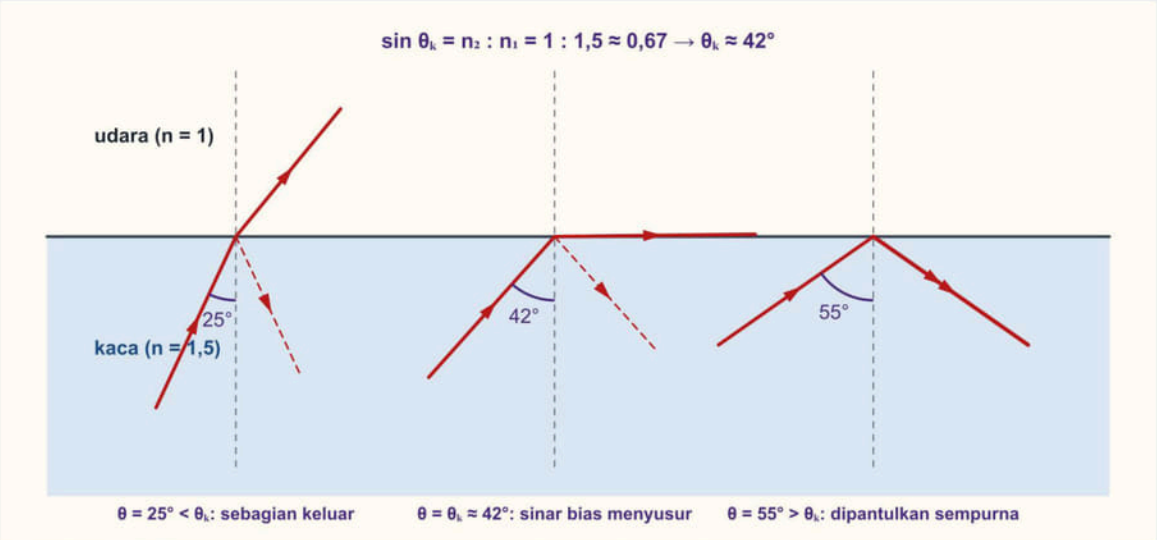
$$\sin\theta_k = \frac{n_2}{n_1} \quad (n_1 > n_2)$$

Bila sudut datang **lebih besar** daripada sudut kritis, seluruh cahaya dipantulkan kembali: **pemantulan sempurna**. Dua syaratnya harus dipenuhi bersama: (1) dari medium rapat ke kurang rapat, dan (2) sudut datang lebih besar daripada sudut kritis. Penerapannya: serat optik untuk internet dan endoskopi (cahaya dipantulkan berulang di dalam serat kaca), berlian yang berkilau (sudut kritisnya kecil, ±24°), dan prisma pada teropong.

Contoh terselesaikan 2: sudut kritis kaca

Berapa sudut kritis kaca ($n = 1{,}5$) terhadap udara? Apa yang terjadi pada cahaya di dalam kaca yang mengenai permukaan dengan sudut datang 25°, 42°, dan 55°?

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



Gambar 4.15 Cahaya dari kaca ke udara: di bawah sudut kritis sebagian keluar, pada sudut kritis sinar bias menyusur permukaan, di atas sudut kritis seluruhnya dipantulkan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

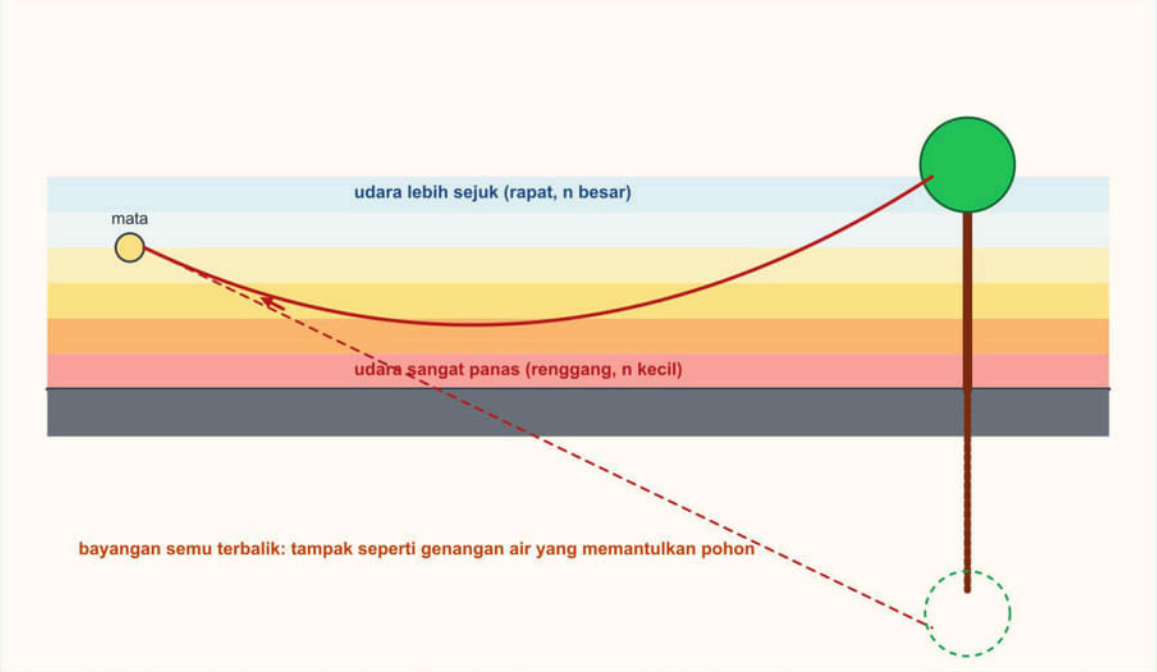
1. $\sin\theta_k = \dfrac{1}{1{,}5} \approx 0{,}67 \rightarrow \theta_k \approx 42^\circ$.
2. Sudut datang 25° (< 42°): sebagian besar cahaya keluar ke udara dan dibiaskan menjauhi normal; sebagian kecil dipantulkan.
3. Sudut datang 42°: sinar bias menyusur permukaan (Gambar 4.15 tengah).
4. Sudut datang 55° (> 42°): tidak ada cahaya yang keluar; semuanya dipantulkan kembali ke dalam kaca.

4. Menjelaskan fenomena cahaya

Fenomena	Sifat cahaya	Penjelasan singkat
Fatamorgana di jalan panas	pembiasan (berlapis), dapat diakhiri pemantulan sempurna	udara dekat tanah panas lebih renggang (indeks bias kecil); cahaya dari langit atau benda dibelokkan ke atas sehingga tampak seperti pantulan di genangan air
Pelangi	dispersi (pembiasan berbeda tiap warna) dan pemantulan di dalam tetes air	indeks bias air sedikit berbeda untuk tiap warna
Langit biru	hamburan	cahaya biru (λ pendek) lebih banyak dihamburkan udara
Kolam tampak dangkal	pembiasan	lihat kedalaman semu
Bintang berkelap-kelip	pembiasan oleh udara yang bergolak	indeks bias udara berubah-ubah

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

Pada **fatamorgana** (Gambar 4.16), udara tepat di atas aspal yang panas jauh lebih panas daripada udara di atasnya. Udara panas lebih renggang, sehingga indeks biasnya sedikit lebih kecil. Cahaya dari puncak pohon yang menuju ke bawah melewati lapisan-lapisan udara yang makin renggang dan terus dibiaskan menjauhi normal, sehingga lintasannya melengkung naik dan masuk ke mata dari arah bawah. Otak menelusuri sinar itu lurus ke belakang, sehingga pohon tampak terbalik di bawah permukaan jalan, seperti bayangan di genangan air. Saat menjawab soal penjelasan, cocokkan **penyebab fisisnya**, bukan hanya kesan yang terlihat: fatamorgana **tampak** seperti pantulan, tetapi penyebab utamanya pembiasan oleh lapisan udara yang berbeda suhu.



Gambar 4.16 Cahaya dari puncak pohon dibiaskan berangsur oleh lapisan udara panas sehingga melengkung naik ke mata; pohon tampak terbalik di bawah jalan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

5. Cermin lengkung dan lensa: rumus dan lukisan sinar

Cermin lengkung dan lensa tipis memakai rumus yang sama:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}, \qquad M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \frac{h'}{h}$$

Pada cermin lengkung, $f = \frac{1}{2}R$. Aturan tanda:

Besaran	Positif (+)	Negatif (−)
f	cermin cekung, lensa cembung	cermin cembung, lensa cekung
s'	bayangan **nyata** (di depan cermin; di belakang lensa)	bayangan **maya** (di belakang cermin; di depan lensa)

Bayangan nyata selalu **terbalik** dan dapat ditangkap layar; bayangan maya selalu **tegak** dan tidak dapat ditangkap layar. Cermin cembung dan lensa cekung selalu membentuk bayangan maya, tegak, diperkecil bila bendanya nyata.

Lukisan sinar memeriksa jawaban rumus secara gambar. Cukup dua dari tiga **sinar istimewa** yang berangkat dari ujung benda:

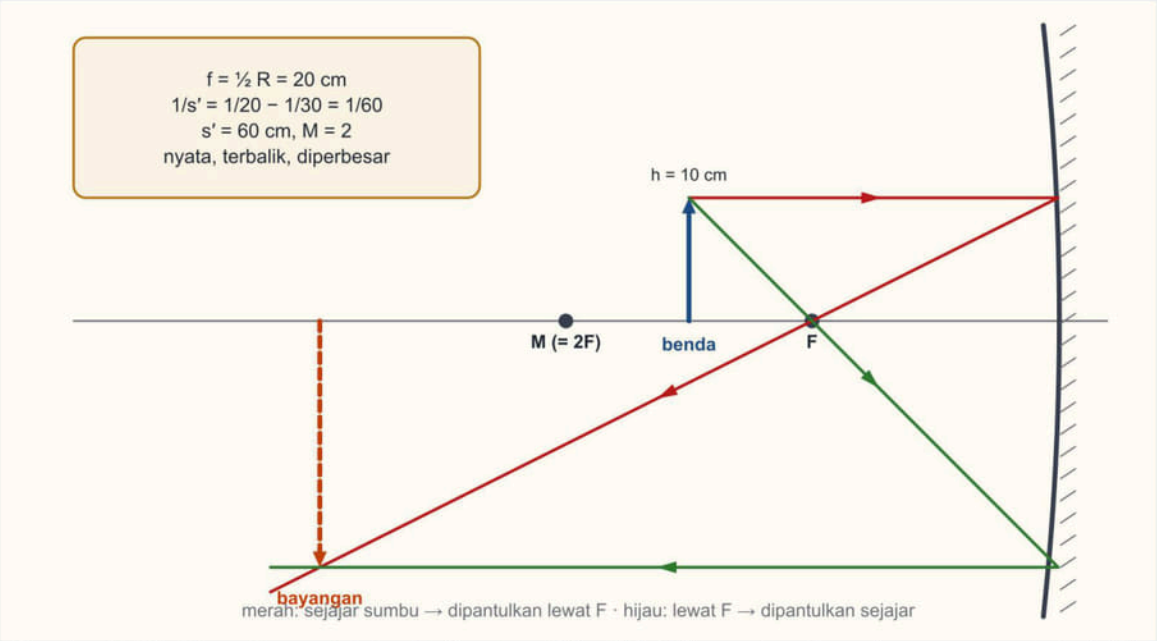
1. sinar **sejajar sumbu utama** dipantulkan (cermin) atau dibiaskan (lensa) **melalui titik fokus** (pada cermin cembung dan lensa cekung: seolah-olah berasal dari titik fokus);
2. sinar **melalui titik fokus** dipantulkan atau dibiaskan **sejajar sumbu utama**;
3. sinar menuju **titik pusat kelengkungan** cermin dipantulkan kembali melalui jalan yang sama; sinar melalui **pusat lensa** diteruskan lurus.

Ujung bayangan terletak di titik potong sinar-sinar itu (atau perpanjangannya, untuk bayangan maya).

Contoh terselesaikan 3: cermin cekung untuk merias

Sebuah benda setinggi 10 cm diletakkan 30 cm di depan cermin cekung yang jari-jari kelengkungannya 40 cm. Tentukan letak dan sifat bayangannya, lalu periksa dengan lukisan sinar (Gambar 4.17).

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



Gambar 4.17 Lukisan sinar untuk benda di antara F dan M (= 2F) cermin cekung: bayangan nyata, terbalik, diperbesar di luar M. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

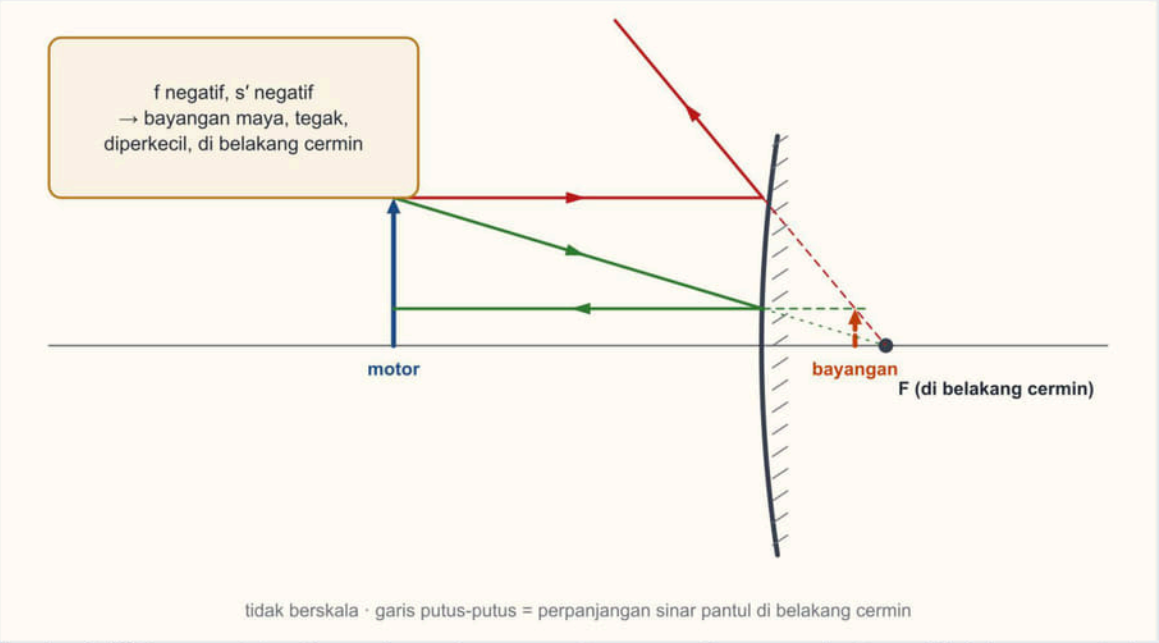
Penyelesaian.

1. $f = \frac{1}{2} \times 40 = 20$ cm.
2. $\frac{1}{s'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{1}{60} \rightarrow s' = 60$ cm, positif: nyata, di depan cermin.
3. $M = \frac{60}{30} = 2$: tinggi bayangan 20 cm, terbalik, diperbesar.
4. Lukisan sinar: sinar sejajar dipantulkan lewat F, sinar lewat F dipantulkan sejajar; keduanya bertemu 60 cm di depan cermin, 20 cm di bawah sumbu ✓. Untuk merias wajah, wajah justru harus diletakkan **lebih dekat** daripada F, agar bayangannya maya, tegak, dan diperbesar.

Contoh terselesaikan 4: cermin cembung di tikungan

Cermin cembung di tikungan jalan memiliki jarak fokus 50 cm. Sebuah sepeda motor berada 4,5 m di depannya. Tentukan letak dan sifat bayangannya.

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



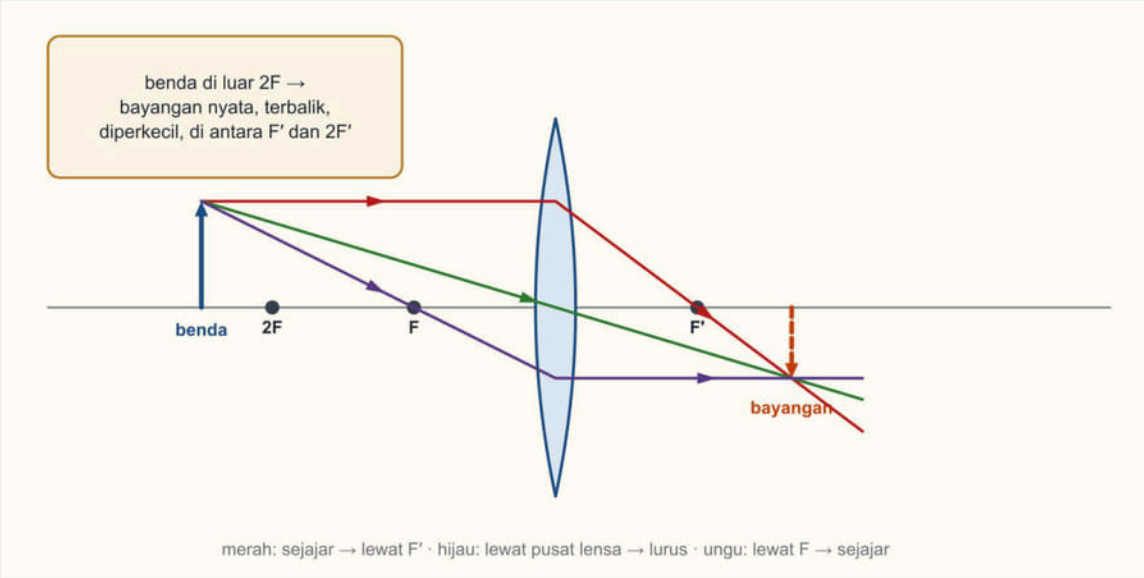
Gambar 4.18 Sinar pantul pada cermin cembung menyebar; perpanjangannya bertemu di belakang cermin dan membentuk bayangan maya yang kecil dan tegak (tidak berskala). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Cermin cembung: $f = -50$ cm; $s = 450$ cm.
2. $\dfrac{1}{s'} = \dfrac{1}{-50} - \dfrac{1}{450} = -\dfrac{10}{450} \rightarrow s' = -45$ cm, negatif: maya, di belakang cermin.
3. $M = \dfrac{45}{450} = 0{,}1$: bayangan maya, tegak, diperkecil sepuluh kali.
4. Lukisan sinar (Gambar 4.18) menunjukkan sinar pantul menyebar, sehingga bayangan terbentuk dari perpanjangannya di belakang cermin. Cermin cembung dipakai di tikungan dan sebagai spion karena bidang pandangnya luas, walaupun benda tampak lebih kecil (dan lebih jauh) daripada sebenarnya.

Lensa. Lensa cembung (tebal di tengah) mengumpulkan cahaya; lensa cekung (tipis di tengah) menyebarkannya. Lukisan sinar lensa memakai tiga sinar istimewa yang sama (Gambar 4.19). Benda di luar 2F lensa cembung membentuk bayangan nyata, terbalik, diperkecil, seperti pada kamera dan mata; benda di antara F dan 2F membentuk bayangan nyata, terbalik, diperbesar, seperti pada proyektor; benda lebih dekat daripada F membentuk bayangan maya, tegak, diperbesar, seperti pada lup.

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



Gambar 4.19 Tiga sinar istimewa pada lensa cembung untuk benda di luar 2F. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dua lensa. Bayangan oleh lensa pertama menjadi **benda** bagi lensa kedua. Jarak benda untuk lensa kedua $= d - s_1'$ (d = jarak kedua lensa). Bila hasilnya negatif, benda bagi lensa kedua adalah benda maya. Perbesaran total $M = M_1 \times M_2$.

Ringkasan

- GEM: $c = \lambda f$, urutan spektrum dari radio sampai gamma (frekuensi dan energi naik).
- Snellius $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ (sudut dari normal); ke medium rapat → mendekati normal.
- Pemantulan sempurna: dari rapat ke renggang dan $\theta > \theta_k$, $\sin\theta_k = n_2/n_1$.
- Fatamorgana: pembiasan oleh lapisan udara panas yang renggang.
- $1/f = 1/s + 1/s'$, $M = |s'/s|$; s' positif nyata-terbalik, negatif maya-tegak; periksa dengan dua sinar istimewa.

Educational Institutions

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal cahaya

1. **Untuk soal penjelasan,** tentukan sifat cahaya yang menjadi penyebab (pemantulan, pembiasan, pemantulan sempurna, dispersi, hamburan), lalu cocokkan dengan pilihan.
2. **Untuk pembiasan,** gambar garis normal; ukur semua sudut dari garis itu.
3. **Untuk pemantulan sempurna,** cek arah cahaya dulu (harus dari n besar ke n kecil), baru bandingkan sudut datang dengan sudut kritis.
4. **Untuk cermin dan lensa,** tulis tanda f dulu, hitung s', lalu baca sifat bayangan dari tanda s' dan nilai M.
5. **Untuk dua lensa,** kerjakan satu per satu; jarak benda kedua $= d - s_1'$.

Jebakan khas

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

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Fatamorgana dikira pemantulan oleh permukaan tanah	"tanah panas memantulkan cahaya seperti cermin"	penyebabnya pembiasan oleh lapisan udara
Sudut diukur dari permukaan	sudut 60° dari permukaan dipakai sebagai sudut datang	ukur dari garis normal: 30°
Pemantulan sempurna dari medium kurang rapat	cahaya dari udara ke air dipantulkan sempurna	hanya dari n besar ke n kecil
Tanda f cermin cembung atau lensa cekung positif	$f = +50$ cm untuk cermin cembung	cermin cembung dan lensa cekung: f negatif
Sifat bayangan dari tanda s' tertukar	s' negatif dianggap nyata	s' negatif = maya, tegak
Dua lensa: jarak benda kedua $= s_1'$	lupa mengurangkan dari jarak antarlensa	$s_2 = d - s_1'$
Urutan spektrum terbalik	sinar-X dikira berpanjang gelombang lebih besar	frekuensi naik → λ turun

BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-15) dijawab benar oleh 39,94 % peserta. Pakai tabel di bagian 4: apa penyebab fisis bayangan "genangan air" di tanah panas? Lalu singkirkan pilihan yang hanya menggambarkan kesan yang terlihat.

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

►. Seseorang sedang dalam perjalanan pulang melalui tanah lapang. Kondisi permukaan lapangan tersebut sangat panas. Saat itu dia melihat tanaman-tanaman pendek di seberang lapangan seperti dalam gelombang air yang tampak seperti pada gambar. Setelah dia mendekatinya, ternyata itu hanyalah ilusi.
Sesuai prinsip sifat-sifat cahaya, bagaimana penjelasan ilmiah dari fenomena ilusi tersebut?



A. Cahaya dari tanaman terlihat beriak seperti gelombang air karena tertiup angin.
B. Permukaan lapangan terlihat bergelombang sehingga cahaya dari tanaman terlihat beriak.
C. Permukaan lapangan yang tidak rata menyebabkan pemantulan cahaya yang tidak teratur.
D. Panas permukaan lapangan menyebabkan perbedaan kerapatan udara sehingga cahaya mengalami pembiasan.
E. Tanah lapang yang panas membuat tarikan gravitasi saat cahaya merambat menuju siswa menjadi berbelok.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 39,94 %

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: fenomena ini adalah **fatamorgana** (*mirage*), akibat **pembiasan** cahaya.

Penjelasan:
1. Udara dekat permukaan yang panas memuai sehingga kerapatannya lebih kecil dan indeks biasnya lebih kecil daripada lapisan udara di atasnya.
2. Cahaya dari tanaman yang merambat miring ke bawah melewati lapisan-lapisan udara yang makin renggang, sehingga terus dibiaskan menjauhi garis normal dan akhirnya membelok ke atas (dapat sampai terjadi pemantulan sempurna).
3. Mata menelusuri cahaya itu lurus ke belakang sehingga tampak bayangan terbalik tanaman "di bawah tanah", mirip pantulan di permukaan air. Udara yang bergolak membuat bayangan itu tampak beriak.

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

Analisis opsi: A ✗ angin tidak membuat cahaya beriak; B dan C ✗ bukan pantulan oleh permukaan tanah; D ✓; E ✗ pengaruh gravitasi pada cahaya di Bumi sangat kecil dan tidak terkait panas tanah.

Jawaban: D.

Pilihan B dan C menarik karena memakai kata "permukaan lapangan", padahal permukaan tanah tidak memantulkan seperti cermin. Pilihan E memakai kata yang terdengar ilmiah (gravitasi), tetapi tidak berhubungan dengan panas tanah. Hanya D yang menyebut rantai sebab yang lengkap: panas → kerapatan udara berbeda → pembiasan.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut mengolah data percobaan lensa. Hitung $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ untuk beberapa pasangan data; hasil yang sama menunjukkan $\frac{1}{f}$. Pasangan $s = s'$ bukan titik fokus, melainkan $2f$.

►. Dalam praktikum, siswa menggeser-geser layar untuk memperoleh bayangan tajam sebuah lilin yang dibentuk oleh lensa cembung. Data jarak benda s dan jarak bayangan s' yang diperoleh sebagai berikut.

s (cm)	15	20	30	60
s' (cm)	30	20	15	12

Berdasarkan data tersebut, jarak fokus lensa adalah ....

A. 45 cm
B. 20 cm
C. 15 cm
D. 10 cm
E. 5 cm

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

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: rumus lensa $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$; pada $s = s' = 2f$ bayangan sama besar.

Langkah – $\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{3}{30} = \frac{1}{10}$; pasangan lain $(20, 20)$, $(30, 15)$, $(60, 12)$ memberi hasil sama → $f = 10$ cm.

Analisis opsi:

- A (45 cm) ✗ – jarak benda dan bayangan dijumlahkan.
- B (20 cm) ✗ – baris s = s′ = 20 cm dianggap titik fokus; sebenarnya itu 2F.
- C (15 cm) ✗ – nilai terkecil pada data diambil tanpa perhitungan.
- D (10 cm) ✓ – semua pasangan data memberi 1/f = 0,1.
- E (5 cm) ✗ – selisih s dan s′ pada data pertama dipakai.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Untuk soal pembiasan, gambar garis normal dulu. Untuk soal cermin dan lensa, tulis tanda f sebelum menghitung.

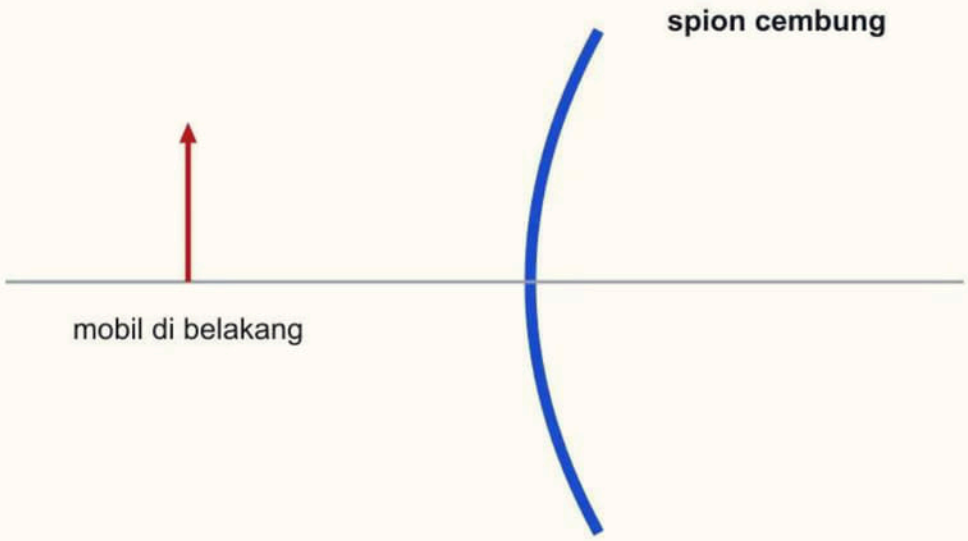
1. Gelombang elektromagnetik dipakai dalam banyak peralatan sehari-hari. Pasangan jenis gelombang dan pemakaiannya yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Sinar ultraviolet dipakai pada remote televisi.
☐ B. Sinar-X dipakai untuk memotret tulang yang patah.
☐ C. Gelombang radio memiliki frekuensi lebih tinggi daripada cahaya tampak.
☐ D. Gelombang mikro dipakai untuk memanaskan makanan di oven microwave.
☐ E. Inframerah dipakai kamera termal untuk mendeteksi benda hangat.

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

2. Spion samping sepeda motor memakai cermin cembung. Sebuah mobil berada di belakang sepeda motor, di depan cermin, seperti pada gambar.
Sifat bayangan mobil pada spion dan alasan spion memakai cermin cembung adalah ....



A. maya, tegak, diperkecil; bidang pandangnya luas
B. nyata, terbalik, diperkecil; bayangan tampak tajam
C. maya, tegak, diperbesar; benda tampak lebih jelas
D. nyata, tegak, sama besar; jarak benda tepat
E. maya, terbalik, diperkecil; lebih hemat tempat

Kunci singkat: 1. B, D, E 2. A

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa fatamorgana dijelaskan dengan pembiasan, padahal bayangannya tampak seperti pantulan di air?
- Apa dua syarat pemantulan sempurna? Mengapa cahaya dari udara ke air tidak pernah dipantulkan sempurna?
- Bayangan oleh lensa cekung selalu maya, tegak, dan diperkecil. Bagaimana tanda f dan s' menunjukkan hal itu?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-4.3

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

Sub bab 4.4 · Alat optik

FIS-4.4

◎ APA YANG DIUJI

Alat optik memakai cermin dan lensa untuk membantu penglihatan: kacamata, lup, mikroskop, teropong, dan kamera. Kisi-kisi resmi menekankan **penerapan** dalam masalah sehari-hari. Di soal asli 2025, peserta bahkan diminta menilai strategi seorang siswa yang menunda membuat kacamata.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-16	Mengevaluasi strategi-strategi dalam menyelesaikan permasalahan sehari-hari menggunakan prinsip cermin, lensa, dan alat optik	51,35 %

SA-16 adalah soal Fisika 2025 dengan persentase benar tertinggi, tetapi tetap hanya separuh peserta yang benar. Kesalahan terbanyak: **rabun dekat dan rabun jauh tertukar**, sehingga jenis lensa yang dipilih juga salah.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan akomodasi, titik dekat, dan titik jauh mata;
- menentukan jenis dan kekuatan lensa kacamata untuk miopi, hipermetropi, dan presbiopi;
- menghitung perbesaran lup untuk mata berakomodasi maksimum dan tidak berakomodasi;
- menghitung perbesaran dan panjang mikroskop serta teropong;
- menilai strategi penggunaan alat optik dalam masalah sehari-hari.

NEXT LEVEL STUDY

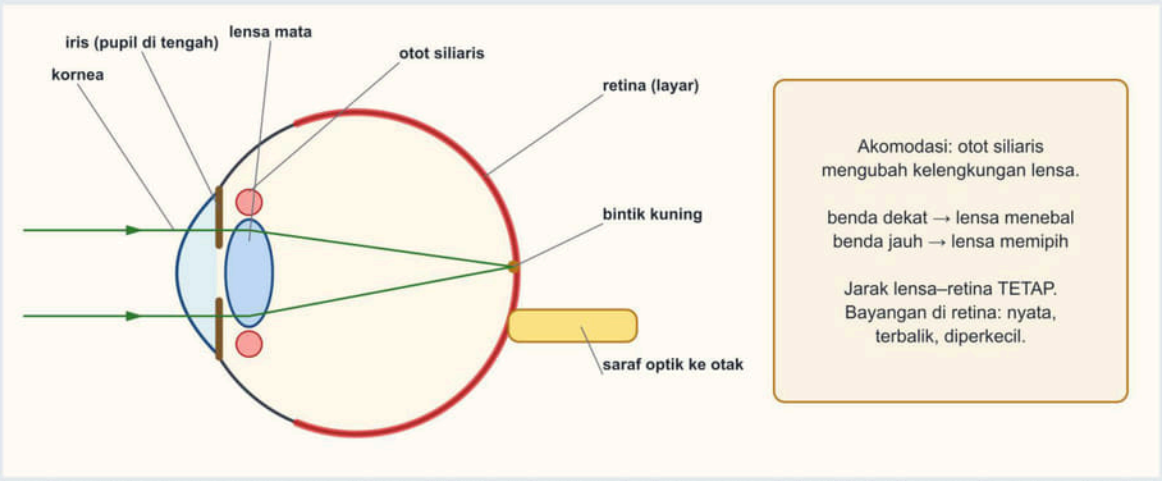
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Alat optik adalah alat yang memakai cermin atau lensa untuk membantu penglihatan. Alat optik paling penting justru ada di tubuh kita sendiri: **mata**. Kacamata membantu mata yang cacat, lup membantu melihat benda kecil, mikroskop melihat benda yang sangat kecil, dan teropong melihat benda yang sangat jauh. Semua alat itu bekerja dengan rumus yang sudah kamu kenal di Sub bab 4.3: $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$. Kuncinya adalah selalu bertanya: **benda di mana, bayangan harus jatuh di mana?**

1. Mata sebagai alat optik

Bagian-bagian mata ditunjukkan pada Gambar 4.20.

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



Gambar 4.20 Penampang mata: cahaya dibiaskan kornea dan lensa mata lalu difokuskan pada retina. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Bagian	Fungsi
Kornea	selaput bening paling depan; membiaskan cahaya paling banyak
Iris dan pupil	iris (bagian berwarna) mengatur lebar pupil, yaitu lubang tempat cahaya masuk; cahaya terang → pupil menyempit
Lensa mata	lensa cembung yang kelengkungannya dapat diubah
Otot siliaris	menarik atau mengendurkan lensa mata
Retina	"layar" tempat bayangan terbentuk; berisi sel peka cahaya
Bintik kuning	bagian retina yang paling peka
Saraf optik	membawa sinyal ke otak

Bayangan pada retina bersifat **nyata, terbalik, dan diperkecil**; otaklah yang "membalik" kesan itu sehingga kita melihat benda tegak. Karena jarak lensa mata ke retina **tetap**, mata memfokuskan benda yang jaraknya berbeda dengan **mengubah kelengkungan lensa**. Kemampuan ini disebut **daya akomodasi**. Untuk benda dekat, otot siliaris menegang dan lensa menebal (jarak fokus memendek); untuk benda jauh, otot siliaris mengendur dan lensa memipih (jarak fokus memanjang). Inilah bedanya dengan kamera, yang memfokuskan dengan **menggeser lensa** maju mundur.

Dua batas penglihatan:

- **titik dekat** (PP, *punctum proximum*): jarak terdekat yang masih terlihat jelas dengan akomodasi maksimum; mata normal 25 cm;
- **titik jauh** (PR, *punctum remotum*): jarak terjauh yang masih terlihat jelas tanpa akomodasi; mata normal tak hingga.

2. Cacat mata dan kacamata

Cacat mata	Ciri	Penyebab	Lensa penolong	Kekuatan lensa
Miopi (rabun jauh)	titik jauh terbatas; benda jauh kabur	bayangan benda jauh jatuh **di depan** retina	cekung (−)	$P = -\dfrac{100}{PR}$
Hipermetropi (rabun dekat)	titik dekat > 25 cm; sulit membaca dekat	bayangan benda dekat jatuh **di belakang** retina	cembung (+)	$P = \dfrac{100}{25} - \dfrac{100}{PP}$
Presbiopi (mata tua)	titik dekat jauh **dan** titik jauh terbatas	daya akomodasi melemah karena usia	kacamata bifokal: atas cekung, bawah cembung	kedua rumus di atas

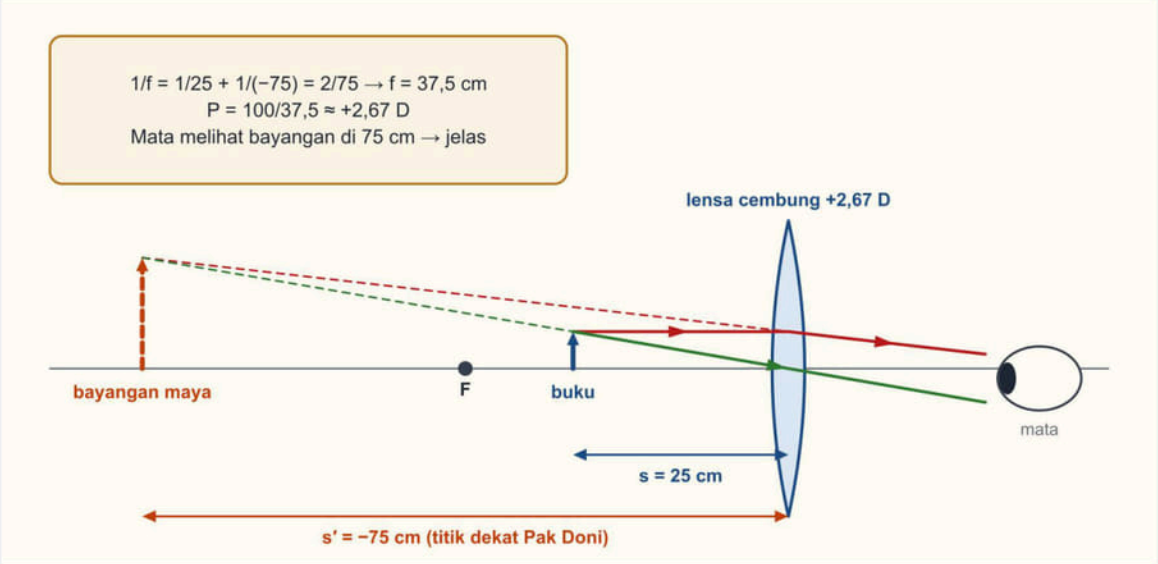
Pada rumus di tabel, PP dan PR dalam **cm** dan P dalam dioptri. Bila memakai meter, rumusnya $P = \dfrac{1}{f}$ dengan f dalam meter. Kekuatan lensa positif berarti lensa cembung; negatif berarti lensa cekung.

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

Cara berpikir kacamata. Kacamata tidak "menyembuhkan" mata. Kacamata membentuk bayangan **maya** dari benda, tepat di daerah yang dapat dilihat jelas oleh mata itu. Untuk membaca (benda 25 cm), bayangan harus jatuh di titik dekat penderita. Untuk melihat jauh (benda di tak hingga), bayangan harus jatuh di titik jauh penderita. Bayangan maya terletak di depan lensa (di sisi benda), sehingga s' bernilai negatif. Semua rumus di tabel berasal dari $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ dengan s' negatif; kamu tidak perlu menghafal tabelnya bila memahami alasan ini.

Contoh terselesaikan 1: kacamata baca Pak Doni

Titik dekat mata Pak Doni 75 cm. Ia ingin membaca buku pada jarak normal 25 cm. Berapa kekuatan lensa kacamatanya?



Gambar 4.21 Lensa cembung membentuk bayangan maya buku (25 cm) di titik dekat Pak Doni (75 cm); gambar tidak berskala. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

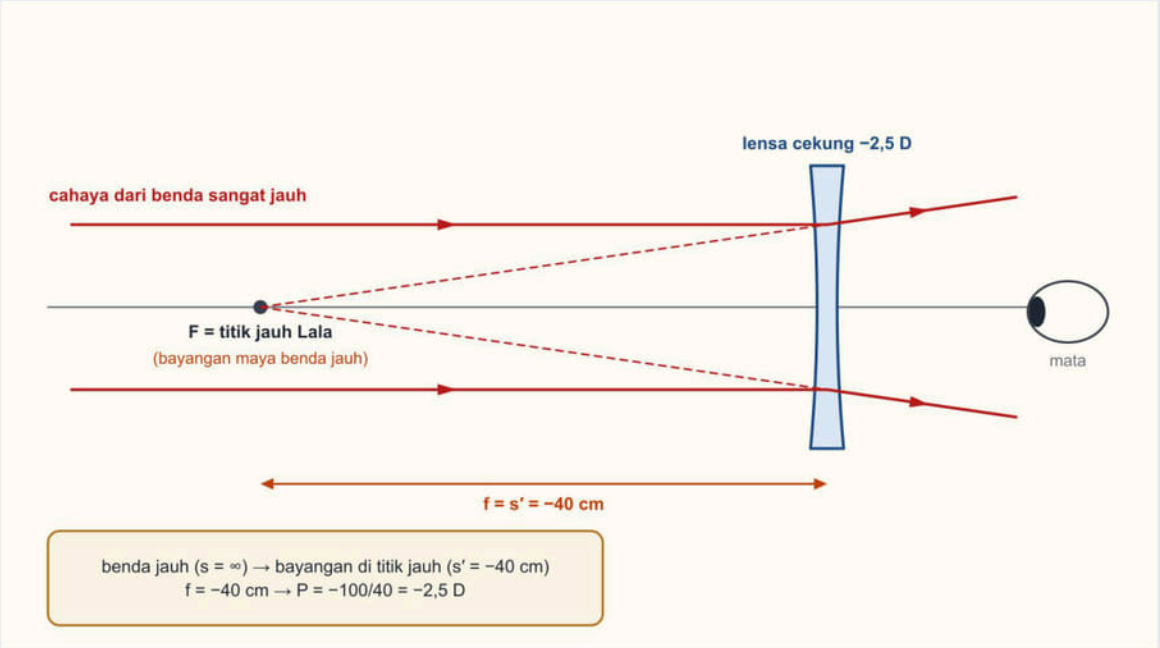
Penyelesaian.

1. Titik dekat lebih jauh daripada 25 cm → hipermetropi → lensa cembung.
2. Benda $s = 25$ cm; bayangan maya di titik dekat: $s' = -75$ cm.
3. $\frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{75} = \frac{2}{75} \rightarrow f = 37{,}5$ cm.
4. $P = \frac{100}{37{,}5} \approx +2{,}67$ D (Gambar 4.21). Tanpa kacamata, Pak Doni harus menjauhkan bacaan sampai 75 cm atau lebih.

Contoh terselesaikan 2: kacamata Lala

Titik jauh mata Lala 40 cm. Berapa kekuatan lensa yang membuat Lala dapat melihat benda yang sangat jauh dengan jelas?

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



Gambar 4.22 Lensa cekung menyebarkan cahaya dari benda jauh sehingga seolah-olah berasal dari titik jauh Lala. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

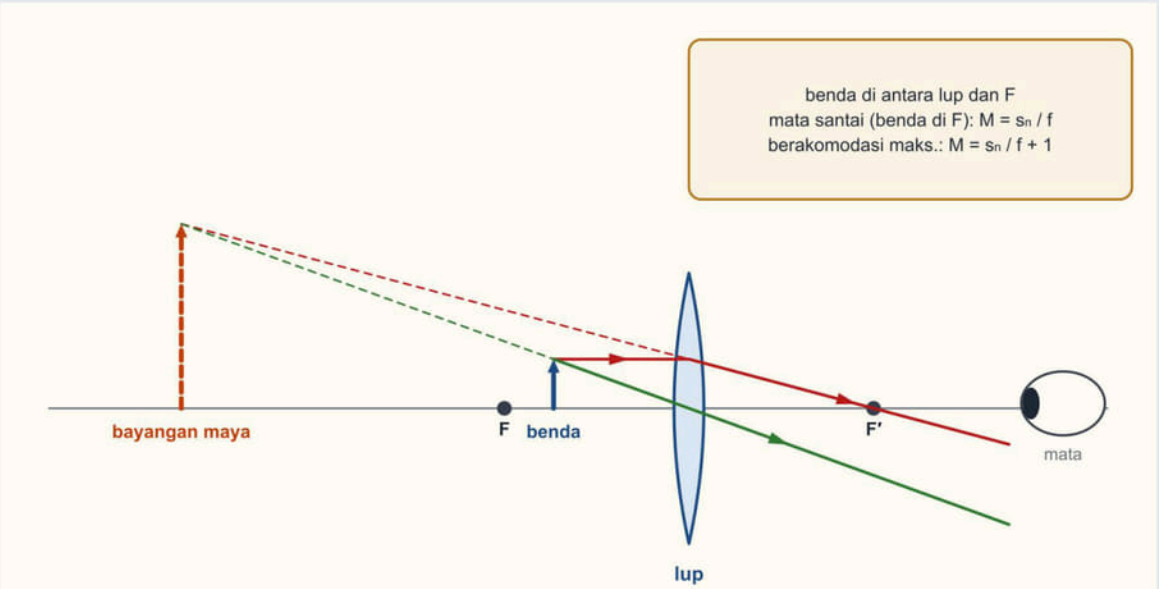
Penyelesaian.

1. Titik jauh terbatas → miopi → lensa cekung.
2. Benda sangat jauh: $s = \infty$, $\frac{1}{s} = 0$; bayangan maya di titik jauh: $s' = -40$ cm.
3. $\frac{1}{f} = 0 - \frac{1}{40} \rightarrow f = -40$ cm, sama dengan titik jauh (Gambar 4.22).
4. $P = -\frac{100}{40} = -2{,}5$ D. Tanpa kacamata, Lala melihat jelas hanya benda yang berjarak paling jauh 40 cm.

3. Lup (kaca pembesar)

Lup adalah lensa cembung. Benda diletakkan **di antara lup dan titik fokusnya**, sehingga bayangannya maya, tegak, dan diperbesar (Gambar 4.23). Yang diperbesar sebenarnya **sudut pandang**: tanpa lup, benda kecil paling dekat hanya dapat dilihat pada titik dekat 25 cm; dengan lup, benda boleh didekatkan jauh lebih dekat ke mata tetapi bayangannya tetap terletak di daerah yang dapat dilihat. Perbesaran sudut (s_n = titik dekat pengamat):

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



Gambar 4.23 Benda di dalam jarak fokus lup menghasilkan bayangan maya, tegak, dan diperbesar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Keadaan mata	Letak benda	Perbesaran
Tidak berakomodasi (santai)	tepat di titik fokus	$M = \frac{s_n}{f}$
Berakomodasi maksimum	bayangan di titik dekat	$M = \frac{s_n}{f} + 1$

Lup dengan jarak fokus lebih **pendek** memberi perbesaran lebih besar. Misalnya, lup $f = 5$ cm dipakai mata normal: santai $M = 25/5 = 5$ kali; berakomodasi maksimum $M = 6$ kali. Melihat dengan mata santai lebih nyaman untuk waktu lama, walaupun perbesarannya sedikit lebih kecil.

4. Mikroskop

Mikroskop memakai dua lensa cembung: **objektif** (dekat benda, f sangat pendek) dan **okuler** (dekat mata). Benda (preparat) diletakkan **sedikit di luar** fokus objektif, sehingga objektif membentuk bayangan **nyata, terbalik, diperbesar** di dalam tabung. Bayangan itu menjadi benda bagi okuler, yang bekerja seperti lup. Bayangan akhir mikroskop maya, terbalik terhadap benda asli, dan sangat diperbesar.

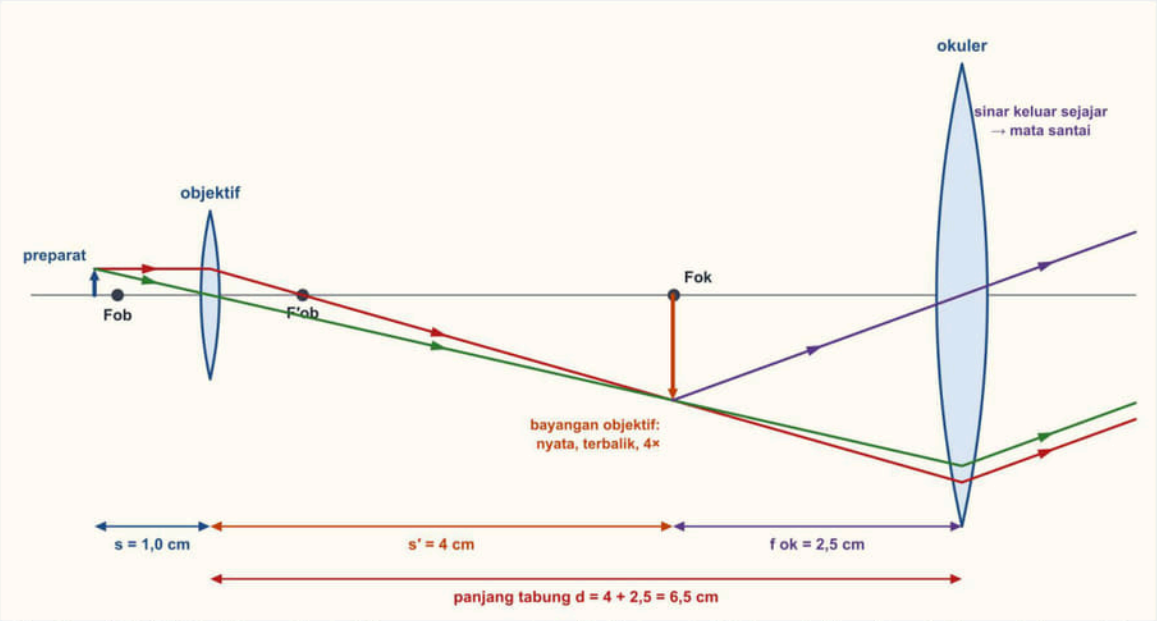
$$M = M_{ob} \times M_{ok}, \qquad M_{ob} = \frac{s'_{ob}}{s_{ob}}$$

Untuk mata tidak berakomodasi: bayangan objektif tepat di fokus okuler, $M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}}$, dan panjang tabung $d = s'_{ob} + f_{ok}$. Untuk mata berakomodasi maksimum: $M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1$ dan $d = s'_{ob} + s_{ok}$.

Contoh terselesaikan 3: mikroskop sekolah

Objektif $f = 0{,}8$ cm, okuler $f = 2{,}5$ cm, preparat 1,0 cm di depan objektif, mata normal tidak berakomodasi. Tentukan perbesaran total dan panjang tabung.

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



Gambar 4.24 Objektif membentuk bayangan nyata terbalik tepat di fokus okuler; sinar keluar okuler sejajar sehingga mata santai. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Objektif: $\dfrac{1}{s'_{ob}} = \dfrac{1}{0{,}8} - \dfrac{1}{1{,}0} = 0{,}25 \rightarrow s'_{ob} = 4\ \text{cm}$; $M_{ob} = \dfrac{4}{1{,}0} = 4$.
2. Okuler (mata santai): $M_{ok} = \dfrac{25}{2{,}5} = 10$.
3. Perbesaran total $= 4 \times 10 = 40$ kali.
4. Panjang tabung $= 4 + 2{,}5 = 6{,}5$ cm (Gambar 4.24).

5. Teropong

Teropong bintang (teropong bias) memakai objektif berjarak fokus **panjang** dan okuler berjarak fokus pendek. Benda sangat jauh, sehingga cahaya darinya datang sejajar dan objektif membentuk bayangan **di titik fokusnya**. Untuk mata tidak berakomodasi, titik fokus objektif berimpit dengan titik fokus okuler:

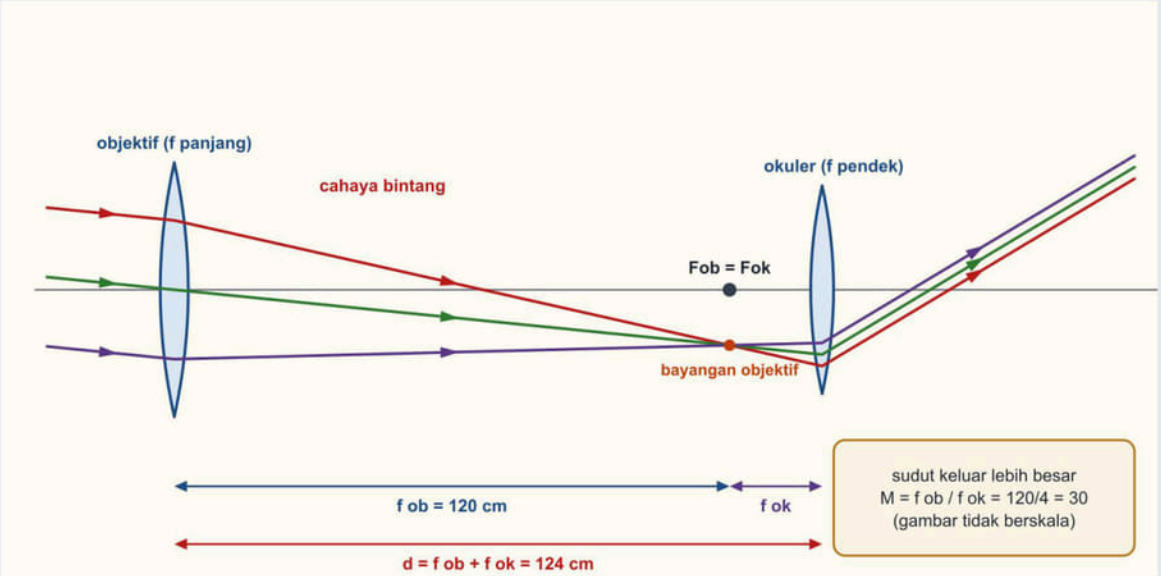
$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}, \qquad d = f_{ob} + f_{ok}$$

Teropong tidak membuat bintang tampak "lebih besar" seperti mikroskop memperbesar sel; teropong **memperbesar sudut pandang** sehingga dua bintang yang berdekatan tampak terpisah. Bayangan teropong bintang terbalik, yang tidak menjadi masalah untuk mengamati bintang. Teropong bumi menambahkan lensa pembalik agar bayangannya tegak, sehingga tabungnya lebih panjang.

Contoh terselesaikan 4: teropong bintang

Teropong bintang memiliki objektif berjarak fokus 120 cm dan okuler 4 cm, dipakai dengan mata tidak berakomodasi. Tentukan perbesaran dan panjang teropong.

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



Gambar 4.25 Cahaya sejajar dari bintang dikumpulkan objektif di titik fokus bersama, lalu keluar dari okuler sejajar dengan sudut lebih besar (tidak berskala). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Mata santai: $M = \dfrac{120}{4} = 30$ kali.
2. Panjang teropong $d = 120 + 4 = 124$ cm.
3. Gambar 4.25 menunjukkan sudut sinar yang keluar dari okuler lebih besar daripada sudut sinar yang datang; itulah arti perbesaran sudut.
4. Bandingkan dengan mikroskop: pada mikroskop f_{ob} kecil dan f_{ok} sedikit lebih besar; pada teropong f_{ob} jauh lebih besar daripada f_{ok}.

6. Kamera

Kamera memakai lensa cembung untuk membentuk bayangan **nyata, terbalik, diperkecil** di sensor; bendanya biasanya berada jauh di luar $2F$. Kamera memfokuskan bayangan dengan **menggeser lensa** (benda makin dekat → lensa dijauhkan dari sensor), sedangkan mata mengubah kelengkungan lensanya. Bukaan diafragma kamera berperan seperti pupil, mengatur banyaknya cahaya yang masuk.

Alat	Benda diletakkan	Bayangan
Mata, kamera	jauh (di luar $2F$)	nyata, terbalik, diperkecil
Proyektor	antara F dan $2F$	nyata, terbalik, diperbesar
Lup	di dalam F	maya, tegak, diperbesar
Kacamata miopi	jauh	maya di titik jauh
Kacamata hipermetropi	25 cm	maya di titik dekat

7. Salah paham yang sering muncul

- **"Penderita miopi memakai lensa cembung karena matanya kurang kuat."** Terbalik.

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

Mata miopi justru terlalu kuat membiaskan cahaya, sehingga bayangan benda jauh jatuh di depan retina. Lensa cekung menyebarkan cahaya lebih dulu, sehingga bayangan mundur tepat ke retina.

- **"Kacamata +2 dan kacamata −2 sama kuatnya, hanya beda arah."** Besarnya kekuatan sama, tetapi fungsinya berlawanan: yang satu mengumpulkan cahaya, yang lain menyebarkan. Kacamata baca orang tua tidak dapat dipakai penderita miopi untuk melihat papan tulis.
- **"Makin panjang fokus lup, makin besar perbesarannya."** Salah. Perbesaran lup sebanding dengan $\frac{s_n}{f}$, jadi lensa yang lebih cembung (fokus lebih pendek) memperbesar lebih banyak.
- **"Perbesaran mikroskop = perbesaran objektif + perbesaran okuler."** Perbesaran dikalikan, bukan dijumlahkan, karena bayangan objektif yang sudah diperbesar diperbesar lagi oleh okuler.
- **"Bayangan di retina tegak."** Bayangan di retina terbalik; otak yang menafsirkannya sehingga dunia terlihat tegak.
- **Satuan dioptri.** Rumus $P = \frac{1}{f}$ hanya benar bila f dalam meter. Bila f dalam sentimeter, pakai $P = \frac{100}{f}$. Kesalahan satuan ini sering membuat jawaban meleset seratus kali.

Saat menghadapi soal alat optik, tuliskan dulu tiga hal: alat apa, benda di mana (s), dan bayangan harus di mana (s', beserta tandanya). Setelah itu rumus lensa hampir selalu cukup untuk menyelesaikannya.

Ringkasan

- Mata berakomodasi dengan mengubah kelengkungan lensa; kamera dengan menggeser lensa.
- Kacamata membuat bayangan maya di titik dekat (hipermetropi, lensa +) atau di titik jauh (miopi, lensa −); s' selalu negatif.
- Lup: $M = s_n/f$ (santai) atau $s_n/f + 1$ (akomodasi maksimum).
- Mikroskop: $M = M_{ob} \times M_{ok}, d = s'_{ob} + f_{ok}$ (santai).
- Teropong: $M = f_{ob}/f_{ok}, d = f_{ob} + f_{ok}$ (santai).

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal alat optik

1. **Untuk kacamata,** tentukan cacatnya dulu: titik jauh terbatas → miopi (cekung); titik dekat jauh → hipermetropi (cembung).
2. **Tulis s dan s':** benda di tempat yang ingin dilihat, bayangan maya di titik dekat atau titik jauh mata (s' negatif).

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

3. **Untuk lup,** cek keadaan mata: santai ($\frac{s_n}{f}$) atau berakomodasi maksimum ($\frac{s_n}{f}+1$); s_n adalah titik dekat **pengamat itu**, tidak selalu 25 cm.
4. **Untuk mikroskop,** hitung bayangan objektif dulu, lalu okuler.
5. **Untuk soal strategi,** nilai tiap strategi: apakah benar-benar membantu masalah di soal, dan apakah prinsip fisikanya benar?

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Rabun dekat dan rabun jauh tertukar	hipermetropi ditolong lensa cekung	rabun **dekat** → sulit melihat dekat → cembung (+)
Rumus kekuatan lensa terbalik	$\frac{100}{50}-\frac{100}{25}=-2$ D	$P=\frac{100}{25}-\frac{100}{PP}$ untuk hipermetropi
Satuan cm dan m tercampur	$P=\frac{1}{50}$ dioptri	pakai $\frac{100}{\text{cm}}$ atau $\frac{1}{\text{m}}$
Lup: benda diletakkan di titik dekat	benda 25 cm dari lup	benda di dalam jarak fokus
Titik dekat pengamat diabaikan	perbesaran lup untuk kakek memakai 25 cm	pakai titik dekat pengamat itu
Teropong: panjang = selisih jarak fokus	$d=f_{ob}-f_{ok}$	teropong bias: $d=f_{ob}+f_{ok}$
Mata dikira menggeser lensa seperti kamera	"mata memajukan lensanya"	mata mengubah kelengkungan lensa

BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-16) dijawab benar oleh 51,35 % peserta. Kategorinya **Tepat/Tidak Tepat**: nilai apakah setiap strategi benar-benar membantu Rina. Tentukan dulu jenis cacat matanya dan lensa penolongnya.

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

►. Rina adalah seorang pelajar SMA yang sering mengeluh pusing dan mata lelah saat membaca buku atau menatap layar laptop. Setelah memeriksakan diri ke dokter mata, diketahui bahwa ia menderita hipermetropi dengan titik dekat mata 50 cm (titik dekat mata normal adalah 25 cm). Dokter meresepkan lensa kacamata untuk membantunya melihat jelas. Namun, Rina menunda-nunda untuk membuat kacamatanya hingga ia kerepotan saat mengerjakan tugas kelompok di rumah teman.
Bagaimana strategi yang tepat untuk dilakukan Rina dalam situasi tersebut? Tentukan **Tepat** (Benar) atau **Tidak Tepat** (Salah) untuk setiap strategi berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Membuat kacamata dengan kekuatan +2 dioptri.	○	○
Membaca dengan jarak lebih dari 50 cm.	○	○
Menggunakan kacamata temannya yang terbuat dari lensa cekung.	○	○

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 51,35 %

Pembahasan **Kunci: 1B 2B 3S**

Konsep: penderita hipermetropi (rabun dekat) memiliki titik dekat lebih jauh dari 25 cm. Ditolong lensa **cembung** (positif) dengan $P = \frac{100}{s_n} - \frac{100}{PP}$ ($s_n = 25$ cm).

Strategi 1 – Kacamata +2 dioptri. $P = \frac{100}{25} - \frac{100}{50} = 4 - 2 = +2$ D → **Tepat**.

Strategi 2 – Membaca dengan jarak lebih dari 50 cm. Mata Rina dapat melihat jelas benda yang berada di titik dekatnya (50 cm) atau lebih jauh. Sebagai cara sementara sebelum kacamata jadi, menjauhkan bacaan hingga ±50 cm atau lebih membuat tulisan terlihat jelas (asal ukuran huruf masih cukup besar) → **Tepat**.

Strategi 3 – Kacamata lensa cekung. Lensa cekung (negatif) untuk miopi; justru membuat titik dekat semakin jauh → **Tidak Tepat**.

Jebakan: rumus kuat lensa sering terbalik ($\frac{100}{50} - \frac{100}{25} = -2$ D), sehingga siswa mengira lensa negatif yang benar.

Jawaban: Tepat, Tepat, Tidak Tepat.

Strategi kedua sering dinilai "Tidak Tepat" karena tidak memakai kacamata. Padahal mata Rina dapat melihat jelas benda di titik dekatnya (50 cm) atau lebih jauh, sehingga menjauhkan bacaan adalah cara sementara yang benar. Soal strategi menilai **apakah cara itu menyelesaikan masalah**, bukan apakah cara itu yang terbaik.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas teropong bintang. Tulis dua persamaan, yaitu perbesaran $\frac{f_{ob}}{f_{ok}}$ dan panjang $f_{ob} + f_{ok}$, lalu selesaikan bersama.

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

►. Sebuah teropong bintang dipakai oleh pengamat bermata normal tanpa berakomodasi. Panjang teropong (jarak objektif–okuler) 105 cm dan perbesarannya 20 kali. Jarak fokus lensa objektif dan lensa okuler berturut-turut adalah ....

A. 105 cm dan 5,25 cm
B. 84 cm dan 21 cm
C. 5 cm dan 100 cm
D. 95 cm dan 10 cm
E. 100 cm dan 5 cm

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: teropong bintang, mata tidak berakomodasi: $M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$ dan $d = f_{ob} + f_{ok}$.

Langkah – $f_{ob} = 20 f_{ok} \rightarrow 21 f_{ok} = 105 \rightarrow f_{ok} = 5$ cm, $f_{ob} = 100$ cm.

Analisis opsi:

- A (105 cm dan 5,25 cm) ✗ – panjang teropong dianggap sama dengan jarak fokus objektif.
- B (84 cm dan 21 cm) ✗ – perbandingan diambil 4 : 1, bukan 20 : 1.
- C (5 cm dan 100 cm) ✗ – objektif dan okuler tertukar.
- D (95 cm dan 10 cm) ✗ – jarak lensa dianggap f_ob − f_ok dengan perbandingan keliru.
- E (100 cm dan 5 cm) ✓ – f_ob = 20 f_ok dan f_ob + f_ok = 105.

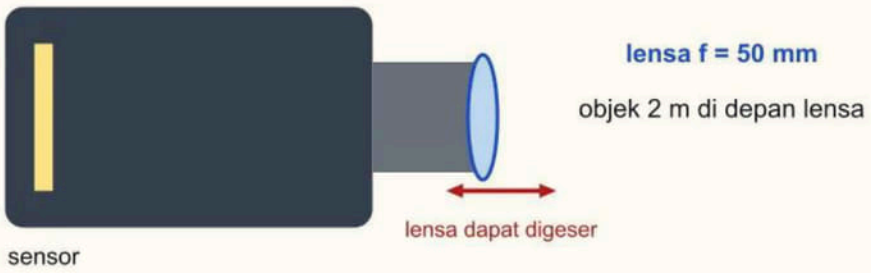
Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Perhatikan titik dekat atau titik jauh pengamat yang disebut dalam soal; nilainya tidak selalu 25 cm atau tak hingga.

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

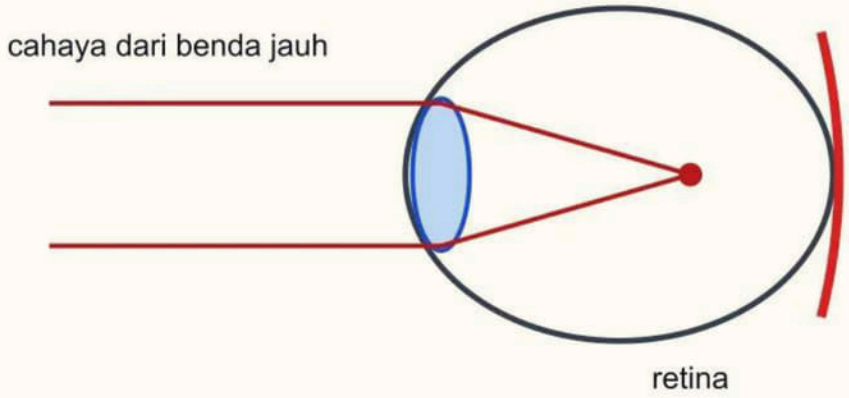
1. Lensa kamera berjarak fokus 50 mm. Saat memotret pemandangan yang sangat jauh, bayangan tajam terbentuk pada sensor. Kemudian kamera dipakai memotret seseorang yang berdiri 2 m di depan lensa, seperti pada gambar.
Agar bayangan orang itu tajam, lensa harus digeser sejauh sekitar ....



A. 1,3 mm menjauhi sensor
B. 51,3 mm mendekati sensor
C. 1,3 mm mendekati sensor
D. 2,5 mm menjauhi sensor
E. 0 mm, karena jarak fokus lensa tetap

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

2. Seorang siswa memiliki titik jauh 2 m. Gambar menunjukkan cahaya dari benda yang sangat jauh di dalam matanya tanpa kacamata.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Bayangan benda yang sangat jauh jatuh di depan retina.	○	○
Kacamata yang tepat adalah lensa cekung berkekuatan −0,5 dioptri.	○	○
Tanpa kacamata, siswa itu dapat melihat jelas papan tulis yang berjarak 5 m.	○	○

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

✔ PERIKSA DIRI

- Seseorang sulit membaca koran pada jarak 25 cm tetapi dapat melihat jelas papan jalan yang jauh. Apa cacat matanya, dan lensa apa yang menolongnya?
- Mengapa perbesaran lup lebih besar saat mata berakomodasi maksimum daripada saat mata santai?
- Pada mikroskop dan teropong, lensa mana yang jarak fokusnya lebih panjang: objektif atau okuler?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-4.4

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

Kuis Akhir Bab 4

FIS-KB4

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

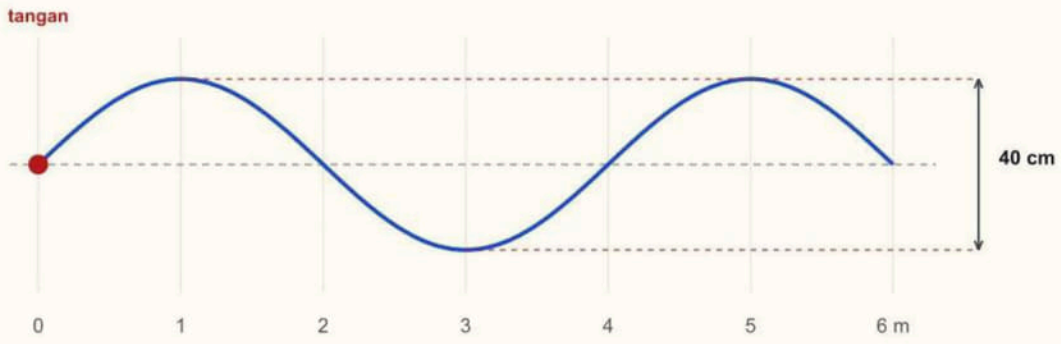
Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 4 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-KB4

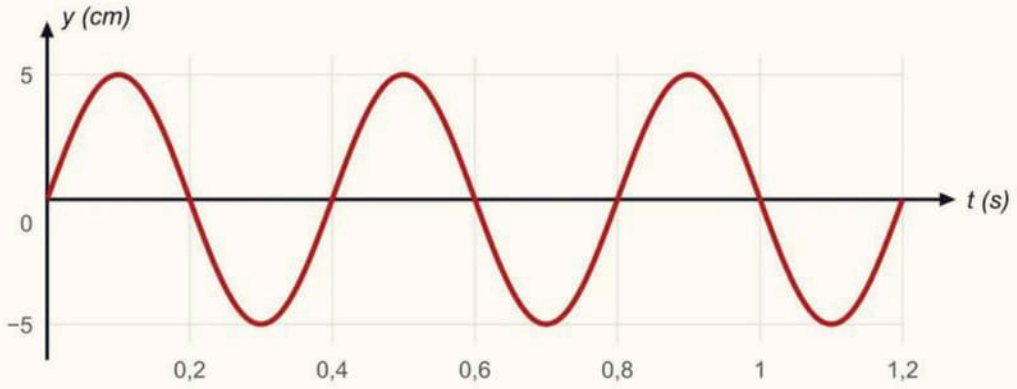
1. Ujung sebuah tali panjang digerakkan naik turun sehingga terbentuk gelombang. Gambar menunjukkan bentuk tali pada suatu saat sepanjang 6 m dari tangan. Jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang 40 cm.
Panjang gelombang dan amplitudo gelombang tersebut adalah ....



A. 6 m dan 40 cm
B. 2 m dan 20 cm
C. 4 m dan 20 cm
D. 4 m dan 40 cm
E. 3 m dan 20 cm

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

2. Sebuah sensor gerak dipasang pada satu titik di tali panjang yang dilalui gelombang. Grafik simpangan y titik itu terhadap waktu t ditunjukkan pada gambar. Dari foto tali, jarak dua puncak berurutan diketahui 1,2 m.
Cepat rambat gelombang pada tali adalah ....



A. 0,48 m/s
B. 6 m/s
C. 1,5 m/s
D. 30 m/s
E. 3 m/s

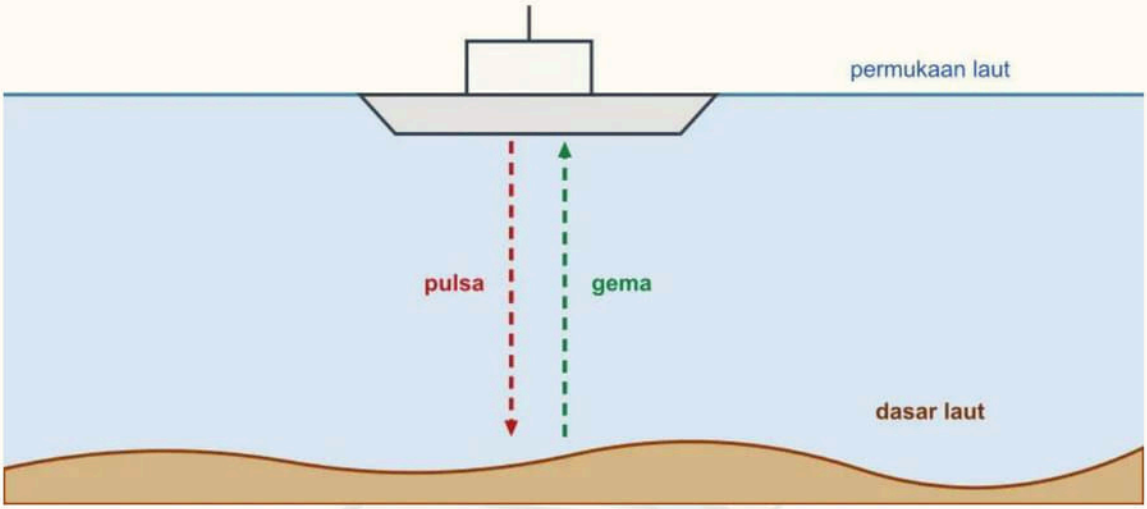
3. Gelombang berjalan pada seutas tali memenuhi persamaan
$y = 0{,}04\sin(10\pi t - 2\pi x)$
dengan x dan y dalam meter dan t dalam sekon.
Pernyataan yang benar tentang gelombang tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Gelombang itu merambat ke arah sumbu x negatif.
☐ B. Frekuensi gelombang itu adalah 5 Hz.
☐ C. Cepat rambat gelombang itu adalah 5 m/s.
☐ D. Panjang gelombang pada tali itu adalah 2 m.
☐ E. Dua titik pada tali yang berjarak 0,5 m selalu bergetar berlawanan fase.

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

4. Sebuah kapal survei memetakan dasar laut dengan sonar. Alat itu memancarkan pulsa ultrasonik tegak lurus ke bawah, dan gema dari dasar laut diterima kembali 1,2 s setelah pulsa dipancarkan, seperti pada gambar. Cepat rambat bunyi di air laut 1.500 m/s dan di udara 340 m/s.
Kedalaman laut di bawah kapal adalah ....



A. 1.800 m
B. 900 m
C. 1.250 m
D. 204 m
E. 450 m

5. Sebuah kereta bergerak dengan kecepatan 20 m/s sambil membunyikan klakson berfrekuensi 640 Hz. Seorang pengendara sepeda motor bergerak dengan kecepatan 10 m/s di jalan sejajar rel, berlawanan arah dan saling mendekati kereta, seperti pada gambar. Cepat rambat bunyi di udara 340 m/s.
Frekuensi klakson yang didengar pengendara motor adalah ....



A. 680 Hz
B. 660 Hz
C. 720 Hz
D. 700 Hz
E. 587 Hz

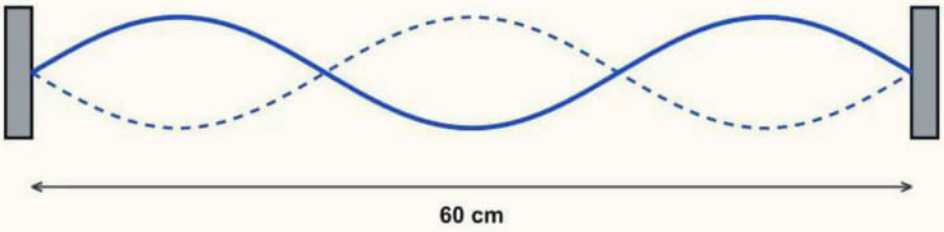
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Saat kereta datang, seorang anak menempelkan telinganya ke rel baja dan dapat mendengar bunyi kereta lebih awal daripada temannya yang mendengar lewat udara. Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut tentang gelombang bunyi.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Bunyi kereta dapat sampai ke telinga anak itu karena bunyi merambat sebagai gelombang transversal pada rel.	○	○
Bunyi lebih dulu terdengar lewat rel karena bunyi merambat lebih cepat di zat padat daripada di udara.	○	○
Ketika bunyi berpindah dari udara ke rel baja, frekuensinya tetap sedangkan panjang gelombangnya bertambah.	○	○

7. Sebuah dawai gitar yang panjangnya 60 cm digetarkan sehingga membentuk pola gelombang berdiri seperti pada gambar. Cepat rambat gelombang pada dawai itu 240 m/s. Frekuensi getaran dawai pada pola tersebut adalah ....



A. 600 Hz
B. 200 Hz
C. 400 Hz
D. 1.200 Hz
E. 300 Hz

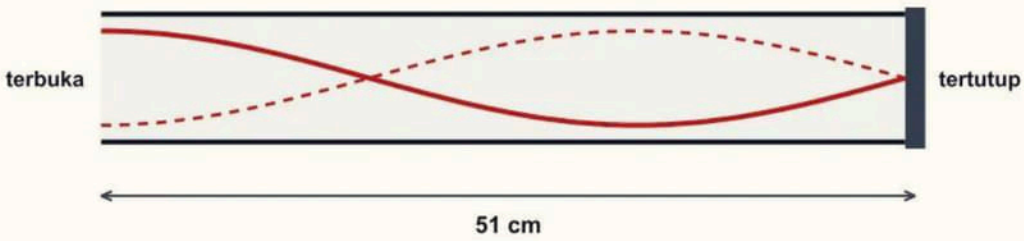
8. Sasando, alat musik dari Pulau Rote, memiliki dawai-dawai yang dapat disetel. Salah satu dawainya menghasilkan nada dasar 220 Hz. Seorang pemain menaikkan tegangan dawai itu menjadi 2,25 kali semula dan memindahkan penyangga sehingga panjang dawai yang bergetar menjadi $\frac{3}{4}$ kali semula. Jenis dawai tidak berubah.

Frekuensi nada dasar dawai sekarang adalah ....

A. 330 Hz
B. 293 Hz
C. 495 Hz
D. 660 Hz
E. 440 Hz

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

9. Sebuah pipa organa yang salah satu ujungnya tertutup panjangnya 51 cm. Pola simpangan udara di dalam pipa saat beresonansi ditunjukkan pada gambar. Cepat rambat bunyi di udara 340 m/s.
Frekuensi bunyi yang dihasilkan pipa pada keadaan tersebut adalah ....



A. 167 Hz
B. 333 Hz
C. 500 Hz
D. 1.000 Hz
E. 667 Hz

10. Dalam sebuah demonstrasi, seorang penyanyi menyanyikan satu nada dengan keras dan stabil di dekat gelas kristal tipis. Beberapa detik kemudian gelas itu bergetar makin kuat dan akhirnya retak, padahal nada lain yang sama kerasnya tidak membuat gelas retak. Pernyataan yang sesuai dengan peristiwa tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

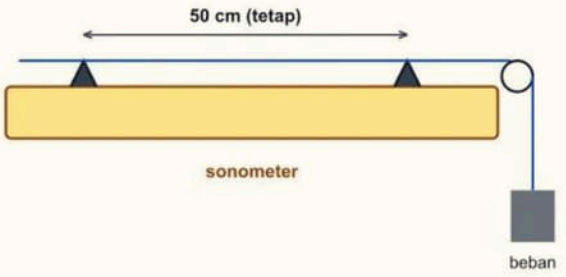
☐ A. Gelas retak karena nada itu sangat tinggi sehingga panjang gelombangnya sangat pendek.
☐ B. Frekuensi nada penyanyi sama dengan frekuensi alami gelas kristal tersebut.
☐ C. Gelas yang diisi air separuh tetap memiliki frekuensi alami yang sama dengan gelas kosong.
☐ D. Bila nada dinaikkan sedikit di atas frekuensi alami gelas, gelas akan lebih cepat retak.
☐ E. Energi getaran gelas bertambah sedikit demi sedikit sehingga amplitudonya makin besar.

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

11. Di sebuah ruang produksi konfeksi, satu mesin jahit yang menyala menghasilkan taraf intensitas 60 dB di posisi meja pengawas. Ketika semua mesin jahit (identik dan berjarak hampir sama dari meja pengawas) menyala bersamaan, taraf intensitas di meja pengawas menjadi 80 dB.
Banyak mesin jahit di ruang tersebut adalah ....

A. 20 mesin
B. 100 mesin
C. 10 mesin
D. 1.000 mesin
E. 4 mesin

12. Dalam percobaan sonometer, siswa menggetarkan dawai yang sama dengan panjang bagian bergetar tetap 50 cm. Tegangan dawai F diatur dengan beban yang digantung, lalu frekuensi nada dasar f diukur dengan aplikasi penganalisis bunyi. Hasilnya ditunjukkan pada tabel di gambar.
Kesimpulan yang sesuai dengan data percobaan tersebut adalah ....



F (N)	16	36	64	100
f (Hz)	200	300	400	500

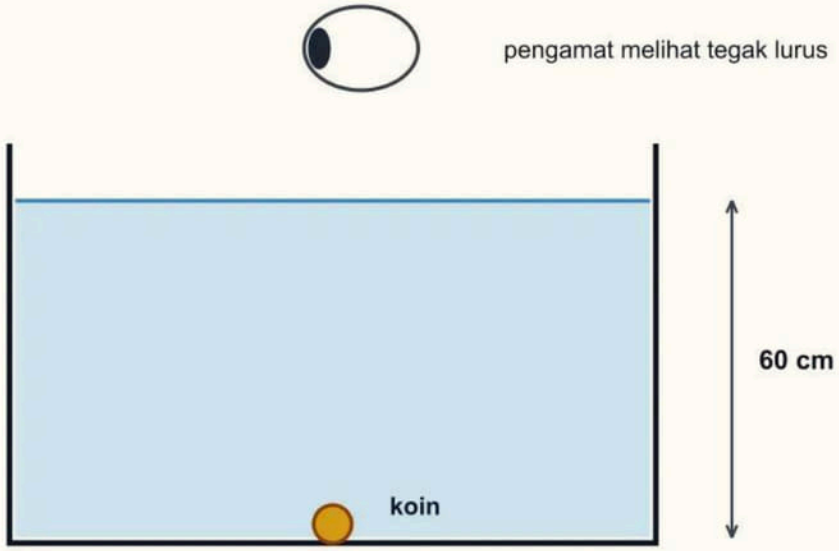
A. Frekuensi nada dasar berbanding lurus dengan tegangan dawai, untuk dawai yang sama.
B. Frekuensi nada dasar berbanding terbalik dengan tegangan, karena dawai tegang sulit bergetar.
C. Frekuensi nada dasar sebanding dengan kuadrat tegangan dawai, untuk panjang dawai yang sama.
D. Frekuensi nada dasar sebanding dengan akar tegangan dawai, pada panjang dan jenis dawai sama.
E. Frekuensi nada dasar hanya ditentukan panjang dawai, sehingga tegangan tidak berpengaruh.

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

13. Di pintu kedatangan bandara, petugas memakai kamera termal untuk mendeteksi penumpang yang suhu tubuhnya tinggi tanpa menyentuh mereka. Kamera itu menangkap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan tubuh yang hangat.
Gelombang elektromagnetik yang ditangkap kamera termal tersebut adalah ....

A. inframerah
B. ultraviolet
C. sinar-X
D. gelombang radio
E. sinar gamma

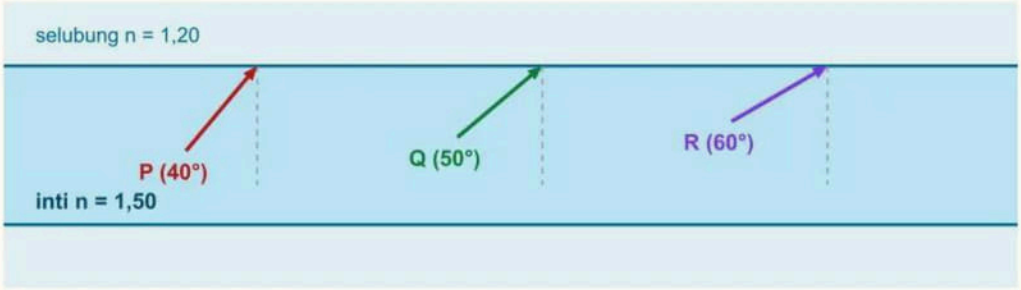
14. Sebuah koin terletak di dasar akuarium yang berisi air sedalam 60 cm. Seorang pengamat melihat koin itu dari atas, hampir tegak lurus permukaan air, seperti pada gambar. Indeks bias air $\frac{4}{3}$ dan indeks bias udara 1.
Menurut pengamat, koin tampak berada pada kedalaman ....



A. 80 cm
B. 15 cm
C. 45 cm
D. 60 cm
E. 40 cm

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

15. Serat optik terdiri atas inti kaca berindeks bias 1,50 yang diselubungi lapisan berindeks bias 1,20. Tiga berkas cahaya P, Q, dan R di dalam inti mengenai batas inti–selubung dengan sudut datang berturut-turut 40°, 50°, dan 60°, seperti pada gambar. (sin 40° ≈ 0,64; sin 50° ≈ 0,77; sin 60° ≈ 0,87)
Berkas yang dipantulkan sempurna sehingga tetap terpandu di dalam inti adalah ....



sudut datang diukur dari garis normal (garis putus-putus)

A. P, Q, dan R
B. P dan Q saja
C. tidak ada berkas
D. Q dan R saja
E. R saja

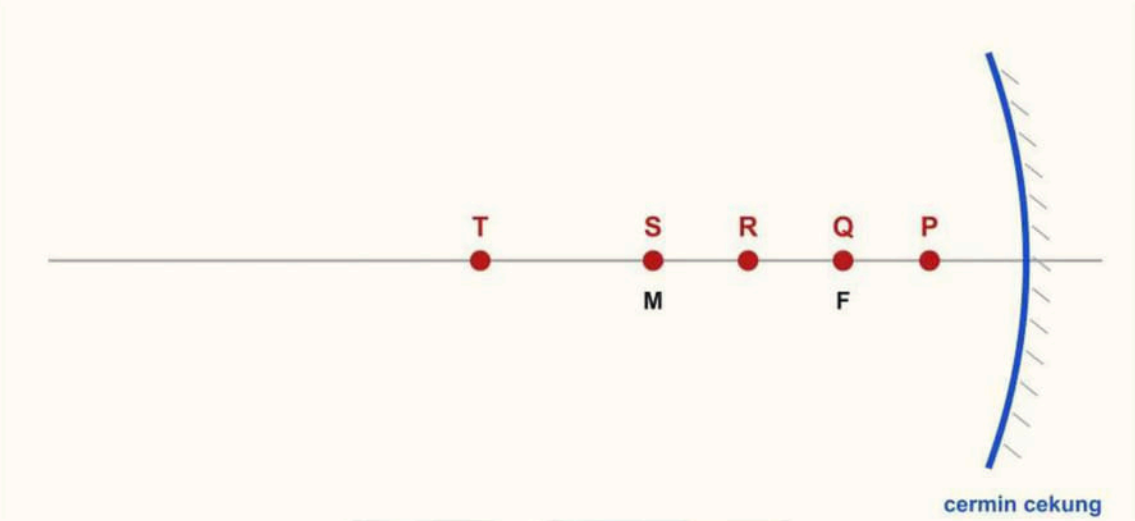
16. Berlian yang diasah dengan baik tampak sangat berkilau. Indeks bias berlian sekitar 2,4, jauh lebih besar daripada kaca biasa (sekitar 1,5). Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Sudut kritis berlian terhadap udara lebih kecil daripada sudut kritis kaca, sehingga lebih banyak cahaya di dalam berlian dipantulkan sempurna.	○	○
Pemantulan sempurna dapat terjadi ketika cahaya dari udara masuk ke permukaan berlian dengan sudut datang yang besar.	○	○
Bila berlian dicelupkan ke dalam air, sudut kritis pada batas berlian–air lebih besar daripada pada batas berlian–udara.	○	○

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

17. Lampu senter memakai cermin cekung di belakang bola lampunya. Lima kemungkinan letak bola lampu, P sampai T, ditunjukkan pada gambar (F = titik fokus, M = titik pusat kelengkungan cermin).
Agar senter memancarkan berkas cahaya yang sejajar dan dapat menjangkau jauh, bola lampu harus diletakkan di titik ....

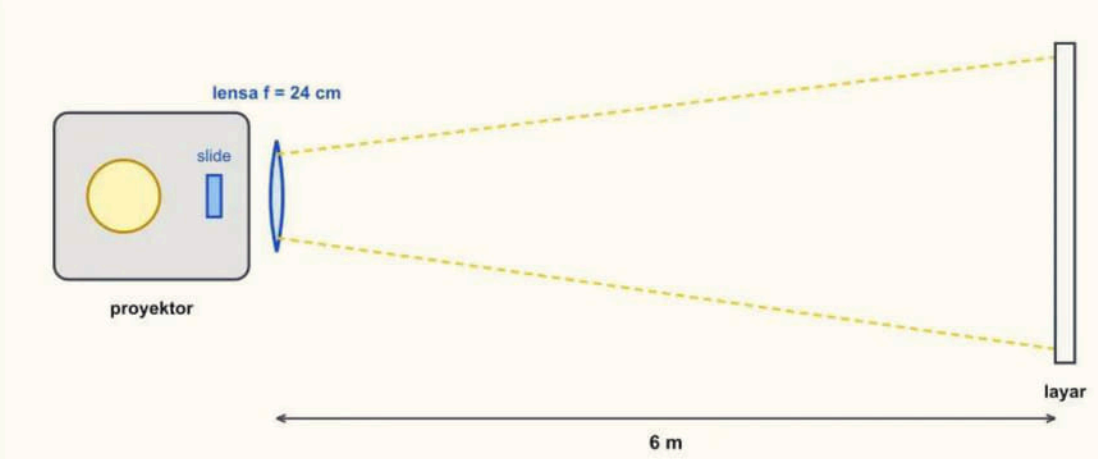


A. P, di antara cermin dan titik fokus
B. Q, tepat di titik fokus cermin
C. R, di antara titik F dan titik M
D. S, tepat di titik pusat kelengkungan
E. T, lebih jauh daripada titik M

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

18. Sebuah proyektor slide memakai lensa cembung berjarak fokus 24 cm. Gambar tajam terbentuk pada layar yang berjarak 6 m dari lensa, seperti pada gambar. Tinggi gambar pada slide 3 cm.
Jarak slide ke lensa dan tinggi gambar pada layar berturut-turut adalah ....



A. 24 cm dan 75 cm
B. 23 cm dan 78 cm
C. 50 cm dan 36 cm
D. 25 cm dan 72 cm
E. 25 cm dan 0,125 cm

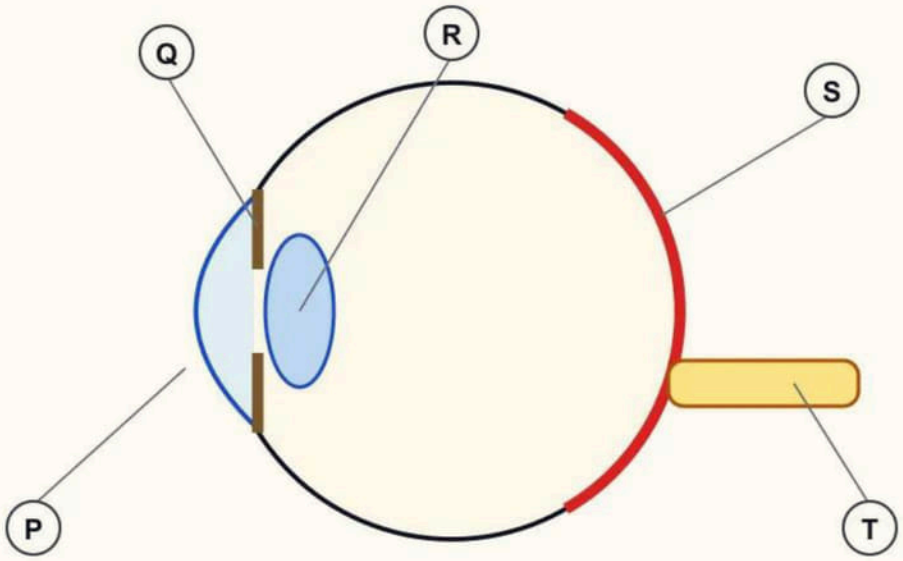
19. Perhatikan beberapa peristiwa cahaya dalam kehidupan sehari-hari berikut.
Peristiwa yang terutama disebabkan oleh **pembiasan** cahaya adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Langit siang hari tampak berwarna biru.
☐ B. Pelangi muncul setelah hujan saat Matahari di belakang pengamat.
☐ C. Wajah tampak di cermin datar dengan ukuran sama besar.
☐ D. Dasar kolam renang tampak lebih dangkal daripada sebenarnya.
☐ E. Bintang di langit malam tampak berkelap-kelip.

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

20. Gambar menunjukkan penampang mata manusia dengan lima bagian yang diberi label P, Q, R, S, dan T.
Bagian yang kelengkungannya berubah sehingga mata dapat melihat jelas benda dekat maupun benda jauh adalah ....



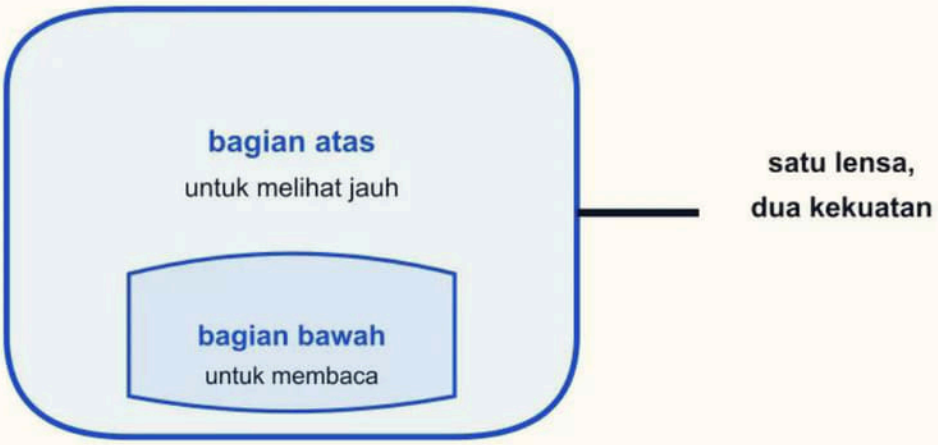
A. R, yaitu lensa mata
B. P, yaitu kornea
C. Q, yaitu iris
D. S, yaitu retina
E. T, yaitu saraf optik

21. Pada kartu resep kacamata Dimas tertulis kekuatan lensa −2 dioptri untuk kedua matanya. Dengan kacamata itu Dimas dapat melihat benda yang sangat jauh dengan jelas seperti mata normal.
Tanpa kacamata, benda terjauh yang masih dapat dilihat jelas oleh Dimas berjarak ....

A. 200 cm
B. 25 cm
C. 50 cm
D. 2 cm
E. 100 cm

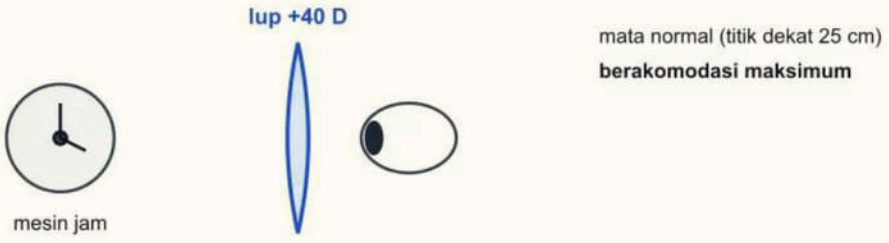
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

22. Kakek Hasan mengalami presbiopi. Titik dekat matanya 100 cm dan titik jauhnya 200 cm. Ia dibuatkan kacamata bifokal: bagian atas untuk melihat benda jauh dan bagian bawah untuk membaca pada jarak 25 cm, seperti pada gambar.
Kekuatan lensa bagian atas dan bagian bawah berturut-turut adalah ....



A. +3 D dan −0,5 D
B. −0,5 D dan +1 D
C. −0,5 D dan +5 D
D. −2 D dan +3 D
E. −0,5 D dan +3 D

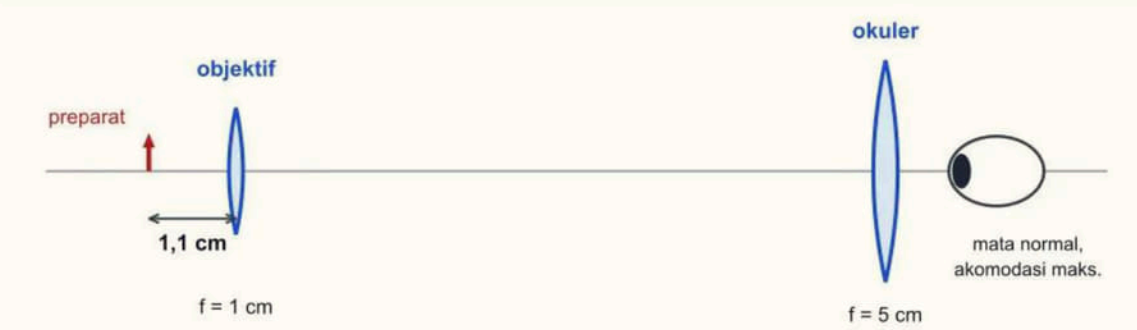
23. Seorang tukang reparasi jam bermata normal (titik dekat 25 cm) memakai lup berkekuatan +40 dioptri untuk melihat roda gigi kecil di dalam jam, seperti pada gambar.
Ia mengamati dengan mata berakomodasi maksimum.
Perbesaran lup dan jarak roda gigi ke lup berturut-turut adalah ....



A. 10 kali dan 2,5 cm
B. 11 kali dan 2,3 cm
C. 11 kali dan 2,5 cm
D. 40 kali dan 2,3 cm
E. 9 kali dan 2,8 cm

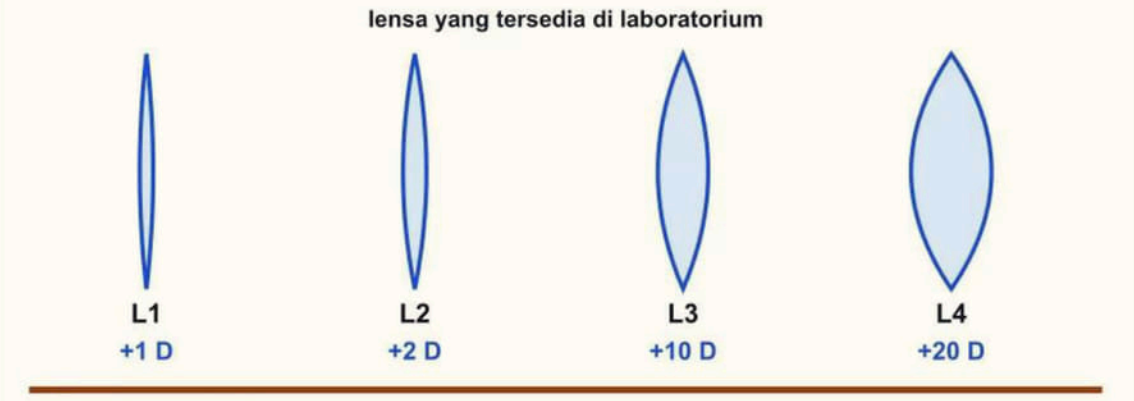
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

24. Sebuah mikroskop memiliki objektif berjarak fokus 1 cm dan okuler berjarak fokus 5 cm. Preparat diletakkan 1,1 cm di depan objektif, seperti pada gambar. Pengamat bermata normal (titik dekat 25 cm) mengamati dengan mata berakomodasi maksimum. Perbesaran total mikroskop adalah ....



A. 50 kali
B. 16 kali
C. 66 kali
D. 60 kali
E. 15 kali

25. Kelompok siswa ingin merakit teropong bintang sederhana dari dua lensa yang tersedia di laboratorium (lihat gambar). Teropong harus memberi perbesaran sebesar mungkin untuk pengamatan dengan mata tidak berakomodasi.
Rancangan yang paling tepat adalah ....



A. objektif L1, okuler L4, jarak kedua lensa 105 cm
B. objektif L4, okuler L1, jarak kedua lensa 105 cm
C. objektif L1, okuler L4, jarak kedua lensa 95 cm
D. objektif L2, okuler L3, jarak kedua lensa 60 cm
E. objektif L1, okuler L3, jarak kedua lensa 110 cm

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 4.1 · Gelombang mekanik dan sifat bunyi	1, 2, 3, 4, 5, 6	___ / 6	Ulangi hlm. 241
Sub bab 4.2 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi	7, 8, 9, 10, 11, 12	___ / 6	Ulangi hlm. 252
Sub bab 4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	___ / 7	Ulangi hlm. 264
Sub bab 4.4 · Alat optik	20, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 6	Ulangi hlm. 279

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 5 · Kalor dan Termodinamika

FIS-B5

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menghitung kalor untuk perubahan suhu dan wujud serta memakai Asas Black
- menganalisis penyebab dan penanganan pemanasan global dari data
- memakai persamaan keadaan gas ideal
- menganalisis proses termodinamika dan efisiensi mesin kalor

Peta bab

Sub bab	Judul
5.1	Kalor dan perpindahannya
5.2	Pemanasan global
5.3	Gas ideal
5.4	Termodinamika dan mesin kalor

Bab 5 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-B5

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

Sub bab 5.1 · Kalor dan perpindahannya

FIS-5.1

◎ APA YANG DIUJI

Bab 5 membahas energi dalam bentuk kalor: bagaimana kalor mengubah suhu dan wujud zat, bagaimana kalor berpindah, dan bagaimana kalor diubah menjadi usaha oleh mesin. Sub bab ini adalah dasarnya: **kalor jenis**, **kalor laten**, **Asas Black**, **pemuaian**, serta tiga cara perpindahan kalor: **konduksi**, **konveksi**, dan **radiasi**.

Soal asli 2025 yang tersedia menguji kalor melalui dua soal keterampilan proses sains tentang percobaan konduksi (dibedah di sub bab 1.2). Kisi-kisi resmi mencantumkan kalor dan perpindahannya, dan semua paket prediksi memuat soal Asas Black, pemuaian, atau konduksi. Kuis Akhir Bab 5 memuat tujuh soal dari sub bab ini.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung kalor untuk menaikkan suhu dan untuk mengubah wujud zat;
- memakai Asas Black, termasuk saat ada es yang mungkin tidak habis mencair;
- menghitung pemuaian panjang, luas, dan volume;
- menghitung laju konduksi, termasuk melalui dinding berlapis;
- memakai hukum Stefan–Boltzmann dan hukum pergeseran Wien pada radiasi.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Mengapa pantai terasa sejuk pada siang hari sementara pasirnya panas sekali? Mengapa es batu di dalam teh manis bisa habis, tetapi di dalam ember berisi sedikit air tidak? Mengapa sambungan rel kereta diberi celah? Semua pertanyaan itu dijawab oleh satu gagasan: **kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu**. Sub bab ini membahas berapa kalor yang diperlukan untuk mengubah suhu dan wujud, bagaimana kalor berpindah antara benda panas dan dingin, apa akibatnya bagi ukuran benda, dan tiga cara kalor merambat.

1. Suhu, kalor, kalor jenis, dan kalor laten

Suhu menyatakan derajat panas atau dingin benda; secara mikroskopis suhu berkaitan dengan energi kinetik rata-rata partikelnya. **Kalor** adalah energi yang berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Benda tidak "menyimpan kalor"; benda menyimpan energi dalam, dan kalor adalah energi yang sedang berpindah. Skala suhu yang dipakai dalam rumus fisika adalah **kelvin**: $T(\mathrm{K}) = T(^\circ\mathrm{C}) + 273$. Selisih suhu 1 °C sama dengan selisih 1 K, sehingga untuk ΔT kedua satuan boleh dipakai; untuk suhu mutlak (radiasi, gas) wajib kelvin.

Kalor untuk mengubah suhu:

$$Q = m\,c\,\Delta T$$

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

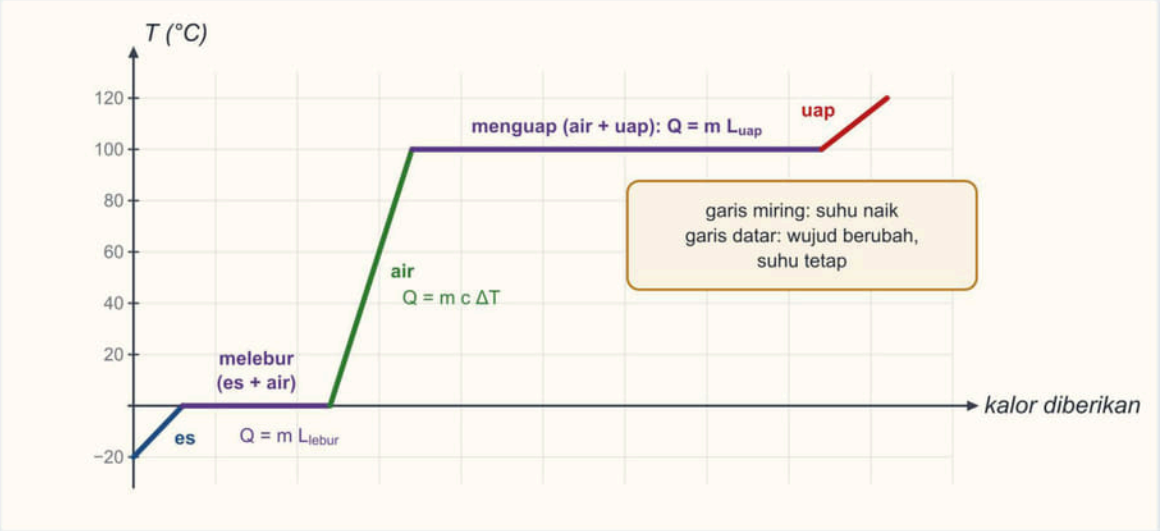
dengan c **kalor jenis** (J/(kg·°C)): kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg zat sebesar 1 °C. Hasil kali mc disebut **kapasitas kalor** C (J/°C). Air memiliki kalor jenis besar (4.200 J/(kg·°C)), jauh lebih besar daripada pasir atau logam: air lambat panas dan lambat dingin. Itulah sebabnya suhu daerah pantai lebih stabil daripada daerah gurun, dan air dipakai sebagai pendingin mesin.

Saat zat **berubah wujud** (melebur, membeku, menguap, mengembun), suhunya **tetap** walaupun kalor terus diberikan, karena energinya dipakai untuk memutus atau membentuk ikatan antarpartikel. Kalor yang diperlukan:

$$Q = m\,L$$

dengan L **kalor laten** (kalor lebur es 336.000 J/kg; kalor uap air sekitar 2,26 × 10^6 J/kg). Kalor uap jauh lebih besar daripada kalor lebur; itulah sebabnya luka kena uap air mendidih lebih parah daripada kena air mendidih: uap melepas kalor uapnya saat mengembun di kulit.

Grafik suhu terhadap kalor yang diberikan pada pemanasan es sampai menjadi uap berbentuk **tangga** (Gambar 5.1). Bagian miring adalah kenaikan suhu ($mc\Delta T$); bagian datar adalah perubahan wujud (mL). Panjang bagian datar menunjukkan besarnya kalor laten, sedangkan kemiringan bagian miring menunjukkan kalor jenis: makin landai, makin besar kalor jenisnya.



Gambar 5.1 Pemanasan es −20 °C sampai menjadi uap: bagian miring = suhu naik, bagian datar = wujud berubah pada suhu tetap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

2. Asas Black

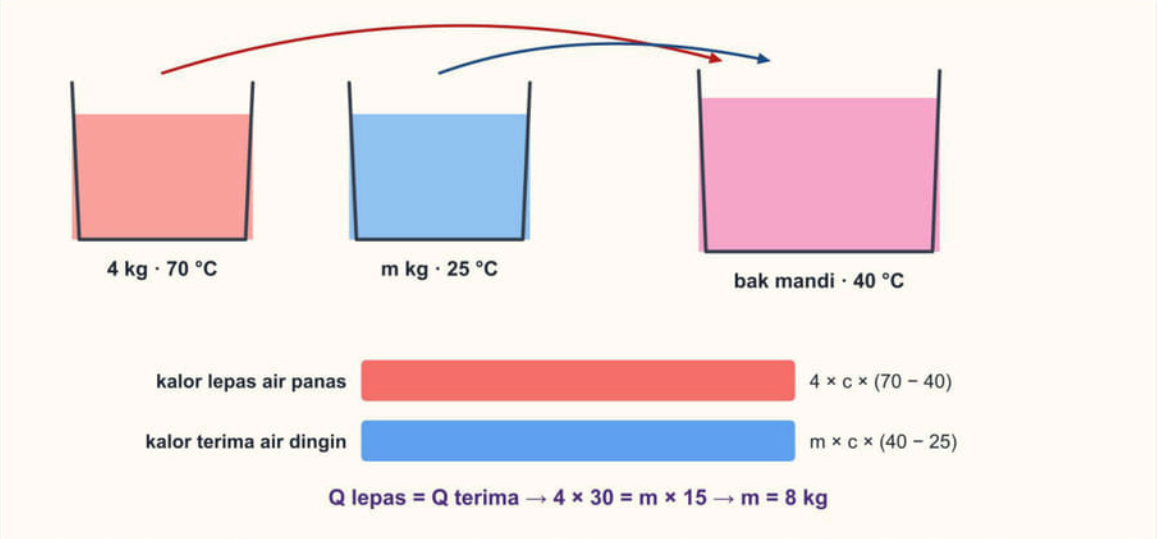
Bila benda panas dan benda dingin dicampur dalam sistem yang terisolasi (tidak ada kalor yang keluar-masuk lingkungan), energi kekal:

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

Zat panas melepas kalor, zat dingin menerima kalor, sampai suhunya sama (**kesetimbangan termal**). Suhu akhir selalu **di antara** suhu awal tertinggi dan terendah; bila hasil hitunganmu di luar rentang itu, pasti ada tanda yang keliru. Tulis ΔT selalu positif: untuk zat panas $(T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}})$, untuk zat dingin $(T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}})$. Jangan lupa wadah: bila kalor yang diserap wadah tidak diabaikan, wadah ikut dihitung dengan $m_{\text{wadah}}\, c_{\text{wadah}}\, \Delta T$.

Contoh terselesaikan 1: air mandi bayi

Ibu menyiapkan air mandi bayi bersuhu 40 °C dengan mencampur 4 kg air panas 70 °C dan air dingin 25 °C. Berapa kilogram air dingin yang diperlukan? Anggap tidak ada kalor yang hilang.



Gambar 5.2 Kalor yang dilepas air panas sama dengan kalor yang diterima air dingin. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Air panas turun 70 → 40 °C ($\Delta T = 30$); air dingin naik 25 → 40 °C ($\Delta T = 15$).
2. $Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$: $4 \times c \times 30 = m \times c \times 15$. Kalor jenisnya sama, sehingga c dapat dicoret.
3. $m = \dfrac{120}{15} = 8$ kg air dingin.
4. Periksa: air dingin perlu dua kali air panas karena kenaikan suhunya hanya setengah penurunan suhu air panas (Gambar 5.2).

Bila ada es, cek dulu. Sebelum mencari satu suhu akhir, bandingkan:

1. kalor maksimum yang dapat dilepas zat panas bila turun sampai 0 °C, dengan
2. kalor yang diperlukan untuk memanaskan es sampai 0 °C **dan** meleburkan seluruhnya.

Bila (1) lebih kecil, es tidak habis: suhu akhir **0 °C**, dan massa es yang mencair dihitung dari

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

kalor yang tersedia. Bila (1) lebih besar, semua es mencair dan suhu akhir di atas 0 °C. Langkah ini menghindari jawaban yang mustahil, misalnya suhu akhir negatif padahal masih ada air hangat.

Contoh terselesaikan 2: es di dalam air hangat

Sebanyak 40 g es bersuhu 0 °C dimasukkan ke dalam 360 g air bersuhu 50 °C. Tentukan suhu akhir campuran.



Gambar 5.3 Kalor maksimum yang dapat dilepas air jauh lebih besar daripada kalor lebur es, sehingga semua es mencair. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Kalor dari air bila turun ke 0 °C: $0{,}36 \times 4.200 \times 50 = 75.600$ J. Kalor untuk meleburkan es: $0{,}04 \times 336.000 = 13.440$ J.
2. Kalor air cukup (Gambar 5.3), jadi semua es mencair dan suhu akhir T di atas 0 °C.
3. Asas Black: $0{,}36 \times 4.200 \times (50 - T) = 13.440 + 0{,}04 \times 4.200 \times T$.
4. $75.600 - 1.512T = 13.440 + 168T \rightarrow T = \dfrac{62.160}{1.680} = 37$ °C. Nilai ini di antara 0 °C dan 50 °C ✓.

3. Pemuaian

Partikel zat yang dipanaskan bergetar lebih kuat sehingga jarak rata-ratanya bertambah: zat **memuai**.

Jenis pemuaian	Rumus	Koefisien
Panjang	$\Delta L = L_0\,\alpha\,\Delta T$	α
Luas	$\Delta A = A_0\,\beta\,\Delta T$	$\beta = 2\alpha$
Volume	$\Delta V = V_0\,\gamma\,\Delta T$	$\gamma = 3\alpha$

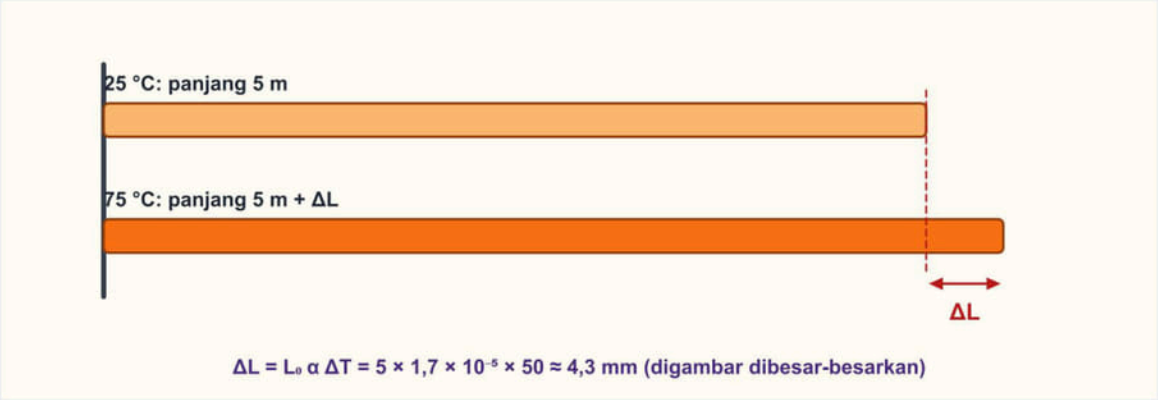
Pertambahan panjang sebanding dengan panjang awal dan kenaikan suhu. Zat cair umumnya memuai lebih besar daripada wadahnya, sehingga wadah yang penuh dapat tumpah saat dipanaskan; volume yang tumpah adalah **selisih** pemuaian zat cair dan pemuaian wadah. Penerapan: celah pada sambungan rel dan jembatan, kabel listrik yang dipasang kendur, keping

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

bimetal pada setrika (dua logam yang koefisien muainya berbeda melengkung saat panas dan memutus arus), serta memasang roda besi dengan memanaskannya lebih dulu. Air adalah perkecualian: antara 0 °C dan 4 °C air justru menyusut ketika dipanaskan, sehingga air terberat (paling rapat) bersuhu 4 °C dan danau membeku dari permukaan.

Contoh terselesaikan 3: pipa air panas

Pipa air panas dari tembaga sepanjang 5 m ($\alpha = 1{,}7 \times 10^{-5}$ /°C) dipanaskan dari 25 °C menjadi 75 °C. Berapa pertambahan panjangnya?



Gambar 5.4 Pipa memanjang ΔL ketika suhunya naik 50 °C (pertambahan digambar dibesar-besarkan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

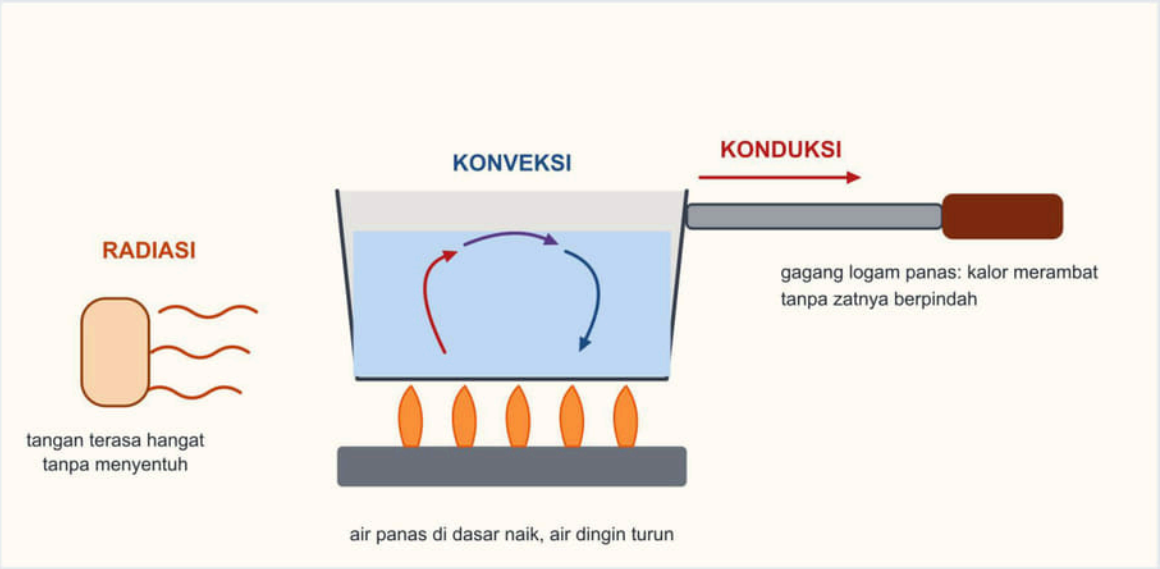
Penyelesaian.

1. $\Delta T = 75 - 25 = 50\,^\circ\text{C}$.
2. $\Delta L = 5 \times 1{,}7 \times 10^{-5} \times 50 = 4{,}25 \times 10^{-3}\ \text{m} \approx 4{,}3\ \text{mm}$.
3. Panjang akhir $\approx 5{,}0043$ m (Gambar 5.4).
4. Walaupun kecil, pertambahan ini cukup untuk menekuk pipa yang dijepit kaku di kedua ujungnya; maka pipa panjang dipasang dengan sambungan lentur atau lengkungan.

4. Konduksi, konveksi, dan radiasi

Kalor berpindah dengan tiga cara, dan ketiganya dapat terjadi bersamaan, misalnya saat memasak air di panci (Gambar 5.5).

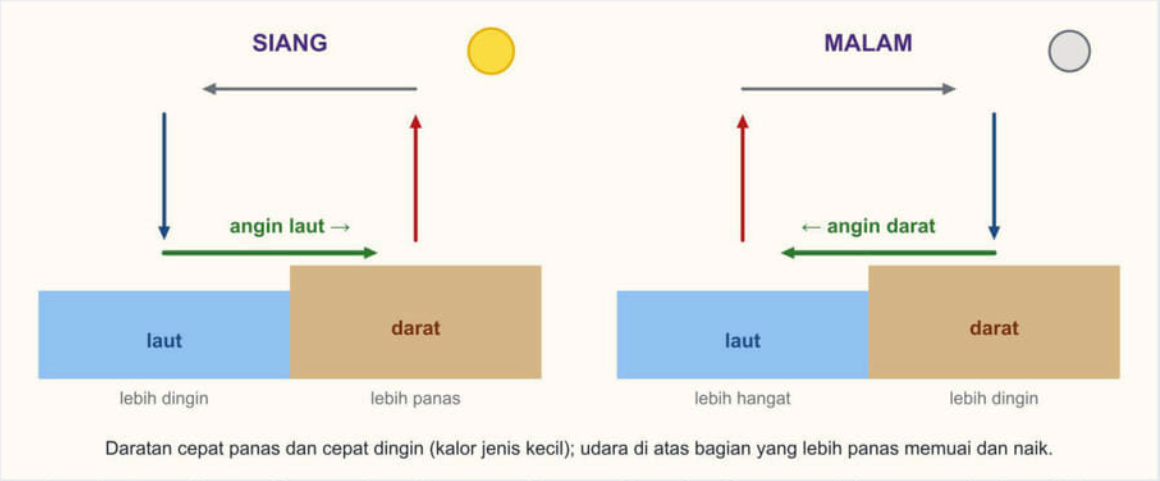
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.5 Konduksi pada gagang logam, konveksi pada air di dalam panci, dan radiasi dari panci panas ke tangan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Cara	Mekanisme	Contoh
Konduksi	kalor merambat melalui zat tanpa perpindahan zatnya; partikel yang bergetar kuat menumbuk tetangganya	gagang sendok panas, dinding rumah
Konveksi	kalor terbawa bersama aliran zat (cair atau gas); zat panas memuai, lebih ringan, lalu naik	angin laut dan angin darat, air mendidih, udara AC
Radiasi	kalor dipancarkan sebagai gelombang elektromagnetik, tanpa medium	panas Matahari, api unggun, tubuh manusia

Angin laut dan angin darat adalah konveksi berskala besar (Gambar 5.6). Siang hari daratan (kalor jenis kecil) lebih cepat panas daripada laut; udara di atas darat memuai dan naik, lalu udara laut yang lebih sejuk mengalir ke darat: **angin laut**. Malam hari daratan lebih cepat dingin, sehingga arahnya berbalik: **angin darat**. Nelayan tradisional memanfaatkannya: berangkat melaut pada malam atau dini hari, pulang pada siang hari.



Gambar 5.6 Angin laut pada siang hari dan angin darat pada malam hari terjadi karena perbedaan kalor jenis darat dan laut. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Konduksi. Laju kalor melalui lapisan setebal d:

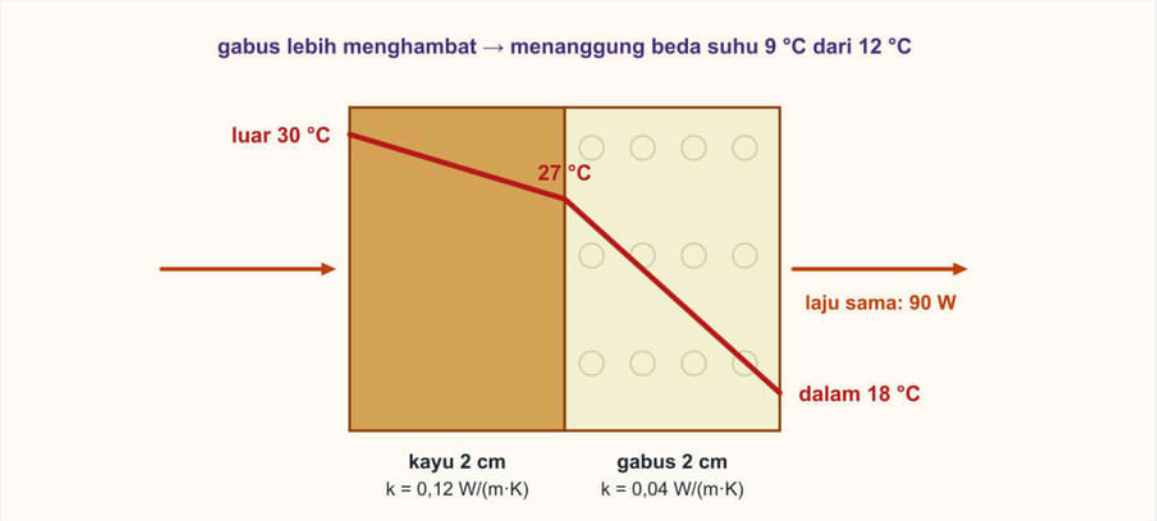
$$\frac{Q}{t} = \frac{k\,A\,\Delta T}{d}$$

dengan k konduktivitas termal. Logam memiliki k besar (konduktor); kayu, styrofoam, dan udara memiliki k kecil (isolator). Laju kalor bertambah bila luas atau beda suhu bertambah, dan berkurang bila lapisan makin tebal.

Dinding berlapis. Pada keadaan tunak, laju kalor yang melewati **setiap lapisan sama** (kalor tidak menumpuk di bidang batas). Lapisan dengan $\dfrac{d}{k}$ lebih besar (lebih menghambat) menanggung beda suhu lebih besar. Suhu di bidang batas dicari dengan menyamakan laju kalor kedua lapisan.

Contoh terselesaikan 4: dinding kayu dan gabus

Dinding seluas 5 m² terdiri atas papan kayu setebal 2 cm ($k = 0{,}12$ W/(m·K)) dan lapisan gabus setebal 2 cm ($k = 0{,}04$ W/(m·K)). Suhu permukaan luar 30 °C dan dalam 18 °C. Tentukan suhu bidang batas dan laju kalornya.



Gambar 5.7 Laju kalor sama di kedua lapisan; gabus yang lebih menghambat menanggung penurunan suhu terbesar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Misalkan suhu batas T. Laju sama: $\dfrac{0{,}12 \times 5 \times (30 - T)}{0{,}02} = \dfrac{0{,}04 \times 5 \times (T - 18)}{0{,}02}$.
2. $3(30 - T) = T - 18 \rightarrow T = 27$ °C.
3. Laju kalor $= \dfrac{0{,}12 \times 5 \times 3}{0{,}02} = 90$ W.
4. Gabus menanggung 9 °C dari 12 °C beda suhu (Gambar 5.7): lapisan yang konduktivitasnya kecil paling berperan sebagai penahan panas.

Radiasi. Daya yang dipancarkan permukaan bersuhu T (kelvin):

$$P = e\,\sigma\,A\,T^4, \qquad \sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\ \text{W/(m}^2\text{K}^4\text{)}$$

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

dengan e emisivitas (0 sampai 1; benda hitam sempurna $e = 1$). Karena pangkat empat, suhu mutlak dua kali membuat daya radiasi 16 kali. Permukaan gelap dan kusam adalah pemancar **dan** penyerap yang baik; permukaan terang dan mengilap adalah pemancar dan penyerap yang buruk. Karena itu atap putih membuat rumah lebih sejuk, dan termos dilapisi perak.

Hukum pergeseran Wien. Panjang gelombang dengan intensitas terbesar:

$$\lambda_{\text{maks}}\, T = 2{,}898 \times 10^{-3}\ \text{m·K}$$

Makin panas benda, makin pendek λ_{maks}. Matahari (±5.800 K) paling terang di sekitar 500 nm (cahaya tampak), sedangkan tubuh manusia (±310 K) memancar paling kuat di sekitar 9,3 µm (inframerah). Itulah dasar kamera termal, dan juga alasan besi yang dipanaskan berubah warna dari merah ke kuning keputihan.

Ringkasan

- $Q = mc\Delta T$ (suhu berubah) dan $Q = mL$ (wujud berubah, suhu tetap).
- Asas Black: $Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$; bila ada es, bandingkan kalor dulu.
- Pemuaian: $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$, $\beta = 2\alpha, \gamma = 3\alpha$.
- Konduksi $Q/t = kA\Delta T/d$ (dinding berlapis: laju sama tiap lapisan); konveksi membawa zat; radiasi $P = e\sigma A T^4$ dengan T dalam kelvin.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal kalor

1. **Tulis daftar zat** yang melepas dan yang menerima kalor, termasuk wadah bila tidak diabaikan.
2. **Bila ada es atau uap,** cek dulu apakah kalor cukup untuk perubahan wujud seluruhnya.
3. **Untuk pemuaian,** pilih jenis koefisien (α, 2α, 3α) dan perhatikan tanda ΔT.
4. **Untuk konduksi,** ubah tebal ke meter; untuk dinding berlapis, samakan laju kalor setiap lapisan.
5. **Untuk radiasi,** ubah suhu ke kelvin sebelum dipangkatkan empat atau dipakai pada hukum Wien.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Langsung menyamakan suhu akhir tanpa cek es	suhu akhir negatif atau semua es dianggap mencair	bandingkan kalor yang tersedia dengan kalor lebur seluruh es
Kalor laten dilupakan	es 0 °C diperlakukan seperti air 0 °C	tambahkan mL saat wujud berubah
Massa yang mencair tertukar dengan sisa es	30 g mencair dijawab "sisa 30 g"	sisa = massa awal − massa yang mencair

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

Wadah diabaikan padahal datanya diberikan	kalor jenis cangkir tidak dipakai	data wadah di soal = wadah ikut dihitung
Koefisien volume memakai α	$\Delta V = V_0 \alpha \Delta T$	$\gamma = 3\alpha$
Tebal dalam cm dipakai langsung	$d = 2$	$d = 0{,}02\ \text{m}$
Suhu celsius pada radiasi	$\left(\frac{127}{27}\right)^4$	$\left(\frac{400}{300}\right)^4$
Daya radiasi sebanding T	suhu mutlak 2 kali → daya 2 kali	daya $\propto T^4 \rightarrow 2^4 = 16$ kali

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memakai Asas Black untuk dua zat yang kalor jenisnya sangat berbeda. Bandingkan hasil kali mc keduanya sebelum menghitung: suhu akhir akan dekat dengan suhu zat yang mc-nya besar.

►. Sebuah baut besi bermassa 200 g bersuhu 100 °C dimasukkan ke dalam 500 g air bersuhu 20 °C dalam wadah terisolasi, seperti pada gambar. Kalor yang diserap wadah diabaikan. Suhu akhir campuran adalah sekitar ....

c besi = 450 J/(kg·°C); c air = 4.200 J/(kg·°C)



500 g air 20 °C + 200 g besi 100 °C

A. 23,3 °C
B. 42,9 °C
C. 60 °C
D. 76,7 °C
E. 20,0 °C

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

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Asas Black: $m_b c_b (T_b - T) = m_a c_a (T - T_a)$.

Langkah – $0{,}2 \times 450 \times (100 - T) = 0{,}5 \times 4.200 \times (T - 20) \rightarrow$
$9.000 - 90T = 2.100T - 42.000 \rightarrow T = \dfrac{51.000}{2.190} \approx 23{,}3\ ^\circ\text{C}$.

Analisis opsi:

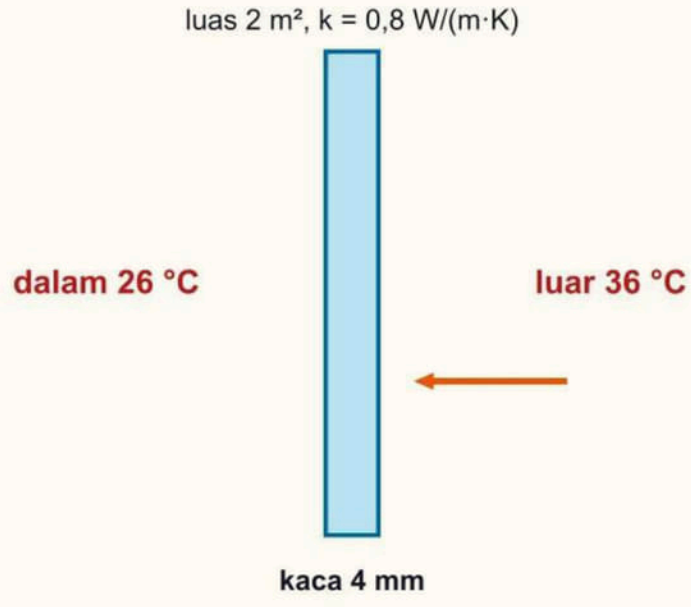
- A (23,3 °C) ✓ – suhu akhir dekat suhu air karena kapasitas kalor air jauh lebih besar.
- B (42,9 °C) ✗ – kalor jenis diabaikan; hanya massa yang dibandingkan.
- C (60 °C) ✗ – suhu awal dirata-rata.
- D (76,7 °C) ✗ – yang dihitung adalah penurunan suhu besi, bukan suhu akhir.
- E (20,0 °C) ✗ – kalor dari besi dianggap terlalu kecil sehingga suhu air tidak berubah.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Untuk soal perubahan wujud, cek apakah suhunya tetap. Untuk soal konduksi dan radiasi, perhatikan satuan tebal dan suhu mutlak.

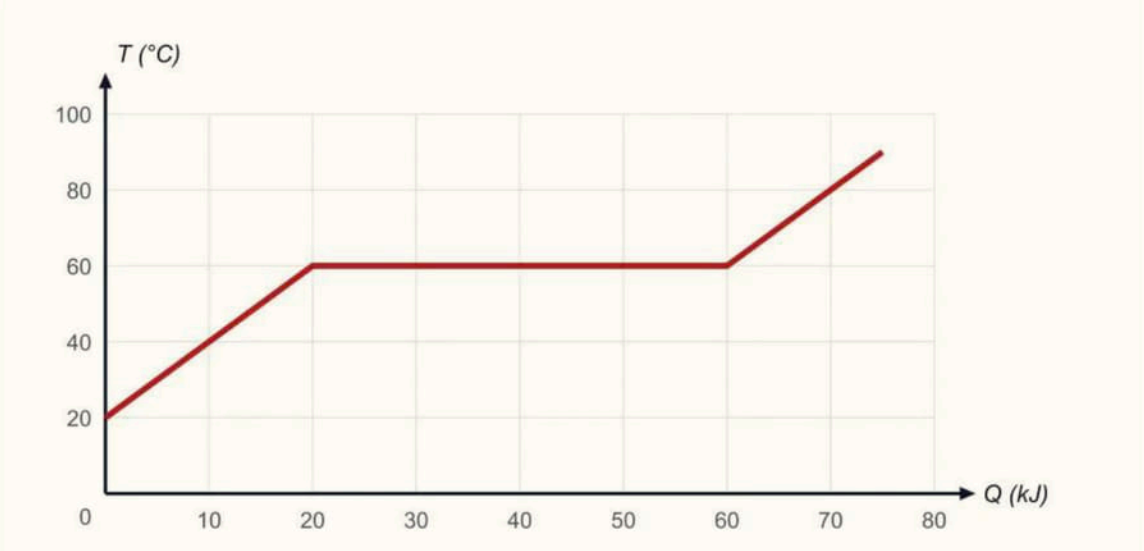
1. Jendela kaca seluas 2 m^2 dan setebal 4 mm memisahkan ruangan ber-AC bersuhu 26 °C dengan udara luar bersuhu 36 °C, seperti pada gambar. Konduktivitas termal kaca 0,8 W/(m·K). Anggap suhu kedua permukaan kaca sama dengan suhu udara di sisinya. Laju kalor yang merambat melalui kaca adalah ....



A. 4 W
B. 4.000 W
C. 16 W
D. 40.000 W
E. 400 W

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

2. Dalam praktikum, 0,5 kg padatan lilin parafin dipanaskan dan suhunya dicatat terhadap kalor yang diberikan. Hasilnya ditunjukkan pada grafik.
Berdasarkan grafik tersebut, kalor lebur lilin parafin adalah ....



A. 40 kJ/kg
B. 80 kJ/kg
C. 120 kJ/kg
D. 20 kJ/kg
E. 160 kJ/kg

Kunci singkat: 1. B 2. B

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa suhu air es tetap 0 °C selama masih ada es, walaupun gelas terus menyerap kalor dari udara?
- Pada dinding dua lapis, lapisan mana yang menanggung beda suhu lebih besar: yang $\frac{d}{k}$-nya besar atau kecil? Mengapa?
- Mengapa kamera termal bekerja pada panjang gelombang inframerah, bukan cahaya tampak?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-5.1

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

Sub bab 5.2 · Pemanasan global

FIS-5.2

◎ APA YANG DIUJI

Pemanasan global adalah satu-satunya topik di kisi-kisi Fisika yang langsung berhubungan dengan isu lingkungan. Kisi-kisi resmi membatasinya pada **efek rumah kaca**. Soal TKA tidak meminta hafalan nama gas atau perjanjian internasional. Yang diminta adalah **menalar dengan konsep fisika**: membaca data suhu, menilai penyebab, dan menilai cara penanganan.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-21	Menganalisis penyebab/penanganan dari anomali kondisi lingkungan akibat pemanasan global	33,05 %

SA-21 berbentuk pilihan jawaban lebih dari satu, dengan **empat** jawaban benar. Kesulitannya ada pada pernyataan salah yang memakai istilah ilmiah ("kalor laten"), dan pada pernyataan benar yang menghubungkan pemanasan dengan konsep lain (energi kinetik partikel).

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan efek rumah kaca dengan konsep radiasi dan keseimbangan energi;
- menjelaskan hubungan suhu dengan energi kinetik partikel;
- membaca data atau grafik iklim, termasuk anomali dan rentang ketidakpastian;
- membedakan kesimpulan yang didukung data dengan yang tidak;
- menilai penyebab dan cara penanganan pemanasan global.

NEXT LEVEL STUDY

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pemanasan global adalah kenaikan suhu rata-rata permukaan Bumi dalam jangka panjang. Topik ini sering dianggap topik "sosial", padahal intinya fisika yang sudah kamu pelajari: radiasi (hukum Wien dan $P \propto T^4$), kalor jenis, kalor laten, dan keseimbangan energi. Sub bab ini menjelaskan mekanismenya, sumber gas rumah kaca, cara menghitung jejak emisi sederhana, cara membaca data iklim dengan jujur, dan cara menilai upaya penanganannya.

1. Keseimbangan energi Bumi dan efek rumah kaca

Bumi menerima energi dari Matahari, terutama berupa **cahaya tampak**: Matahari sangat panas, sehingga λ_{maks}-nya pendek (lihat hukum Wien di Sub bab 5.1). Permukaan Bumi yang hangat lalu memancarkan energi kembali sebagai **radiasi inframerah**, karena Bumi jauh lebih dingin sehingga λ_{maks}-nya panjang.

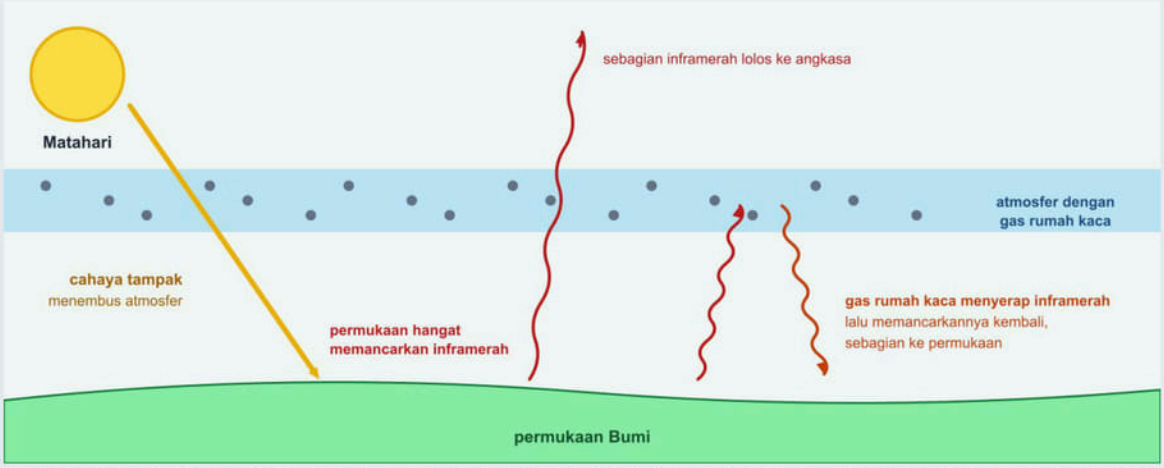
Suhu Bumi stabil bila **energi yang diserap = energi yang dipancarkan ke luar angkasa**. Bila energi yang diserap lebih besar, suhu naik sampai tercapai keseimbangan baru, karena pancaran

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

naik sebanding dengan T^4. Inilah logika yang sama dengan setrika yang dinyalakan: suhunya naik sampai kalor yang dilepas sama dengan daya yang diterima.

Efek rumah kaca (Gambar 5.8):

1. Atmosfer meneruskan sebagian besar cahaya tampak Matahari sampai ke permukaan.
2. Gas rumah kaca (karbon dioksida CO_2, metana CH_4, dinitrogen oksida N_2O, uap air) **menyerap** sebagian radiasi inframerah dari permukaan.
3. Gas itu memancarkan kembali energinya ke segala arah, **sebagian ke permukaan**.
4. Permukaan menerima energi tambahan, sehingga suhunya lebih tinggi daripada bila tidak ada gas rumah kaca.



Gambar 5.8 Cahaya tampak menembus atmosfer; inframerah dari permukaan sebagian diserap gas rumah kaca dan dipancarkan kembali ke permukaan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Efek rumah kaca alami membuat Bumi layak huni: tanpa efek itu, suhu rata-rata permukaan jauh di bawah titik beku. Masalahnya, aktivitas manusia **menambah** gas rumah kaca, sehingga efeknya menguat. Kadar CO_2 yang diukur terus-menerus di observatorium Mauna Loa sejak 1958 menunjukkan kenaikan yang jelas (Gambar 5.9).



Gambar 5.9 Rata-rata tahunan kadar CO_2 atmosfer di Mauna Loa, Hawaii, 1960–2023 (ppm = bagian per sejuta). Sumber: data NOAA Global Monitoring Laboratory, digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

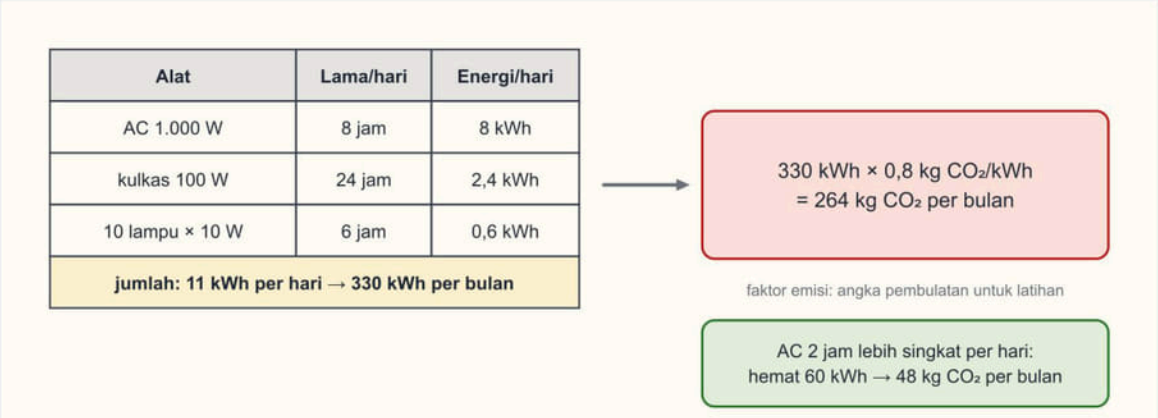
Sumber utama tambahan gas rumah kaca, termasuk di Indonesia: pembakaran batu bara, minyak, dan gas untuk listrik, industri, dan kendaraan (CO_2); penebangan hutan dan kebakaran lahan gambut (CO_2 yang tersimpan dalam kayu dan gambut terlepas); sampah organik yang membusuk tanpa udara dan peternakan (metana); serta pupuk (N_2O).

Pernyataan	Benar atau salah?
Gas rumah kaca menghalangi cahaya Matahari masuk	**Salah.** Kalau menghalangi, Bumi justru lebih dingin.
Gas rumah kaca menyerap inframerah dari permukaan Bumi	**Benar.** Inilah inti mekanismenya.
Lubang ozon adalah penyebab utama pemanasan global	**Salah.** Penipisan ozon adalah masalah lain (sinar ultraviolet).
Pemanasan global berarti setiap tempat selalu lebih panas setiap tahun	**Salah.** Yang dinilai adalah rata-rata jangka panjang; satu tempat atau satu tahun bisa lebih dingin.

Dampak dan umpan balik. Air laut memuai ketika menghangat dan es daratan mencair, sehingga muka laut naik. Lautan yang lebih hangat menguapkan lebih banyak air, sehingga hujan lebat dan kekeringan menjadi lebih ekstrem. Terumbu karang memutih ketika suhu laut terlalu tinggi. Ada pula **umpan balik es–albedo**: es yang putih memantulkan sebagian besar cahaya Matahari; bila es mencair, permukaan gelap (laut atau tanah) menyerap lebih banyak energi, sehingga pemanasan bertambah cepat.

Contoh terselesaikan 1: jejak emisi listrik rumah

Sebuah rumah memakai AC 1.000 W selama 8 jam per hari, kulkas 100 W selama 24 jam, dan 10 lampu 10 W selama 6 jam. Misalkan setiap kWh listrik dari jaringan menghasilkan emisi 0,8 kg CO_2 (angka pembulatan untuk latihan; nilai resmi faktor emisi jaringan listrik diterbitkan pemerintah dan berbeda tiap wilayah). Hitung emisi per bulan (30 hari) dan pengaruh mengurangi pemakaian AC 2 jam per hari.



Gambar 5.10 Energi listrik harian dijumlahkan, lalu dikalikan faktor emisi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

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

1. Energi per hari: AC $1 \times 8 = 8$ kWh; kulkas $0{,}1 \times 24 = 2{,}4$ kWh; lampu $0{,}1 \times 6 = 0{,}6$ kWh; jumlah 11 kWh.
2. Per bulan: $11 \times 30 = 330$ kWh.
3. Emisi: $330 \times 0{,}8 = 264$ kg CO_2 per bulan (Gambar 5.10).
4. AC 2 jam lebih singkat: hemat $1 \times 2 \times 30 = 60$ kWh, atau 48 kg CO_2 per bulan. Alat berdaya besar yang lama menyala paling menentukan.

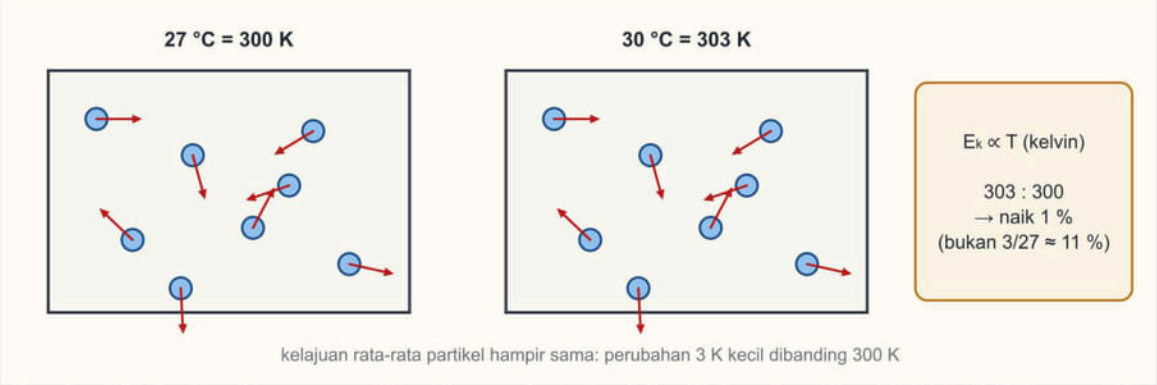
2. Suhu dan energi kinetik partikel

Suhu mutlak sebanding dengan energi kinetik rata-rata partikel: $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$ (dibahas lagi di Sub bab 5.3). Jadi kenaikan suhu udara berarti partikel udara bergerak rata-rata lebih cepat.

Perhatikan satuannya: **kenaikan** 1 °C sama dengan kenaikan 1 K. Namun **perbandingan** energi kinetik harus memakai suhu mutlak (kelvin).

Contoh terselesaikan 2: berapa persen energi kinetik naik?

Suhu udara suatu kota naik dari 27 °C menjadi 30 °C. Berapa persen kenaikan energi kinetik rata-rata partikel udaranya?



Gambar 5.11 Perbandingan energi kinetik memakai suhu dalam kelvin; kenaikan 3 K dari 300 K hanya 1 %. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Ubah ke kelvin: 27 °C = 300 K; 30 °C = 303 K.
2. $\dfrac{E_{k2}}{E_{k1}} = \dfrac{303}{300} = 1{,}01.$
3. Kenaikannya 1 %, **bukan** $\dfrac{3}{27} \approx 11\ \%$ (Gambar 5.11).
4. Kenaikan suhu beberapa derajat terasa nyata bagi tubuh dan cuaca, tetapi bagi gerak partikel perubahannya kecil karena suhu mutlaknya sudah sekitar 300 K.

3. Penyebab lokal: pulau panas perkotaan

Selain efek rumah kaca global, kota dapat menjadi lebih panas daripada daerah sekitarnya (**pulau panas perkotaan**). Penyebabnya dapat dijelaskan dengan konsep kalor:

- **kalor buangan** kendaraan, mesin, dan AC menambah energi ke udara kota;
- **aspal dan beton** yang gelap menyerap banyak radiasi Matahari, dan kapasitas kalornya

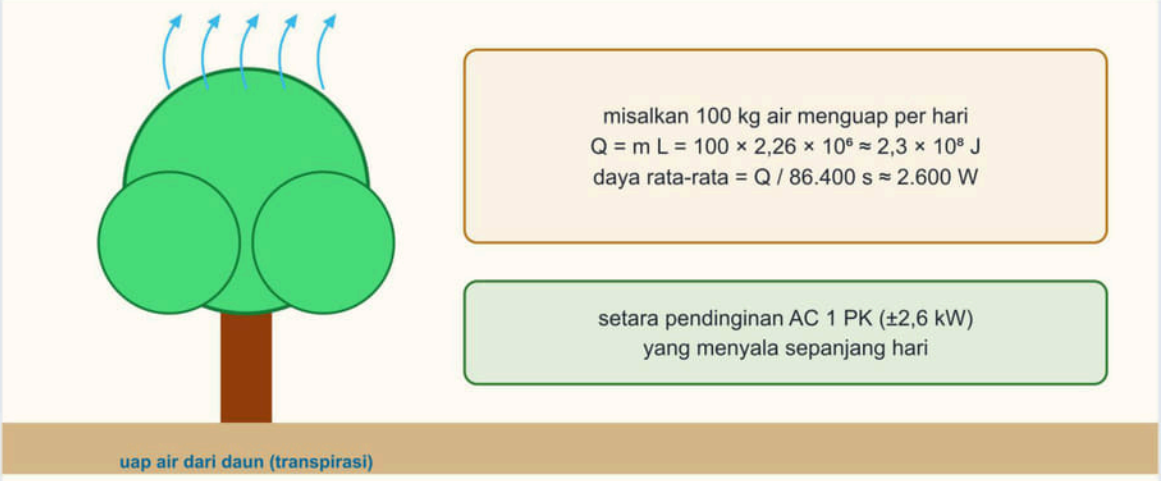
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

besar sehingga melepas kalor sampai malam;

- **berkurangnya pohon dan ruang hijau** mengurangi pendinginan alami. Tumbuhan menguapkan air (transpirasi), dan penguapan **menyerap kalor laten** dari lingkungan.

Contoh terselesaikan 3: pohon sebagai pendingin

Misalkan sebuah pohon besar menguapkan 100 kg air dari daunnya dalam sehari. Kalor uap air $2{,}26 \times 10^6$ J/kg. Berapa kalor yang diserap dari lingkungan, dan berapa daya pendinginan rata-ratanya?



Gambar 5.12 Penguapan air dari daun menyerap kalor laten dari udara sekitar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. $Q = mL = 100 \times 2{,}26 \times 10^6 = 2{,}26 \times 10^8$ J per hari.
2. Satu hari $= 24 \times 3.600 = 86.400$ s.
3. Daya rata-rata $= \dfrac{2{,}26 \times 10^8}{86.400} \approx 2.600$ W.
4. Kira-kira setara dengan kemampuan mendinginkan sebuah AC 1 PK (±2,6 kW) yang menyala sepanjang hari, tanpa listrik dan tanpa membuang kalor ke luar (Gambar 5.12).

4. Membaca data iklim dengan hati-hati

Soal pemanasan global sering menyajikan data: suhu rata-rata, anomali, kadar gas, atau luas es. Lima kebiasaan saat membacanya:

1. **Anomali** = nilai pengamatan dikurangi rata-rata periode acuan. Anomali +0,5 °C berarti 0,5 °C lebih hangat daripada rata-rata acuan.
2. **Rentang ketidakpastian.** Nilai $1{,}2 \pm 0{,}1$ °C berarti nilai sebenarnya diperkirakan di antara 1,1 °C dan 1,3 °C.
3. **Satu tahun berbeda dengan tren jangka panjang.** Satu tahun yang sangat panas atau satu stasiun yang lebih dingin tidak membatalkan tren puluhan tahun; sebaliknya, satu tahun panas juga belum membuktikan tren.
4. **Korelasi belum tentu sebab.** Dua besaran yang naik bersama belum tentu saling menyebabkan. Kesimpulan sebab-akibat memerlukan mekanisme fisika atau data tambahan.

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

5. **Kesimpulan harus sesuai data.** Data kadar gas saja tidak membuktikan suhu naik; data suhu satu kota saja tidak membuktikan suhu global naik. Pilih kesimpulan yang paling sempit tetapi didukung data, bukan yang paling meyakinkan.

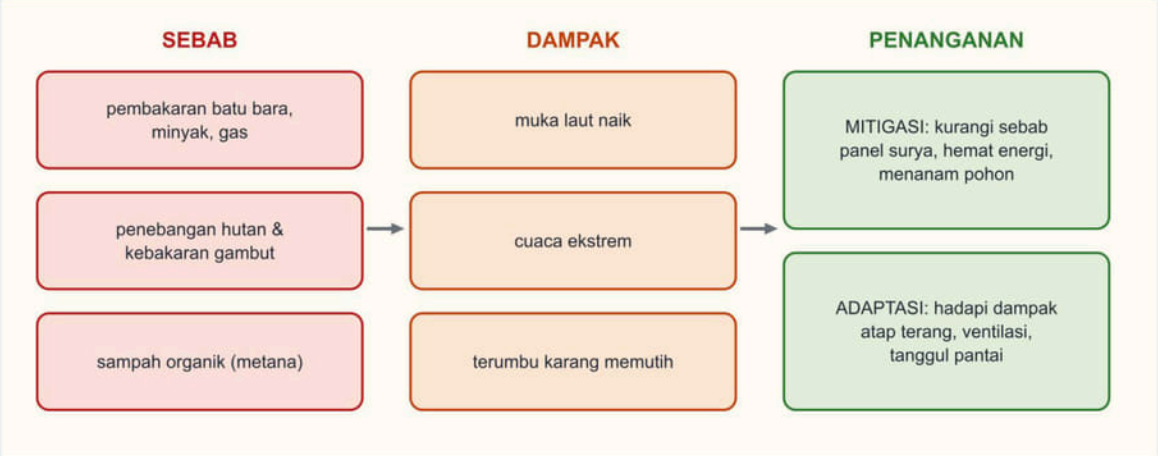
Contoh penerapan pada Gambar 5.9: kadar CO_2 naik dari sekitar 317 ppm (1960) menjadi 421 ppm (2023), sekitar 33 %. Kenaikan per dekade juga makin besar (sekitar 9 ppm pada 1960-an, sekitar 24 ppm pada 2010-an). Data ini **sendiri** membuktikan kadar CO_2 naik makin cepat; kaitannya dengan suhu dijelaskan oleh mekanisme efek rumah kaca dan data suhu yang terpisah.

5. Penanganan: mitigasi dan adaptasi

Jenis	Tujuan	Contoh dan alasan fisikanya
Mitigasi	mengurangi penyebab	panel surya dan pembangkit tenaga angin (tanpa pembakaran); peralatan hemat energi (listrik yang dibangkitkan lebih sedikit); menanam pohon (menyerap CO_2, mendinginkan lewat penguapan); mengolah sampah organik menjadi kompos (mengurangi metana)
Adaptasi	menyesuaikan diri dengan dampak	atap dan dinding berwarna terang (memantulkan radiasi); ventilasi silang (konveksi); tanggul pantai; varietas padi tahan kekeringan

Contoh terselesaikan 4: mitigasi atau adaptasi?

Pemerintah sebuah kota pesisir merencanakan lima program: (a) mengganti lampu jalan dengan LED, (b) membangun tanggul laut, (c) menghentikan pembakaran lahan gambut, (d) mewajibkan atap sekolah berwarna terang, (e) membangun pembangkit listrik tenaga surya. Pilahlah program mitigasi dan adaptasi.



Gambar 5.13 Mitigasi menyasar sebab; adaptasi menyasar dampak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Tanyakan untuk tiap program: apakah ia mengurangi gas rumah kaca (sebab) atau melindungi dari akibatnya (dampak)? Lihat Gambar 5.13.
2. Mitigasi: (a) LED memakai daya lebih kecil untuk cahaya yang sama, sehingga listrik dan emisi berkurang; (c) gambut menyimpan karbon; (e) listrik surya tanpa pembakaran.

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

3. Adaptasi: (b) tanggul melindungi dari muka laut naik; (d) atap terang memantulkan radiasi sehingga ruangan lebih sejuk saat gelombang panas.
4. Perhatikan: (d) juga sedikit mengurangi pemakaian AC, tetapi tujuan utamanya menghadapi panas; dalam soal, pilih tujuan utama yang disebut.

Mitigasi dan adaptasi tidak saling menggantikan; keduanya sama-sama diperlukan: mitigasi memperlambat pemanasan untuk jangka panjang, sedangkan adaptasi melindungi masyarakat dari dampak yang sudah dan akan terjadi. Saat menilai sebuah strategi, tanyakan dua hal: **apakah prinsip fisikanya benar**, dan **apakah strategi itu benar-benar mengurangi penyebab atau dampak yang disebut di soal**.

Ringkasan

- Cahaya tampak masuk, inframerah keluar; gas rumah kaca menyerap dan memancarkan kembali inframerah.
- Aktivitas manusia menambah CO_2, CH_4, N_2O; umpan balik es–albedo mempercepat pemanasan.
- Emisi = energi (kWh) × faktor emisi; perbandingan energi kinetik memakai kelvin.
- Data: bedakan tren dan satu tahun, korelasi dan sebab; mitigasi menyasar sebab, adaptasi menyasar dampak.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pemanasan global

1. **Baca data:** hitung selisih, laju, atau rentang yang diminta; cek satuan dan periode acuan.
2. **Pisahkan** apa yang ditunjukkan data dari apa yang hanya dapat disimpulkan dengan data lain.
3. **Uji mekanisme:** apakah pernyataan sesuai dengan efek rumah kaca (inframerah diserap dan dipancarkan kembali)?
4. **Waspadai istilah ilmiah yang dipakai keliru:** cek apakah kesimpulannya masuk akal secara fisika.
5. **Untuk strategi,** nilai apakah strategi itu mengurangi pembakaran, mengurangi energi yang diserap, atau tidak berhubungan.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Istilah ilmiah dipakai untuk kesimpulan salah	"emisi menambah kalor laten sehingga mengurangi efek rumah kaca"	uji apakah kesimpulannya sesuai mekanisme
Gas rumah kaca dikira menghalangi cahaya Matahari	"CO_2 menahan sinar Matahari di luar atmosfer"	yang diserap adalah inframerah dari Bumi

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

Satu data menyimpang dianggap membatalkan tren	satu stasiun lebih dingin → "data tidak dapat dipercaya"	tren dinilai dari rata-rata jangka panjang
Korelasi dianggap sebab	penduduk naik dan suhu naik → penduduk penyebabnya	perlu mekanisme atau data pendukung
Satu tahun dianggap tren	satu tahun di atas batas → target jangka panjang pasti gagal	bedakan nilai satu tahun dengan rata-rata jangka panjang
Perbandingan energi kinetik memakai celsius	27 °C → 30 °C dikira naik 11 %	pakai kelvin: naik 1 %

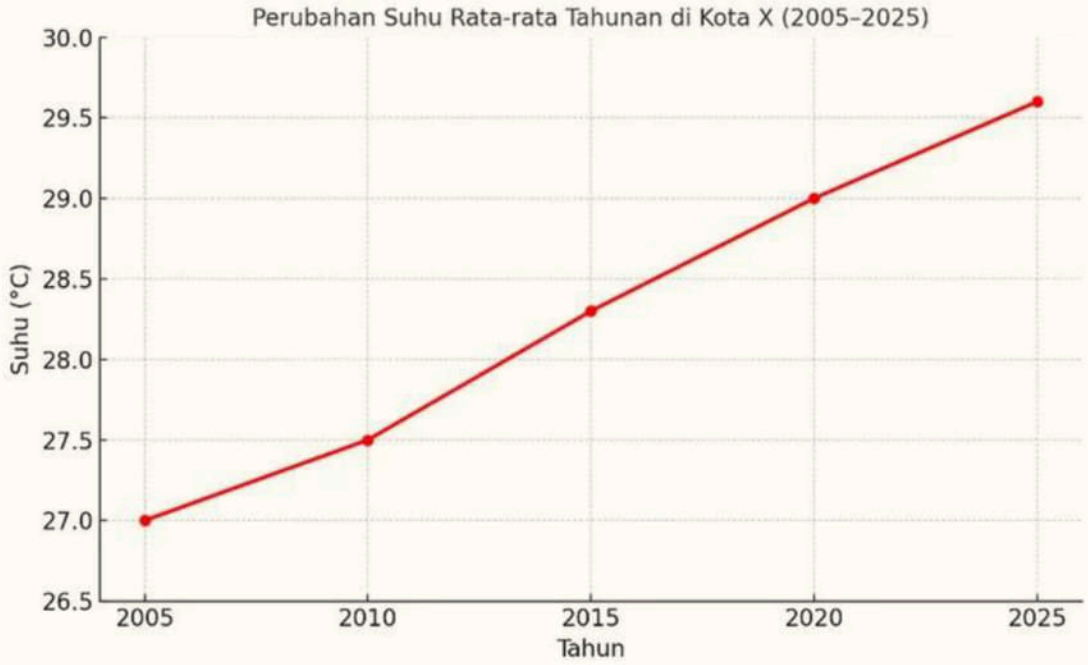
• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-21) dijawab benar oleh 33,05 % peserta. Ada **empat** pernyataan benar. Nilai kelima pernyataan satu per satu, dengan konsep di bagian 1–3.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

►. Grafik berikut ini menunjukkan data hasil pengukuran suhu rerata tahunan di kota X dalam kurun waktu 2005 sampai 2025.
Data lainnya menunjukkan bahwa selama periode yang sama (2005–2025), terjadi peningkatan drastis dalam jumlah kendaraan bermotor dan penggunaan AC di rumah dan gedung perkantoran. Selain itu, area hijau kota menurun 40% akibat pembangunan.
Berdasarkan data di atas, pilihlah semua pernyataan yang benar sesuai dengan kondisi dan fenomena tersebut! *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Grafik menunjukkan tren kenaikan suhu yang dapat disebabkan oleh peningkatan energi termal di lingkungan akibat aktivitas manusia.

☐ B. Emisi dari kendaraan dan AC menyebabkan peningkatan kalor laten di udara yang mengurangi efek rumah kaca.

☐ C. Penurunan area hijau menyebabkan berkurangnya pendinginan alami akibat proses transpirasi dan evaporasi.

☐ D. Kenaikan suhu udara dalam jangka panjang menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara energi yang diserap dan dipancarkan kembali oleh permukaan bumi.

☐ E. Peningkatan suhu udara berarti peningkatan energi kinetik rata-rata partikel udara di atmosfer.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 33,05 %

Pembahasan **Kunci: A, C, D, E**

Membaca grafik: suhu naik dari 27,0 °C (2005) ke 29,6 °C (2025), yaitu naik 2,6 °C dalam 20 tahun dan naik terus setiap 5 tahun.

Analisis tiap pernyataan:

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

1. ✓ Kendaraan dan AC melepas kalor buangan ke lingkungan kota; ditambah berkurangnya ruang hijau → energi termal lingkungan bertambah (efek pulau panas perkotaan).
2. ✗ Emisi gas buang (CO_2) dan refrigeran AC justru **menambah** efek rumah kaca, bukan mengurangi.
3. ✓ Tumbuhan mendinginkan udara lewat transpirasi/evaporasi yang menyerap kalor laten. Area hijau berkurang 40% → pendinginan alami berkurang.
4. ✓ Suhu naik terus berarti energi yang masuk/diserap lebih besar daripada yang dilepas kembali; sistem belum setimbang.
5. ✓ Suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata partikel ($E_k = \frac{3}{2}kT$), jadi suhu naik berarti energi kinetik rata-ratanya naik.

Jebakan: pernyataan 2 memakai istilah ilmiah ("kalor laten") tetapi kesimpulannya terbalik.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4, dan 5.

Pernyataan B paling menjebak. Kalimatnya memakai istilah "kalor laten" dan "efek rumah kaca", tetapi kesimpulannya terbalik: emisi kendaraan dan AC justru menambah efek rumah kaca. Pernyataan E tampak jauh dari topik lingkungan, tetapi benar: suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata partikel.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memilah kegiatan yang menambah gas rumah kaca. Tanyakan untuk setiap kegiatan: apakah ia membakar, membusukkan bahan organik tanpa udara, atau justru menyerap karbon?

►. Indonesia menyusun daftar kegiatan yang menambah gas rumah kaca di atmosfer. Kegiatan yang termasuk penambah gas rumah kaca adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Membakar sampah plastik dan daun secara terbuka di halaman.
☐ B. Memasang panel surya di atap sekolah untuk penerangan.
☐ C. Kebakaran lahan gambut pada musim kemarau.
☐ D. Sampah organik yang membusuk tertimbun di tempat pembuangan.
☐ E. Menanam hutan mangrove di pesisir pantai.

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

Pembahasan **Kunci: A, C, D**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: gas rumah kaca utama: CO_2 (pembakaran, kerusakan hutan/gambut), CH_4 (pembusukan tanpa udara, sawah, ternak), N_2O (pupuk).

Analisis pernyataan:

- 1 ✓ – pembakaran melepaskan CO_2.
- 2 ✗ – panel surya menghasilkan listrik tanpa pembakaran; justru mengurangi emisi.
- 3 ✓ – gambut menyimpan karbon yang terlepas sebagai CO_2 ketika terbakar.
- 4 ✓ – pembusukan tanpa udara menghasilkan metana (CH_4).
- 5 ✗ – mangrove menyerap CO_2; ini kegiatan mitigasi.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 4.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, bedakan mekanisme fisika, penyebab, dan upaya penanganan (mitigasi atau adaptasi).

1. Matahari memancarkan energi terutama berupa cahaya tampak, sedangkan permukaan Bumi memancarkan energi terutama berupa radiasi inframerah. Perbedaan ini penting untuk memahami efek rumah kaca.
Penyebab Bumi memancarkan inframerah, bukan cahaya tampak, adalah ....

A. Bumi tidak memiliki sumber energi sendiri
B. atmosfer Bumi menyerap seluruh cahaya tampak
C. suhu permukaan Bumi jauh lebih rendah daripada Matahari
D. permukaan Bumi berwarna gelap sehingga menyerap cahaya
E. gas rumah kaca mengubah cahaya tampak menjadi inframerah

2. Warga sebuah desa pesisir yang sering terkena banjir rob mulai melakukan berbagai upaya menghadapi perubahan iklim.
Upaya yang termasuk **adaptasi** terhadap dampak pemanasan global adalah ....

A. mengganti lampu rumah dengan lampu hemat energi
B. memakai kendaraan umum ke tempat kerja
C. membangun rumah panggung di atas genangan
D. menanam pohon di halaman rumah untuk menyerap CO_2
E. memasang panel surya di atap balai desa

Kunci singkat: 1. C 2. C

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa energi yang datang dari Matahari terutama berupa cahaya tampak, sedangkan energi yang dipancarkan Bumi berupa inframerah?
- Mengapa berkurangnya pohon di kota dapat menaikkan suhu udara, padahal pohon tidak menghasilkan dingin?
- Satu stasiun cuaca mencatat tahun yang lebih dingin daripada biasanya. Apakah itu membantah pemanasan global? Mengapa?



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-5.2

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

Sub bab 5.3 · Gas ideal

FIS-5.3

◎ APA YANG DIUJI

Udara di dalam ban, balon, tabung gas, dan paru-paru semuanya dapat dimodelkan sebagai **gas ideal**. Soal TKA menguji hubungan tekanan, volume, suhu, dan jumlah gas, baik lewat hitungan langsung maupun lewat grafik P–V.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-19	Menentukan salah satu nilai besaran fisis menggunakan konsep gas ideal	22,99 %

SA-19 hanya memerlukan satu persamaan, tetapi kurang dari seperempat peserta menjawab benar. Volume dan suhu berubah **bersamaan**, dan banyak peserta menganggap kedua pengaruh itu saling meniadakan atau hanya memperhitungkan salah satunya.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- memakai persamaan keadaan gas ideal $PV = nRT$ dengan satuan yang benar;
- memakai hukum Boyle, Charles, Gay-Lussac, dan persamaan gabungan;
- menghitung perubahan jumlah gas (gas keluar atau masuk);
- membaca grafik P–V dan menentukan suhu di setiap keadaan;
- menghubungkan suhu dengan energi kinetik dan kecepatan molekul.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

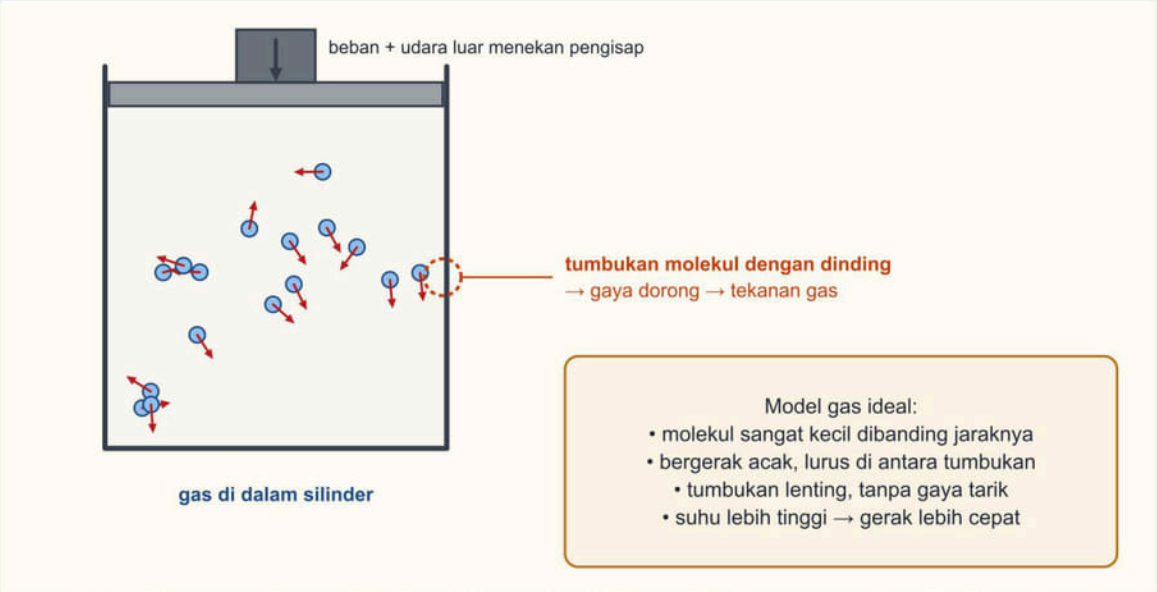
Ban sepeda yang dipompa terasa keras, balon yang dijemur menggelembung, dan tutup botol minuman bersoda bisa meloncat ketika dibuka. Semua itu perilaku **gas**. Gas berbeda dari zat padat dan cair: partikelnya berjauhan dan bergerak bebas, sehingga volume, tekanan, dan suhunya saling berkaitan erat. Sub bab ini membangun hubungan itu dari model partikel, lalu memakainya untuk hukum-hukum gas, grafik, dan teori kinetik.

1. Model gas ideal dan persamaan keadaan

Fisikawan memakai model sederhana yang disebut **gas ideal** (Gambar 5.14):

- molekul sangat kecil dibandingkan jarak antarmolekul, sehingga volume molekul sendiri diabaikan;
- molekul bergerak acak ke segala arah dan bergerak lurus di antara tumbukan;
- tumbukan antarmolekul dan dengan dinding bersifat lenting sempurna;
- tidak ada gaya tarik antarmolekul kecuali saat bertumbukan.

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



Gambar 5.14 Tekanan gas berasal dari tumbukan molekul dengan dinding dan pengisap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Tekanan gas berasal dari tumbukan molekul dengan dinding: setiap tumbukan memberi dorongan kecil, dan jutaan tumbukan per detik menghasilkan gaya rata-rata yang tetap per satuan luas. Dari model ini dapat dipahami secara kualitatif: tekanan naik bila molekul **lebih banyak** dalam volume yang sama (tumbukan lebih sering), bila **volume lebih kecil** (molekul lebih cepat menumbuk dinding lagi), atau bila **suhu lebih tinggi** (molekul lebih cepat dan menumbuk lebih keras). Gas nyata (udara, oksigen, nitrogen) berperilaku sangat mirip gas ideal pada tekanan tidak terlalu tinggi dan suhu tidak terlalu rendah.

Hubungan keempat besaran itu dinyatakan **persamaan keadaan gas ideal**:

$$PV = nRT = NkT$$

Lambang	Arti	Satuan SI
P	tekanan **mutlak**	Pa (1 atm ≈ 1,01 × 10^5 Pa)
V	volume	m^3 (1 L = 10^{-3} m^3)
n	jumlah mol ($n = \frac{m}{M}$)	mol
T	suhu **mutlak**	K ($T = t_{^\circ C} + 273$)
R	tetapan gas umum	8,31 J/(mol·K)
N, k	jumlah partikel, tetapan Boltzmann	$k = 1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K

Misalnya, paru-paru berisi 5 L udara bersuhu 37 °C (310 K) dan bertekanan 100 kPa mengandung $n = \dfrac{PV}{RT} = \dfrac{10^5 \times 5 \times 10^{-3}}{8{,}31 \times 310} \approx 0{,}19$ mol udara, atau sekitar $1{,}2 \times 10^{23}$ molekul. Perhatikan konversi satuannya: liter ke m^3 dan kPa ke Pa.

Persamaan ini juga memuat **hukum Avogadro**: pada tekanan dan suhu yang sama, volume yang

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

sama dari gas apa pun berisi jumlah molekul yang sama. Satu mol gas apa pun pada 0 °C dan 1 atm menempati sekitar 22,4 L, baik gas itu hidrogen yang ringan maupun karbon dioksida yang berat. Yang membedakan keduanya adalah massanya, bukan banyaknya molekul. Dengan $n = \frac{m}{M}$, persamaan gas dapat pula ditulis $PM = \rho RT$: pada tekanan dan suhu sama, gas dengan massa molar lebih besar memiliki massa jenis lebih besar. Itulah sebabnya karbon dioksida dari alat pemadam menumpuk di dekat lantai, sedangkan helium dalam balon naik.

Mengapa suhu harus kelvin? Bila volume gas pada tekanan tetap diukur pada beberapa suhu lalu digambarkan, garisnya lurus; bila garis itu diperpanjang ke volume nol, ia memotong sumbu suhu di sekitar −273 °C untuk gas apa pun (Gambar 5.15 tengah). Suhu itulah **nol mutlak** (0 K). Hanya dengan suhu mutlak, volume dan tekanan gas benar-benar **sebanding** dengan suhu.

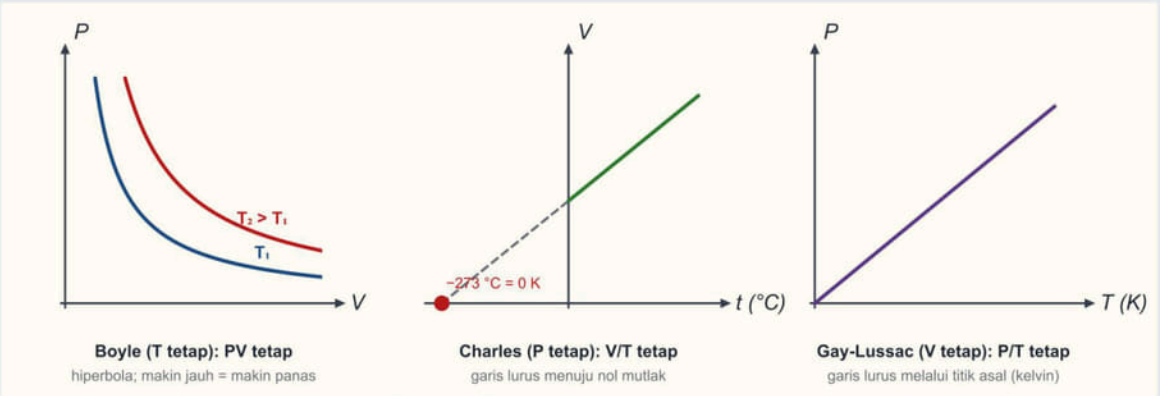
2. Hukum-hukum gas: bila jumlah gas tetap

Bila jumlah gas tetap (wadah tertutup, tidak bocor), $\frac{PV}{T} = nR$ tetap:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Besaran tetap	Nama	Hubungan
T	Boyle (isotermal)	$P_1 V_1 = P_2 V_2$: volume setengah → tekanan dua kali
P	Charles (isobarik)	$\frac{V}{T}$ tetap: suhu mutlak dua kali → volume dua kali
V	Gay-Lussac (isokhorik)	$\frac{P}{T}$ tetap: suhu mutlak dua kali → tekanan dua kali

Bentuk grafiknya ditunjukkan pada Gambar 5.15: Boyle berupa hiperbola pada grafik P–V, Charles berupa garis lurus pada grafik V–T, dan Gay-Lussac berupa garis lurus pada grafik P–T yang melalui titik asal bila suhunya dalam kelvin.



Gambar 5.15 Kiri: isoterm Boyle; tengah: garis Charles yang diperpanjang ke nol mutlak; kanan: garis Gay-Lussac. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

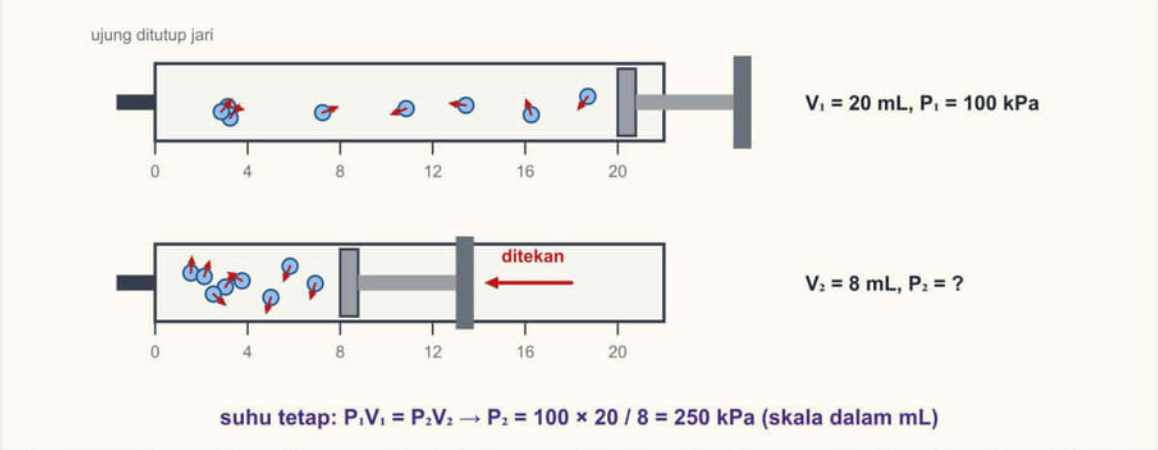
Bila dua besaran berubah sekaligus, kalikan pengaruhnya satu per satu. Misalnya volume menjadi $\frac{1}{3}$ (tekanan ×3) dan suhu mutlak menjadi 1,5 kali (tekanan ×1,5): tekanan akhir

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

$3 \times 1{,}5 = 4{,}5$ kali. Cara ini lebih cepat dan lebih sedikit salah daripada memasukkan semua angka ke rumus sekaligus.

Contoh terselesaikan 1: suntikan yang ujungnya ditutup

Sebuah suntikan berisi 20 mL udara bertekanan 100 kPa. Ujungnya ditutup jari, lalu pengisapnya ditekan perlahan sampai volume udara 8 mL. Suhu dianggap tetap. Berapa tekanan udara di dalam suntikan sekarang?



Gambar 5.16 Volume udara dikurangi dari 20 mL menjadi 8 mL pada suhu tetap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

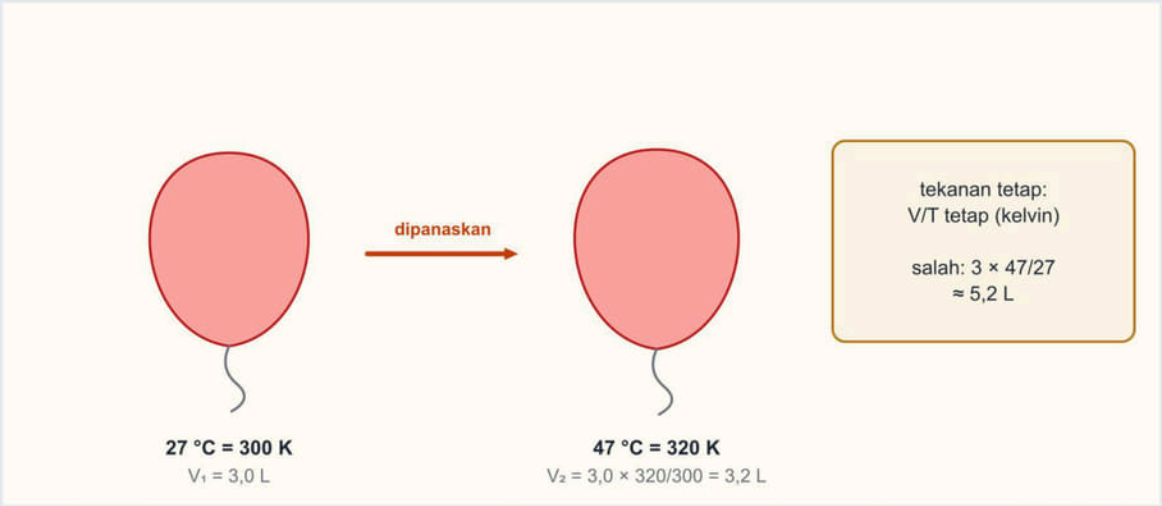
Penyelesaian.

1. Jumlah gas dan suhu tetap → hukum Boyle: $P_1V_1 = P_2V_2$.
2. $100 \times 20 = P_2 \times 8 \rightarrow P_2 = 250$ kPa.
3. Satuan volume boleh tetap mL karena muncul di kedua ruas.
4. Makna: molekul yang sama kini menempati ruang 2,5 kali lebih sempit, sehingga tumbukan dengan dinding 2,5 kali lebih sering (Gambar 5.16). Itulah sebabnya pengisap terasa makin berat ditekan.

Contoh terselesaikan 2: balon di dalam mobil yang panas

Sebuah balon pesta berisi 3,0 L udara pada 27 °C tertinggal di dalam mobil yang terparkir di bawah terik matahari, sehingga suhunya naik menjadi 47 °C. Tekanan di dalam balon dianggap tetap. Berapa volume balon sekarang?

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



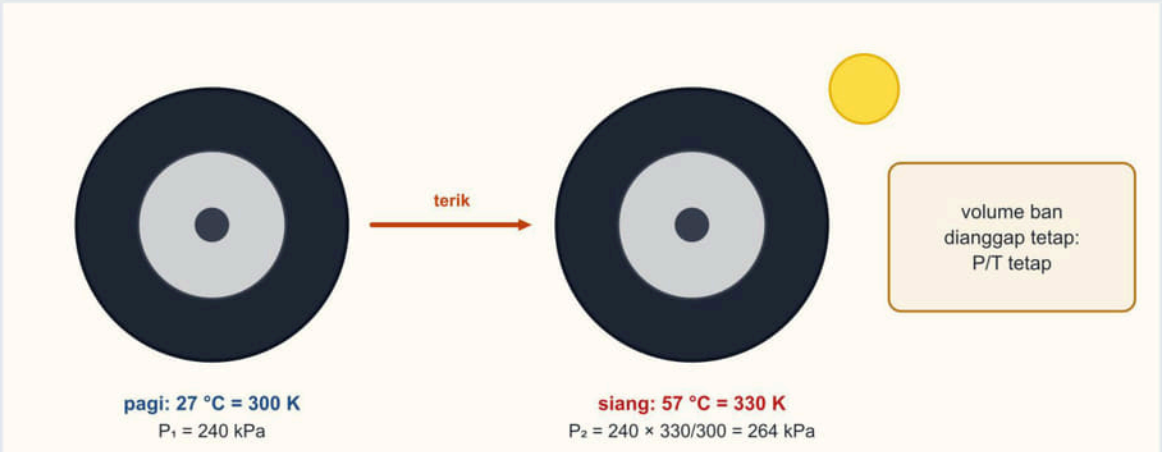
Gambar 5.17 Pada tekanan tetap, volume sebanding dengan suhu mutlak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Ubah ke kelvin: 27 °C = 300 K; 47 °C = 320 K.
2. Tekanan tetap → Charles: $V_2 = V_1 \times \dfrac{T_2}{T_1} = 3{,}0 \times \dfrac{320}{300} = 3{,}2$ L.
3. Bila suhu celsius dipakai, hasilnya $3 \times \frac{47}{27} \approx 5{,}2$ L, hampir dua kali lipat (Gambar 5.17).
4. Hasil 5,2 L jelas tidak masuk akal: kenaikan 20 °C tidak mungkin melipatduakan volume. Pemeriksaan "masuk akal" seperti ini menangkap kesalahan satuan suhu.

Contoh terselesaikan 3: ban mobil di siang terik

Tekanan udara di dalam ban mobil 240 kPa ketika suhunya 27 °C pada pagi hari. Siang hari setelah perjalanan jauh, suhu udara di dalam ban mencapai 57 °C. Volume ban dianggap tetap. Berapa tekanannya sekarang?



Gambar 5.18 Pada volume tetap, tekanan sebanding dengan suhu mutlak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Ubah ke kelvin: 300 K dan 330 K.

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

2. Volume tetap → Gay-Lussac: $P_2 = 240 \times \dfrac{330}{300} = 264$ kPa (Gambar 5.18).
3. Tekanan naik 10 %, sama dengan kenaikan suhu mutlaknya (330 : 300).
4. Karena itu pabrik ban menganjurkan memeriksa tekanan ban ketika ban masih dingin; pengukuran setelah perjalanan jauh selalu lebih tinggi.

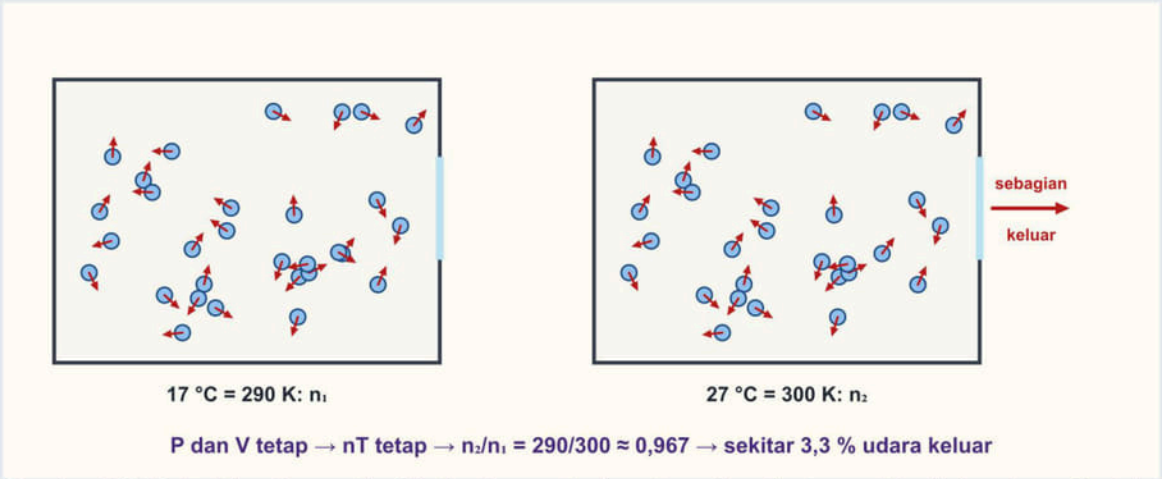
Tekanan mutlak dan tekanan pengukur. Pengukur ban menunjukkan tekanan **di atas** tekanan udara luar (tekanan pengukur). Persamaan gas memerlukan tekanan mutlak = tekanan pengukur + tekanan udara (±100 kPa). Bila soal hanya menyebut "tekanan udara di dalam ban" tanpa keterangan lain, pakailah angka itu sebagai tekanan gasnya.

3. Bila jumlah gas berubah

Bila gas keluar atau masuk (ban dipompa, tabung bocor, jendela terbuka), $\dfrac{PV}{T}$ tidak lagi tetap. Pakai $PV = nRT$ untuk keadaan awal dan akhir, lalu bandingkan. Pada **volume dan tekanan tetap** (misalnya ruangan berjendela terbuka), nT tetap: makin panas, makin sedikit gas yang tersisa. Pada **volume dan suhu tetap** (tabung gas), tekanan sebanding dengan jumlah mol: bila separuh gas terpakai, tekanannya tinggal separuh.

Contoh terselesaikan 4: kamar yang dipanaskan

Sebuah kamar berjendela terbuka dipanaskan dari 17 °C menjadi 27 °C. Volume dan tekanan udara di dalam kamar tetap. Berapa persen udara yang keluar dari kamar?



Gambar 5.19 Pada P dan V tetap, hasil kali nT tetap; ketika suhu naik, sebagian molekul keluar lewat jendela. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Ubah ke kelvin: 290 K dan 300 K.
2. P dan V tetap → $n_1 T_1 = n_2 T_2 \rightarrow \dfrac{n_2}{n_1} = \dfrac{290}{300} \approx 0{,}967.$
3. Udara yang tersisa 96,7 %, jadi sekitar **3,3 %** udara keluar (Gambar 5.19).
4. Perhatikan: yang ditanya persentase yang **keluar**, bukan yang tersisa. Baca ulang pertanyaan sebelum memilih jawaban.

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

4. Grafik P–V

Pada grafik tekanan terhadap volume:

- garis **mendatar**: isobarik (tekanan tetap);
- garis **tegak**: isokhorik (volume tetap);
- **hiperbola** (PV tetap): isotermal. Hiperbola yang lebih jauh dari titik asal memiliki suhu lebih tinggi.

Untuk menentukan suhu di setiap titik, bandingkan hasil kali PV: $\dfrac{T_2}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{P_1V_1}$. Dua titik dengan hasil kali PV sama memiliki suhu sama, walaupun letaknya berbeda. Misalnya titik (2 L; 300 kPa) dan (3 L; 200 kPa) bersuhu sama, sedangkan titik (3 L; 300 kPa) bersuhu 1,5 kali lebih tinggi. Grafik P–V akan dipakai lagi di Sub bab 5.4 untuk menghitung usaha gas.

5. Teori kinetik: suhu dan gerak molekul

Teori kinetik menghubungkan besaran makroskopis (tekanan, suhu) dengan gerak molekul. Energi kinetik rata-rata satu molekul:

$$\overline{E_k} = \tfrac{3}{2}kT$$

Kecepatan efektif (akar rata-rata kuadrat kecepatan) molekul:

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Jadi $\overline{E_k} \propto T$ dan $v_{\text{rms}} \propto \sqrt{T}$. Bila suhu gas dinaikkan dari 200 K menjadi 800 K (4 kali), energi kinetik rata-rata naik 4 kali, sedangkan v_{rms} hanya naik $\sqrt{4} = 2$ kali. Pada suhu yang sama, molekul yang lebih ringan bergerak lebih cepat, tetapi energi kinetik rata-ratanya sama: molekul hidrogen di udara bergerak sekitar empat kali lebih cepat daripada molekul oksigen karena massanya enam belas kali lebih kecil. Itulah sebabnya gas ringan seperti hidrogen dan helium mudah lolos dari atmosfer Bumi.

Suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata, bukan energi seluruh gas. Segelas air mendidih bersuhu lebih tinggi daripada air kolam renang, tetapi energi dalam total kolam jauh lebih besar karena jumlah molekulnya jauh lebih banyak.

6. Gas di sekitar kita dan salah paham yang sering muncul

Hukum gas menjelaskan banyak peristiwa sehari-hari. Kemasan keripik yang dibawa naik ke pegunungan menggembung karena tekanan udara luar berkurang sementara jumlah udara di dalam kemasan tetap. Penyelam yang naik ke permukaan harus menghembuskan napas, karena udara di paru-parunya memuai ketika tekanan air di sekitarnya berkurang. Kaleng semprot bertuliskan "jangan dibakar" karena pemanasan menaikkan tekanan gas di dalam kaleng yang volumenya tetap sampai kaleng dapat meledak. Balon udara panas naik karena udara di dalamnya dipanaskan pada tekanan hampir sama dengan udara luar, sehingga jumlah molekul per volume (dan massa jenisnya) lebih kecil.

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

Beberapa salah paham yang sering muncul:

- **"Suhu dua kali lipat dari 20 °C ke 40 °C."** Salah; dalam kelvin, 293 K ke 313 K hanya naik sekitar 7 %. Kata "dua kali suhu" dalam hukum gas selalu berarti dua kali suhu mutlak.
- **"Gas yang dimampatkan selalu menjadi panas."** Hanya bila pemampatan berlangsung cepat tanpa sempat melepas kalor. Pada pemampatan perlahan (isotermal), suhunya tetap; tekanan naik karena volume mengecil, bukan karena suhu naik.
- **"Tekanan gas di dasar wadah lebih besar daripada di atasnya."** Untuk gas di wadah sehari-hari, perbedaan itu dapat diabaikan; tekanan gas dianggap sama di seluruh wadah.
- **"Bila tekanan dan volume sama, jumlah gasnya pasti sama."** Hanya bila suhunya juga sama; $n = \dfrac{PV}{RT}$.

Sebelum menghitung, tuliskan dulu keadaan 1 dan keadaan 2 dalam tabel kecil (P, V, T, n), tandai besaran yang tetap, lalu pilih hubungan yang sesuai. Kebiasaan ini mencegah salah memilih hukum.

Ringkasan

- $PV = nRT$; P dan T selalu mutlak (Pa, K).
- Jumlah gas tetap: $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$; Boyle (T tetap), Charles (P tetap), Gay-Lussac (V tetap).
- Jumlah gas berubah: bandingkan n dari $PV = nRT$.
- Grafik P–V: mendatar isobarik, tegak isokhorik, hiperbola isotermal; suhu sebanding PV.
- $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$, $v_{\text{rms}} \propto \sqrt{T/M}$.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal gas ideal

1. **Ubah suhu ke kelvin.** Selalu, tanpa kecuali.
2. **Tentukan apakah jumlah gas tetap.** Tetap → pakai persamaan gabungan. Berubah → pakai $PV = nRT$ di setiap keadaan.
3. **Tentukan besaran yang tetap,** lalu coret dari persamaan.
4. **Untuk $PV = nRT$,** ubah semua ke satuan SI (Pa, m^3, K).
5. **Cek arah:** dimampatkan → tekanan naik; dipanaskan pada volume tetap → tekanan naik.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Suhu celsius dipakai	27 °C → 54 °C dikira suhu dua kali	300 K → 327 K, hanya 1,09 kali
Dua perubahan dianggap saling meniadakan	volume setengah dan suhu dua kali → tekanan tetap	volume setengah: ×2; suhu dua kali: ×2 lagi

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

Perbandingan volume dibalik	dimampatkan, tetapi tekanan dihitung turun	volume kecil → tekanan besar
Satuan liter dipakai langsung di $PV = nRT$	$V = 10$	$V = 10 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$
Persentase yang keluar tertukar dengan yang tersisa	60 % tersisa dijawab 60 % keluar	baca kata "keluar" atau "tersisa"
v_{rms} dianggap sebanding T	suhu 4 kali → kecepatan 4 kali	$v_{\text{rms}} \propto \sqrt{T}$

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-19) dijawab benar oleh 22,99 % peserta. Pakai cara "kalikan pengaruhnya satu per satu" di bagian 2: apa pengaruh volume yang menjadi setengah, dan apa pengaruh suhu yang menjadi dua kali?

►. Gas ideal di dalam tabung memiliki volume awal 2 liter, suhu 300 kelvin, dan tekanan 1 atmosfer. Jika gas dimampatkan hingga volumenya menjadi 1 liter dengan suhu dinaikkan 2 kali semula, tekanan akhirnya adalah ....

A. 0,5 atmosfer
B. 1 atmosfer
C. 2 atmosfer
D. 4 atmosfer
E. 6 atmosfer

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 22,99 %

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: jumlah gas tetap, sehingga $\dfrac{P_1V_1}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{T_2}$.

Langkah 1 – Data. $P_1 = 1$ atm, $V_1 = 2$ L, $T_1 = 300$ K; $V_2 = 1$ L, $T_2 = 600$ K.

Langkah 2 – Hitung. $P_2 = P_1 \cdot \dfrac{V_1}{V_2} \cdot \dfrac{T_2}{T_1} = 1 \times \dfrac{2}{1} \times \dfrac{600}{300} = 4$ atm.

Penalaran cepat: volume menjadi setengah → tekanan ×2; suhu ×2 → tekanan ×2 lagi. Total ×4 ✓.

Asal pengecoh: 1 atm (efek volume dan suhu dianggap saling meniadakan), 2 atm (hanya salah satu efek), 0,5 atm (perbandingan volume dibalik).

Jawaban: D.

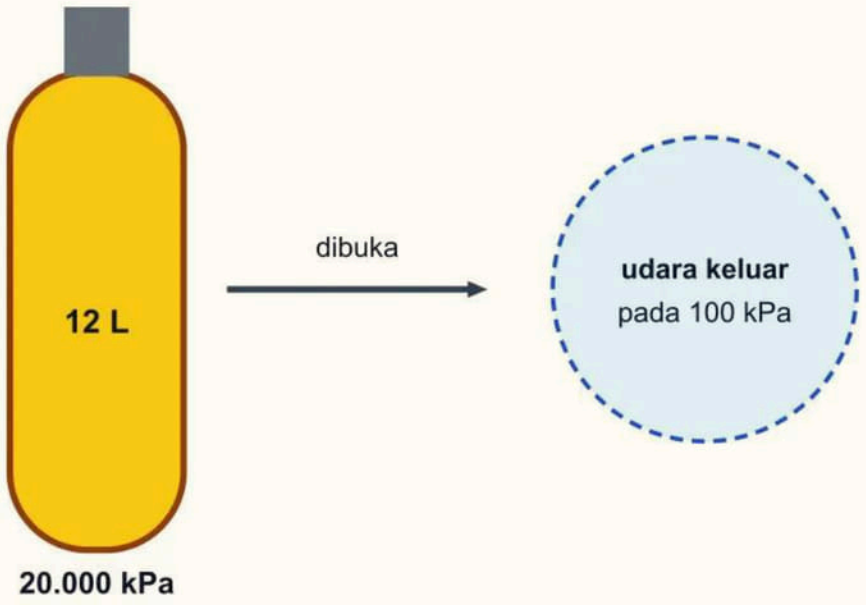
Pengecoh 1 atm adalah jawaban bagi peserta yang mengira kedua perubahan saling meniadakan. Pengecoh 2 atm muncul bila hanya satu perubahan diperhitungkan. Biasakan menulis $P_2 = P_1 \times \dfrac{V_1}{V_2} \times \dfrac{T_2}{T_1}$, lalu periksa arah setiap faktor.

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

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memakai hukum Boyle, tetapi jumlah gas di dalam tabung berubah. Hitung dulu volume seluruh udara pada tekanan akhir, lalu kurangkan udara yang tetap tertinggal di dalam tabung.

►. Tabung selam bervolume 12 L berisi udara bertekanan 20.000 kPa. Katup tabung dibuka di permukaan laut sampai tekanan di dalam tabung sama dengan tekanan udara luar, 100 kPa, seperti pada gambar. Suhu udara dianggap tetap.
Volume udara (diukur pada 100 kPa) yang keluar dari tabung adalah ....



A. 2.400 L
B. 2.388 L
C. 0,06 L
D. 240 L
E. 2.412 L

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: suhu tetap → hukum Boyle $P_1V_1 = P_2V_2$ untuk seluruh udara; sebagian udara tetap tertinggal di dalam tabung.

Langkah – Seluruh udara pada 100 kPa: $V = \dfrac{20.000 \times 12}{100} = 2.400$ L. Yang tertinggal di tabung 12 L, jadi yang keluar $2.400 - 12 = 2.388$ L.

Analisis opsi:

• A (2.400 L) ✗ – itu volume seluruh udara pada 100 kPa; udara yang tetap tertinggal di dalam tabung (12 L) belum dikurangkan.

• B (2.388 L) ✓ – 2.400 L dikurangi 12 L yang tertinggal.

• C (0,06 L) ✗ – perbandingan tekanan dibalik.

• D (240 L) ✗ – perbandingan tekanan dibaca 20 kali, bukan 200 kali.

• E (2.412 L) ✗ – volume tabung justru ditambahkan.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Tulis dulu besaran yang tetap (suhu, tekanan, atau volume) dan apakah jumlah gasnya berubah.

1. Gas ideal di dalam tabung tertutup yang volumenya tetap dipanaskan dari 300 K menjadi 600 K.

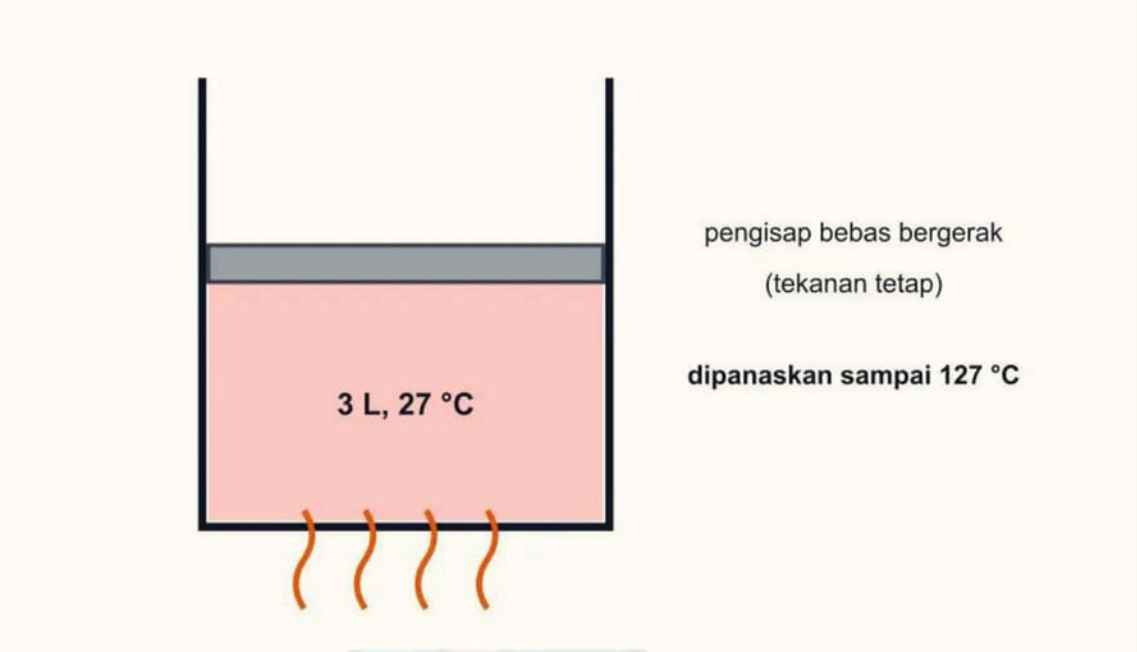
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Energi kinetik rata-rata molekul gas menjadi 2 kali semula.	○	○
Kelajuan efektif molekul gas menjadi 2 kali semula.	○	○
Tekanan gas di dalam tabung menjadi 2 kali semula.	○	○

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

2. Gas ideal di dalam silinder berpengisap yang bebas bergerak bervolume 3 L pada suhu 27 °C. Gas dipanaskan perlahan sampai 127 °C sehingga pengisap naik dan tekanan gas tetap, seperti pada gambar.
Volume gas sekarang adalah ....



A. 14,1 L
B. 2,25 L
C. 3 L
D. 4 L
E. 6 L

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa suhu harus dalam kelvin pada persamaan gas, tetapi boleh dalam celsius saat menghitung ΔT pada $Q = mc\Delta T$?
- Volume gas dijadikan sepertiga dan suhu mutlaknya dijadikan dua kali. Tekanannya menjadi berapa kali?
- Pada suhu yang sama, molekul mana yang bergerak lebih cepat: hidrogen atau oksigen? Mana yang energi kinetik rata-ratanya lebih besar?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-5.3

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

Sub bab 5.4 · Termodinamika dan mesin kalor

FIS-5.4

◎ APA YANG DIUJI

Termodinamika menjelaskan bagaimana kalor diubah menjadi usaha (mesin kendaraan, pembangkit listrik) dan bagaimana usaha dipakai untuk memindahkan kalor (kulkas, AC). Soal TKA menguji **hukum I** (kekekalan energi), **proses-proses gas** pada grafik P–V, serta **efisiensi** mesin kalor dan batasnya menurut **hukum II**.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-20	Menganalisis salah satu besaran fisis berdasarkan data menggunakan prinsip hukum termodinamika	26,64 %

SA-20 hanya memerlukan rumus efisiensi. Sumber kesalahannya adalah **persentase perubahan**: efisiensi naik, sehingga kalor yang diperlukan turun. Namun berapa persen turunnya harus dihitung dari nilai kalor, bukan ditebak dari selisih efisiensi.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- memakai hukum I termodinamika dengan tanda Q dan W yang benar;
- menentukan Q, W, dan ΔU pada proses isobarik, isokhorik, isotermal, dan adiabatik;
- menghitung usaha sebagai luas pada grafik P–V, termasuk pada siklus;
- menghitung efisiensi mesin kalor dan efisiensi Carnot, lalu menilai klaim mesin;
- menghitung koefisien kinerja mesin pendingin.

NEXT LEVEL STUDY

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Mesin sepeda motor, pembangkit listrik tenaga uap, kulkas, dan AC bekerja dengan prinsip yang sama: memindahkan energi antara kalor dan usaha melalui gas. **Termodinamika** adalah ilmu tentang perpindahan energi itu. Sub bab ini memakai gas ideal dari Sub bab 5.3 sebagai "zat kerja", lalu membahas hukum I (kekekalan energi), usaha pada grafik P–V, empat proses dasar, siklus mesin kalor, batas efisiensi Carnot (hukum II), dan mesin pendingin.

1. Sistem, energi dalam, dan hukum I termodinamika

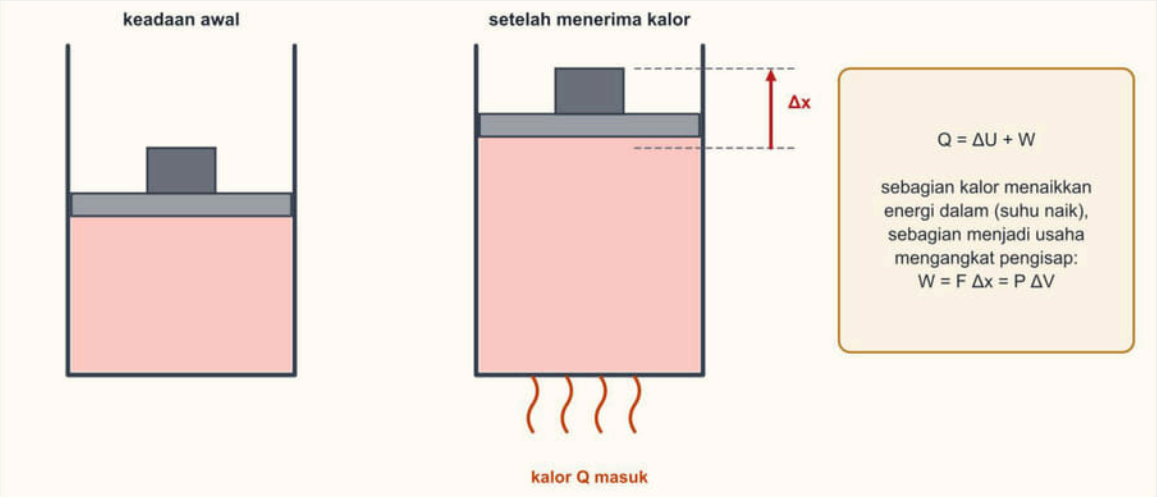
Sistem adalah benda yang diamati (misalnya gas di dalam silinder); segala sesuatu di luarnya adalah **lingkungan**. Energi sistem dapat berubah melalui dua cara: **kalor** Q (karena beda suhu) dan **usaha** W (karena gaya yang memindahkan, misalnya pengisap yang bergeser). **Energi dalam** U adalah jumlah energi kinetik semua molekul gas; untuk gas ideal, energi dalam hanya bergantung pada suhu.

Energi kekal. Kalor yang diterima gas dipakai untuk menaikkan energi dalam dan untuk

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

melakukan usaha (Gambar 5.20):

$$Q = \Delta U + W$$



Gambar 5.20 Kalor yang masuk sebagian menaikkan energi dalam, sebagian menjadi usaha untuk mengangkat pengisap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

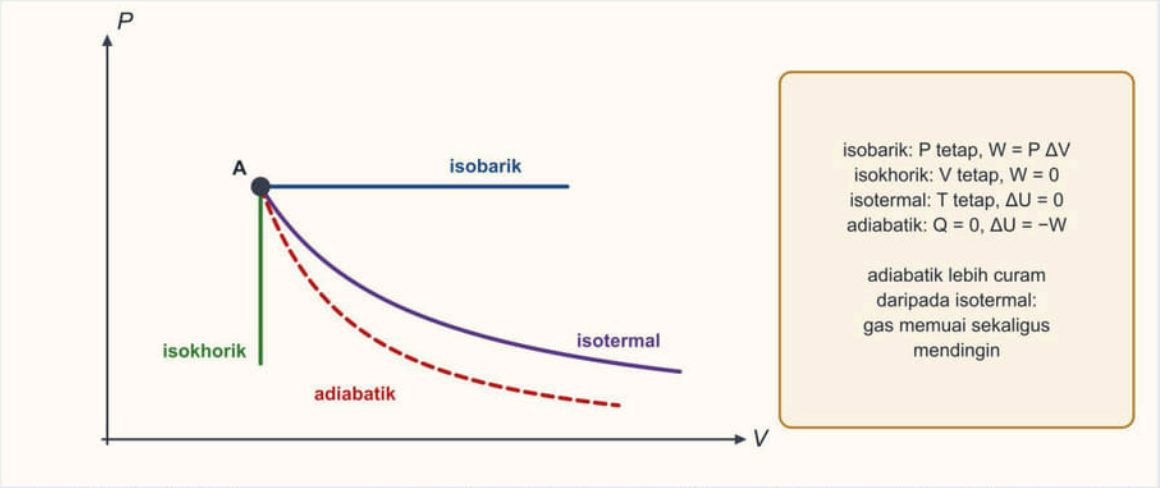
Besaran	Positif (+) bila	Negatif (−) bila
Q	gas **menerima** kalor	gas **melepas** kalor
W	gas **melakukan** usaha (memuai)	usaha dilakukan **pada** gas (dimampatkan)
ΔU	suhu naik	suhu turun

Untuk gas monoatomik: $\Delta U = \frac{3}{2} nR\,\Delta T$. Contoh singkat tanda: gas yang menerima kalor 800 J dan melakukan usaha 500 J mengalami $\Delta U = 800 - 500 = +300$ J (suhu naik). Gas yang **melepas** 800 J dan **dimampatkan** dengan usaha 500 J mengalami $\Delta U = -800 - (-500) = -300$ J (suhu turun). Tuliskan tanda setiap besaran sebelum memasukkan angka; hampir semua kesalahan termodinamika berasal dari tanda.

2. Usaha pada grafik P–V dan empat proses

Ketika gas bertekanan P mendorong pengisap seluas A sejauh Δx, usahanya $W = F\Delta x = PA\Delta x = P\Delta V$. Bila tekanan berubah, usaha sama dengan **luas di bawah grafik** P–V: positif bila volume membesar, negatif bila volume mengecil. Satuan yang praktis: 1 kPa × 1 L = 1 J.

Empat proses dasar ditunjukkan pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Dari titik A yang sama: isobarik (mendatar), isokhorik (tegak), isotermal (hiperbola), dan adiabatik (lebih curam). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

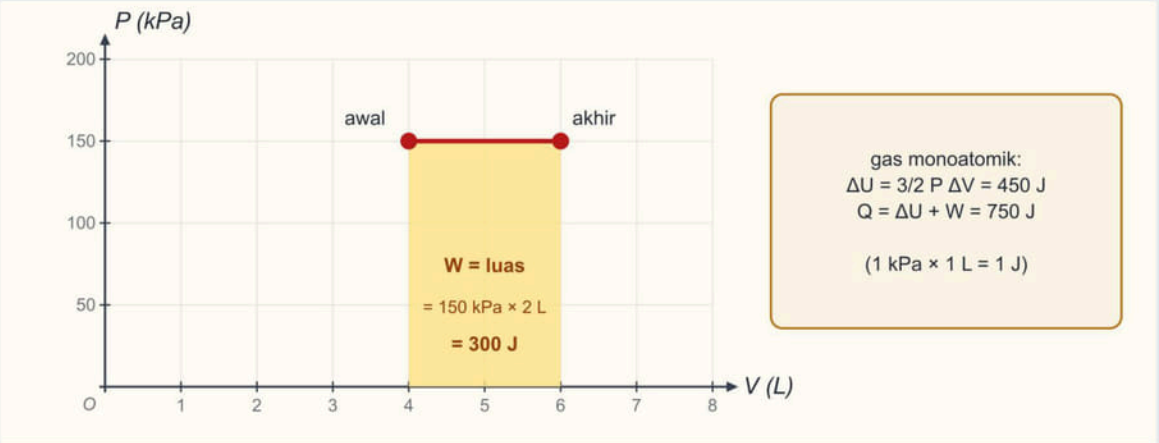
Proses	Ciri	Usaha W	Hukum I
Isobarik	P tetap	$P\,\Delta V$	$Q = \Delta U + P\Delta V$
Isokhorik	V tetap	0	$Q = \Delta U$
Isotermal	T tetap	$nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$	$\Delta U = 0$, jadi $Q = W$
Adiabatik	tanpa pertukaran kalor	luas di bawah kurva	$Q = 0$, jadi $\Delta U = -W$

Dua akibat penting:

- Pada isotermal, gas yang **dimampatkan** ($W < 0$) harus **melepas** kalor ($Q < 0$) agar suhunya tetap.
- Pada adiabatik, gas yang dimampatkan menjadi **panas** (ujung pompa ban terasa hangat), dan gas yang memuai menjadi **dingin** (semprotan gas dari kaleng terasa dingin). Karena itu kurva adiabatik lebih curam daripada isotermal: saat memuai, tekanannya turun karena volume membesar **dan** karena suhunya turun.

Contoh terselesaikan 1: pemuaian pada tekanan tetap

Gas monoatomik di dalam silinder memuai pada tekanan tetap 150 kPa dari 4 L menjadi 6 L. Hitung usaha, perubahan energi dalam, dan kalor yang diserap.



Gambar 5.22 Usaha gas sama dengan luas persegi panjang di bawah garis isobarik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Usaha = luas (Gambar 5.22): $W = 150 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-3} = 300$ J.
2. $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} P\Delta V = 450$ J (karena $PV = nRT$).
3. $Q = \Delta U + W = 450 + 300 = 750$ J.
4. Kalor yang diserap lebih besar daripada usahanya, karena sebagian kalor menaikkan suhu gas. Pada proses isobarik, hanya 40 % kalor gas monoatomik yang menjadi usaha.

3. Siklus dan mesin kalor

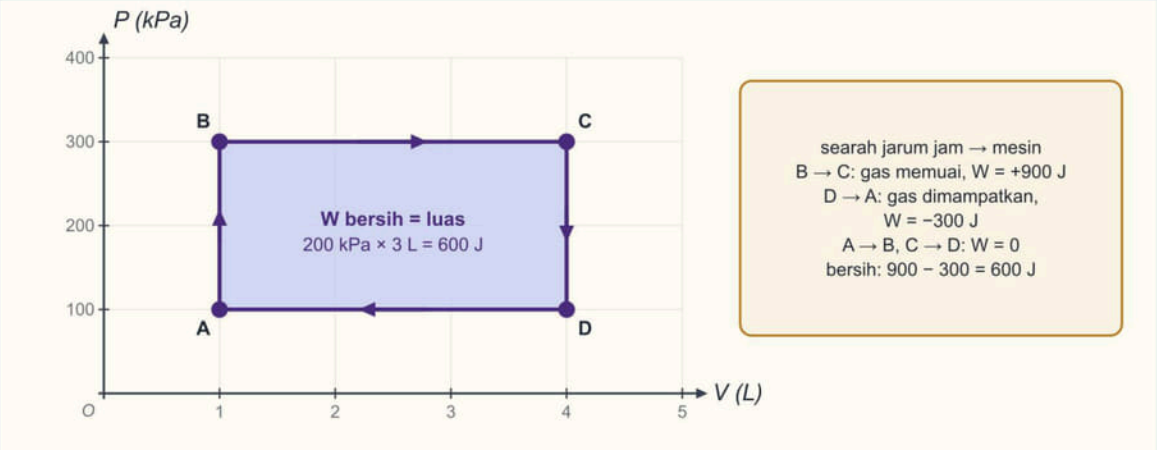
Pada satu **siklus**, gas kembali ke keadaan awal, sehingga $\Delta U = 0$ dan **usaha bersih = kalor bersih**. Usaha bersih sama dengan **luas di dalam siklus**: siklus searah jarum jam pada grafik P–

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

V menghasilkan usaha (mesin kalor), sedangkan siklus berlawanan arah jarum jam memerlukan usaha (mesin pendingin).

Contoh terselesaikan 2: siklus persegi

Gas menjalani siklus A → B → C → D → A dengan A (1 L; 100 kPa), B (1 L; 300 kPa), C (4 L; 300 kPa), dan D (4 L; 100 kPa). Berapa usaha bersih tiap siklus?



Gambar 5.23 Siklus searah jarum jam; usaha bersih sama dengan luas yang dikelilingi siklus. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. A → B dan C → D isokhorik: $W = 0$.
2. B → C memuai pada 300 kPa: $W = 300 \times 3 = +900$ J. D → A dimampatkan pada 100 kPa: $W = 100 \times (-3) = -300$ J.
3. Usaha bersih $= 900 - 300 = 600$ J, sama dengan luas persegi panjang $200\ \text{kPa} \times 3\ \text{L}$ (Gambar 5.23).
4. Karena $\Delta U = 0$ untuk satu siklus, kalor bersih yang diserap juga 600 J. Siklus searah jarum jam → mesin yang menghasilkan usaha.

Mesin kalor menyerap kalor Q_1 dari sumber panas (reservoir suhu tinggi T_1), menghasilkan usaha W, dan membuang kalor Q_2 ke tempat dingin (T_2):

$$W = Q_1 - Q_2, \qquad \eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Hukum II termodinamika: tidak ada mesin yang mengubah **seluruh** kalor menjadi usaha; selalu ada kalor yang dibuang. Batas tertinggi adalah **mesin Carnot**, mesin ideal tanpa gesekan yang bekerja dengan dua proses isotermal dan dua proses adiabatik:

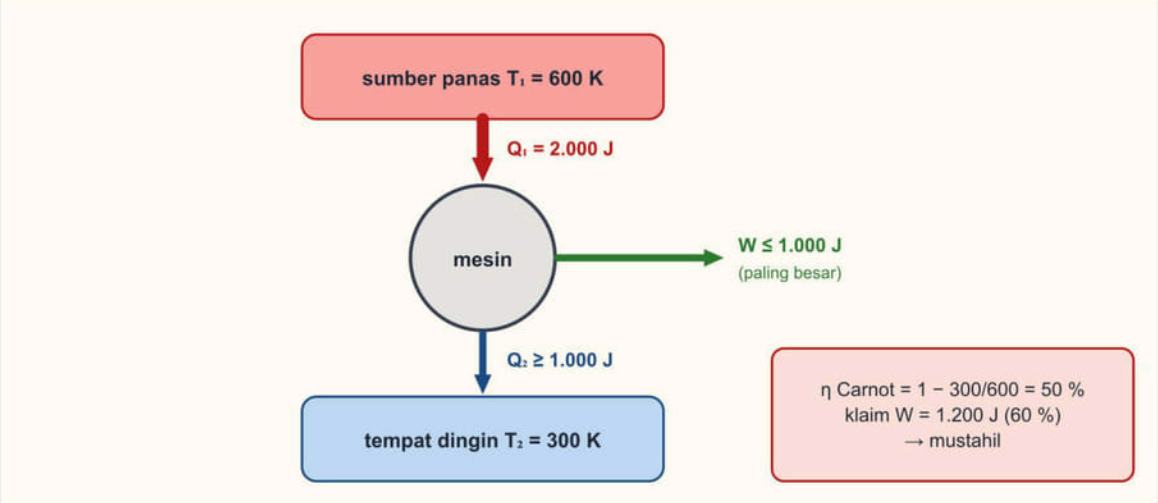
$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (T \text{ dalam kelvin})$$

Mesin nyata selalu memiliki efisiensi lebih kecil, misalnya mesin bensin sekitar 25–30 %. **Klaim efisiensi yang melebihi efisiensi Carnot pasti salah.** Efisiensi Carnot naik bila T_1 dinaikkan atau T_2 diturunkan; perubahannya **tidak sebanding**, jadi hitung ulang dengan rumus, jangan mengalikan efisiensi lama dengan perbandingan suhu.

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

Contoh terselesaikan 3: memeriksa klaim mesin

Seorang penemu mengaku mesinnya menyerap 2.000 J kalor dari sumber bersuhu 600 K, membuang kalor ke udara bersuhu 300 K, dan menghasilkan usaha 1.200 J tiap siklus. Mungkinkah klaim itu benar?



Gambar 5.24 Dari 2.000 J kalor, paling banyak 1.000 J dapat menjadi usaha bila suhu reservoir 600 K dan 300 K. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Efisiensi yang diklaim: $\eta = \dfrac{1.200}{2.000} = 60\ \%$.
2. Batas Carnot: $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \dfrac{300}{600} = 50\ \%$.
3. Usaha paling besar $= 0{,}5 \times 2.000 = 1.000$ J, dan kalor yang dibuang paling sedikit 1.000 J (Gambar 5.24).
4. Klaim 60 % melebihi batas Carnot, jadi **mustahil**, berapa pun bagusnya rancangan mesin itu.

4. Persentase perubahan: hitung dari besaran yang ditanya

Soal sering menanyakan persentase perubahan suatu besaran ketika efisiensi berubah. Untuk usaha yang sama, $Q_1 = \dfrac{W}{\eta}$, sehingga kalor yang diperlukan berbanding **terbalik** dengan efisiensi. Langkah amannya: hitung besaran yang ditanya **sebelum** dan **sesudah**, lalu hitung persentase perubahannya terhadap nilai **sebelum**. Jangan langsung memakai selisih persentase efisiensi, karena "naik 5 persen poin" berbeda dengan "naik 5 %", dan keduanya berbeda dengan persentase perubahan kalor.

5. Mesin pendingin

Kulkas dan AC adalah mesin kalor yang bekerja **terbalik**: dengan usaha W (listrik), mesin menyerap kalor Q_2 dari tempat dingin dan membuang Q_1 ke tempat panas.

$$Q_1 = Q_2 + W, \qquad \text{COP} = \frac{Q_2}{W}, \qquad \text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

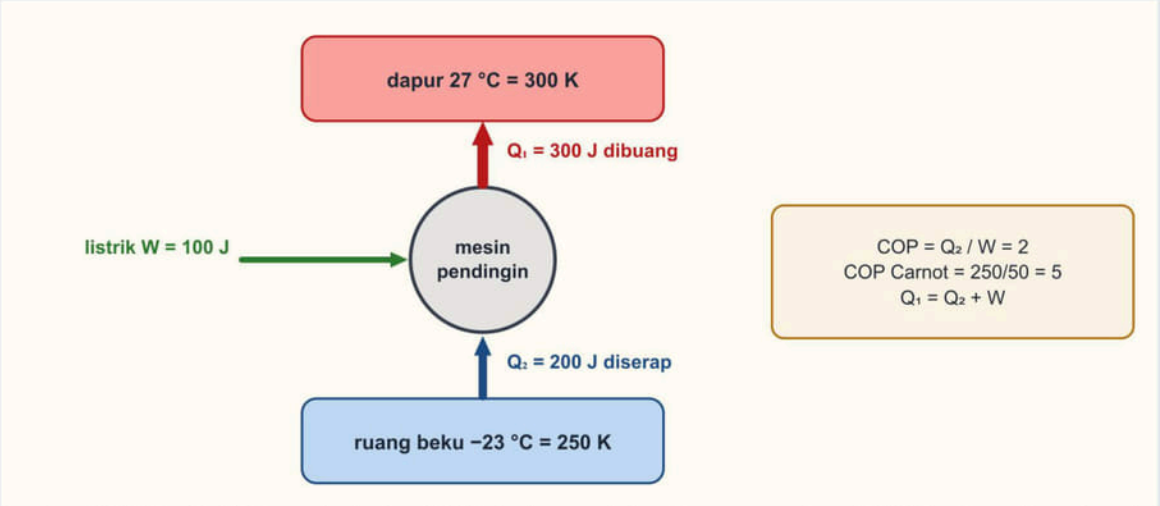
COP (*coefficient of performance*, koefisien kinerja) menyatakan berapa joule kalor yang

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

dipindahkan dari ruang dingin untuk setiap joule listrik. Kalor tidak mengalir sendiri dari benda dingin ke benda panas (hukum II), sehingga mesin pendingin selalu memerlukan usaha. Kalor yang dibuang ke luar **lebih besar** daripada kalor yang diserap dari dalam; itulah sebabnya bagian belakang kulkas terasa hangat, dan membuka pintu kulkas tidak dapat mendinginkan dapur. Makin besar beda suhu dalam dan luar, makin kecil COP maksimumnya. Karena itu menyetel AC terlalu dingin pada siang yang terik memboroskan listrik dua kali: kalor yang harus dipindahkan bertambah, dan setiap joule listrik memindahkan kalor lebih sedikit. AC rumah umumnya memiliki COP sekitar 3, artinya untuk setiap 1 J listrik, sekitar 3 J kalor dipindahkan dari kamar ke luar.

Contoh terselesaikan 4: freezer di dapur

Sebuah freezer menjaga bagian dalamnya pada −23 °C, sedangkan suhu dapur 27 °C. COP freezer itu 2. Berapa COP maksimum yang mungkin, dan berapa kalor yang dibuang ke dapur setiap freezer memakai 100 J listrik?



Gambar 5.25 Listrik 100 J memindahkan 200 J dari ruang beku; dapur menerima 300 J. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Ubah ke kelvin: $T_2 = 250$ K, $T_1 = 300$ K.
2. $\text{COP}_{\text{Carnot}} = \dfrac{250}{300 - 250} = 5$; COP nyata 2 masih di bawah batas.
3. $Q_2 = \text{COP} \times W = 2 \times 100 = 200$ J diserap dari ruang beku.
4. $Q_1 = Q_2 + W = 300$ J dibuang ke dapur (Gambar 5.25).

6. Mesin nyata dan arah alami proses

Mesin bensin empat langkah pada sepeda motor adalah contoh mesin kalor yang paling dekat dengan kita. Pada langkah **isap**, campuran bensin dan udara masuk ke silinder. Pada langkah **kompresi**, piston menekan campuran itu dengan cepat, hampir adiabatik, sehingga suhu dan tekanannya naik. Busi memercikkan api; pembakaran melepas kalor dalam waktu sangat singkat (Q_1 masuk, hampir isokhorik). Pada langkah **usaha**, gas panas bertekanan tinggi mendorong piston (memuai hampir adiabatik); inilah satu-satunya langkah yang menghasilkan usaha. Pada

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

langkah **buang**, gas sisa yang masih panas dikeluarkan lewat knalpot (Q_2 dibuang). Panas knalpot dan radiator adalah bukti langsung hukum II: sebagian besar kalor bahan bakar tidak menjadi usaha.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) bekerja dengan prinsip sama dalam skala besar: air dipanaskan menjadi uap bertekanan tinggi, uap memutar turbin, lalu uap didinginkan kembali menjadi air di kondensor dengan air laut atau air sungai. Itulah sebabnya banyak PLTU dibangun di tepi pantai: tempat dingin (T_2) yang besar diperlukan agar mesin dapat bekerja, dan air pendingin yang keluar lebih hangat daripada air yang masuk.

Arah alami proses. Kopi panas di meja selalu mendingin sampai sama dengan suhu ruang; tidak pernah kopi suam-suam kuku tiba-tiba memanas sendiri sambil mendinginkan udara di sekitarnya, walaupun hal itu tidak melanggar kekekalan energi. Hukum II menyatakan arah alami ini: kalor mengalir sendiri dari benda panas ke benda dingin, tidak sebaliknya. Untuk membalik arah itu (seperti di kulkas) diperlukan usaha dari luar. Proses yang berjalan sendiri ini tidak dapat dibalik tanpa "biaya"; para fisikawan mengukurnya dengan besaran yang disebut **entropi**, yang pada sistem terisolasi tidak pernah berkurang.

7. Salah paham yang sering muncul

- **"Bila gas menerima kalor, suhunya pasti naik."** Tidak selalu. Pada proses isotermal, seluruh kalor menjadi usaha dan suhu tetap. Suhu naik hanya bila ΔU positif.
- **"Usaha selalu positif."** Usaha oleh gas negatif ketika gas dimampatkan. Pada siklus, usaha bagian pemuaian dan bagian pemampatan harus dijumlahkan dengan tandanya.
- **"Efisiensi 100 % mungkin bila mesinnya sempurna tanpa gesekan."** Mesin Carnot sudah tanpa gesekan, tetapi efisiensinya tetap $1 - T_2/T_1 < 1$, karena kalor harus dibuang ke tempat dingin.
- **"Kulkas yang pintunya dibuka dapat mendinginkan dapur."** Kulkas membuang kalor ke dapur lebih banyak daripada yang diserapnya dari dalam, jadi dapur justru sedikit lebih hangat.
- **"Suhu reservoir boleh dalam celsius."** Rumus Carnot hanya benar dengan kelvin. Dengan celsius, sumber 327 °C dan tempat dingin 27 °C akan memberi efisiensi $1 - 27/327 \approx 92\ \%$, padahal yang benar 50 %.

Sebelum menghitung soal termodinamika, tuliskan dulu proses apa yang terjadi (isobarik, isokhorik, isotermal, adiabatik, atau siklus), besaran mana yang nol, dan tanda Q serta W. Setelah itu hukum I hampir selalu menyelesaikan soal dalam satu atau dua langkah.

Ringkasan

- Hukum I: $Q = \Delta U + W$ (perhatikan tanda); gas ideal: U hanya bergantung pada T.
- Usaha = luas di bawah grafik P–V; siklus: usaha bersih = luas di dalam siklus.
- Isobarik $W = P\Delta V$; isokhorik $W = 0$; isotermal $\Delta U = 0$; adiabatik $Q = 0$.
- Mesin kalor $\eta = W/Q_1 \le 1 - T_2/T_1$; mesin pendingin $\mathrm{COP} = Q_2/W \le T_2/(T_1 - T_2)$.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal termodinamika

1. **Tentukan tanda** Q dan W dari kata di soal: "menerima/melepas", "melakukan usaha/dikenai usaha".
2. **Kenali prosesnya** dari grafik atau keterangan, lalu pakai baris yang sesuai di tabel bagian 2.
3. **Untuk siklus,** $\Delta U = 0$; usaha bersih = luas di dalam siklus; arah menentukan jenis mesin.
4. **Untuk efisiensi,** ubah suhu ke kelvin; bandingkan efisiensi mesin dengan efisiensi Carnot.
5. **Untuk persentase perubahan,** hitung nilai sebelum dan sesudah dari besaran yang ditanya, lalu bagi selisihnya dengan nilai awal.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Tanda Q atau W terbalik	gas dimampatkan memakai W positif	dikenai usaha → W negatif
Isobarik dianggap $\Delta U = 0$	"tekanan tetap, energi dalam tetap"	$\Delta U = 0$ hanya pada isotermal (dan pada satu siklus)
Adiabatik dianggap suhu tetap	"tidak ada kalor, jadi suhu tetap"	$Q = 0$, tetapi $\Delta U = -W$
Usaha siklus dihitung dari satu sisi saja	hanya luas di bawah garis atas	usaha bersih = luas di **dalam** siklus
Suhu celsius pada efisiensi Carnot	$1 - \frac{27}{227}$	ubah ke kelvin dulu: $1 - \frac{300}{500}$
Persentase perubahan ditebak	efisiensi 30 % → 50 %, kalor dikira turun 20 %	hitung $Q = \frac{W}{\eta}$ sebelum dan sesudah
Kalor buang kulkas $= Q_2 - W$	500 J − 200 J	$Q_1 = Q_2 + W$

● BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-20) dijawab benar oleh 26,64 % peserta. Ikuti Contoh terselesaikan 4: hitung kalor masuk sebelum dan sesudah perbaikan, lalu persentase perubahannya terhadap nilai **sebelum**.

►. Sebuah mesin kalor menyerap kalor dari sumber panas, melakukan usaha, dan membuang sisa kalor ke lingkungan. Pada tahap awal, mesin ini memiliki efisiensi 30%, dan usaha yang dihasilkan tiap siklus adalah 600 J. Setelah beberapa waktu, mesin ini diperbaiki sehingga memiliki efisiensi 50%.

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

Agar mesin ini tetap dapat menghasilkan usaha yang sama dan kondisi lingkungan kerja tetap, bagaimana kebutuhan kalor masuk pada mesin tersebut setelah diperbaiki?

A. Membutuhkan kalor 40% lebih banyak.
B. Membutuhkan kalor 40% lebih sedikit.
C. Membutuhkan kalor 75% lebih sedikit.
D. Membutuhkan kalor 25% lebih banyak.
E. Membutuhkan kalor 50% lebih sedikit.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 26,64 %

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: efisiensi $\eta = \dfrac{W}{Q_{\text{masuk}}}$ sehingga $Q_{\text{masuk}} = \dfrac{W}{\eta}$.

Langkah 1 – Sebelum diperbaiki. $Q_1 = \dfrac{600}{0{,}30} = 2.000\ \text{J}$.

Langkah 2 – Setelah diperbaiki. $Q_2 = \dfrac{600}{0{,}50} = 1.200\ \text{J}$.

Langkah 3 – Perubahan relatif. $\dfrac{2.000 - 1.200}{2.000} = \dfrac{800}{2.000} = 40\%$ lebih sedikit.

Asal pengecoh:
• 40% lebih banyak: besar perubahannya benar, tetapi arahnya terbalik. Efisiensi naik berarti kalor yang dibutuhkan untuk usaha yang sama **berkurang**.
• 50% lebih sedikit: menganggap kalor turun sebanding dengan selisih efisiensi tanpa menghitung $Q = W/\eta$.
• 25% lebih banyak / 75% lebih sedikit: tidak sesuai dengan perbandingan $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{0{,}30}{0{,}50} = 0{,}6$.

Jawaban: B.

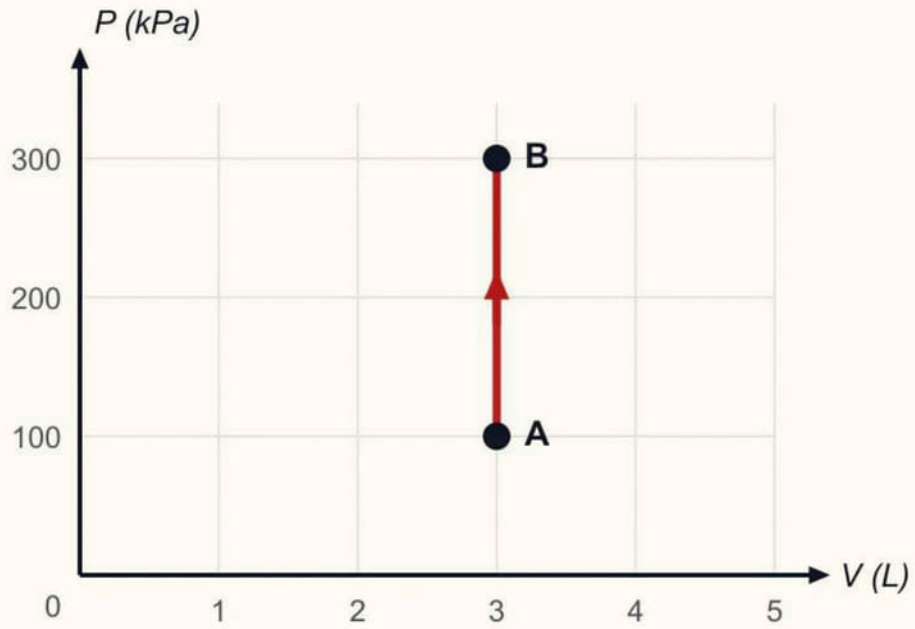
Pengecoh 40 % lebih banyak memakai angka yang benar, tetapi arahnya terbalik. Efisiensi naik berarti mesin lebih hemat, jadi kalor yang diperlukan **berkurang**. Pengecoh 50 % lebih sedikit menganggap kalor turun sebanding dengan selisih efisiensi. Pada soal persentase, selalu tulis dua nilai, lalu hitung perubahannya.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membaca proses isokhorik dari grafik P–V. Garis tegak berarti volume tetap, sehingga $W = 0$ dan seluruh kalor menaikkan energi dalam.

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

►. Gas ideal di dalam tabung tertutup yang volumenya tetap dipanaskan sehingga keadaannya berubah dari A ke B, seperti pada grafik. Selama proses itu gas menerima kalor 600 J.
Usaha yang dilakukan gas dan perubahan energi dalamnya berturut-turut adalah ....



A. 600 J dan 0 J
B. 0 J dan −600 J
C. 0 J dan 600 J
D. 300 J dan 300 J
E. 600 J dan 600 J

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: hukum I $Q = \Delta U + W$; pada proses isokhorik volume tetap sehingga $W = 0$.

Analisis opsi:
- A (600 J dan 0 J) ✗ – usaha dan energi dalam tertukar; pada isokhorik gas tidak melakukan usaha.
- B (0 J dan −600 J) ✗ – tanda energi dalam keliru; gas menerima kalor sehingga suhunya naik.
- C (0 J dan 600 J) ✓ – volume tetap → W = 0, seluruh kalor menaikkan energi dalam.
- D (300 J dan 300 J) ✗ – kalor dibagi rata tanpa alasan.
- E (600 J dan 600 J) ✗ – kalor dihitung dua kali.

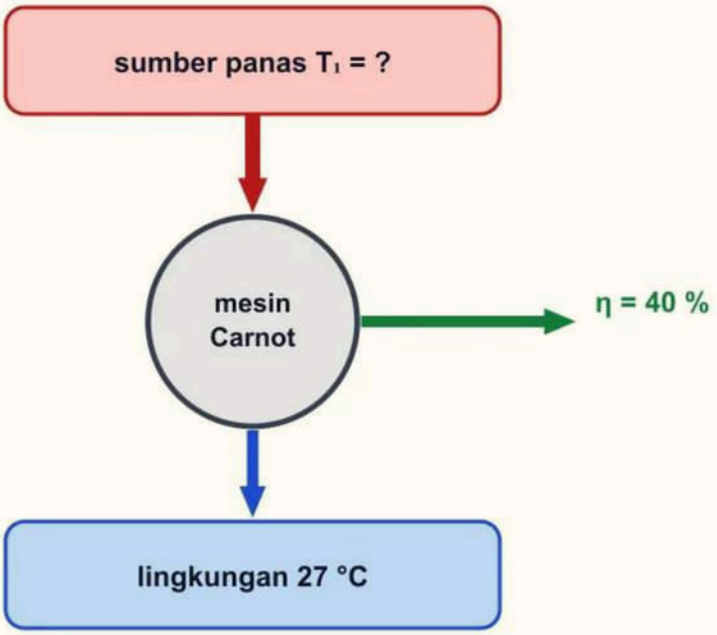
Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, tulis Q, W, dan ΔU beserta tandanya. Untuk soal siklus, ingat bahwa usaha bersih sama dengan luas di dalam siklus.

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

1. Sebuah mesin Carnot membuang kalor ke lingkungan bersuhu 27 °C dan memiliki efisiensi 40 %, seperti pada gambar.
Suhu sumber panas mesin tersebut adalah ....



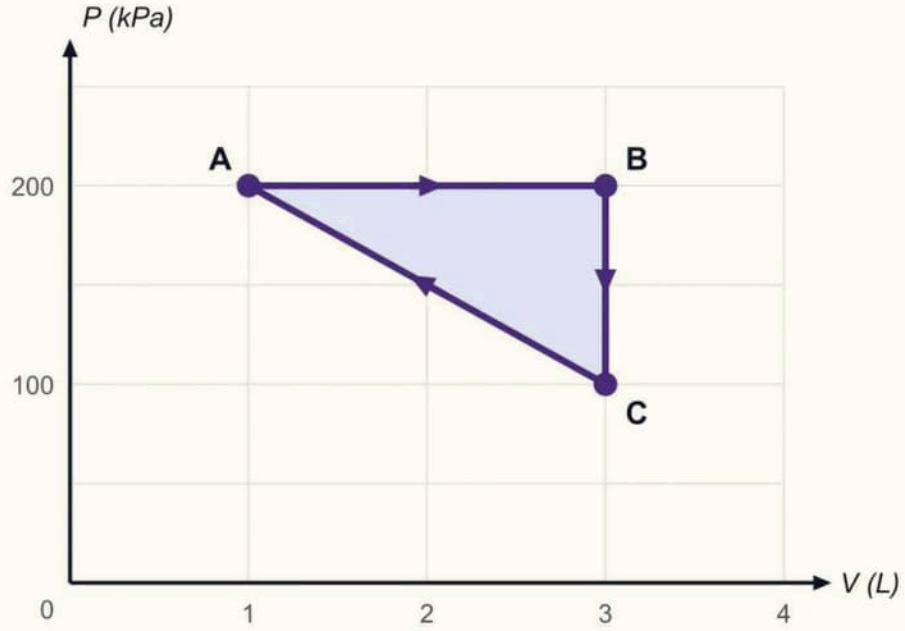
A. 500 °C
B. 45 °C
C. 67,5 °C
D. 227 °C
E. 180 °C

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

2. Gas ideal menjalani siklus A → B → C → A seperti pada grafik tekanan P terhadap volume V.

Pernyataan yang benar tentang siklus tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Usaha yang dilakukan gas pada proses A → B adalah 400 J.
☐ B. Suhu gas di B lebih rendah daripada suhu gas di A.
☐ C. Gas tidak melakukan usaha pada proses B → C.
☐ D. Siklus berjalan berlawanan arah jarum jam sehingga memerlukan usaha.
☐ E. Usaha bersih gas dalam satu siklus adalah 100 J.

Kunci singkat: 1. D 2. A, C, E

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pada proses isotermal gas yang dimampatkan harus melepas kalor?
- Sebuah iklan mengklaim mesin berefisiensi 70 % yang bekerja di antara 600 K dan 300 K. Mengapa klaim itu pasti salah?
- Mengapa kalor yang dibuang mesin pendingin ke luar selalu lebih besar daripada kalor yang diserapnya dari dalam?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-5.4

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

Kuis Akhir Bab 5

FIS-KB5

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

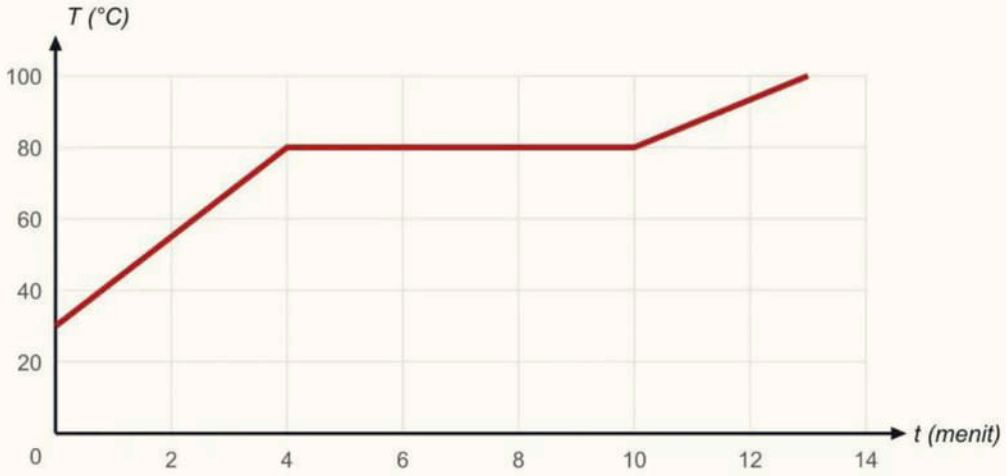
Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 5 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-KB5

1. Sepotong padatan naftalena (kapur barus) dipanaskan perlahan dengan pembakar yang nyalanya tetap. Grafik suhu naftalena terhadap waktu ditunjukkan pada gambar. Pernyataan yang benar tentang naftalena pada menit ke-6 adalah ....



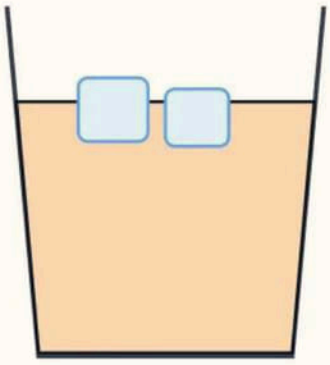
A. Naftalena masih padat seluruhnya karena suhunya belum naik lagi.
B. Naftalena sedang melebur, sebagian padat dan sebagian cair pada 80 °C.
C. Naftalena sudah cair seluruhnya karena telah mencapai titik leburnya.
D. Naftalena tidak menerima kalor karena suhunya tidak berubah sama sekali.
E. Naftalena sedang mendidih karena suhunya tetap pada 80 °C selama 6 menit.

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

2. Sebanyak 0,5 kg es bersuhu −10 °C dipanaskan sampai seluruhnya menjadi air bersuhu 20 °C. Kalor jenis es 2.100 J/(kg·°C), kalor jenis air 4.200 J/(kg·°C), dan kalor lebur es 336.000 J/kg.
Kalor yang diperlukan adalah ....

A. 52,5 kJ
B. 210 kJ
C. 178,5 kJ
D. 220,5 kJ
E. 231 kJ

3. Ke dalam gelas berisi 200 g teh bersuhu 30 °C dimasukkan 100 g es bersuhu 0 °C, seperti pada gambar. Kalor jenis teh dianggap sama dengan air, dan tidak ada kalor yang keluar-masuk gelas.
Keadaan akhir campuran tersebut adalah ....



200 g teh 30 °C + 100 g es 0 °C

c air = 4.200 J/(kg·°C)
L lebur es = 336.000 J/kg
gelas terisolasi

A. Suhu akhir 0 °C dan masih tersisa 25 g es.
B. Suhu akhir 0 °C dan masih tersisa 75 g es.
C. Suhu akhir 20 °C dan semua es telah mencair.
D. Suhu akhir −6,7 °C dan semua es telah mencair.
E. Suhu akhir 0 °C dan semua es tepat mencair.

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

4. Batang-batang rel baja sepanjang 12 m dipasang pada suhu 25 °C dengan celah di antara ujung-ujungnya, seperti pada gambar. Suhu rel tertinggi pada siang terik diperkirakan 55 °C. Koefisien muai panjang baja $1{,}2 \times 10^{-5}$ /°C.
Lebar celah paling kecil agar ujung-ujung rel tidak saling menekan adalah ....

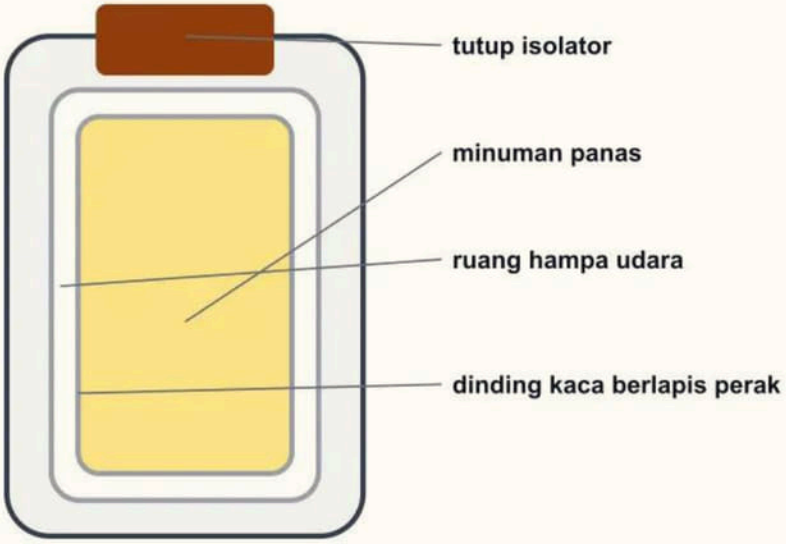


A. 7,9 mm
B. 3,6 mm
C. 4,3 mm
D. 0,43 mm
E. 8,6 mm

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

5. Gambar menunjukkan penampang sebuah termos. Dinding termos terdiri atas dua lapis kaca yang permukaannya dilapisi perak mengilap, dan ruang di antara kedua lapis kaca itu hampa udara.
Pernyataan yang benar tentang cara termos menjaga minuman tetap panas adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

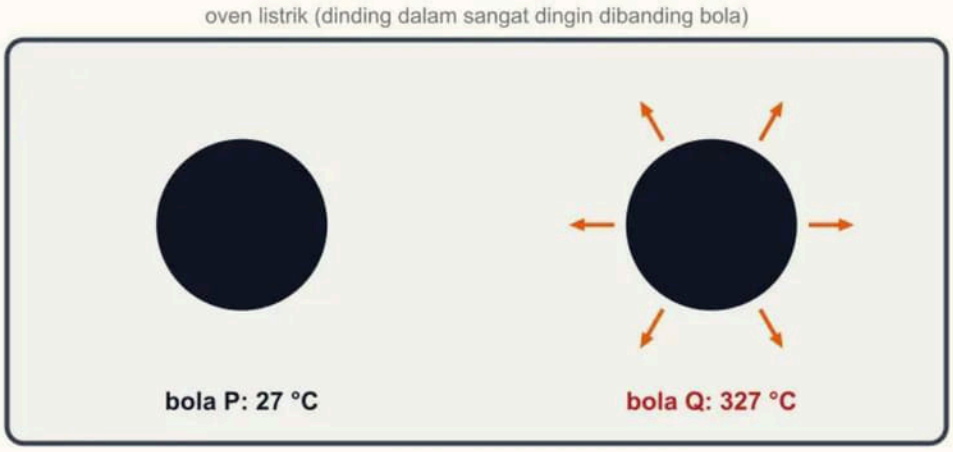


Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Ruang hampa di antara dinding kaca mencegah perpindahan kalor secara radiasi.
☐ B. Ruang hampa di antara dinding kaca mencegah perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi.
☐ C. Dinding kaca dipilih karena kaca merupakan konduktor kalor yang sangat baik.
☐ D. Lapisan perak yang mengilap mengurangi kalor yang hilang secara radiasi.
☐ E. Tutup dari bahan isolator mengurangi kalor yang hilang lewat bagian atas termos.

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

6. Dua bola logam P dan Q berukuran sama dan dicat hitam kusam, seperti pada gambar. Bola P bersuhu 27 °C, sedangkan bola Q bersuhu 327 °C.
Daya radiasi kalor yang dipancarkan bola Q dibandingkan dengan yang dipancarkan bola P adalah ....



A. 12,1 kali
B. 2 kali
C. 4 kali
D. 146 kali
E. 16 kali

7. Dua kaleng identik diisi air panas 80 °C dengan volume sama dan diletakkan berdampingan di ruangan yang sama. Kaleng pertama dicat hitam kusam, sedangkan kaleng kedua berwarna perak mengilap. Suhu air di kedua kaleng dicatat setiap 5 menit, dan hasilnya sebagai berikut.

Waktu (menit)	0	5	10	15	20
Kaleng hitam kusam (°C)	80	68	59	52	46
Kaleng perak mengilap (°C)	80	73	67	62	58

Kesimpulan yang paling sesuai dengan percobaan tersebut adalah ....

A. Permukaan hitam kusam melepas kalor lebih cepat daripada permukaan mengilap.
B. Air di kaleng hitam lebih cepat dingin karena volume airnya lebih sedikit.
C. Permukaan mengilap melepas kalor lebih cepat karena memantulkan cahaya lampu.
D. Kedua kaleng melepas kalor sama cepat karena suhu awal airnya sama.
E. Kaleng hitam lebih cepat dingin karena menyerap kalor dari udara ruangan.

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

8. Para ilmuwan menjelaskan bahwa bertambahnya gas rumah kaca, seperti karbon dioksida dan metana, di atmosfer membuat suhu rata-rata permukaan Bumi naik.
Gas rumah kaca menyebabkan hal itu karena gas tersebut ....

A. menghalangi cahaya tampak Matahari sehingga energinya tertahan di lapisan atas atmosfer
B. merusak lapisan ozon sehingga sinar ultraviolet lebih mudah masuk ke permukaan
C. menyerap inframerah dari permukaan Bumi lalu memancarkan sebagian kembali ke bawah
D. memantulkan cahaya Matahari kembali ke luar angkasa sehingga atmosfer menjadi panas
E. menghasilkan kalor sendiri melalui reaksi kimia yang terus berlangsung di atmosfer

9. Pengamatan satelit menunjukkan bahwa luas es laut di Samudra Arktik pada akhir musim panas cenderung menyusut dari dekade ke dekade, sehingga makin luas permukaan laut yang terbuka.
Pernyataan yang benar tentang akibat menyusutnya es laut tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Laut terbuka yang gelap menyerap lebih banyak energi Matahari daripada es.
☐ B. Laut terbuka memantulkan cahaya Matahari lebih banyak daripada es yang putih.
☐ C. Air laut yang menghangat memuai sehingga ikut menaikkan muka air laut.
☐ D. Es laut terapung yang mencair menaikkan muka laut sebanyak volume es itu.
☐ E. Pemanasan yang memperkuat dirinya sendiri ini disebut umpan balik positif.

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

10. Rina berangkat dan pulang sekolah naik sepeda motor dengan jarak tempuh total 30 km per hari. Sepeda motornya menghabiskan 1 liter bensin untuk setiap 50 km. Misalkan setiap liter bensin yang dibakar menghasilkan sekitar 2,3 kg karbon dioksida, seperti pada gambar.
Karbon dioksida yang dihasilkan dari perjalanan Rina selama satu bulan (30 hari) adalah sekitar ....



A. 1,38 kg
B. 41,4 kg
C. 115 kg
D. 69 kg
E. 2.070 kg

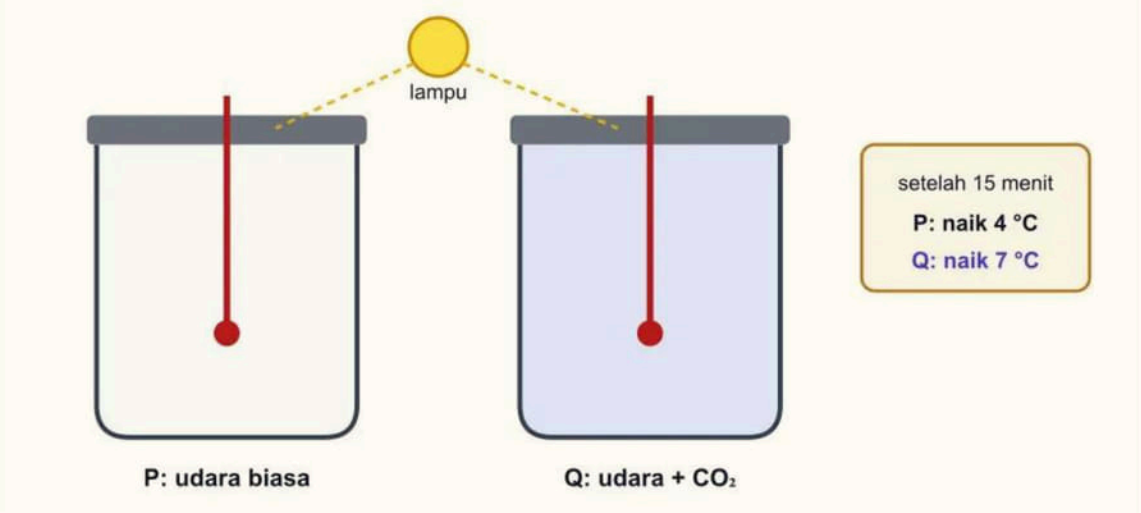
11. Pengukuran pada malam hari menunjukkan bahwa suhu udara di pusat kota beberapa derajat lebih tinggi daripada di daerah pinggiran yang banyak sawah dan pepohonan, walaupun pada malam hari tidak ada sinar Matahari.
Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan suhu tersebut adalah ....

A. Gas rumah kaca hanya berkumpul di atas kota sehingga daerah pinggiran tidak mengalaminya.
B. Aspal dan beton memiliki kalor jenis kecil sehingga lebih cepat dingin pada malam hari.
C. Pepohonan di pinggiran memancarkan kalor lebih banyak pada malam hari daripada bangunan.
D. Udara kota lebih rapat sehingga molekul udaranya bergerak lebih cepat pada malam hari.
E. Aspal dan beton menyimpan banyak kalor pada siang hari lalu melepasnya pada malam hari.

12. Untuk memodelkan efek rumah kaca, siswa menyiapkan dua toples kaca identik yang tertutup rapat. Toples P berisi udara biasa, sedangkan toples Q berisi udara yang ditambah gas karbon dioksida dari reaksi cuka dan soda kue. Kedua toples diletakkan pada jarak yang sama dari satu lampu, dan suhu udara di dalamnya diukur, seperti pada gambar.

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

Variabel bebas, variabel terikat, dan salah satu variabel kontrol percobaan tersebut berturut-turut adalah ....



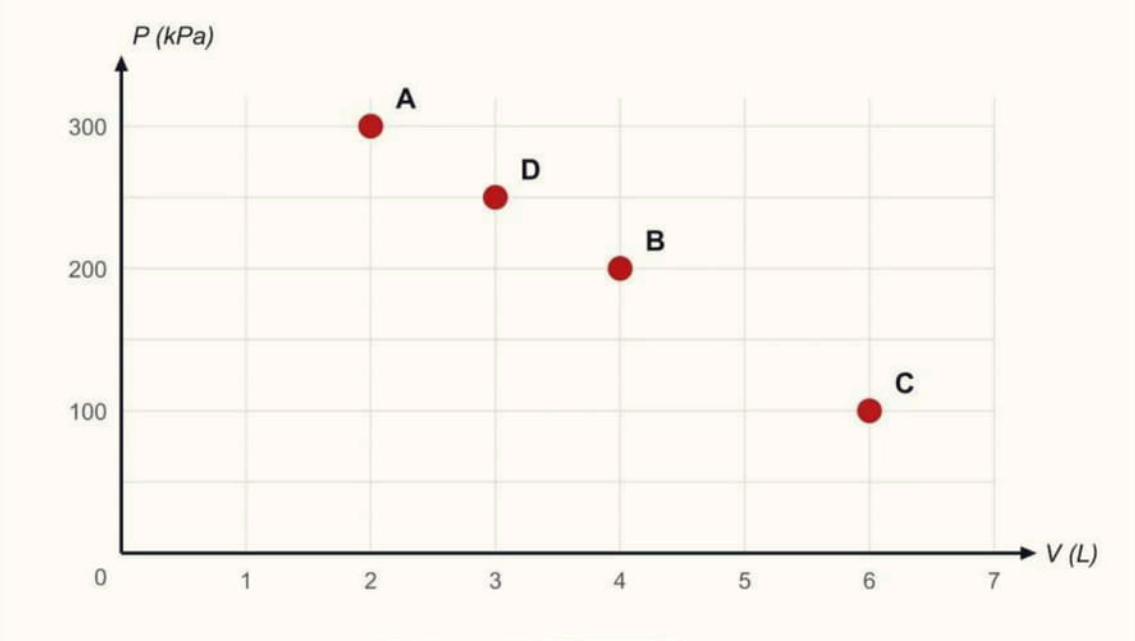
A. kenaikan suhu udara; jenis gas dalam toples; jarak lampu ke toples
B. jarak lampu ke toples; kenaikan suhu udara; jenis gas dalam toples
C. jenis gas dalam toples; jarak lampu ke toples; kenaikan suhu udara
D. jenis gas dalam toples; kenaikan suhu udara; jarak lampu ke toples
E. lama penyinaran lampu; jenis gas dalam toples; ukuran kedua toples

13. Sebuah tabung baja tertutup rapat berisi gas nitrogen pada suhu 300 K. Tabung itu tertinggal di dekat tungku sehingga suhu gas di dalamnya naik menjadi 600 K. Volume tabung tidak berubah dan tidak ada gas yang bocor.
Tekanan gas di dalam tabung menjadi ....

A. 2 kali semula
B. 4 kali semula
C. ½ kali semula
D. tetap seperti semula
E. $\sqrt{2}$ kali semula

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

14. Grafik tekanan P terhadap volume V menunjukkan empat keadaan A, B, C, dan D dari sejumlah gas ideal yang jumlahnya tetap.
Keadaan yang suhunya paling tinggi, dan dua keadaan yang suhunya sama, berturut-turut adalah ....

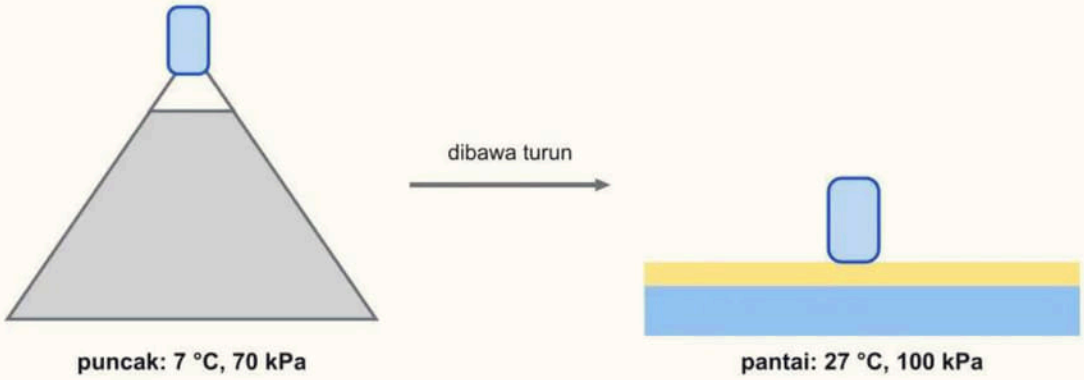


A. A; B dan C
B. C; A dan B
C. D; A dan C
D. B; A dan D
E. B; A dan C

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

15. Seorang pendaki menutup rapat botol plastik kosong di puncak gunung yang bersuhu 7 °C dan bertekanan udara 70 kPa. Botol itu kemudian dibawa turun ke pantai yang bersuhu 27 °C dan bertekanan udara 100 kPa, seperti pada gambar. Anggap volume botol tetap selama botol belum berubah bentuk.
Tekanan udara di dalam botol ketika berada di pantai dan akibatnya pada botol adalah ....



A. 70 kPa; botol tidak berubah karena jumlah udaranya tetap
B. 270 kPa; botol menggembung karena tekanan dalam lebih besar
C. 75 kPa; botol penyok karena tekanan luar lebih besar
D. 75 kPa; botol menggembung karena tekanan dalam naik
E. 65 kPa; botol penyok karena suhu udaranya turun

16. Sebuah tabung gas nitrogen di bengkel mula-mula bertekanan 1.500 kPa. Setelah dipakai beberapa hari, tekanannya tinggal 600 kPa. Volume tabung tetap dan suhu gas sama dengan suhu awal.
Persentase gas nitrogen yang telah terpakai adalah ....

A. 40 %
B. 60 %
C. 250 %
D. 150 %
E. tidak dapat ditentukan karena volume tabung tidak diketahui

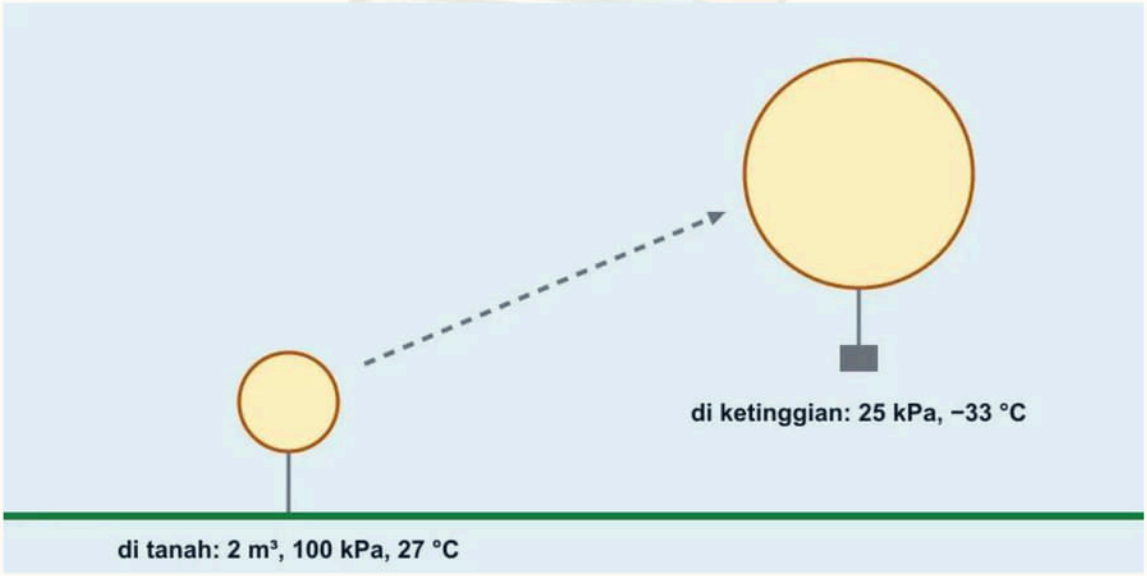
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

17. Sebuah wadah tertutup berisi campuran gas helium (massa molar 4 g/mol) dan gas oksigen (massa molar 32 g/mol) pada suhu yang sama. Kedua gas dianggap gas ideal. Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Energi kinetik rata-rata molekul helium sama dengan energi kinetik rata-rata molekul oksigen.	○	○
Kelajuan efektif molekul helium sekitar 2,8 kali kelajuan efektif molekul oksigen.	○	○
Bila suhu mutlak campuran dinaikkan 4 kali, kelajuan efektif molekul helium naik 4 kali.	○	○

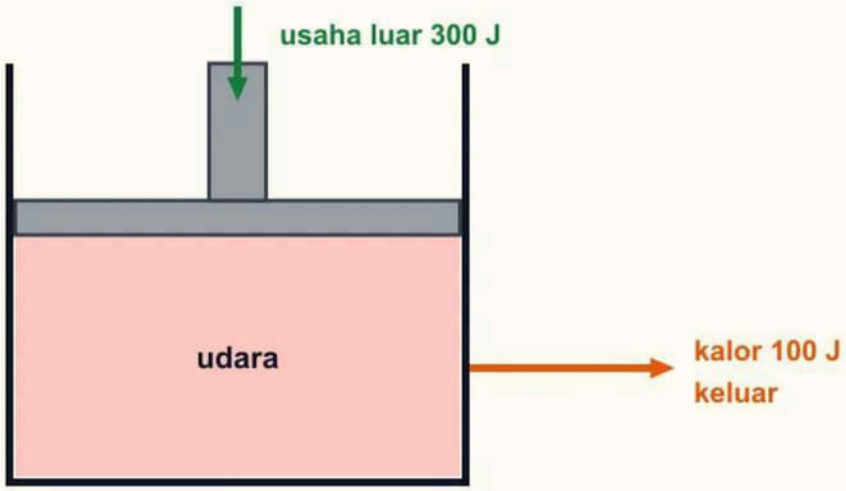
18. Balon cuaca berisi helium dilepas dari tanah dengan volume 2 m^3 pada tekanan 100 kPa dan suhu 27 °C. Balon naik sampai ketinggian yang tekanan udaranya 25 kPa dan suhunya −33 °C, seperti pada gambar. Anggap tekanan dan suhu helium selalu sama dengan udara di sekitarnya dan balon belum pecah.
Volume balon di ketinggian tersebut adalah ....



A. 8,0 m^3
B. 10 m^3
C. 0,5 m^3
D. 6,4 m^3
E. 0,4 m^3

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

19. Udara di dalam sebuah silinder dimampatkan dengan usaha luar sebesar 300 J. Selama pemampatan itu, udara melepas kalor 100 J ke lingkungan, seperti pada gambar. Perubahan energi dalam udara dan perubahan suhunya adalah ....

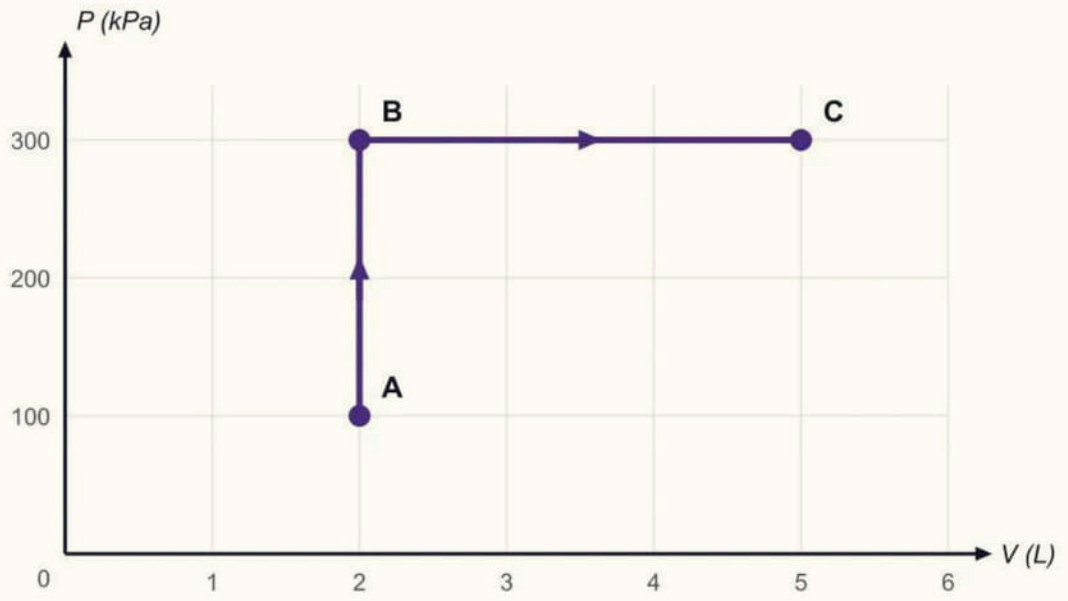


A. bertambah 200 J; suhu udara naik
B. berkurang 400 J; suhu udara turun
C. bertambah 400 J; suhu udara naik
D. berkurang 200 J; suhu udara turun
E. tetap; suhu udara tidak berubah

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

20. Sejumlah gas ideal mengalami proses A → B → C seperti pada grafik tekanan P terhadap volume V.
Usaha total yang dilakukan gas selama proses A → B → C adalah ....



A. 0 J
B. 300 J
C. 600 J
D. 1.200 J
E. 900 J

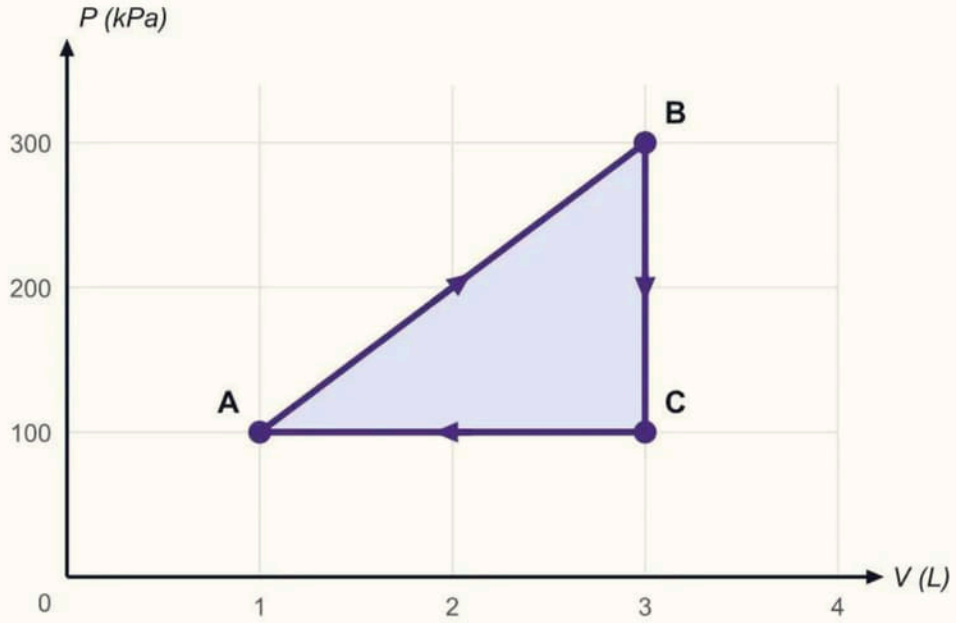
21. Ketika pengisap pompa sepeda ditekan dengan cepat sementara lubang keluarnya tertutup, ujung pompa terasa hangat.
Pernyataan yang benar tentang udara di dalam pompa saat itu adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Suhu udara naik karena usaha yang dilakukan pada udara menambah energi dalamnya.
☐ B. Suhu udara naik karena kalor mengalir dari tangan ke udara di dalam pompa.
☐ C. Proses itu mendekati adiabatik karena berlangsung cepat sehingga hampir tidak ada kalor keluar.
☐ D. Tekanan udara naik lebih besar daripada bila udara dimampatkan sangat perlahan.
☐ E. Energi dalam udara tetap karena jumlah udara di dalam pompa tidak berubah.

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

22. Sejumlah gas ideal dalam sebuah mesin menjalani siklus A → B → C → A seperti pada grafik tekanan P terhadap volume V.
Usaha bersih yang dilakukan gas dalam satu siklus dan artinya adalah ....

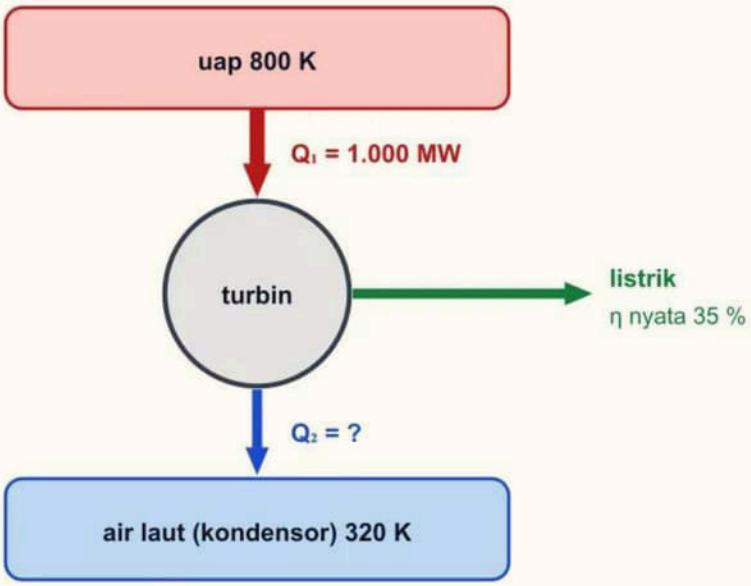


A. 400 J; gas menghasilkan usaha
B. −200 J; gas memerlukan usaha
C. 200 J; gas menghasilkan usaha
D. 600 J; gas menghasilkan usaha
E. 100 J; gas menghasilkan usaha

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

23. Sebuah pembangkit listrik tenaga uap menyerap kalor dari uap bersuhu 800 K dengan laju 1.000 MW dan membuang kalor ke air laut di kondensor yang bersuhu 320 K, seperti pada gambar. Efisiensi nyata pembangkit itu 35 %.
Laju kalor yang dibuang ke air laut dan efisiensi Carnot pembangkit tersebut berturut-turut adalah ....

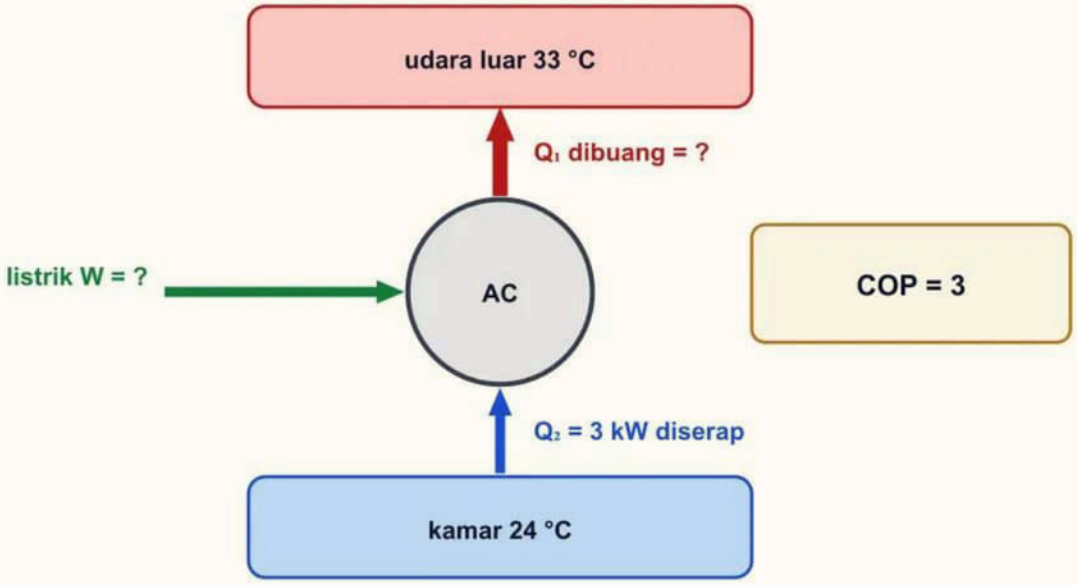


A. 350 MW dan 60 %
B. 650 MW dan 60 %
C. 400 MW dan 60 %
D. 650 MW dan 40 %
E. 1.350 MW dan 60 %

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

24. Sebuah AC memindahkan kalor dari kamar dengan laju 3 kW dan membuangnya ke udara luar, seperti pada gambar. Koefisien kinerja (COP) AC itu 3.
Daya listrik yang dipakai AC dan laju kalor yang dibuang ke udara luar berturut-turut adalah ....

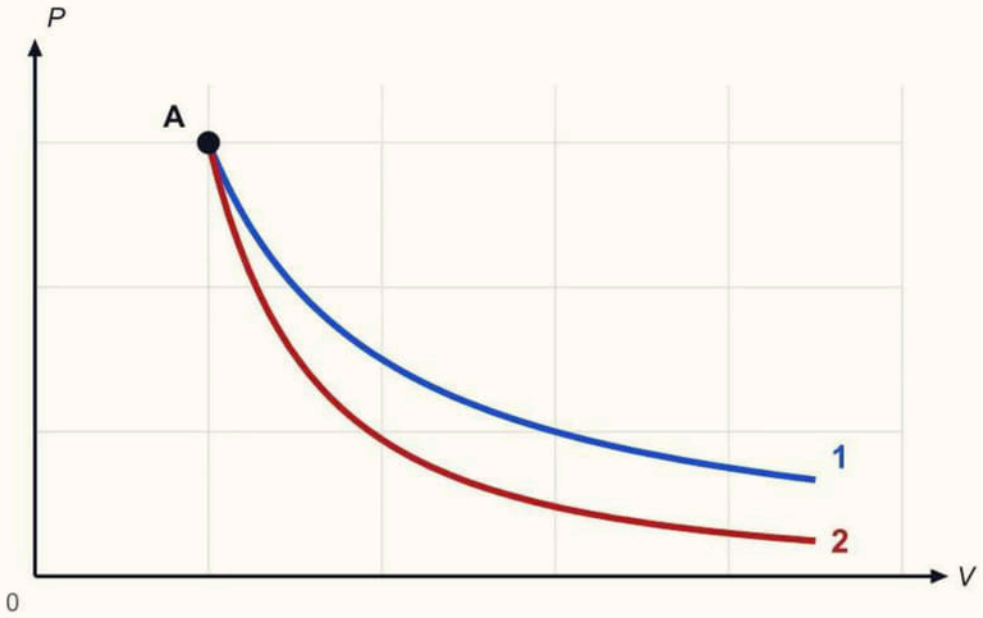


A. 9 kW dan 12 kW
B. 1 kW dan 2 kW
C. 3 kW dan 6 kW
D. 1 kW dan 4 kW
E. 1 kW dan 3 kW

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

25. Grafik menunjukkan dua cara gas ideal memuai dari keadaan A yang sama sampai volume yang sama. Kurva 1 adalah proses isotermal dan kurva 2 adalah proses lain yang lebih curam.

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



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kurva 2 dapat menunjukkan proses adiabatik.	○	○
Pada proses kurva 1, kalor yang diserap gas sama dengan usaha yang dilakukan gas.	○	○
Pada proses kurva 2, suhu gas naik karena gas melakukan usaha.	○	○

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 5.1 · Kalor dan perpindahannya	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	___ / 7	Ulangi hlm. 309
Sub bab 5.2 · Pemanasan global	8, 9, 10, 11, 12	___ / 5	Ulangi hlm. 320
Sub bab 5.3 · Gas ideal	13, 14, 15, 16, 17, 18	___ / 6	Ulangi hlm. 332
Sub bab 5.4 · Termodinamika dan mesin kalor	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 7	Ulangi hlm. 344

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 6 · Kelistrikan

FIS-B6

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- memakai hukum Coulomb, medan, dan potensial listrik
- menganalisis dan memodifikasi rangkaian arus searah
- mengambil keputusan hemat energi dari data daya dan pemakaian listrik

Peta bab

Sub bab	Judul
6.1	Listrik statis
6.2	Rangkaian arus searah
6.3	Energi dan daya listrik

Bab 6 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-B6

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

Sub bab 6.1 · Listrik statis

FIS-6.1

◎ APA YANG DIUJI

Listrik statis membahas muatan listrik yang diam: gaya di antara muatan, medan listrik di sekitarnya, dan potensial listrik. Prinsip ini dipakai pada printer laser, penyaring debu cerobong pabrik, dan cat semprot elektrostatik.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-22	Menentukan salah satu nilai besaran tertentu menggunakan konsep listrik statis	21,66 %

SA-22 meminta letak titik yang kuat medannya nol di antara dua muatan. Kurang dari seperempat peserta benar. Dua kesalahan yang paling sering: menganggap titik itu tepat di tengah, dan tidak membedakan muatan sejenis dari muatan berlawanan jenis.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung gaya Coulomb, termasuk perbandingan gaya bila muatan atau jarak berubah;
- menghitung kuat medan listrik dan menentukan arahnya, termasuk resultan dua medan;
- menentukan letak titik yang kuat medannya nol;
- menghitung potensial listrik dan usaha memindahkan muatan;
- memakai medan homogen di antara keping sejajar.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Rambut yang berdiri setelah disisir, sengatan kecil saat menyentuh gagang pintu logam di ruangan ber-AC, dan kilat di langit adalah gejala **listrik statis**: muatan listrik yang terkumpul dan diam pada suatu benda. Sub bab ini membahas asal muatan, gaya antarmuatan (hukum Coulomb), medan listrik, potensial listrik, dan medan homogen di antara dua keping sejajar.

1. Muatan listrik, konduktor, dan isolator

Semua materi tersusun atas atom yang berisi proton bermuatan positif di inti dan elektron bermuatan negatif di sekelilingnya. Benda netral memiliki jumlah proton dan elektron yang sama. Benda menjadi **bermuatan** karena kelebihan atau kekurangan **elektron**; proton tidak berpindah karena terikat kuat di inti. Ketika penggaris plastik digosok kain wol, elektron berpindah dari kain ke penggaris: penggaris bermuatan negatif, kain bermuatan positif dengan jumlah yang sama. Muatan tidak diciptakan, hanya dipindahkan (**kekekalan muatan**). Satuan muatan adalah coulomb (C); muatan satu elektron $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C.

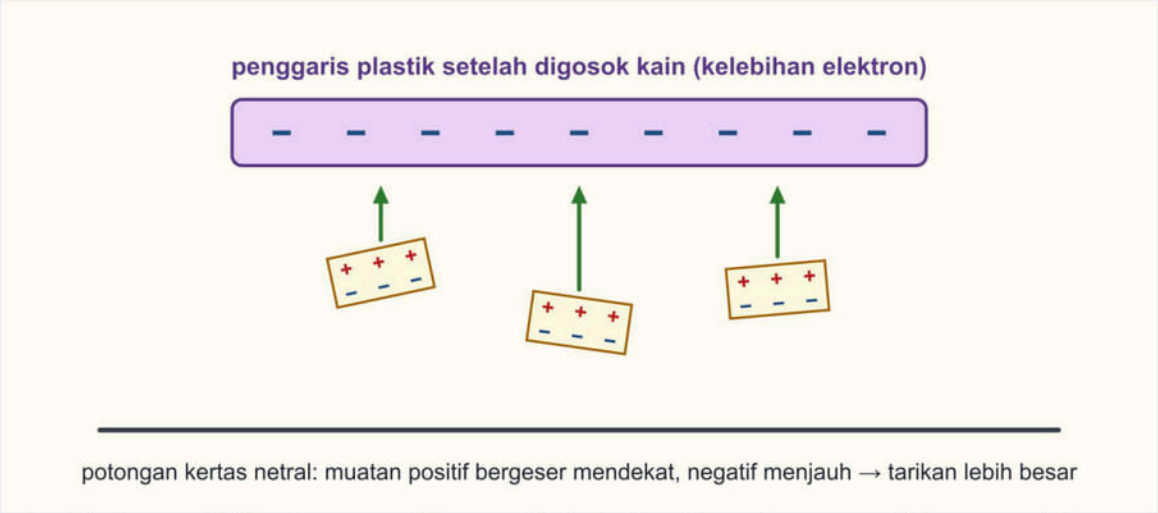
Muatan sejenis tolak-menolak; muatan berlawanan jenis tarik-menarik. Pada **konduktor**

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

(logam), elektron bebas bergerak di seluruh benda; pada **isolator** (plastik, kaca, karet), elektron terikat pada atomnya dan hanya dapat bergeser sedikit.

Benda bermuatan juga dapat menarik benda **netral** (Gambar 6.1). Penggaris negatif yang didekatkan ke potongan kertas membuat muatan di dalam kertas bergeser: sisi yang dekat menjadi sedikit positif, sisi yang jauh sedikit negatif (**polarisasi** atau **induksi**). Karena gaya listrik makin kuat pada jarak yang makin dekat, tarikan pada sisi positif yang dekat lebih besar daripada tolakan pada sisi negatif yang jauh, sehingga kertas tertarik.

Ada tiga cara memberi muatan pada benda. **Menggosok** dua benda yang berbeda bahan memindahkan elektron dari satu benda ke benda lain. **Menyentuhkan** (konduksi) benda bermuatan ke konduktor netral membagi muatannya, sehingga keduanya bermuatan sejenis. **Induksi** memakai benda bermuatan yang didekatkan tanpa menyentuh: muatan di konduktor terpisah, lalu sisi yang jauh dihubungkan sebentar ke tanah sehingga elektron mengalir masuk atau keluar; setelah hubungan ke tanah diputus dan benda bermuatan dijauhkan, konduktor itu bermuatan **berlawanan** jenis dengan benda penginduksi. Alat sederhana untuk mendeteksi muatan adalah **elektroskop**: dua daun logam tipis yang saling menolak dan membuka bila bermuatan. Makin besar muatannya, makin lebar daun membuka.



Gambar 6.1 Muatan di dalam kertas netral bergeser (polarisasi), sehingga kertas tertarik ke penggaris bermuatan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

2. Hukum Coulomb

Besar gaya antara dua muatan titik:

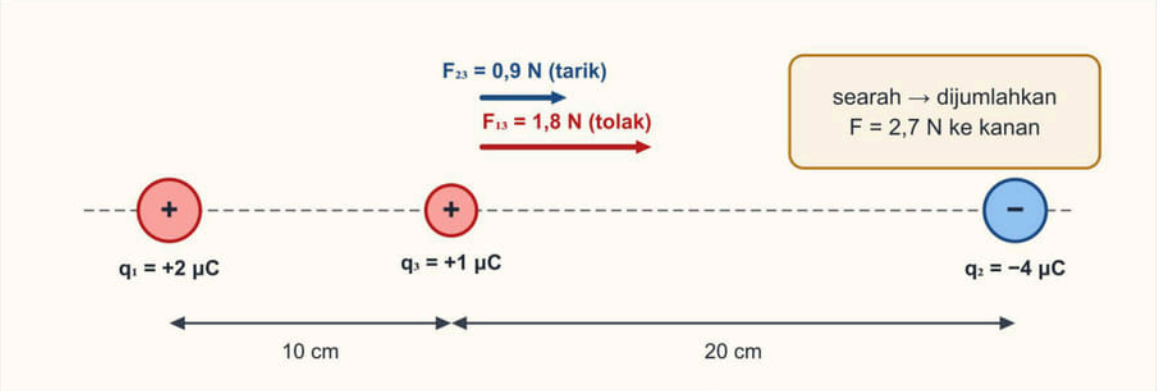
$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}, \qquad k = 9 \times 10^9 \ \text{N·m}^2/\text{C}^2$$

Satuan: q dalam coulomb ($1\ \mu\text{C} = 10^{-6}$ C) dan r dalam meter. Gaya sebanding dengan hasil kali muatan dan berbanding terbalik dengan **kuadrat** jarak: jarak dua kali → gaya $\frac{1}{4}$ kali; jarak tiga kali → gaya $\frac{1}{9}$ kali. Misalnya, dua muatan $+3\ \mu$C yang terpisah 9 cm saling menolak dengan gaya $\dfrac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6})^2}{0{,}09^2} = 10$ N; bila jaraknya 27 cm, gayanya sekitar 1,1 N.

Gaya adalah **vektor**. Bila beberapa muatan bekerja pada satu muatan, hitung besar setiap gaya tanpa tanda, tentukan arahnya dari jenis muatan (tolak atau tarik), lalu jumlahkan dengan memperhatikan arah: searah dijumlahkan, berlawanan dikurangkan, tegak lurus dengan teorema Pythagoras.

Contoh terselesaikan 1: gaya pada muatan ketiga

Muatan $q_1 = +2\ \mu$C dan $q_2 = -4\ \mu$C terpisah 30 cm. Muatan $q_3 = +1\ \mu$C diletakkan di antara keduanya, 10 cm dari q_1. Tentukan gaya total pada q_3.



Gambar 6.2 Tolakan oleh q_1 dan tarikan oleh q_2 sama-sama mengarah ke kanan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. $F_{13} = \dfrac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{0{,}1^2} = 1{,}8$ N; q_1 dan q_3 sejenis → tolak, arah ke kanan (menjauhi q_1).
2. $F_{23} = \dfrac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{0{,}2^2} = 0{,}9$ N; berlawanan jenis → tarik, arah ke kanan (menuju q_2).
3. Kedua gaya searah (Gambar 6.2): $F = 1{,}8 + 0{,}9 = 2{,}7$ N ke arah q_2.
4. Jebakan: bila tanda muatan dimasukkan ke rumus, F_{23} menjadi negatif dan terkesan "dikurangkan", padahal arahnya sama. Tentukan arah dari gambar, bukan dari tanda hasil hitungan.

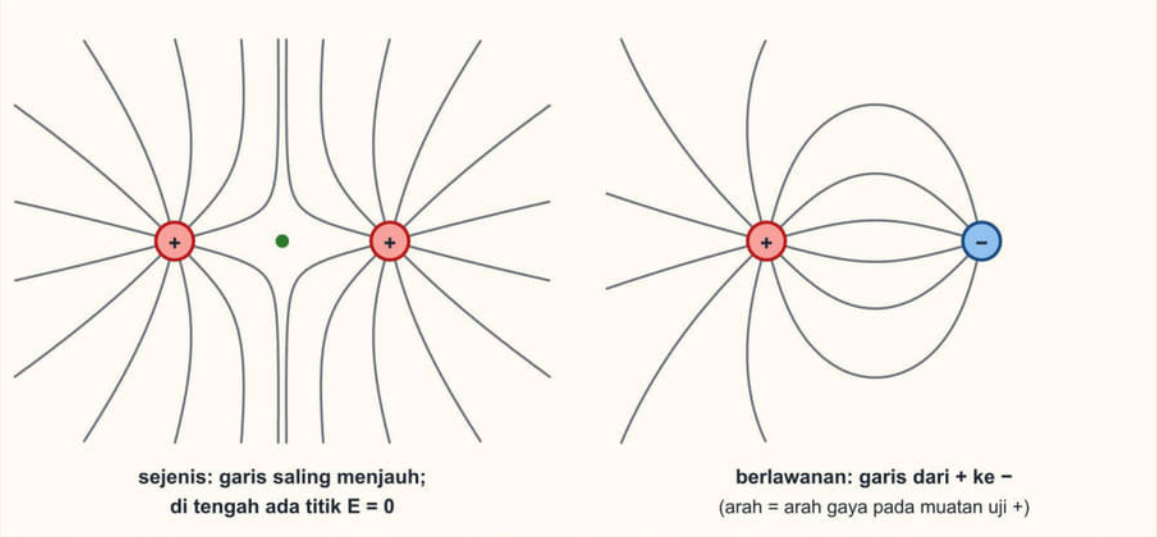
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Medan listrik

Muatan memengaruhi ruang di sekitarnya; pengaruh itu disebut **medan listrik**. **Kuat medan listrik** adalah gaya per satuan muatan uji positif: $E = \dfrac{F}{q}$ (satuan N/C). Untuk muatan titik Q:

$$E = k\frac{|Q|}{r^2}$$

Arahnya: **menjauhi** muatan positif dan **menuju** muatan negatif. Medan digambarkan dengan **garis medan** (Gambar 6.3): garis keluar dari muatan positif dan masuk ke muatan negatif, garis tidak pernah berpotongan, dan garis yang rapat menunjukkan medan yang kuat. Muatan positif yang diletakkan di medan mendapat gaya searah garis medan; muatan negatif berlawanan arah.



Gambar 6.3 Kiri: dua muatan positif, dengan titik bermedan nol di tengah (titik hijau). Kanan: muatan positif dan negatif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Medan dari beberapa muatan dijumlahkan sebagai vektor. Bila dua medan saling tegak lurus, resultannya $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$; misalnya medan 6×10^5 N/C ke timur dan 8×10^5 N/C ke utara menghasilkan 1×10^6 N/C.

4. Titik yang kuat medannya nol

Medan total nol hanya bila kedua medan **sama besar dan berlawanan arah**. Letaknya selalu **lebih dekat ke muatan yang lebih kecil**, agar jarak yang kecil mengimbangi muatan yang kecil.

Jenis kedua muatan	Letak titik medan nol
Sejenis (++ atau −−)	**di antara** kedua muatan, dekat muatan yang lebih kecil
Berlawanan jenis (+ dan −)	**di luar** kedua muatan, di sisi muatan yang lebih kecil

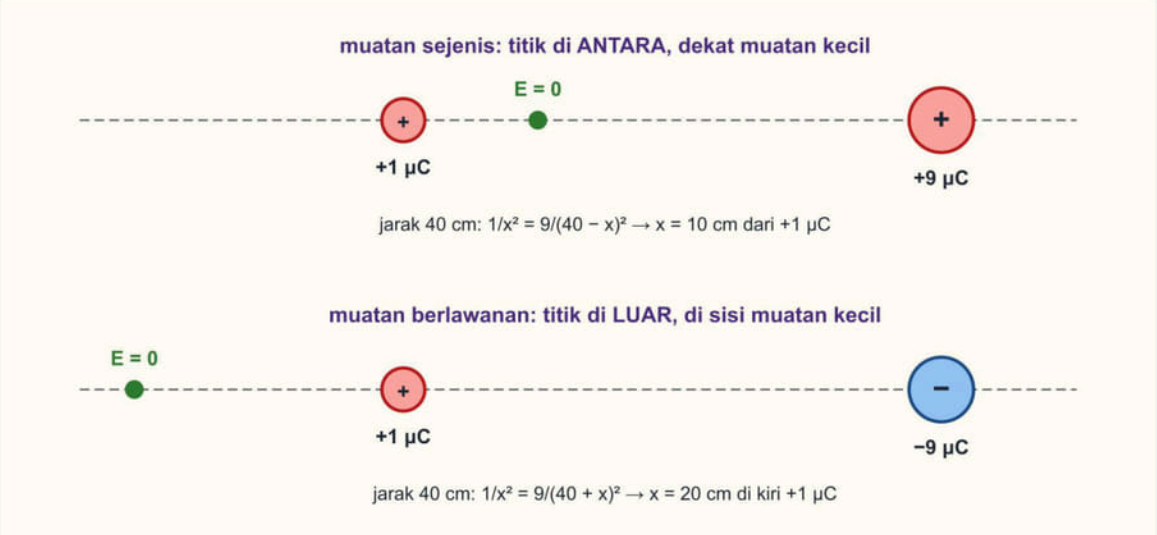
Mengapa? Di antara dua muatan sejenis, medan keduanya berlawanan arah, sehingga dapat saling meniadakan. Di antara dua muatan berlawanan, kedua medan searah (dari + menuju −), sehingga tidak mungkin nol; titik nol harus dicari di luar, dan di luar sisi muatan besar, medan

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

muatan besar selalu menang. Cara menghitung: samakan $\frac{Q_1}{r_1^2} = \frac{Q_2}{r_2^2}$, lalu **tarik akar** kedua ruas agar persamaannya linear.

Contoh terselesaikan 2: mencari titik bermedan nol

Muatan $+1\ \mu$C dan $+9\ \mu$C terpisah 40 cm. Di mana titik yang kuat medannya nol? Bagaimana bila muatan $+9\ \mu$C diganti $-9\ \mu$C?



Gambar 6.4 Untuk muatan sejenis titiknya di antara; untuk muatan berlawanan titiknya di luar, di sisi muatan kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Sejenis → di antara, berjarak x dari $+1\ \mu$C: $\frac{1}{x^2} = \frac{9}{(40-x)^2} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{40-x} \rightarrow x = 10$ cm.
2. Cek: titik itu lebih dekat ke muatan kecil ✓ (Gambar 6.4 atas).
3. Berlawanan → di luar, di sisi $+1\ \mu$C, berjarak x darinya: $\frac{1}{x^2} = \frac{9}{(40+x)^2} \rightarrow 40 + x = 3x \rightarrow x = 20$ cm.
4. Jadi titik nolnya 20 cm di sebelah luar muatan $+1\ \mu$C (Gambar 6.4 bawah), bukan di antara kedua muatan.

5. Potensial listrik dan usaha

Potensial listrik adalah energi potensial per satuan muatan (satuan volt, 1 V = 1 J/C). Untuk muatan titik:

$$V = k\frac{Q}{r}$$

Potensial adalah **skalar**: tanda muatan ikut dihitung, dan potensial beberapa muatan cukup dijumlahkan tanpa arah. Karena itu titik yang medannya nol belum tentu potensialnya nol, dan sebaliknya.

Analogi yang membantu: potensial listrik mirip ketinggian dalam medan gravitasi. Muatan

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

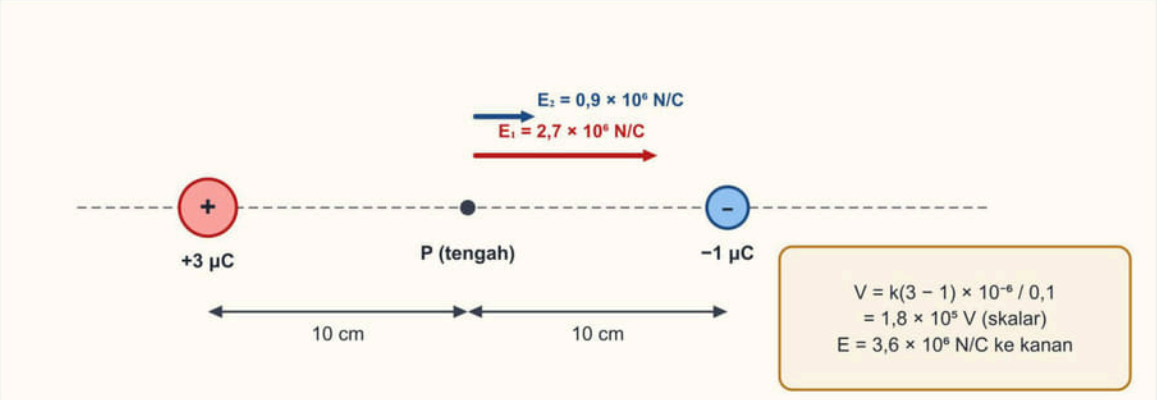
positif yang dilepas "jatuh" dari potensial tinggi ke potensial rendah, seperti batu yang jatuh dari tempat tinggi ke tempat rendah, dan energi potensialnya berubah menjadi energi kinetik. Muatan negatif berperilaku sebaliknya: ia bergerak sendiri dari potensial rendah ke potensial tinggi. Titik-titik yang potensialnya sama membentuk **bidang ekuipotensial**; memindahkan muatan sepanjang bidang itu tidak memerlukan usaha, dan bidang itu selalu tegak lurus garis medan.

Usaha untuk memindahkan muatan q dari titik A ke B: $W = q(V_B - V_A)$. Muatan yang dipercepat oleh beda potensial V memperoleh energi kinetik qV; satuan energi yang praktis untuk partikel adalah elektronvolt (1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J).

Bola konduktor bermuatan: muatan berada di permukaan luar. Di dalam bola medannya nol dan potensialnya sama dengan potensial permukaan. Di luar bola, bola berperilaku seperti muatan titik di pusatnya. Itulah sebabnya orang di dalam mobil berbodi logam relatif aman dari sambaran petir.

Contoh terselesaikan 3: potensial dan medan di titik tengah

Muatan $+3\ \mu$C dan $-1\ \mu$C terpisah 20 cm. Tentukan potensial listrik dan kuat medan listrik di titik P, tepat di tengah-tengah keduanya.



Gambar 6.5 Potensial dijumlahkan dengan tanda; medan dijumlahkan dengan arah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Jarak setiap muatan ke P: 0,1 m.
2. Potensial: $V = 9 \times 10^9 \times \dfrac{(+3 - 1) \times 10^{-6}}{0{,}1} = 1{,}8 \times 10^5$ V.
3. Medan: $E_1 = \dfrac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6}}{0{,}01} = 2{,}7 \times 10^6$ N/C, menjauhi $+3\ \mu$C (ke kanan); $E_2 = 0{,}9 \times 10^6$ N/C, menuju $-1\ \mu$C (juga ke kanan).
4. $E = 3{,}6 \times 10^6$ N/C ke kanan (Gambar 6.5). Pada potensial, muatan negatif **mengurangi**; pada medan di titik ini, muatan negatif justru **menambah** karena arahnya sama.

6. Keping sejajar: medan homogen

Di antara dua keping sejajar yang diberi beda potensial V dan berjarak d, medannya **homogen**

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

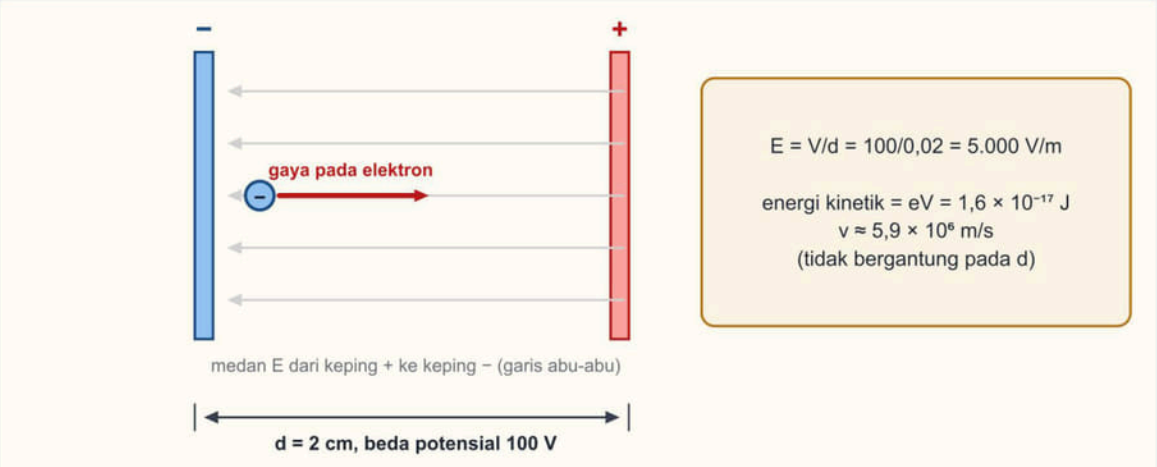
(sama besar dan searah di semua titik), dari keping positif ke keping negatif:

$$E = \frac{V}{d}, \qquad F = qE$$

Karena gayanya tetap, partikel bermuatan di antara keping mengalami percepatan tetap $a = \dfrac{qE}{m}$, seperti benda jatuh bebas dalam medan gravitasi. Partikel yang masuk tegak lurus medan akan menempuh lintasan parabola. Prinsip ini dipakai pada tabung sinar katode, pemercepat partikel, dan alat pengendap debu di cerobong pabrik.

Contoh terselesaikan 4: elektron dipercepat

Sebuah elektron ($e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C, $m = 9{,}1 \times 10^{-31}$ kg) dilepas dari keadaan diam di dekat keping negatif dan dipercepat menuju keping positif. Kedua keping berjarak 2 cm dan diberi beda potensial 100 V. Tentukan kuat medan di antara keping dan kelajuan elektron saat mencapai keping positif.



Gambar 6.6 Medan menunjuk dari keping positif ke negatif; gaya pada elektron berlawanan arah medan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. $E = \dfrac{100}{0{,}02} = 5.000$ V/m, dari keping + ke keping −.
2. Elektron bermuatan negatif, sehingga gayanya berlawanan arah medan: menuju keping positif (Gambar 6.6).
3. $\frac{1}{2}mv^2 = eV = 1{,}6 \times 10^{-17}$ J $\rightarrow v = \sqrt{\dfrac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-17}}{9{,}1 \times 10^{-31}}} \approx 5{,}9 \times 10^{6}$ m/s.
4. Kelajuan akhir tidak bergantung pada jarak keping, hanya pada beda potensial; jarak keping hanya menentukan berapa cepat elektron mencapai kelajuan itu.

7. Listrik statis di sekitar kita

Listrik statis dimanfaatkan dan juga diwaspadai. Pada **pengecatan elektrostatik**, cat yang disemprotkan diberi muatan, sedangkan benda yang dicat dihubungkan ke tanah, sehingga butir cat tertarik dan menempel merata, termasuk ke bagian belakang benda. **Penangkal petir**

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

berupa batang logam runcing di puncak gedung yang dihubungkan ke tanah dengan kabel tebal: muatan petir disalurkan ke tanah melalui jalur yang aman, bukan melalui dinding gedung. Di SPBU, petugas meminta pengendara tidak memakai ponsel dan mematikan mesin, dan truk tangki bahan bakar dibumikan saat membongkar muatan, karena loncatan bunga api dari muatan statis dapat menyulut uap bensin.

Salah paham yang sering muncul: (1) "benda netral tidak dapat ditarik benda bermuatan" — dapat, karena polarisasi; (2) "muatan berpindah karena proton berpindah" — yang berpindah elektron; (3) "titik medan nol selalu di tengah" — hanya bila kedua muatan sama besar dan sejenis; (4) "potensial nol berarti medan nol" — potensial dan medan berbeda; yang satu skalar, yang lain vektor.

Ringkasan

- Benda bermuatan karena kelebihan/kekurangan elektron; benda netral dapat ditarik karena polarisasi.
- $F = k|q_1 q_2|/r^2$; gaya dan medan adalah vektor, arah ditentukan dari jenis muatan.
- $E = k|Q|/r^2$; titik $E = 0$: sejenis di antara, berlawanan di luar, selalu dekat muatan kecil.
- $V = kQ/r$ (skalar, tanda ikut); $W = q\Delta V$; energi kinetik $= qV$.
- Keping sejajar: $E = V/d$, medan homogen.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal listrik statis

1. **Ubah satuan:** µC ke C, cm ke m.
2. **Untuk gaya dan medan,** hitung besar masing-masing, gambar arahnya, lalu jumlahkan sebagai vektor.
3. **Untuk titik medan nol,** tentukan dulu jenis muatannya (sejenis atau berlawanan), lalu tentukan daerahnya, baru hitung dengan menarik akar.
4. **Untuk potensial,** jumlahkan sebagai skalar dengan tanda muatan.
5. **Untuk keping sejajar,** pakai $E = \frac{V}{d}$; energi yang diperoleh muatan adalah qV.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Titik medan nol dianggap di tengah	dua muatan berbeda besar, jawaban "tepat di tengah"	titik nol dekat muatan yang **lebih kecil**
Muatan berlawanan jenis dicari di antara keduanya	titik nol dicari di antara + dan −	di antara + dan −, kedua medan searah
Jarak tidak dikuadratkan	jarak 2 kali → gaya setengah	gaya dan medan $\propto \frac{1}{r^2}$
Satuan cm dipakai langsung	$r = 30$	$r = 0{,}3$ m

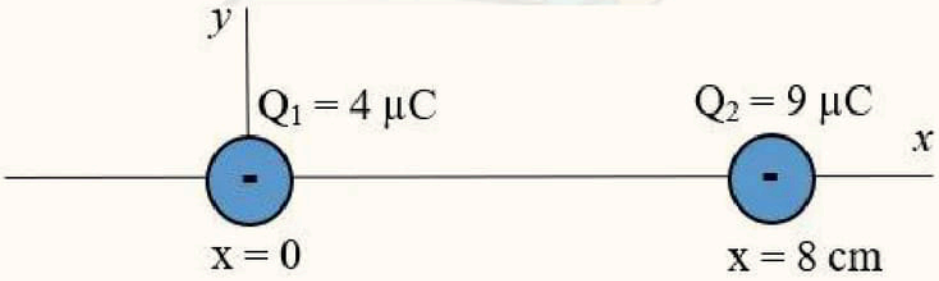
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Medan nol dikira potensial nol	titik medan nol di antara dua muatan positif dianggap berpotensial nol	potensial skalar; dua muatan positif memberi potensial positif
Resultan dua medan dijumlahkan biasa	medan tegak lurus 3 dan 4 → 7	pakai Pythagoras: 5
Medan keping sejajar dikira bergantung posisi	dekat keping lebih kuat	medan keping sejajar homogen

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-22) dijawab benar oleh 21,66 % peserta. Tentukan dulu jenis kedua muatan pada gambar, lalu daerah titik medan nol (bagian 3). Hitung dengan menarik akar kedua ruas.

►. Dalam sistem printer elektrostatik, dua elektroda dipasang sejajar pada kertas cetak untuk mengarahkan partikel toner. Perhatikan kedua muatan yang terpisah pada jarak tertentu seperti ditunjukkan dalam gambar.
Di manakah letak suatu titik di sepanjang sumbu-x yang dapat memiliki kuat medan listrik total sama dengan nol?



A. Di sebelah kiri Q_1, yaitu pada $x = -3{,}2$ cm.
B. Di sebelah kanan Q_1, yaitu pada $x = 3{,}2$ cm.
C. Tepat di antara kedua muatan, yaitu pada $x = 4$ cm.
D. Di sebelah kanan Q_1, yaitu pada $x = 4{,}8$ cm.
E. Di sebelah kanan Q_2, yaitu pada $x = 11{,}2$ cm.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 21,66 %

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: $E = k\dfrac{|Q|}{r^2}$. Untuk dua muatan **sejenis** (keduanya negatif), titik medan nol terletak **di antara** kedua muatan dan lebih dekat ke muatan yang lebih kecil.

Langkah 1 – Syarat. Misalkan titik berada pada jarak x dari Q_1, berarti $(8 - x)$ cm dari Q_2:
$k\dfrac{4}{x^2} = k\dfrac{9}{(8-x)^2}$

Langkah 2 – Akar kedua ruas. $\dfrac{2}{x} = \dfrac{3}{8-x} \Rightarrow 16 - 2x = 3x \Rightarrow x = 3{,}2$ cm.

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

Cek: $\frac{4}{3{,}2^2} = 0{,}391$ dan $\frac{9}{4{,}8^2} = 0{,}391$ ✓. Di titik ini medan dari Q_1 dan Q_2 berlawanan arah (keduanya menunjuk ke muatan negatif masing-masing).

Asal pengecoh: 4 cm (titik tengah, mengabaikan beda besar muatan); 4,8 cm (jarak dari Q_2 terbaca sebagai posisi); di luar kedua muatan hanya mungkin untuk muatan **berlawanan** jenis.

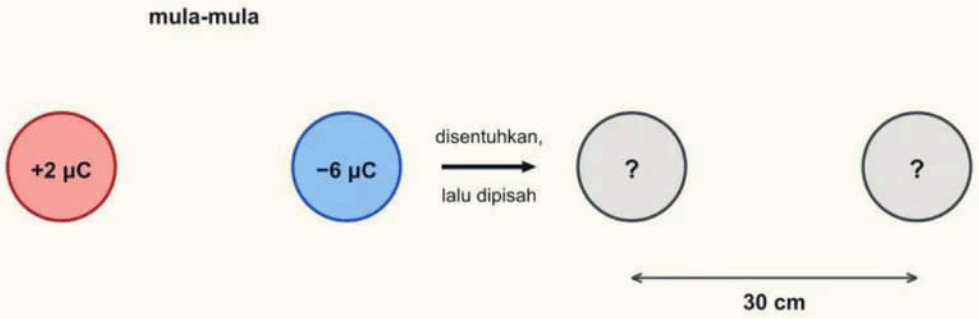
Jawaban: B.

Pengecoh 4 cm (tepat di tengah) dipilih peserta yang mengabaikan perbedaan besar muatan. Pengecoh 4,8 cm adalah jarak dari muatan kedua, bukan posisi titik. Pilihan di luar kedua muatan hanya mungkin bila muatannya berlawanan jenis.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memadukan pembagian muatan dan hukum Coulomb. Jumlahkan muatan dengan tandanya, bagi rata untuk dua bola identik, lalu hitung gaya dan tentukan jenisnya (tarik atau tolak).

►. Dua bola logam kecil yang identik masing-masing bermuatan $+2\ \mu$C dan $-6\ \mu$C. Kedua bola disentuhkan, lalu dipisahkan kembali sejauh 30 cm, seperti pada gambar. Gunakan $k = 9 \times 10^9$ N·m²/C².
Gaya listrik antara kedua bola setelah dipisahkan adalah ....



A. 1,2 N, tarik-menarik
B. 0,4 N, tarik-menarik
C. 1,6 N, tolak-menolak
D. 0,4 N, tolak-menolak
E. 0 N, karena kedua bola menjadi netral

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

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: dua konduktor identik yang disentuhkan membagi muatan total sama rata (kekekalan muatan); lalu hukum Coulomb.

Langkah – Muatan total $+2 - 6 = -4\ \mu$C → masing-masing $-2\ \mu$C (sejenis, tolak).

$$F = \frac{9 \times 10^{9} \times (2 \times 10^{-6})^{2}}{0{,}3^{2}} = 0{,}4\ \text{N}.$$

Analisis opsi:

- A (1,2 N, tarik-menarik) ✗ – memakai muatan sebelum disentuhkan.
- B (0,4 N, tarik-menarik) ✗ – besar benar, tetapi kedua bola kini bermuatan sejenis.
- C (1,6 N, tolak-menolak) ✗ – muatan masing-masing dianggap −4 μC (jumlah muatan tidak dibagi dua).
- D (0,4 N, tolak-menolak) ✓ – masing-masing −2 μC.
- E ✗ – muatan total −4 μC tidak hilang; hanya terbagi rata.

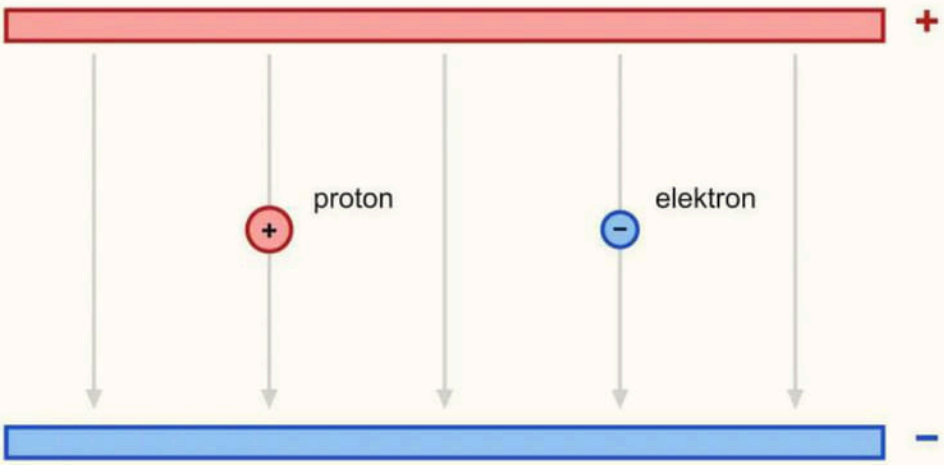
Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, gambar dulu arah gaya atau medannya sebelum menghitung besarnya.

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

1. Sebuah proton dan sebuah elektron berada di ruang di antara dua keping sejajar yang diberi beda potensial, seperti pada gambar. Garis abu-abu menunjukkan garis medan listrik.
Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



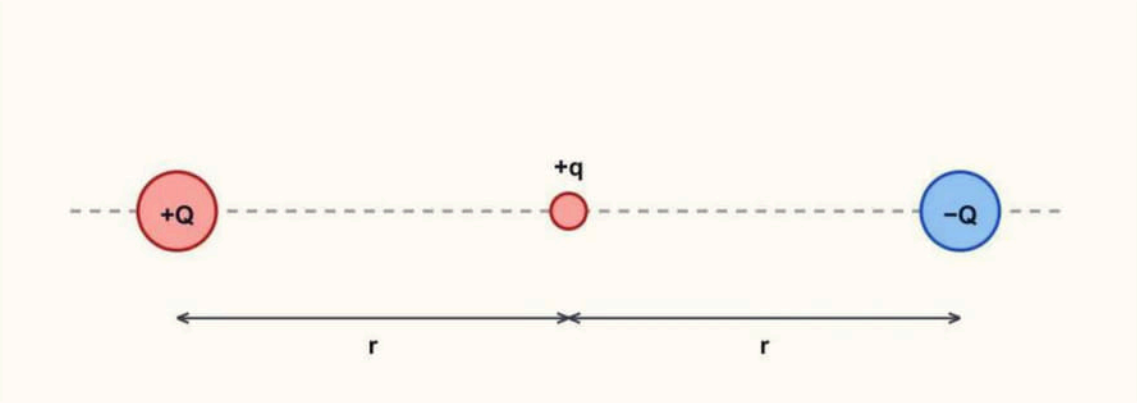
Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Medan listrik di antara keping homogen dan berarah dari keping positif ke keping negatif.
☐ B. Kuat medan lebih besar di dekat keping positif daripada di tengah.
☐ C. Gaya listrik pada elektron berarah menuju keping positif.
☐ D. Percepatan proton sama dengan percepatan elektron.
☐ E. Besar gaya listrik pada proton sama dengan pada elektron.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

2. Muatan uji $+q$ diletakkan tepat di tengah-tengah antara muatan $+Q$ dan $-Q$, seperti pada gambar. Gaya yang dikerjakan satu muatan Q saja pada $+q$ besarnya F.
Gaya total pada muatan $+q$ adalah ....



A. nol, karena kedua muatan sama besar
B. F, menuju muatan −Q
C. 2F, menuju muatan +Q
D. F/2, menuju muatan −Q
E. 2F, menuju muatan −Q

Kunci singkat: 1. A, C, E 2. E

✔ PERIKSA DIRI

- Dua muatan sejenis berbeda besar. Di daerah mana titik medan nol berada, dan lebih dekat ke muatan yang mana?
- Mengapa kuat medan bisa nol di suatu titik, padahal potensial di titik itu tidak nol?
- Pada keping sejajar, apa yang terjadi pada kuat medan bila jarak keping dijadikan setengah dengan beda potensial tetap?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 6.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-6.1

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

Sub bab 6.2 · Rangkaian arus searah

FIS-6.2

◎ APA YANG DIUJI

Rangkaian arus searah (DC) ada di senter, mainan, ponsel, dan panel surya. Kisi-kisi resmi membatasinya sampai **rangkaian campuran seri-paralel** dan **hukum Kirchhoff**. Soal TKA tidak hanya meminta menghitung arus, tetapi juga **memodifikasi** rangkaian agar memenuhi syarat tertentu.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-23	Memodifikasi rangkaian listrik sederhana sehingga memenuhi kondisi tertentu berdasarkan hukum kelistrikan	26,62 %

SA-23 memerlukan pengujian **setiap** pilihan modifikasi. Peserta yang menebak dari kesan ("ganti tegangan" atau "tambah resistor") mudah keliru. Cara yang aman: hitung arus awal kedua rangkaian, lalu hitung ulang arus untuk setiap pilihan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- memakai hukum Ohm dan menghitung hambatan kawat dari bahan dan ukurannya;
- menghitung hambatan pengganti, arus, dan tegangan pada rangkaian seri, paralel, dan campuran;
- memakai ggl dan hambatan dalam untuk menghitung tegangan jepit;
- menyelesaikan rangkaian dua sumber dengan hukum Kirchhoff;
- menilai modifikasi rangkaian dan memasang alat ukur dengan benar.

Educational Institutions

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Senter, mainan berbaterai, lampu sepeda motor, dan rangkaian di dalam ponsel adalah rangkaian **arus searah**: muatan mengalir terus dalam satu arah dari sumber, melalui komponen, kembali ke sumber. Sub bab ini membahas besaran dasar rangkaian (arus, tegangan, hambatan), susunan seri dan paralel, sumber nyata yang berhambatan dalam, cara memasang alat ukur, hukum Kirchhoff untuk rangkaian bercabang, dan cara menalar perubahan rangkaian.

1. Arus, tegangan, hambatan, dan hukum Ohm

Kuat arus adalah muatan yang mengalir per sekon: $I = \frac{Q}{t}$ (satuan ampere, 1 A = 1 C/s). Di dalam kawat logam yang bergerak adalah elektron, tetapi arah arus disepakati sebagai arah gerak muatan positif: dari kutub positif sumber, melalui rangkaian luar, ke kutub negatif. **Tegangan** (beda potensial) adalah energi yang diberikan atau dipakai setiap coulomb muatan (1

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

V = 1 J/C); sumber memberi energi, komponen memakainya. **Hambatan** menyatakan seberapa sulit arus mengalir.

Analogi yang sering membantu adalah aliran air dalam pipa tertutup: pompa berperan sebagai sumber tegangan yang menaikkan "tekanan", pipa sempit berperan sebagai hambatan, dan banyaknya air yang lewat per detik berperan sebagai arus. Air tidak habis ketika melewati pipa sempit; yang berkurang adalah tekanannya, seperti tegangan yang turun di setiap resistor.

Pada komponen yang memenuhi **hukum Ohm**, perbandingan tegangan dan arus tetap:

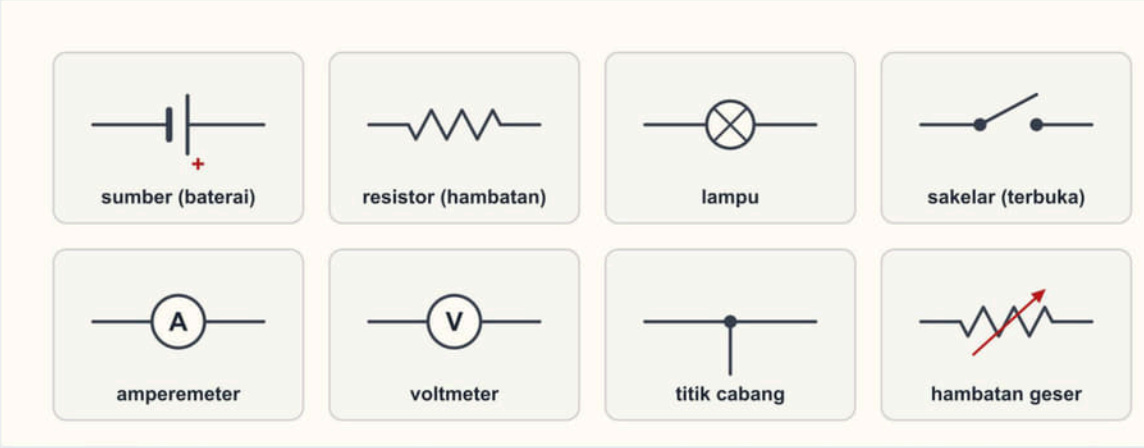
$$V = IR$$

Grafik V–I komponen ohmik berupa garis lurus melalui titik asal; kemiringannya adalah hambatan. Lampu pijar **tidak** ohmik: filamennya makin panas saat arus besar, sehingga hambatannya naik dan grafiknya melengkung.

Hambatan kawat bergantung pada bahan dan ukurannya:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

dengan ρ hambatan jenis bahan. Kawat yang lebih panjang berhambatan lebih besar; kawat yang lebih tebal berhambatan lebih kecil. Itulah sebabnya kabel untuk alat berdaya besar (kompor listrik, AC) dibuat tebal. Rangkaian digambar dengan simbol baku (Gambar 6.7).

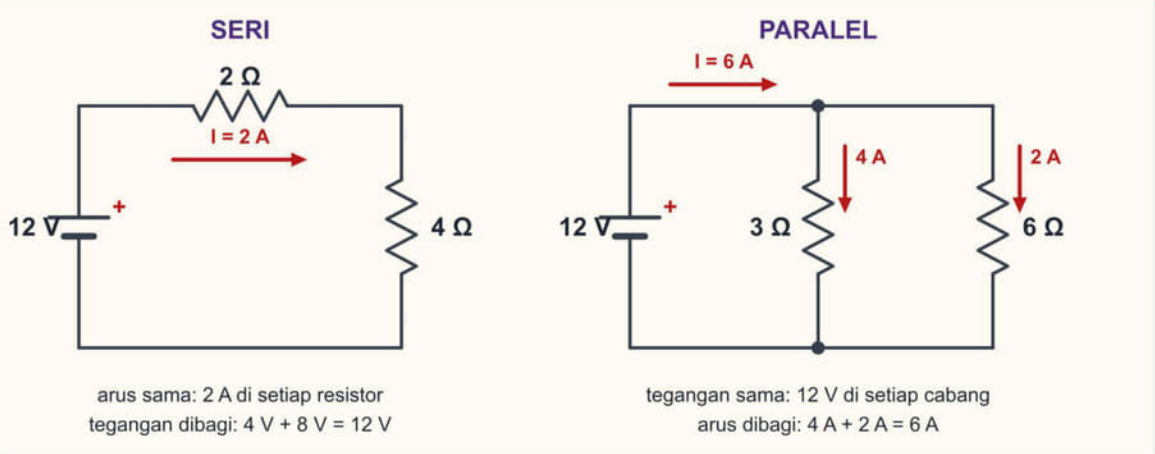


Gambar 6.7 Simbol baku komponen rangkaian; garis panjang pada simbol sumber adalah kutub positif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

2. Rangkaian seri dan paralel

Pada rangkaian **seri**, komponen tersusun berurutan dalam satu jalur, sehingga muatan yang sama melewati semuanya. Pada rangkaian **paralel**, komponen dipasang pada dua titik yang sama, sehingga setiap komponen mendapat beda potensial yang sama (Gambar 6.8).



Gambar 6.8 Seri: arus sama, tegangan dibagi. Paralel: tegangan sama, arus dibagi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

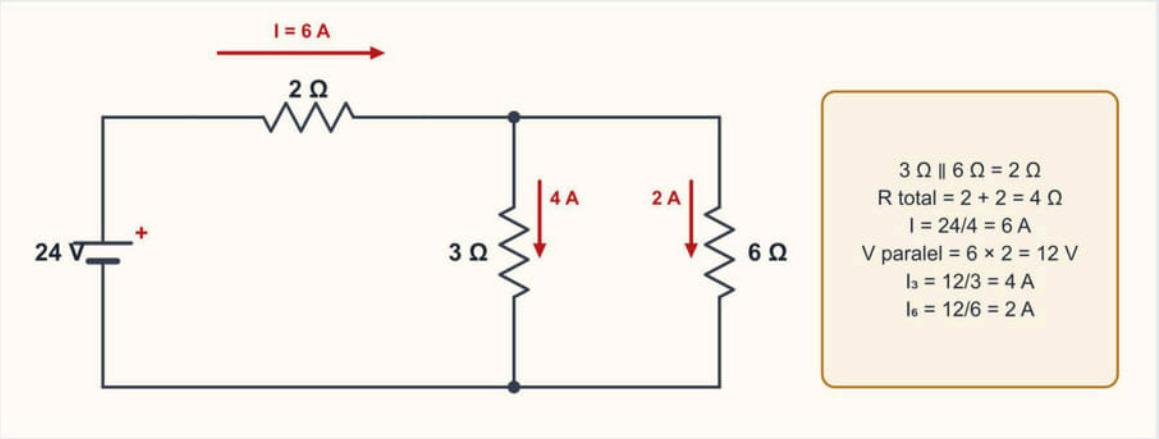
	Seri	Paralel
Hambatan pengganti	$R = R_1 + R_2 + \dots$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
Kuat arus	sama di setiap komponen	terbagi; cabang berhambatan kecil mendapat arus besar
Tegangan	terbagi sebanding hambatan	sama di setiap cabang
Bila satu komponen putus	semua padam	cabang lain tetap bekerja

Untuk dua resistor paralel: $R = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Hambatan paralel selalu **lebih kecil** daripada hambatan terkecil di antaranya, karena setiap cabang baru menambah jalan bagi arus. Instalasi listrik rumah disusun paralel: setiap alat mendapat 220 V, dan mematikan satu alat tidak memadamkan alat lain.

Rangkaian campuran: sederhanakan dari bagian paling dalam. Lalu kerjakan ke arah sebaliknya: arus total → tegangan bagian paralel → arus setiap cabang.

Contoh terselesaikan 1: rangkaian campuran

Sumber 24 V (hambatan dalam diabaikan) dirangkai dengan resistor 2 Ω yang diseri dengan susunan paralel 3 Ω dan 6 Ω. Tentukan arus total dan arus di setiap cabang.



Gambar 6.9 Paralel 3 Ω dan 6 Ω diganti 2 Ω, lalu dijumlahkan dengan 2 Ω seri. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Paralel: $\dfrac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\ \Omega$. Total $= 2 + 2 = 4\ \Omega$.
2. Arus total $I = \dfrac{24}{4} = 6$ A (melewati resistor 2 Ω).
3. Tegangan bagian paralel $= 6 \times 2 = 12$ V; arus 3 Ω $= 4$ A, arus 6 Ω $= 2$ A (Gambar 6.9).
4. Cek hukum I: $4 + 2 = 6$ A ✓; cek tegangan: $12 + 12 = 24$ V ✓ (resistor 2 Ω menanggung 12 V).

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

3. Ggl, hambatan dalam, dan tegangan jepit

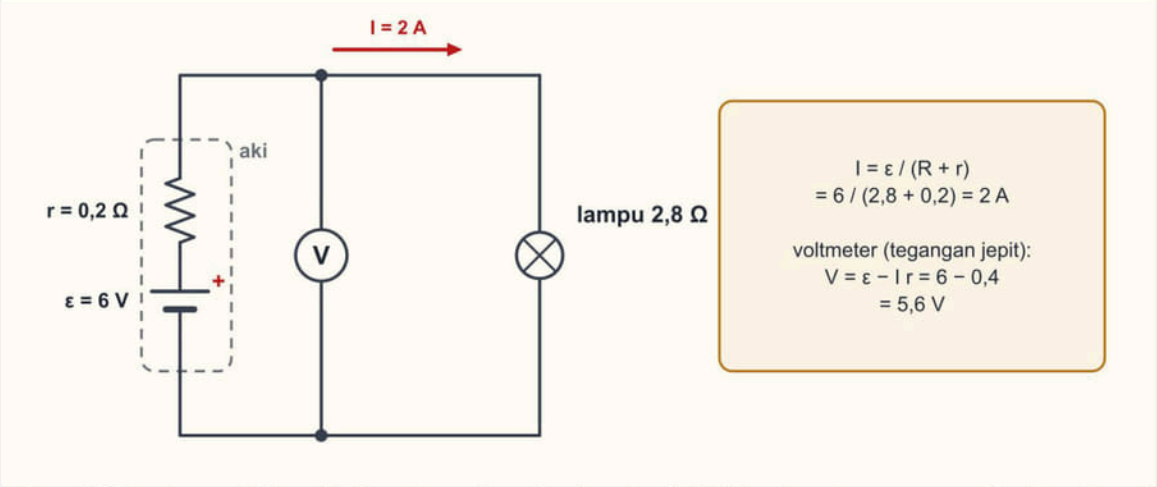
Sumber nyata (baterai, aki) memiliki **gaya gerak listrik** (ggl) ε, yaitu energi per coulomb yang diberikan sumber, dan **hambatan dalam** r dari bahan di dalamnya:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \qquad V_{\text{jepit}} = \varepsilon - Ir = IR$$

Voltmeter yang dipasang pada kutub sumber menunjukkan **tegangan jepit**, bukan ggl, bila ada arus yang mengalir. Tanpa beban (arus nol), tegangan jepit sama dengan ggl. Makin besar arus yang diambil, makin besar tegangan yang "hilang" di dalam sumber; itulah sebabnya lampu mobil sedikit meredup ketika mesin distarter.

Contoh terselesaikan 2: aki dan lampu

Sebuah aki bergaya gerak listrik 6 V dan berhambatan dalam 0,2 Ω dihubungkan dengan lampu 2,8 Ω. Berapa arusnya, dan berapa yang ditunjukkan voltmeter yang dipasang pada kutub aki?



Gambar 6.10 Hambatan dalam aki digambar sebagai resistor kecil di dalam kotak putus-putus. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

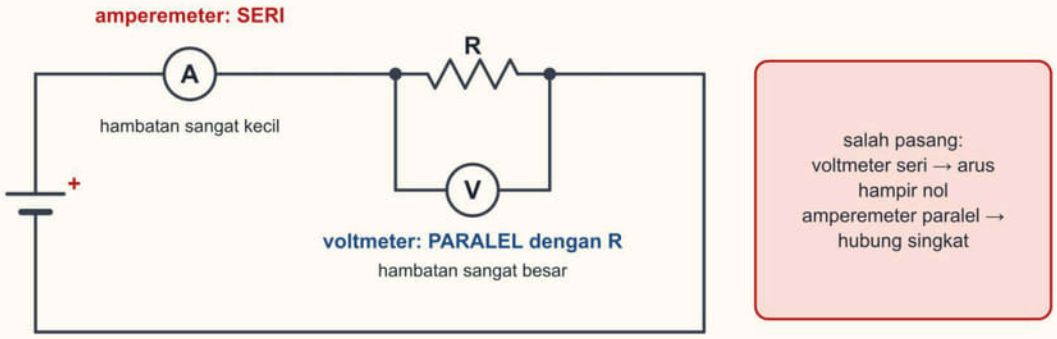
Penyelesaian.

1. Hambatan total $= 2{,}8 + 0{,}2 = 3\ \Omega$; $I = \dfrac{6}{3} = 2$ A.
2. Tegangan jepit $= 6 - 2 \times 0{,}2 = 5{,}6$ V; sama dengan $IR = 2 \times 2{,}8$ ✓.
3. Voltmeter menunjukkan 5,6 V (Gambar 6.10), bukan 6 V.
4. Sebanyak 0,4 V "hilang" di dalam aki dan menjadi kalor; aki yang dipakai untuk arus besar menjadi hangat.

4. Alat ukur

Amperemeter dipasang **seri** dan hambatannya sangat kecil, agar tidak mengubah arus yang diukur. **Voltmeter** dipasang **paralel** dengan komponen yang diukur dan hambatannya sangat besar, agar hampir tidak ada arus yang "dicuri" (Gambar 6.11). Alat ukur yang dipasang salah mengubah rangkaian: voltmeter yang dipasang seri membuat arus hampir nol, sedangkan amperemeter yang dipasang paralel dapat menimbulkan hubung singkat dan merusak alat.

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



Gambar 6.11 Amperemeter seri dengan rangkaian; voltmeter paralel dengan komponen yang diukur. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

5. Hukum Kirchhoff

Rangkaian dengan lebih dari satu sumber di cabang berbeda tidak dapat disederhanakan menjadi seri–paralel. Pakai dua hukum Kirchhoff:

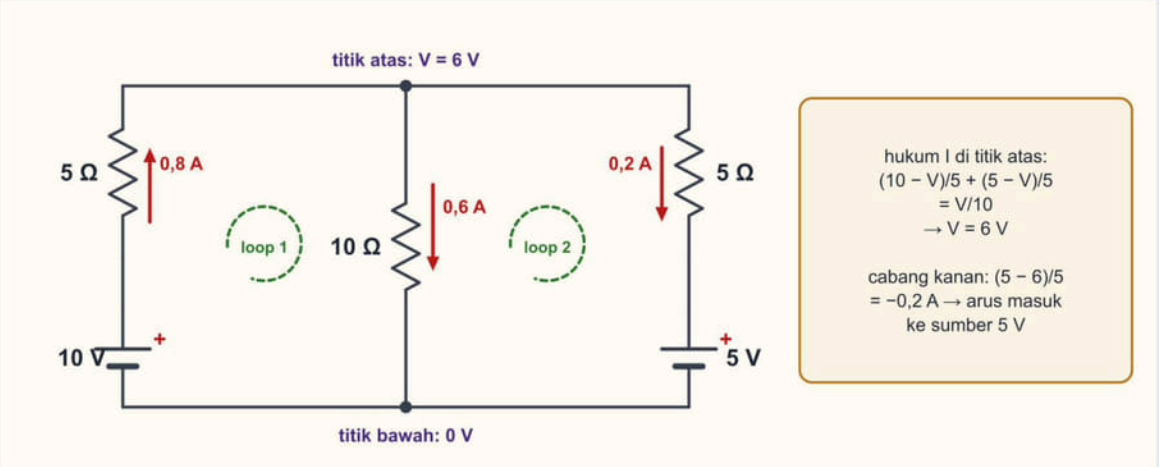
- **Hukum I (titik cabang):** jumlah arus yang masuk = jumlah arus yang keluar. Hukum ini adalah kekekalan muatan.
- **Hukum II (loop):** dalam satu loop tertutup, $\sum \varepsilon = \sum IR$. Hukum ini adalah kekekalan energi. Tentukan arah loop; ggl bertanda positif bila arah loop melewatinya dari kutub − ke kutub +; IR bertanda positif bila arah loop searah dengan arah arus yang dimisalkan.

Bila hasil arus negatif, arah arus sebenarnya berlawanan dengan yang dimisalkan. Hasilnya tetap benar; tidak perlu mengulang hitungan.

Cara cepat untuk tiga cabang sejajar (dua titik simpul): misalkan potensial titik atas V terhadap titik bawah (0 V). Arus setiap cabang ditulis dengan V, misalnya cabang berisi sumber ε (kutub + ke atas) dan resistor R mengalirkan $\dfrac{\varepsilon - V}{R}$ ke atas. Lalu pakai hukum I di titik atas.

Contoh terselesaikan 3: dua sumber, tiga cabang

Tiga cabang menghubungkan titik atas dan bawah: cabang kiri berisi sumber 10 V dan resistor 5 Ω, cabang tengah resistor 10 Ω, dan cabang kanan sumber 5 V dan resistor 5 Ω. Kutub positif kedua sumber menghadap ke atas. Tentukan arus di setiap cabang.



Gambar 6.12 Arah arus hasil hitungan; arus di cabang kanan masuk ke kutub positif sumber 5 V. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Misalkan potensial titik atas V. Arus ke atas di cabang kiri $\dfrac{10 - V}{5}$, di cabang kanan $\dfrac{5 - V}{5}$; arus ke bawah di cabang tengah $\dfrac{V}{10}$.
2. Hukum I: $\dfrac{10 - V}{5} + \dfrac{5 - V}{5} = \dfrac{V}{10} \rightarrow 20 - 2V + 10 - 2V = V \rightarrow V = 6\ \text{V}$.
3. Cabang tengah: $0{,}6$ A ke bawah. Cabang kiri: $\dfrac{10 - 6}{5} = 0{,}8$ A ke atas.

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

4. Cabang kanan: $\frac{5-6}{5} = -0{,}2$ A, artinya arus 0,2 A justru mengalir ke bawah dan masuk ke kutub positif sumber 5 V (Gambar 6.12); sumber 5 V sedang "diisi". Cek hukum I: $0{,}8 = 0{,}6 + 0{,}2$ ✓.

6. Menalar perubahan rangkaian

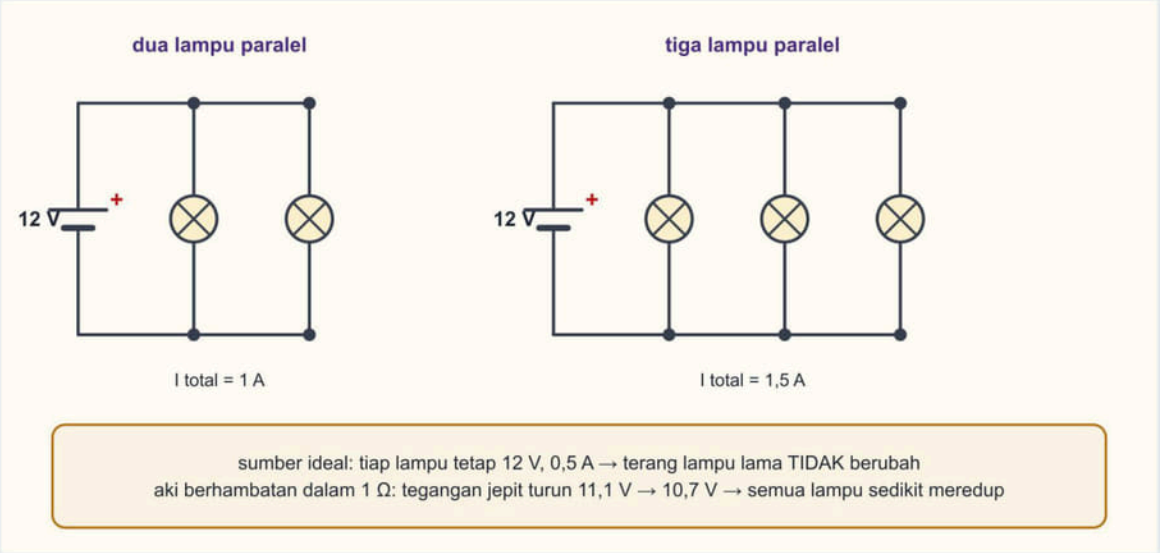
Untuk mengubah arus menjadi nilai tertentu, ingat $I = \frac{V}{R_{\text{total}}}$. Ada dua cara:

1. **Ubah tegangan sumber:** arus sebanding dengan tegangan.
2. **Ubah hambatan total:** menambah resistor **seri** memperbesar R (arus turun); menambah resistor **paralel** memperkecil R (arus total naik); mengubah susunan dari paralel ke seri memperbesar R.

Misalnya, rangkaian 6 V dengan resistor 3 Ω mengalirkan 2 A. Agar arusnya 1 A, kamu dapat menambah resistor 3 Ω secara seri atau mengganti sumber dengan 3 V; menambah resistor 3 Ω secara paralel justru membuat arus total menjadi 4 A. Terang lampu ditentukan oleh daya yang diterimanya, yang bergantung pada tegangan dan arus lampu itu sendiri, bukan pada arus total.

Contoh terselesaikan 4: menambah lampu paralel

Dua lampu identik (masing-masing 24 Ω) dipasang paralel pada sumber 12 V. Sebuah lampu identik ketiga lalu ditambahkan secara paralel. Apa yang terjadi pada arus total dan terang lampu yang sudah ada, bila (a) sumbernya ideal, dan (b) sumbernya aki berhambatan dalam 1 Ω?



Gambar 6.13 Pada sumber ideal, lampu lama tidak berubah terangnya; pada sumber berhambatan dalam, semua lampu sedikit meredup. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. (a) Sumber ideal: setiap lampu tetap mendapat 12 V dan 0,5 A, jadi terang lampu lama **tidak berubah**. Arus total naik dari 1 A menjadi 1,5 A.
2. (b) Dua lampu: $R = 12\ \Omega$, $I = \frac{12}{12+1} \approx 0{,}92$ A, tegangan jepit $\approx 11{,}1$ V.

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

3. Tiga lampu: $R = 8\ \Omega$, $I = \dfrac{12}{8+1} \approx 1{,}33$ A, tegangan jepit $\approx 10{,}7$ V (Gambar 6.13).
4. Tegangan setiap lampu turun, sehingga semua lampu sedikit meredup. Jawaban "tidak berubah" hanya benar bila hambatan dalam sumber diabaikan; baca keterangan soal dengan teliti.

7. Rangkaian di rumah dan salah paham yang sering muncul

Hubung singkat terjadi bila dua titik bertegangan berbeda tersambung langsung oleh kawat berhambatan sangat kecil, misalnya kabel yang terkelupas saling bersentuhan. Hambatan total hampir nol, sehingga arus menjadi sangat besar, kabel memanas, dan dapat terjadi kebakaran. Karena itu instalasi rumah dilengkapi **sekring** atau **MCB** (pemutus arus otomatis) yang dipasang **seri** di jalur utama: bila arus melebihi batasnya, MCB memutus rangkaian. Terlalu banyak alat berdaya besar pada satu stopkontak bercabang juga berbahaya, karena alat-alat itu paralel: setiap alat tambahan menambah arus total yang melewati kabel stopkontak.

Tubuh manusia juga menghantarkan listrik. Kulit kering berhambatan cukup besar, tetapi kulit basah jauh lebih kecil hambatannya, sehingga arus yang melewati tubuh menjadi berbahaya. Itulah alasan larangan menyentuh sakelar dengan tangan basah.

Beberapa salah paham yang sering muncul:

- **"Arus habis terpakai oleh lampu."** Arus yang masuk ke lampu sama dengan arus yang keluar (hukum I). Yang "terpakai" adalah energi, bukan muatan.
- **"Lampu yang lebih dekat ke kutub positif menyala lebih terang."** Pada rangkaian seri, arusnya sama di semua titik; urutan letak tidak berpengaruh.
- **"Menambah resistor selalu memperkecil arus."** Hanya bila dipasang seri. Resistor yang ditambahkan secara paralel memperkecil hambatan total, sehingga arus total membesar.
- **"Baterai menyediakan arus yang tetap."** Baterai menyediakan ggl yang (hampir) tetap; besar arus ditentukan oleh hambatan rangkaian.
- **"Voltmeter mengukur tegangan di satu titik."** Voltmeter selalu mengukur beda potensial antara dua titik tempat kedua kakinya dipasang.

Saat menghadapi soal rangkaian, gambar ulang rangkaian dengan rapi, tandai titik-titik yang berpotensial sama (dihubungkan kawat tanpa komponen), lalu tentukan bagian mana yang seri dan mana yang paralel sebelum menghitung.

Ringkasan

- $V = IR$; $R = \rho L/A$; lampu pijar tidak ohmik.
- Seri: arus sama, R dijumlah; paralel: tegangan sama, $1/R$ dijumlah; campuran disederhanakan dari dalam.
- Sumber nyata: $I = \varepsilon/(R + r)$, $V_{\text{jepit}} = \varepsilon - Ir$.
- Amperemeter seri, voltmeter paralel.
- Kirchhoff I (titik cabang) dan II (loop); arus negatif = arah sebenarnya terbalik.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal rangkaian

1. **Gambar ulang** rangkaian bila perlu; tandai titik-titik yang terhubung kawat tanpa hambatan sebagai satu titik.
2. **Sederhanakan** dari bagian paling dalam: paralel dulu, lalu seri.
3. **Hitung arus total,** lalu kembali ke tiap bagian: tegangan paralel → arus cabang.
4. **Bila ada dua sumber di cabang berbeda,** pakai hukum Kirchhoff atau cara potensial simpul.
5. **Untuk modifikasi,** hitung ulang arus setiap pilihan; jangan menebak dari kesan.

Jebakan khas

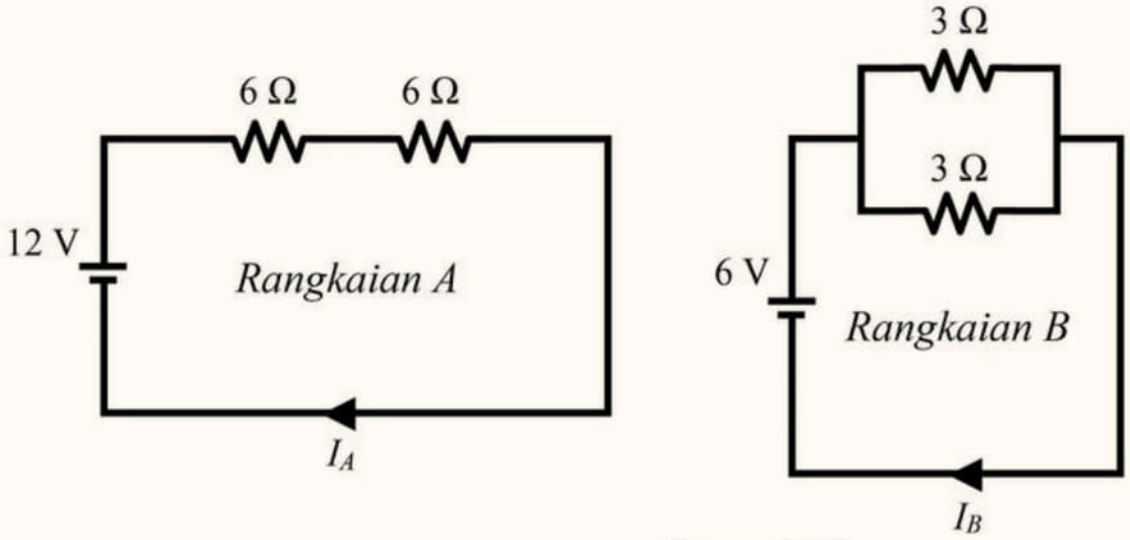
Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Paralel dihitung seperti seri	6 Ω dan 3 Ω paralel = 9 Ω	$\frac{6\times3}{9} = 2\ \Omega$
Arus paralel dibagi rata	dua cabang berbeda hambatan mendapat arus sama	tegangan sama; arus $= \frac{V}{R}$ setiap cabang
Ggl dipakai sebagai tegangan jepit	voltmeter dikira menunjukkan ggl	$V = \varepsilon - Ir$
Hambatan dalam dilupakan	$I = \frac{\varepsilon}{R}$	$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$
Tanda ggl pada loop terbalik	dua sumber berlawanan dijumlahkan	tentukan arah loop dan tanda setiap ggl
Menambah resistor dikira selalu mengurangi arus	menambah resistor paralel	paralel justru menambah arus total
Hasil arus negatif dianggap salah	menghitung ulang dari awal	negatif = arah sebenarnya berlawanan

● BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-23) dijawab benar oleh 26,62 % peserta. Hitung dulu arus kedua rangkaian, lalu uji **kelima** modifikasi satu per satu dengan cara di bagian 5.

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

►. Perhatikan dua rangkaian listrik berikut.
Agar besar arus listrik pada kedua rangkaian tersebut nilainya sama, bagaimana cara modifikasi rangkaian yang tepat?



A. Ubah sumber tegangan rangkaian A menjadi 6 V.
B. Tambah satu resistor 6 Ω secara paralel pada rangkaian A.
C. Ubah susunan resistor rangkaian B menjadi seri.
D. Ganti tegangan sumber rangkaian B menjadi 12 V.
E. Tambah satu resistor 3 Ω secara seri pada rangkaian B.

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 26,62 %

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: $I = \dfrac{V}{R_{\text{total}}}$; seri $R = R_1 + R_2$; paralel $\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}$.

Keadaan awal:

- A: $R = 6 + 6 = 12\ \Omega \rightarrow I_A = \dfrac{12}{12} = 1$ A.
- B: $R = \dfrac{3 \times 3}{3 + 3} = 1{,}5\ \Omega \rightarrow I_B = \dfrac{6}{1{,}5} = 4$ A.

Uji tiap modifikasi:

- A: $I_A = \frac{6}{12} = 0{,}5$ A ≠ 4 A ✗
- B: 6 Ω diparalel dengan susunan 12 Ω → $R = 4\ \Omega$, $I_A = 3$ A ≠ 4 A ✗
- C: B dibuat seri → $R = 6\ \Omega$, $I_B = \frac{6}{6} = 1$ A $= I_A$ ✓
- D: $I_B = \frac{12}{1{,}5} = 8$ A ✗
- E: $R = 4{,}5\ \Omega$, $I_B = 1{,}33$ A ✗

Jawaban: C.

Kebanyakan pilihan mengubah rangkaian A ke arah yang salah atau mengubah rangkaian B terlalu sedikit. Hanya mengubah susunan paralel di B menjadi seri yang membuat hambatan B

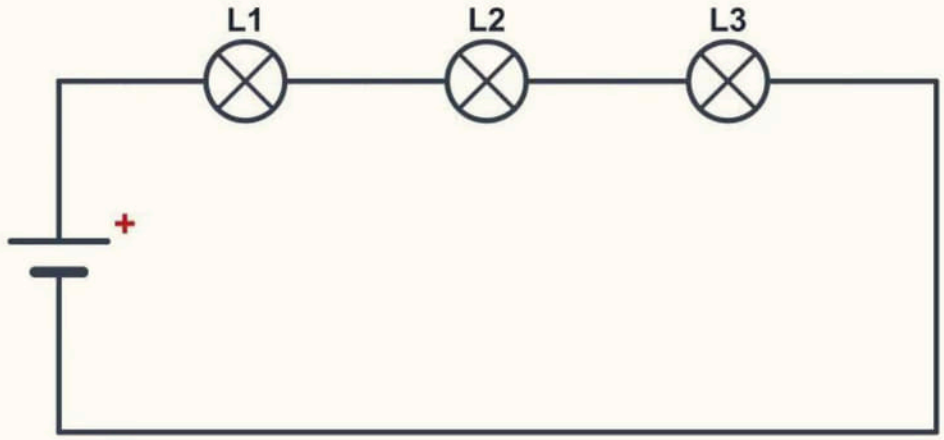
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

naik dari 1,5 Ω menjadi 6 Ω, sehingga arusnya turun dari 4 A menjadi 1 A, sama dengan rangkaian A.

BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut berbentuk Benar–Salah tentang rangkaian seri. Uji setiap pernyataan dengan tiga ciri seri: arus sama, tegangan terbagi, dan satu komponen terputus memutus semuanya.

►. Tiga lampu identik L1, L2, dan L3 dirangkai seri dengan sebuah baterai 6 V (hambatan dalam diabaikan), seperti pada gambar.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kuat arus yang melalui L1, L2, dan L3 sama besar.	○	○
Tegangan pada setiap lampu adalah 2 V.	○	○
Bila L2 dilepas dari rangkaian, L1 dan L3 tetap menyala.	○	○

Pembahasan **Kunci: 1B 2B 3S**

Konsep: rangkaian seri: arus sama di setiap komponen, tegangan terbagi sebanding hambatan, satu komponen terputus memutus seluruh rangkaian.

Pernyataan 1. pada rangkaian seri hanya ada satu jalur arus → **Benar**.
Pernyataan 2. lampu identik membagi 6 V sama rata → **Benar**.
Pernyataan 3. rangkaian menjadi terbuka sehingga semua lampu padam → **Salah**.

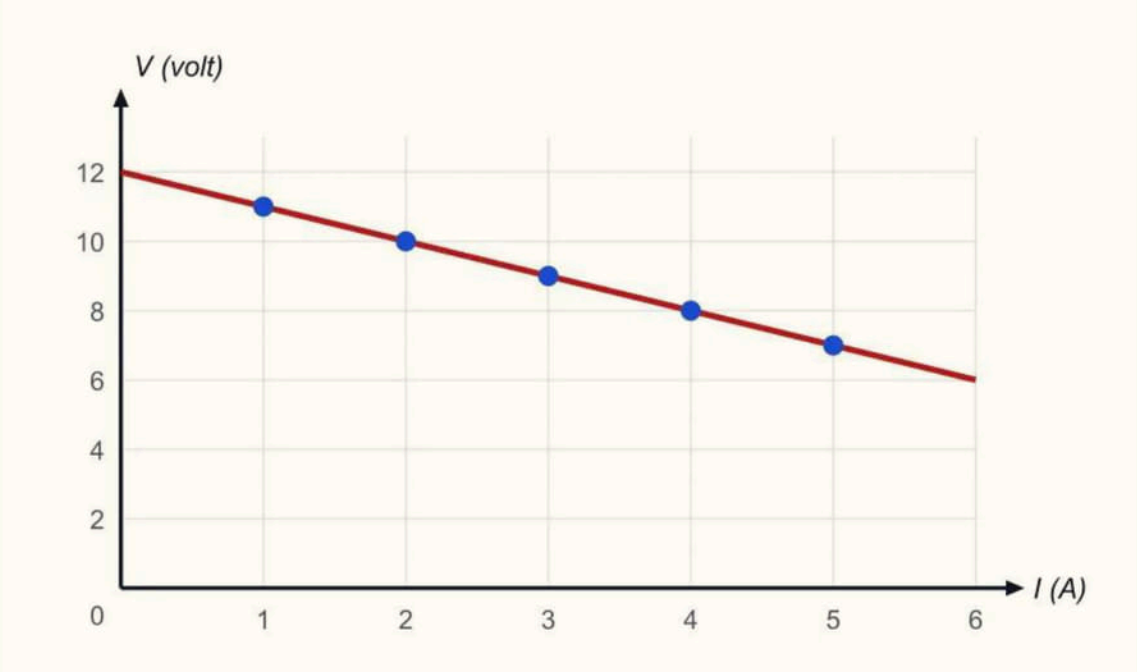
Jawaban: Benar, Benar, Salah.

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

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, gambar ulang rangkaian dan tandai bagian yang seri dan yang paralel. Untuk soal sumber berhambatan dalam, hitung arus total dulu.

1. Untuk menentukan ggl dan hambatan dalam sebuah aki, siswa memasang hambatan geser pada aki, lalu mengukur kuat arus I dan tegangan jepit V untuk beberapa kedudukan hambatan geser. Hasilnya digambarkan seperti pada grafik.
Ggl dan hambatan dalam aki tersebut berturut-turut adalah ....



A. 12 V dan 0,5 Ω
B. 8 V dan 1 Ω
C. 10 V dan 2 Ω
D. 12 V dan 5 Ω
E. 12 V dan 1 Ω

2. Seorang siswa memiliki tiga resistor identik, masing-masing berhambatan R, dan ingin memperoleh hambatan pengganti $1{,}5R$ dengan memakai ketiganya.
Susunan yang tepat adalah ....

A. dua resistor dirangkai paralel, lalu diseri dengan resistor ketiga
B. ketiga resistor dirangkai seri
C. ketiga resistor dirangkai paralel
D. dua resistor dirangkai seri, lalu diparalel dengan resistor ketiga
E. dua resistor diseri, lalu diseri lagi dengan resistor ketiga

Kunci singkat: 1. E 2. A

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa hambatan pengganti dua resistor paralel selalu lebih kecil daripada hambatan terkecilnya?
- Voltmeter pada kutub aki menunjukkan 12 V saat lampu dimatikan dan 11,4 V saat lampu dinyalakan. Mengapa?
- Dalam hukum Kirchhoff, apa arti arus yang hasilnya bertanda negatif?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 6.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-6.2

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

Sub bab 6.3 · Energi dan daya listrik

FIS-6.3

◎ APA YANG DIUJI

Sub bab terakhir ini paling dekat dengan kehidupan sehari-hari: tagihan listrik, pilihan lampu hemat energi, pembangkit listrik, dan penyaluran listrik dari pembangkit ke rumah. Soal TKA meminta kamu **menghitung energi dan biaya**, lalu **mengambil keputusan** berdasarkan hitungan itu.

Soal asli	Indikator resmi	Siswa yang menjawab benar
SA-24	Menganalisis keputusan berdasarkan permasalahan kontekstual sehari-hari menggunakan konsep energi dan daya listrik	42,54 %

SA-24 tidak sulit hitungannya, tetapi panjang: ada lima alat dengan daya, lama pemakaian, dan jumlah hari yang berbeda. Kesalahan yang sering terjadi: lupa mengalikan jumlah hari, mencampur watt dan kilowatt, atau memilih penghematan dari alat yang **dayanya** besar padahal **energinya** kecil.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung energi listrik dalam joule dan kWh, serta biaya listrik;
- memakai tiga bentuk rumus daya: $P = VI = I^2R = \dfrac{V^2}{R}$;
- menghitung daya alat pada tegangan yang berbeda dari tegangan yang tertulis;
- membandingkan alat dan mengambil keputusan hemat energi;
- menjelaskan mengapa listrik disalurkan dengan tegangan tinggi.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Setiap bulan keluarga membayar tagihan listrik, tetapi yang dibeli sebenarnya bukan "listrik", melainkan **energi**. Sub bab ini menjelaskan hubungan energi dan daya listrik, cara membaca label alat, cara menghitung pemakaian dalam kWh, mengapa lampu menjadi redup pada tegangan rendah, mengapa lampu kecil bisa lebih terang dalam rangkaian seri, dan mengapa listrik disalurkan dengan tegangan sangat tinggi.

1. Energi dan daya listrik

Tegangan adalah energi per coulomb, dan arus adalah coulomb per sekon. Jadi energi yang diubah oleh alat dalam waktu t adalah

$$W = V\,I\,t = P\,t$$

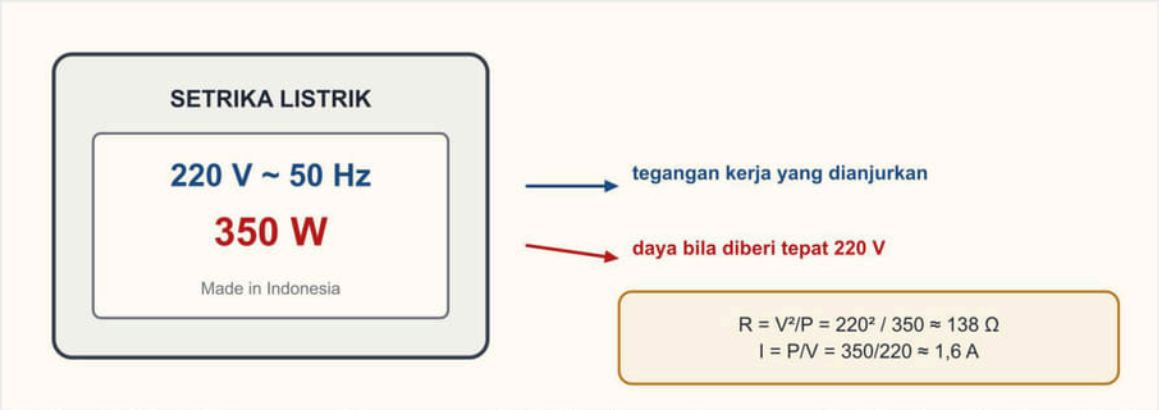
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Daya adalah energi per satuan waktu (satuan watt, 1 W = 1 J/s). Dengan hukum Ohm, daya dapat ditulis dalam tiga bentuk:

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

Pilih bentuk yang sesuai: I^2R bila arusnya sama (rangkaian seri, kawat penyalur); $\frac{V^2}{R}$ bila tegangannya sama (rangkaian paralel, alat rumah tangga).

Label alat. Setiap alat listrik mencantumkan tegangan kerja dan daya, misalnya "220 V; 350 W" (Gambar 6.14). Artinya: bila diberi tepat 220 V, alat itu memakai daya 350 W. Dari label dapat dihitung arus kerja $I = \frac{P}{V} \approx 1{,}6$ A dan hambatannya $R = \frac{V^2}{P} \approx 138\ \Omega$.



Gambar 6.14 Label alat menyatakan tegangan kerja dan daya pada tegangan itu. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kilowatt-jam (kWh) adalah satuan energi pada tagihan listrik: 1 kWh = 1.000 W × 3.600 s = $3{,}6 \times 10^6$ J. Meteran listrik di rumah menghitung kWh, bukan watt.

$$\text{energi (kWh)} = \text{daya (kW)} \times \text{lama (jam)} \times \text{jumlah hari}, \qquad \text{biaya} = \text{energi} \times \text{tarif}$$

Misalnya, setrika 300 W yang dipakai 2 jam setiap hari selama 30 hari memakai $0{,}3 \times 2 \times 30 = 18$ kWh; bila tarif dianggap Rp1.500 per kWh (angka contoh, bukan tarif resmi), biayanya Rp27.000. Dua kesalahan paling sering: lupa mengubah watt menjadi kilowatt, dan lupa mengalikan jumlah hari. Bila energi diminta dalam joule, ubah waktu ke sekon: setrika tadi memakai $300 \times 7.200 = 2{,}16 \times 10^6$ J setiap hari, sama dengan 0,6 kWh. Satuan kWh dipakai pada tagihan justru karena joule terlalu kecil untuk pemakaian rumah tangga.

2. Daya besar belum tentu energi besar

Yang menentukan tagihan adalah **energi**, yaitu daya **dikalikan lama pemakaian**. Alat berdaya kecil yang menyala terus dapat memakai energi lebih banyak daripada alat berdaya besar yang dipakai sebentar.

Contoh terselesaikan 1: kulkas atau oven?

Bandingkan kulkas 100 W yang menyala 24 jam sehari dengan oven listrik 1.000 W yang

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

dipakai 15 menit sehari. Alat mana yang memakai energi lebih banyak?



Gambar 6.15 Oven berdaya sepuluh kali lebih besar, tetapi kulkas memakai energi hampir sepuluh kali lebih banyak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Kulkas: $0{,}1\ \text{kW} \times 24\ \text{jam} = 2{,}4\ \text{kWh}$ per hari.
2. Oven: $1\ \text{kW} \times 0{,}25\ \text{jam} = 0{,}25\ \text{kWh}$ per hari (15 menit = 0,25 jam).
3. Kulkas memakai energi hampir 10 kali lebih banyak (Gambar 6.15).
4. Untuk berhemat, alat yang lama menyala (kulkas, AC, lampu) biasanya lebih berpengaruh daripada alat berdaya besar yang dipakai sebentar.

Langkah mengambil keputusan hemat energi:

1. Hitung energi **setiap** alat dalam satuan dan periode yang sama (misalnya kWh per bulan).
2. Bila ada batas biaya, ubah menjadi batas energi: $\dfrac{\text{batas biaya}}{\text{tarif}}$.
3. Hitung penghematan **setiap** pilihan, lalu bandingkan dengan kelebihan energi yang harus dikurangi.
4. Pilihan yang menurunkan energi alat pemakai energi terbesar biasanya paling berpengaruh. Tetap buktikan dengan angka.

3. Alat pada tegangan yang berbeda

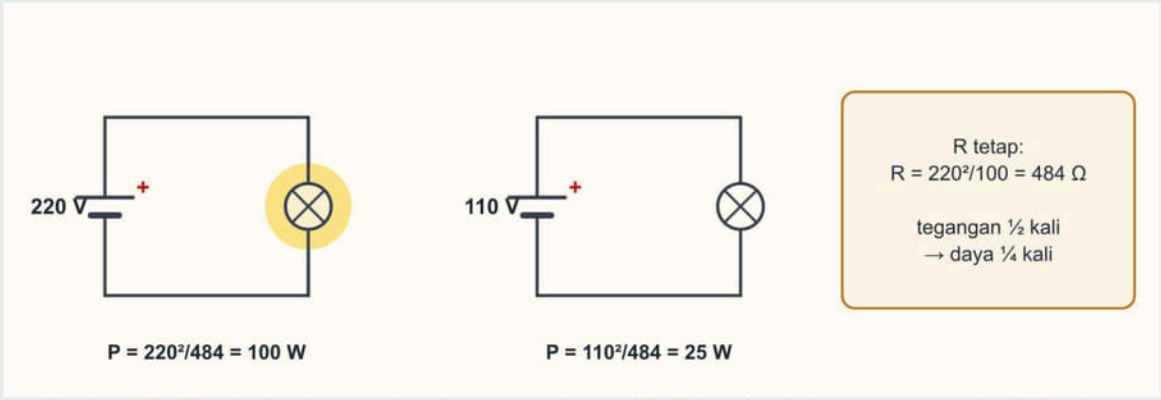
Tulisan "100 W; 220 V" berarti alat memakai daya 100 W **bila** diberi tegangan 220 V. Bila tegangannya berbeda, yang (dianggap) tetap adalah **hambatannya**, bukan dayanya:

$$R = \frac{V^2}{P}, \qquad P_2 = P_1\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$$

Contoh terselesaikan 2: lampu pada tegangan setengahnya

Lampu bertuliskan "100 W; 220 V" dipasang pada tegangan 110 V. Berapa daya lampu sekarang?

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



Gambar 6.16 Hambatan lampu tetap; tegangan setengah kali membuat daya seperempat kali. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

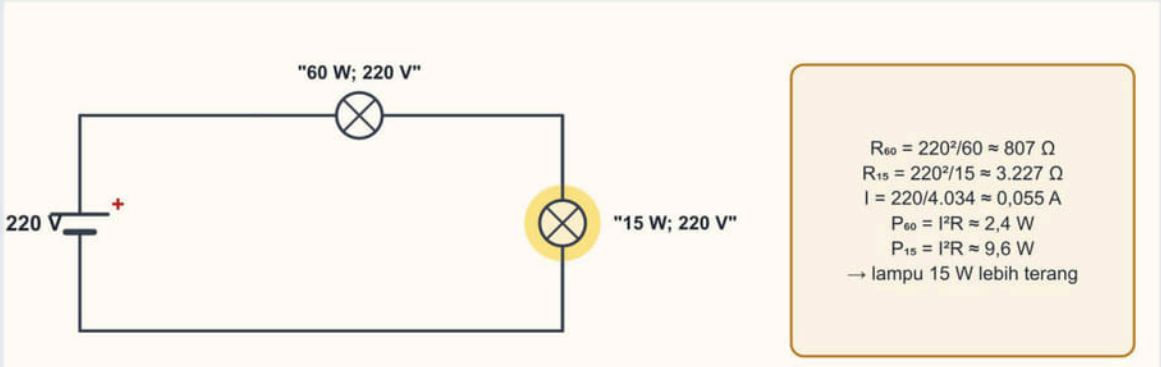
Penyelesaian.

1. Hambatan lampu: $R = \dfrac{220^2}{100} = 484\ \Omega$.
2. Pada 110 V: $P = \dfrac{110^2}{484} = 25$ W.
3. Dayanya seperempat, bukan setengah (Gambar 6.16), karena tegangan dan arus sama-sama turun setengahnya.
4. Lampu itu menyala jauh lebih redup. Sebaliknya, alat 110 V yang dipasang pada 220 V menerima daya empat kali lipat dan dapat terbakar.

Dua lampu berbeda dirangkai seri. Arusnya sama, sehingga $P = I^2R$ lebih besar pada lampu yang **hambatannya besar**, yaitu lampu yang daya tertulisnya **kecil**. Hal ini sering mengejutkan siswa.

Contoh terselesaikan 3: lampu kecil lebih terang

Lampu "60 W; 220 V" dan lampu "15 W; 220 V" dirangkai seri, lalu dihubungkan ke sumber 220 V. Lampu mana yang menyala lebih terang?



Gambar 6.17 Pada rangkaian seri, lampu berhambatan besar (daya tertulis kecil) menerima daya lebih besar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Hambatan: $R_{60} = \dfrac{220^2}{60} \approx 807\ \Omega$; $R_{15} = \dfrac{220^2}{15} \approx 3.227\ \Omega$.

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

2. Arus: $I = \dfrac{220}{807 + 3.227} \approx 0{,}055$ A, sama untuk keduanya.
3. Daya: $P_{60} = I^2 R_{60} \approx 2{,}4$ W; $P_{15} = I^2 R_{15} \approx 9{,}6$ W.
4. Lampu 15 W lebih terang (Gambar 6.17), walaupun keduanya jauh lebih redup daripada bila dipasang sendiri-sendiri pada 220 V. Bila dipasang paralel, yang lebih terang justru lampu 60 W.

4. Efisiensi dan perubahan energi

Alat listrik mengubah energi listrik menjadi bentuk lain: kalor (setrika, pemanas air), cahaya (lampu), atau gerak (kipas, pompa). **Efisiensi** adalah bagian energi yang berubah menjadi bentuk yang diinginkan:

$$\eta = \frac{\text{energi berguna}}{\text{energi listrik}} \times 100\ \%$$

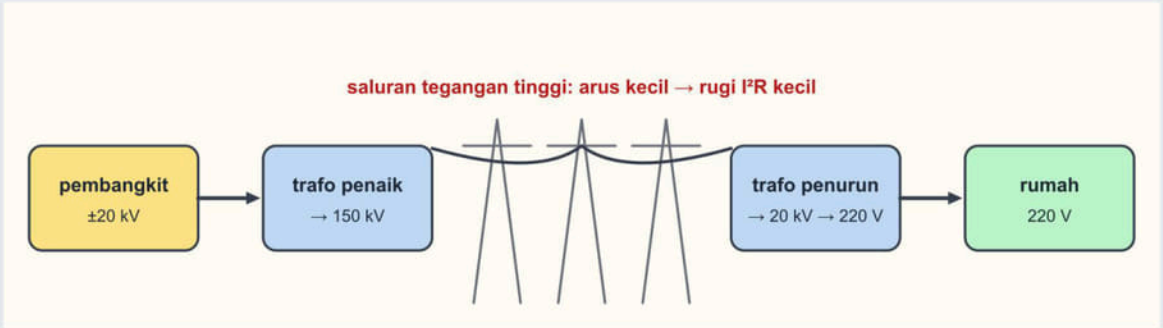
Lampu LED lebih hemat daripada lampu pijar karena sebagian besar energi lampu pijar berubah menjadi kalor, bukan cahaya. Untuk cahaya yang setara, lampu LED memerlukan daya jauh lebih kecil, sehingga energi dan biayanya juga lebih kecil. Pada pemanas air, hampir semua energi listrik memang diinginkan menjadi kalor, sehingga efisiensinya tinggi.

Pada pembangkit, **faktor kapasitas** membandingkan energi yang benar-benar dihasilkan dalam setahun dengan energi bila pembangkit bekerja terus pada daya puncaknya (8.760 jam per tahun). Pembangkit tenaga surya, misalnya, hanya menghasilkan listrik pada siang hari dan bergantung pada cuaca, sehingga faktor kapasitasnya jauh di bawah 100 %.

5. Penyaluran listrik: mengapa tegangan tinggi?

Listrik dari pembangkit harus disalurkan puluhan sampai ratusan kilometer (Gambar 6.18). Kawat penyalur memiliki hambatan R. Untuk menyalurkan daya P dengan tegangan V, arusnya $I = \dfrac{P}{V}$, dan daya yang hilang menjadi kalor di kawat:

$$P_{\text{hilang}} = I^2 R = \left(\frac{P}{V}\right)^2 R$$



Gambar 6.18 Tegangan dinaikkan transformator sebelum disalurkan, lalu diturunkan bertahap sebelum masuk rumah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Transformator hanya bekerja pada arus bolak-balik; itulah salah satu alasan jaringan listrik umum memakai arus bolak-balik. Transformator penaik tegangan memperbesar tegangan sekaligus memperkecil arus, sehingga daya yang disalurkan hampir sama, tetapi arus di kabel

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

jauh lebih kecil. Di dekat permukiman, transformator penurun tegangan pada tiang listrik mengubah tegangan menjadi 220 V yang aman untuk alat rumah tangga.

Tegangan yang lebih tinggi berarti arus lebih kecil, sehingga daya hilang jauh lebih kecil. Tegangan **dua kali** membuat daya hilang menjadi **seperempatnya**. Karena itu listrik disalurkan dengan tegangan tinggi, lalu diturunkan dengan transformator sebelum masuk ke rumah.

Contoh terselesaikan 4: saluran 20 kV atau 150 kV?

Daya 10 MW disalurkan melalui kabel yang hambatan totalnya 5 Ω. Bandingkan daya yang hilang bila disalurkan dengan tegangan 20 kV dan 150 kV.



Gambar 6.19 Dengan tegangan 7,5 kali lebih tinggi, daya yang hilang turun sekitar 56 kali. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Penyelesaian.

1. Pada 20 kV: $I = \dfrac{10^7}{2 \times 10^4} = 500$ A; $P_{\text{hilang}} = 500^2 \times 5 = 1{,}25 \times 10^6$ W, yaitu 12,5 % dari daya yang disalurkan.
2. Pada 150 kV: $I = \dfrac{10^7}{1{,}5 \times 10^5} \approx 66{,}7$ A; $P_{\text{hilang}} \approx 66{,}7^2 \times 5 \approx 22$ kW, sekitar 0,2 %.
3. Perbandingan: $\left(\dfrac{150}{20}\right)^2 = 7{,}5^2 \approx 56$ kali lebih kecil (Gambar 6.19).
4. Jebakan: jangan memakai $P = \dfrac{V^2}{R}$ dengan V = tegangan saluran, karena tegangan saluran bukan tegangan yang jatuh pada kabel.

6. Dari mana energi listrik berasal?

Hampir semua pembangkit listrik mengubah energi lain menjadi energi listrik dengan memutar generator. Pembangkit listrik tenaga uap membakar batu bara atau gas untuk menguapkan air; uapnya memutar turbin (Sub bab 5.4). Pembangkit listrik tenaga air memakai energi potensial air bendungan; pembangkit tenaga angin memakai energi kinetik angin; pembangkit tenaga panas bumi memakai uap dari perut bumi, yang banyak tersedia di Indonesia karena negeri kita dilalui jalur gunung api. Pembangkit listrik tenaga surya berbeda: sel surya mengubah cahaya langsung menjadi listrik tanpa bagian yang berputar.

Setiap pengubahan energi tidak pernah 100 % berguna; sebagian selalu menjadi kalor. Karena

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

itu menghemat listrik di rumah berarti juga menghemat bahan bakar di pembangkit yang efisiensinya terbatas, dan mengurangi emisi bila pembangkitnya memakai bahan bakar fosil (Sub bab 5.2). Satu kWh yang tidak dipakai di rumah menghemat lebih dari satu kWh energi bahan bakar di pembangkit.

7. Salah paham yang sering muncul

- **"Watt adalah satuan energi."** Watt adalah satuan daya (energi per sekon). Energi dinyatakan dalam joule atau kWh. "Lampu 10 W" tidak berarti lampu itu memakai 10 J sepanjang hidupnya, melainkan 10 J setiap sekon.
- **"Alat 220 V; 100 W selalu memakai 100 W."** Hanya bila tegangannya tepat 220 V. Pada tegangan lain, hambatannya yang tetap, sehingga dayanya berubah sebanding kuadrat tegangan.
- **"Lampu yang dayanya besar selalu lebih terang."** Benar bila dipasang paralel (masing-masing mendapat tegangan penuh), tetapi terbalik bila dipasang seri.
- **"Alat yang dimatikan dengan remote tidak memakai listrik."** Pada mode siaga, banyak alat tetap memakai daya kecil. Daya kecil yang menyala 24 jam sehari tetap menambah energi bulanan.
- **"Kabel tegangan tinggi berbahaya karena arusnya besar."** Justru arusnya dibuat kecil; yang berbahaya adalah tegangannya yang sangat tinggi, sehingga tubuh yang tersentuh dapat dialiri arus mematikan.

Saat mengerjakan soal energi listrik, tuliskan satuan setiap besaran sebelum menghitung (W atau kW, sekon atau jam, per hari atau per bulan), dan periksa apakah hasilnya masuk akal. Tagihan rumah tangga biasanya ratusan kWh per bulan, bukan puluhan ribu. Bila hasilmu jauh di luar kisaran itu, periksa lagi konversi satuannya.

Ringkasan

- $W = VIt = Pt$; $P = VI = I^2R = V^2/R$; 1 kWh = 3,6 × 10^6 J.
- Energi (kWh) = kW × jam × hari; tagihan ditentukan energi, bukan daya.
- Label "P; V": $R = V^2/P$ tetap; $P_2 = P_1(V_2/V_1)^2$.
- Seri: lampu berdaya tertulis kecil lebih terang; paralel: sebaliknya.
- Transmisi: $P_{\text{hilang}} = (P/V)^2R$; tegangan tinggi → rugi kecil.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal energi dan daya listrik

1. **Ubah satuan dulu:** W ke kW, menit ke jam, dan tentukan periode (per hari, per bulan).
2. **Pilih rumus daya** sesuai besaran yang tetap: arus sama → I^2R; tegangan sama → $\frac{V^2}{R}$.
3. **Untuk tagihan,** hitung energi setiap alat, jumlahkan, lalu kalikan tarif.
4. **Untuk keputusan,** hitung penghematan setiap pilihan dengan angka.

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

5. **Untuk alat pada tegangan lain,** hitung hambatan dari tulisan pada alat, lalu hitung daya baru.

Jebakan khas

Jebakan	Contoh salah tafsir	Cara menghindari
Watt tidak diubah ke kilowatt	300 W × 2 jam = 600 kWh	$0{,}3 \times 2 = 0{,}6$ kWh
Jumlah hari dilupakan	energi sebulan = energi sehari	kalikan jumlah hari pemakaian
Daya besar dikira energi besar	memilih hemat dari oven, bukan kulkas	bandingkan energi = daya × waktu
Daya sebanding tegangan	tegangan setengah → daya setengah	$P \propto V^2$ → seperempat
Lampu seri: daya tertulis besar dikira lebih terang	lampu 60 W lebih terang daripada 15 W pada rangkaian seri	arus sama → yang R-nya besar (15 W) lebih terang
Daya hilang transmisi dikira naik bila tegangan naik	$P = \frac{V^2}{R}$ dengan tegangan transmisi	daya hilang $= I^2R$ dengan $I = \frac{P}{V}$

• BEDAH SOAL ASLI

Soal berikut (SA-24) dijawab benar oleh 42,54 % peserta. Ikuti langkah keputusan di bagian 2: energi setiap alat per bulan, batas energi dari batas biaya, lalu penghematan setiap pilihan.

►. Diberikan data spesifikasi dan durasi penggunaan peralatan elektronik dari sebuah keluarga sebagai berikut.

Peralatan Elektronik	Daya (watt)	Lama Penggunaan per Hari (jam)	Frekuensi Penggunaan per Bulan (hari)
AC (*Air Conditioner*)	1.000	8	30
Kulkas	150	24	30
Mesin cuci	350	1	8
Setrika	300	1	12
Televisi	100	5	30

Jika tarif listrik yang berlaku adalah Rp1.500,00 per kWh, dan keluarga tersebut ingin agar total biaya listrik tetap di bawah Rp375.000,00 per bulan, keputusan terbaik apa yang dapat diambil untuk mencapai tujuan tersebut?

A. Mengurangi penggunaan AC menjadi 4 jam per hari.
B. Mengurangi durasi menonton televisi 1 jam per hari dan mengurangi penggunaan mesin cuci 1 hari per bulan.
C. Mengurangi durasi menonton TV menjadi 2 jam per hari.
D. Tidak menggunakan mesin cuci sama sekali.
E. Mengurangi frekuensi menyetrika menjadi 4 hari per bulan.

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

Siswa peserta TKA yang menjawab benar: 42,54 %

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: energi $W = P \times t$ (kWh); biaya = energi × tarif.

Langkah 1 – Energi per bulan.
• AC: $1 \times 8 \times 30 = 240$ kWh
• Kulkas: $0{,}15 \times 24 \times 30 = 108$ kWh
• Mesin cuci: $0{,}35 \times 1 \times 8 = 2{,}8$ kWh
• Setrika: $0{,}3 \times 1 \times 12 = 3{,}6$ kWh
• TV: $0{,}1 \times 5 \times 30 = 15$ kWh
Total $= 369{,}4$ kWh → biaya $369{,}4 \times 1.500 =$ Rp554.100,00.

Langkah 2 – Batas energi. Biaya < Rp375.000 → energi < $\frac{375.000}{1.500} = 250$ kWh. Harus hemat lebih dari $369{,}4 - 250 = 119{,}4$ kWh.

Langkah 3 – Uji opsi (penghematan).
• A: AC 4 jam → hemat $1 \times 4 \times 30 = 120$ kWh → total 249,4 kWh → Rp374.100,00 < Rp375.000,00 ✓
• B: $0{,}1 \times 1 \times 30 + 0{,}35 = 3{,}35$ kWh ✗
• C: $0{,}1 \times 3 \times 30 = 9$ kWh ✗
• D: 2,8 kWh ✗
• E: $0{,}3 \times 8 = 2{,}4$ kWh ✗

Kesimpulan: AC adalah pemakai energi terbesar, sehingga penghematan paling efektif ada pada AC.

Jawaban: A.

Hitungan menunjukkan bahwa AC memakai energi terbesar. Hanya pengurangan pemakaian AC yang cukup untuk menurunkan biaya di bawah batas. Pilihan lain memang menghemat, tetapi terlalu sedikit. Inilah inti soal keputusan: setiap pilihan "benar arah", tetapi hanya satu yang **cukup**.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menghitung energi baterai dari tulisan "mAh". Ubah muatan ke coulomb (miliampere-jam ke ampere-sekon), lalu kalikan dengan tegangan.

►. Sebuah power bank bertuliskan "10.000 mAh; 3,7 V". Tulisan itu menyatakan muatan yang dapat dialirkan baterai di dalamnya pada tegangan 3,7 V.
Energi listrik yang tersimpan dalam power bank tersebut adalah sekitar ....

A. $3{,}7 \times 10^4$ J
B. $1{,}33 \times 10^5$ J
C. 37 J
D. $1{,}33 \times 10^8$ J
E. $2{,}7 \times 10^3$ J

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

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: energi listrik $W = QV$; muatan Q (coulomb) = arus (A) × waktu (s).

Langkah – 10.000 mAh $= 10$ A × 3.600 s $= 36.000$ C. $W = 36.000 \times 3{,}7 \approx 1{,}33 \times 10^5$ J (= 37 Wh).

Analisis opsi:

- A ($3{,}7 \times 10^4$ J) ✗ – mAh dianggap sama dengan mA·s tanpa mengubah jam ke sekon, lalu dikali 3,7 V.
- B ($1{,}33 \times 10^5$ J) ✓ – Q = 36.000 C; W = QV.
- C (37 J) ✗ – mAh diubah ke Ah (10 Ah) lalu dikali tegangan, tanpa mengubah jam ke sekon.
- D ($1{,}33 \times 10^8$ J) ✗ – 10.000 mAh dibaca 10.000 Ah.
- E ($2{,}7 \times 10^3$ J) ✗ – muatan dibagi tegangan, bukan dikalikan.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Untuk setiap soal, ubah dulu watt ke kilowatt dan menit ke jam, lalu periksa apakah hasilnya masuk akal.

1. Sebuah lampu pijar 60 W yang menyala 5 jam setiap hari diganti dengan lampu LED 10 W yang cahayanya setara.
Energi listrik yang dihemat selama 30 hari adalah ....

A. 7,5 kWh
B. 1,5 kWh
C. 9 kWh
D. 0,25 kWh
E. 7.500 kWh

2. Sebuah pemanas air listrik berdaya 2.000 W dinyalakan selama 20 menit untuk menyiapkan air mandi. Misalkan tarif listrik Rp1.500 per kWh (angka contoh untuk latihan).
Biaya listrik untuk sekali pemakaian tersebut adalah ....

A. Rp60.000
B. Rp1.000
C. Rp3.000
D. Rp1.000.000
E. Rp500

Kunci singkat: 1. A 2. B

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa kulkas yang dayanya kecil dapat memakai energi lebih banyak daripada oven yang dayanya besar?
- Lampu "40 W; 220 V" dipasang pada 110 V. Berapa dayanya, dan mengapa bukan 20 W?
- Mengapa listrik disalurkan dengan tegangan sangat tinggi, padahal di rumah dipakai 220 V?

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 6.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-6.3

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

Kuis Akhir Bab 6

FIS-KB6

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

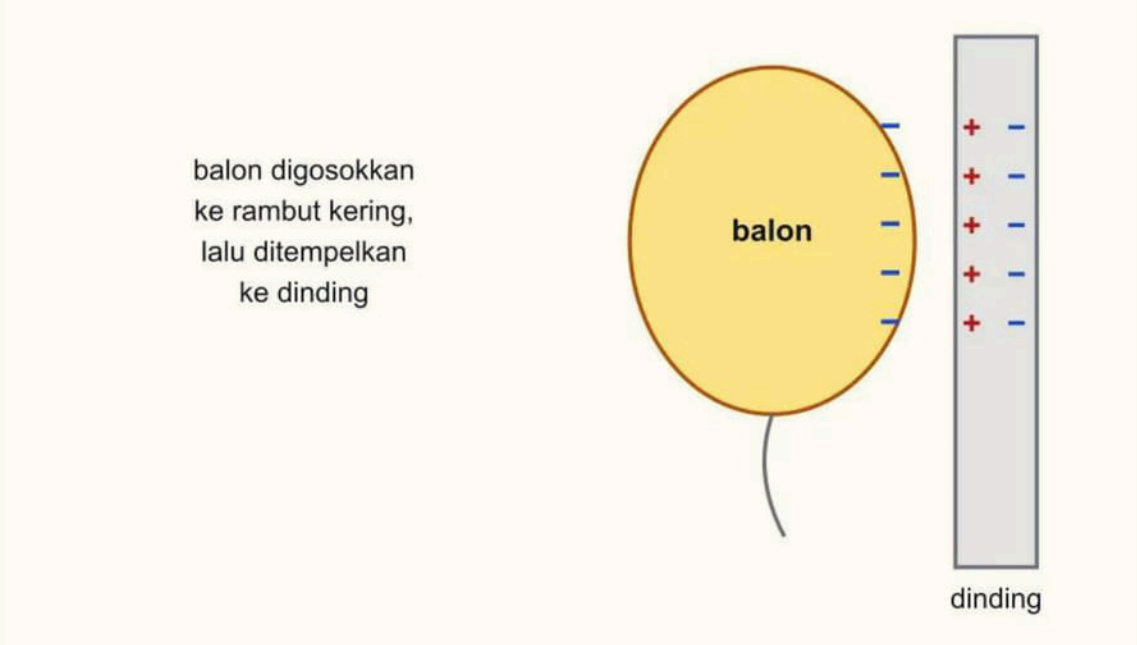
Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 6 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-KB6

1. Sebuah balon karet digosokkan ke rambut yang kering sehingga balon bermuatan negatif. Ketika balon ditempelkan ke dinding tembok yang netral, balon menempel dan tidak jatuh, seperti pada gambar.
Penjelasan yang paling tepat untuk peristiwa tersebut adalah ....



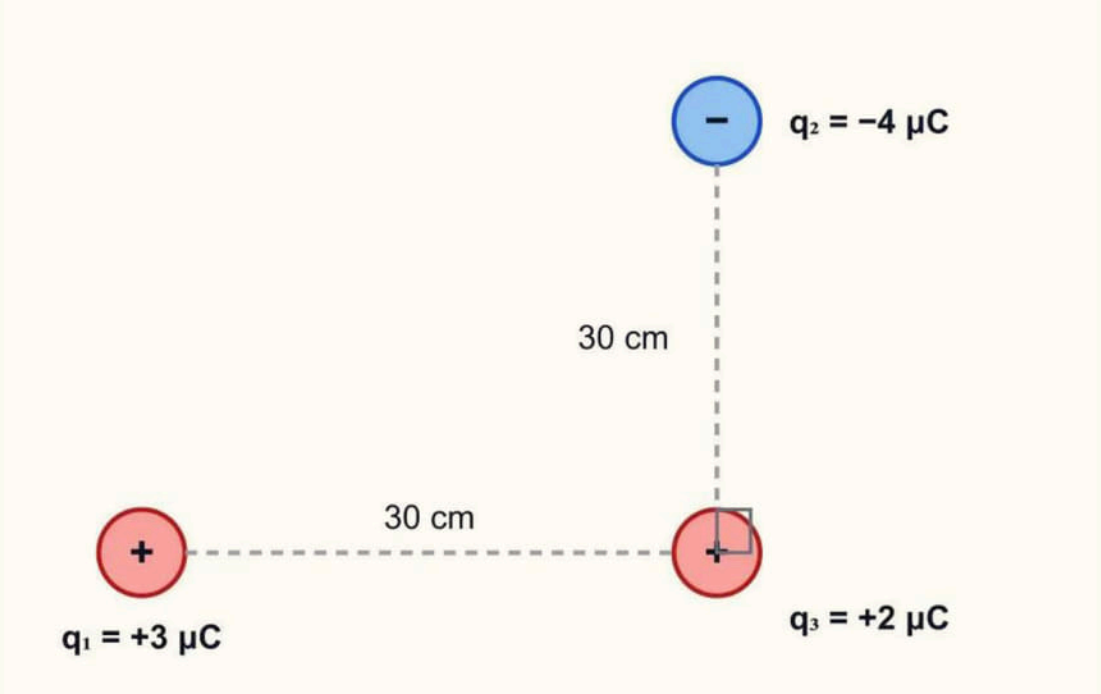
A. Dinding bermuatan positif sejak awal sehingga menarik balon yang bermuatan negatif.
B. Elektron dari balon berpindah ke dinding sehingga balon dan dinding saling menarik.
C. Muatan di dinding bergeser sehingga sisi dinding yang dekat balon menjadi positif.
D. Gaya gravitasi pada balon hilang karena balon bermuatan listrik negatif.
E. Balon menjadi bermuatan positif setelah menyentuh dinding sehingga menempel.

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

2. Dua muatan titik saling tolak-menolak dengan gaya 36 N. Jarak kedua muatan kemudian dijadikan 3 kali semula, dan besar salah satu muatan dijadikan 2 kali semula.
Gaya tolak-menolak kedua muatan sekarang adalah ....

A. 8 N
B. 24 N
C. 4 N
D. 72 N
E. 2,7 N

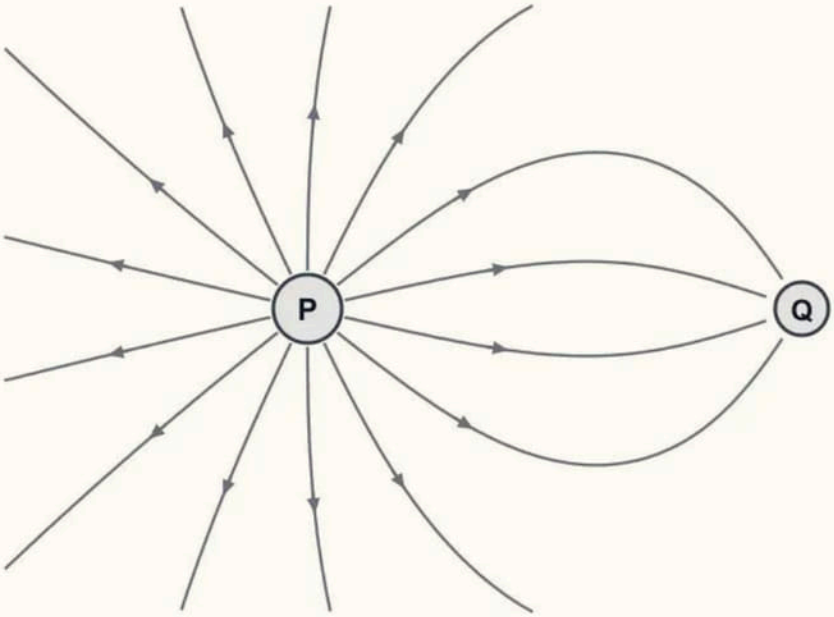
3. Tiga muatan titik $q_1 = +3\ \mu$C, $q_2 = -4\ \mu$C, dan $q_3 = +2\ \mu$C diletakkan di titik-titik sudut sebuah segitiga siku-siku seperti pada gambar, dengan sudut siku-siku di q_3. Jarak q_1–q_3 dan q_2–q_3 masing-masing 30 cm. Gunakan $k = 9 \times 10^9$ N·m²/C².
Besar gaya listrik total pada muatan q_3 adalah ....



A. 1,4 N
B. 0,2 N
C. 0,7 N
D. 1,0 N
E. 0,5 N

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

4. Gambar menunjukkan pola garis medan listrik di sekitar dua muatan titik P dan Q. Tanda panah menunjukkan arah medan.
Pernyataan yang benar berdasarkan gambar tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



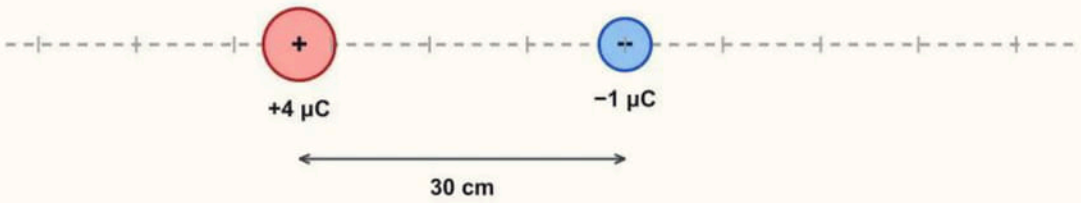
Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Muatan P bermuatan positif.
☐ B. Garis medan dapat berpotongan di daerah antara P dan Q.
☐ C. Muatan Q bermuatan negatif.
☐ D. Kuat medan paling besar di daerah yang garis medannya paling renggang.
☐ E. Elektron yang dilepas di dekat P akan bergerak mendekati P.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

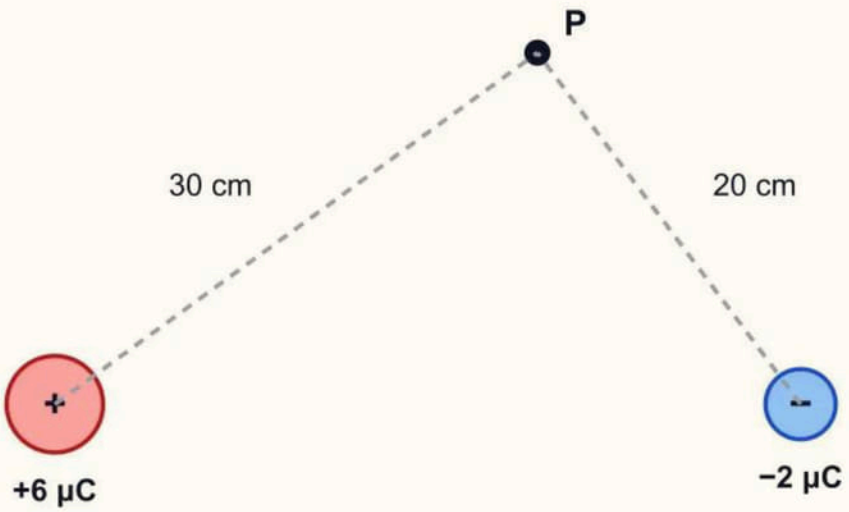
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Muatan titik $+4\ \mu$C dan $-1\ \mu$C terpisah sejauh 30 cm, seperti pada gambar.
Titik yang kuat medan listriknya nol terletak ....



A. 20 cm dari muatan $+4\ \mu$C, di antara kedua muatan
B. 30 cm di sebelah kanan muatan $-1\ \mu$C
C. 30 cm di sebelah kiri muatan $+4\ \mu$C
D. 15 cm dari kedua muatan, tepat di tengah
E. 10 cm di sebelah kanan muatan $-1\ \mu$C

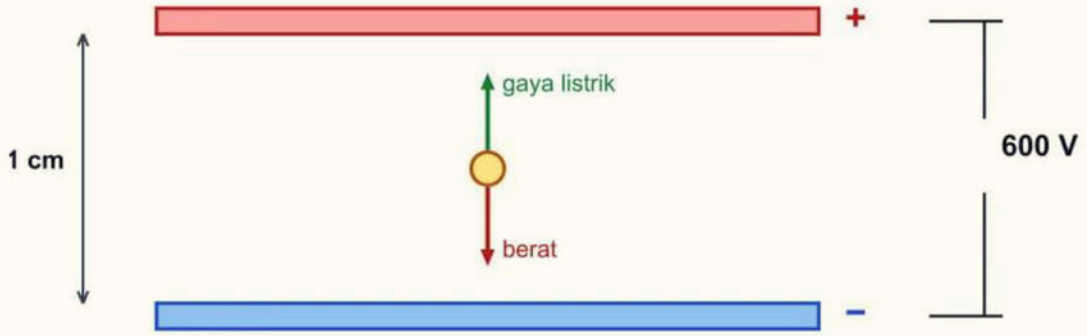
6. Titik P berjarak 30 cm dari muatan $+6\ \mu$C dan 20 cm dari muatan $-2\ \mu$C, seperti pada gambar. Gunakan $k = 9 \times 10^9$ N·m²/C².
Potensial listrik di titik P adalah ....



A. $2{,}7 \times 10^5$ V
B. $1{,}8 \times 10^5$ V
C. -9×10^4 V
D. 0 V
E. 9×10^4 V

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

7. Sebutir tetes minyak bermassa $4{,}8 \times 10^{-15}$ kg melayang diam di antara dua keping sejajar mendatar yang berjarak 1 cm dan diberi beda potensial 600 V, seperti pada gambar.
Keping atas bermuatan positif. Gunakan $g = 10\ \text{m/s}^2$ dan muatan elektron $1{,}6 \times 10^{-19}$ C.
Besar muatan tetes minyak tersebut adalah ....



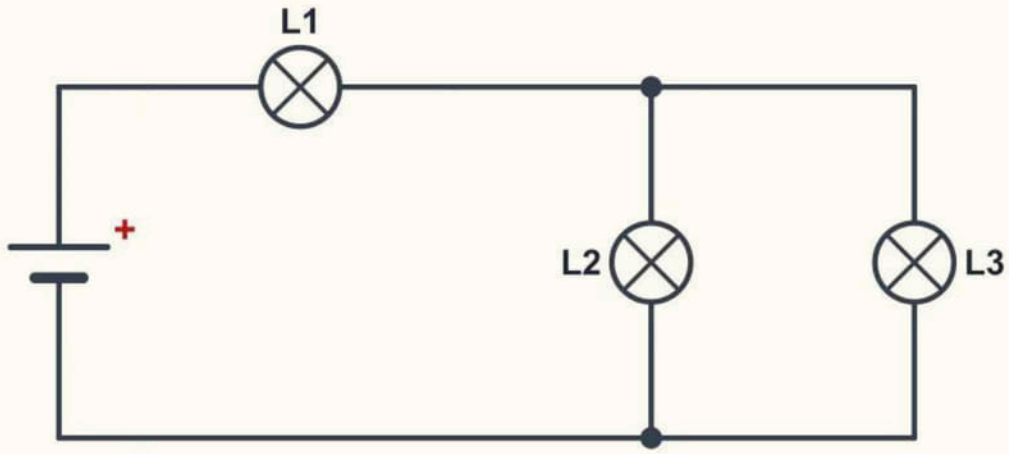
A. $8{,}0 \times 10^{-19}$ C, setara 5 elektron
B. $8{,}0 \times 10^{-17}$ C, setara 500 elektron
C. $1{,}6 \times 10^{-19}$ C, setara 1 elektron
D. $2{,}9 \times 10^{-12}$ C, setara $1{,}8 \times 10^{7}$ elektron
E. $8{,}0 \times 10^{-20}$ C, setara 0,5 elektron

8. Saat terjadi badai petir di jalan tol, petugas menyarankan pengendara tetap berada di dalam mobil yang berbodi logam dan menutup jendela, daripada keluar dan berdiri di tempat terbuka.
Alasan fisika yang paling tepat untuk saran tersebut adalah ....

A. Ban karet mobil adalah isolator sehingga petir tidak dapat menyambar mobil.
B. Logam menolak muatan listrik sehingga petir tidak pernah mengenai mobil.
C. Muatan pada bodi logam tinggal di permukaan luar, jadi medan di dalamnya hampir nol.
D. Udara di dalam mobil bermuatan positif sehingga menetralkan muatan petir.
E. Petir hanya menyambar benda yang sedang bergerak, sedangkan mobil yang berhenti selalu aman.

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

9. Tiga lampu identik L1, L2, dan L3 dirangkai dengan sebuah baterai seperti pada gambar. Semua lampu mula-mula menyala. Kemudian filamen lampu L2 putus.
Keadaan lampu-lampu lainnya setelah L2 putus adalah ....

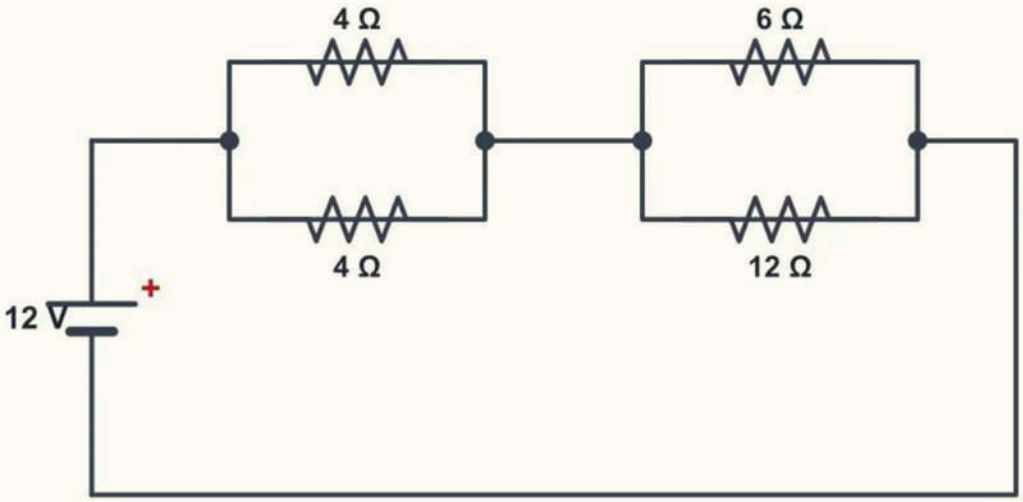


A. L1 dan L3 padam karena rangkaian menjadi terbuka seluruhnya
B. L1 dan L3 tetap menyala karena masih ada jalur arus
C. L1 padam, sedangkan L3 tetap menyala
D. L1 tetap menyala, sedangkan L3 padam
E. L1 dan L3 tetap menyala sama seperti L2 masih ada

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

10. Rangkaian listrik terdiri atas sumber 12 V (hambatan dalam diabaikan) dan empat resistor seperti pada gambar.
Kuat arus yang melalui resistor 12 Ω adalah ....

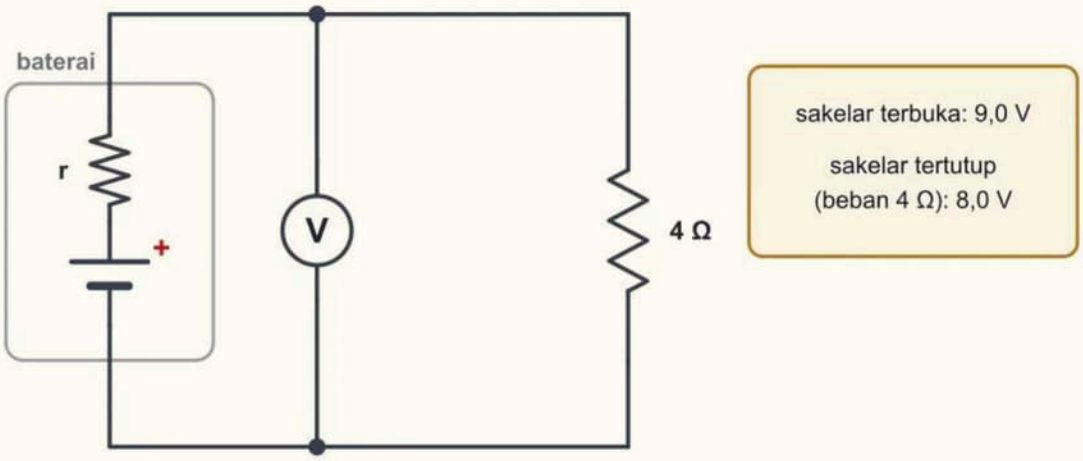


A. 2 A
B. 1 A
C. 1,33 A
D. 0,5 A
E. 0,67 A

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

11. Seorang siswa ingin menentukan hambatan dalam sebuah baterai. Ia memasang voltmeter pada kutub baterai. Ketika baterai belum dihubungkan dengan beban, voltmeter menunjukkan 9,0 V. Ketika baterai dihubungkan dengan resistor 4 Ω, voltmeter menunjukkan 8,0 V, seperti pada gambar.
Hambatan dalam baterai tersebut adalah ....

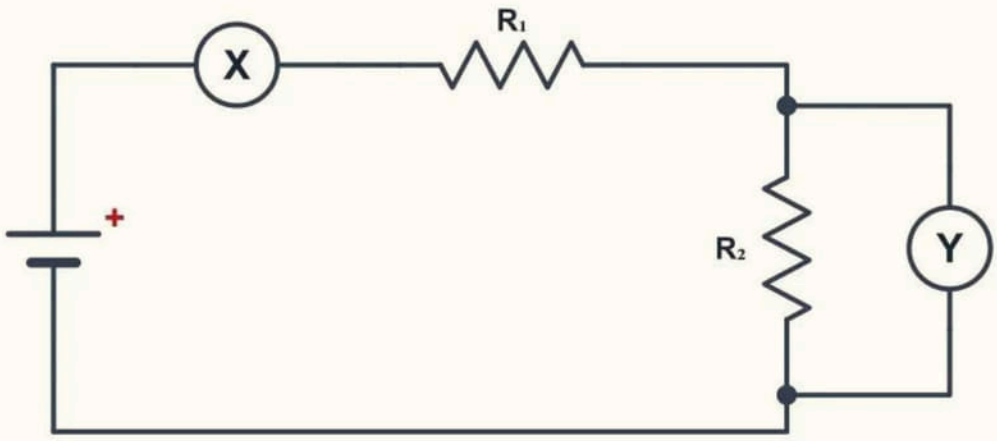


A. 4,5 Ω
B. 1 Ω
C. 0,25 Ω
D. 0,5 Ω
E. 2 Ω

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

12. Gambar menunjukkan rangkaian dengan dua alat ukur X dan Y yang dipasang dengan benar untuk mengukur besaran listrik pada rangkaian.
Pernyataan yang benar tentang alat ukur X dan Y adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



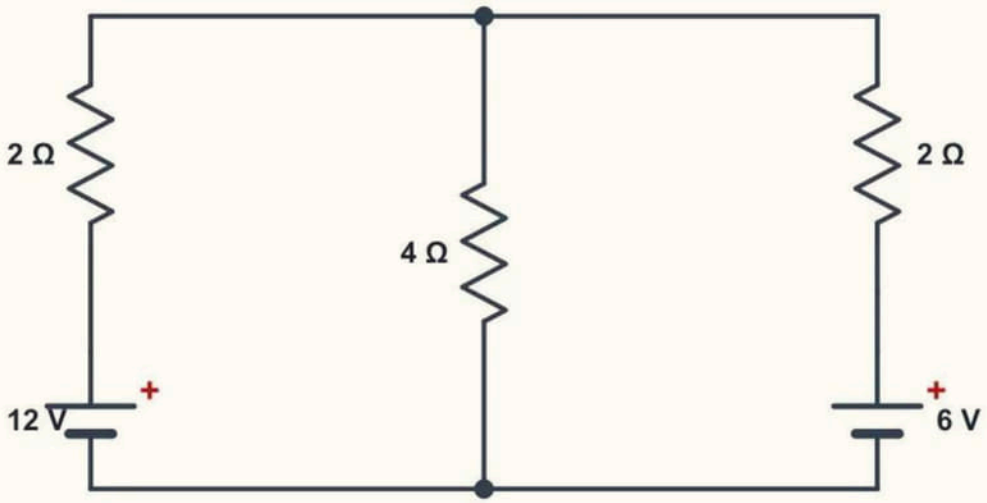
Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Alat X menunjukkan besar tegangan pada resistor R_1.
☐ B. Alat X adalah amperemeter yang mengukur arus rangkaian.
☐ C. Alat Y harus memiliki hambatan yang sangat kecil.
☐ D. Alat Y adalah voltmeter yang mengukur tegangan R_2.
☐ E. Bila posisi X dan Y ditukar, arus rangkaian menjadi sangat kecil.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

13. Perhatikan rangkaian dua loop dengan dua sumber tegangan seperti pada gambar. Hambatan dalam kedua sumber diabaikan.
Kuat arus yang melalui resistor 4 Ω adalah ....



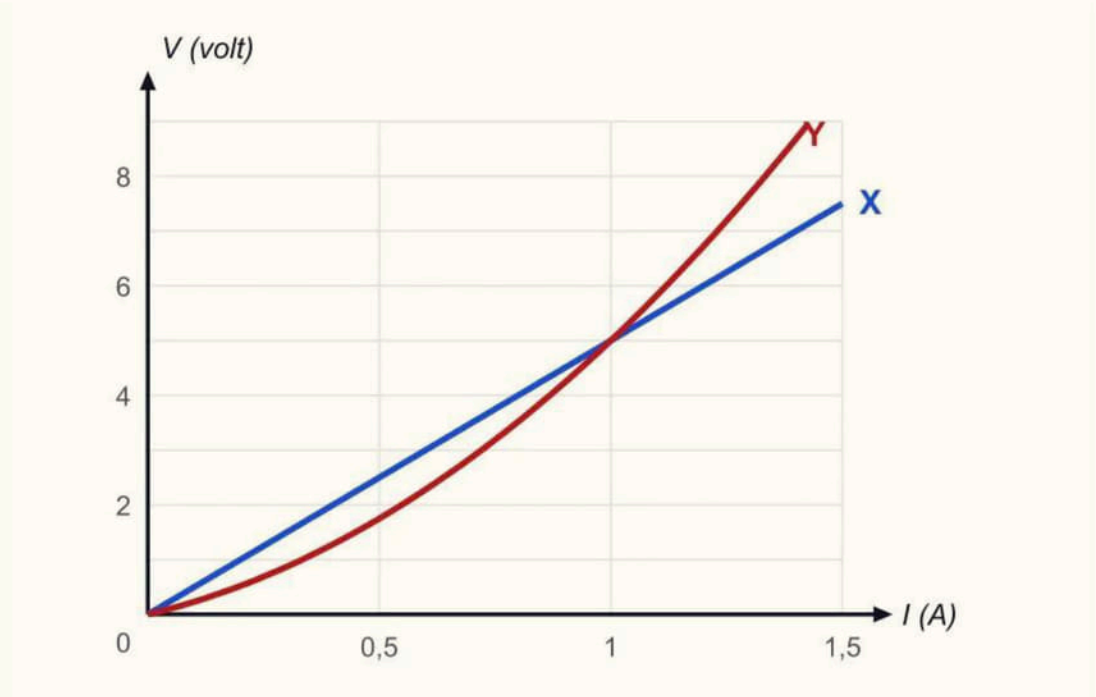
A. 1,8 A
B. 2,4 A
C. 4,5 A
D. 1,5 A
E. 0,6 A

14. Seutas kawat logam berhambatan R ditarik dan diregangkan sampai panjangnya menjadi 2 kali semula. Volume dan jenis logamnya tidak berubah, sehingga luas penampangnya mengecil.
Hambatan kawat sekarang adalah ....

A. 2R
B. R
C. 4R
D. ½R
E. 8R

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

15. Dalam sebuah percobaan, siswa mengukur tegangan V dan kuat arus I pada dua komponen X dan Y. Hasilnya digambarkan seperti pada grafik.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Komponen X memenuhi hukum Ohm dengan hambatan 5 Ω.	○	○
Hambatan komponen Y makin besar ketika arus yang melaluinya makin besar.	○	○
Pada arus 0,5 A, hambatan komponen Y lebih besar daripada hambatan komponen X.	○	○

16. Siswa menyelidiki hambatan kawat nikrom. Kawat dengan diameter yang sama dipotong dengan berbagai panjang, lalu hambatannya diukur dengan multimeter pada suhu ruang yang sama. Hasilnya sebagai berikut.

Panjang kawat (cm)	20	40	60	80
Hambatan (Ω)	1,1	2,2	3,3	4,4

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

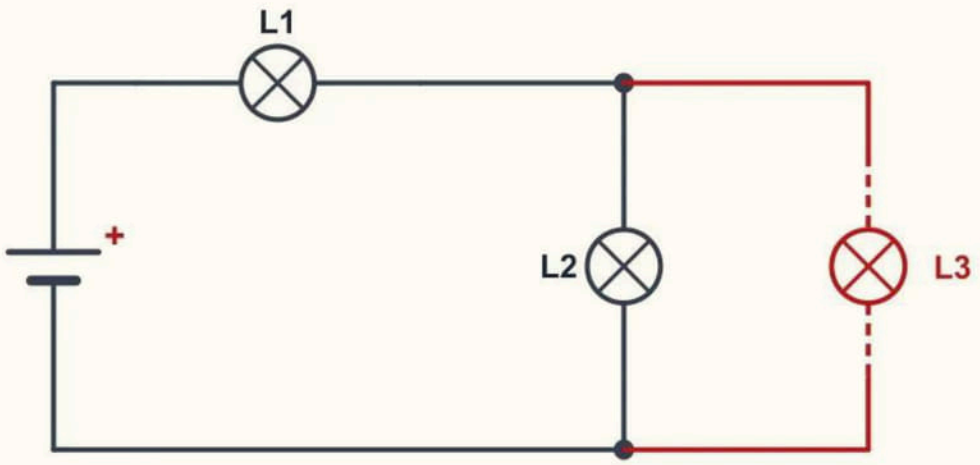
Kesimpulan dan salah satu variabel kontrol percobaan yang tepat adalah ....

A. hambatan berbanding terbalik dengan panjang kawat; variabel kontrol: panjang kawat
B. hambatan sebanding dengan kuadrat panjang kawat; variabel kontrol: diameter kawat
C. hambatan tidak bergantung pada panjang kawat; variabel kontrol: jenis bahan kawat
D. hambatan sebanding dengan panjang kawat; variabel kontrol: nilai hambatan kawat
E. hambatan sebanding dengan panjang kawat; variabel kontrol: diameter kawat

17. Semua peralatan listrik di sebuah rumah (lampu, televisi, kulkas, pompa air) dipasang paralel pada jaringan listrik 220 V.
Alasan utama peralatan rumah dipasang paralel adalah ....

A. agar arus listrik yang melalui setiap alat sama besar
B. agar setiap alat mendapat 220 V dan dapat dinyalakan sendiri
C. agar hambatan total rumah menjadi besar sehingga tagihan listrik kecil
D. agar tegangan 220 V terbagi rata ke semua alat yang menyala
E. agar alat yang paling dekat meteran listrik mendapat daya paling besar

18. Dua lampu identik L1 dan L2 dirangkai seri dengan baterai (hambatan dalam diabaikan). Kemudian lampu identik L3 dipasang paralel dengan L2, seperti ditunjukkan garis merah pada gambar.
Perubahan terang lampu L1 dan L2 setelah L3 dipasang adalah ....



A. L1 dan L2 sama-sama lebih redup
B. L1 lebih redup, L2 lebih terang
C. L1 dan L2 tidak berubah
D. L1 lebih terang, L2 lebih redup
E. L1 dan L2 sama-sama lebih terang

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

19. Sebuah pompa air berdaya 250 W dinyalakan rata-rata 2 jam setiap hari.
Energi listrik yang dipakai pompa itu selama 30 hari adalah ....

A. 15 kWh
B. 0,5 kWh
C. 15.000 kWh
D. 7,5 kWh
E. 1,5 kWh

20. Label sebuah pemanas air listrik ditunjukkan pada gambar. Pemanas itu dipakai pada tegangan yang sesuai dengan labelnya.
Kuat arus yang mengalir pada pemanas dan hambatan elemen pemanasnya berturut-turut adalah ....



A. 0,2 A dan 44 Ω
B. 5 A dan 44 Ω
C. 5 A dan 0,023 Ω
D. 5 A dan 220 Ω
E. 0,2 A dan 0,023 Ω

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

21. Sebuah keluarga ingin mengurangi pemakaian energi listrik bulanannya (kWh) tanpa mengurangi kenyamanan secara berlebihan.
Tindakan yang benar-benar mengurangi energi listrik yang dipakai adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memakai stopkontak bercabang agar beberapa alat dapat dicolokkan sekaligus.
☐ B. Mengganti lampu pijar 60 W dengan lampu LED 9 W yang cahayanya setara.
☐ C. Mencabut steker televisi dan pengisi daya yang tidak dipakai agar tidak menyala siaga.
☐ D. Menyetel AC pada suhu paling rendah agar kamar lebih cepat dingin dan AC cepat dimatikan.
☐ E. Mengurangi lama pemakaian AC dari 10 jam menjadi 7 jam setiap hari.

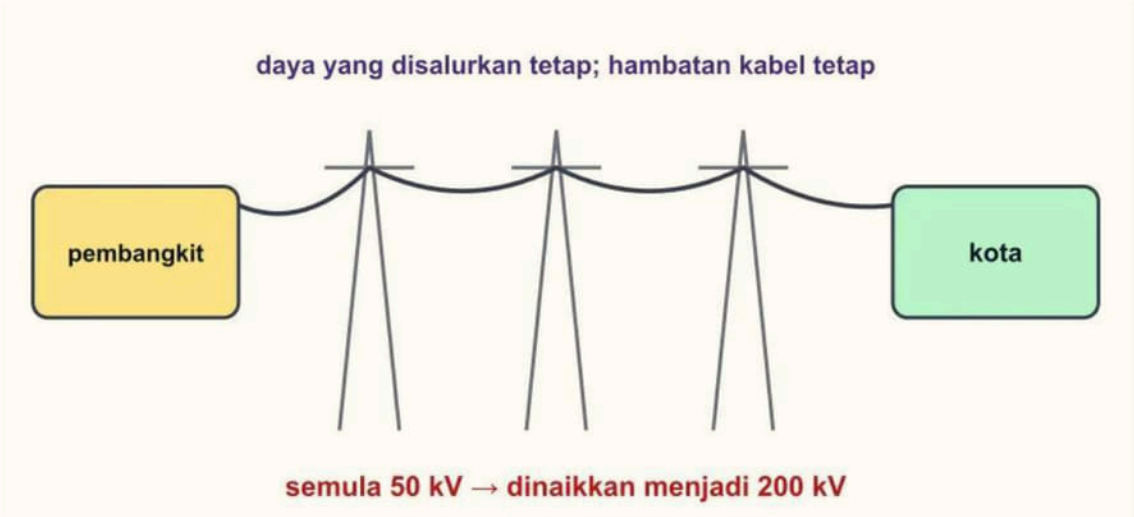
22. Pada saat beban puncak malam hari, tegangan listrik di sebuah rumah turun dari 220 V menjadi 200 V. Di rumah itu menyala lampu pijar bertuliskan "40 W; 220 V". Anggap hambatan lampu tetap.
Daya lampu pada saat tegangan 200 V adalah sekitar ....

A. 40 W
B. 36,4 W
C. 44 W
D. 30,1 W
E. 33,1 W

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

23. Sebuah pembangkit menyalurkan daya listrik ke kota melalui saluran bertegangan 50 kV, dan daya yang hilang menjadi kalor di kabel 800 kW. Pengelola menaikkan tegangan saluran menjadi 200 kV, sedangkan daya yang disalurkan dan kabelnya tetap sama, seperti pada gambar.
Daya yang hilang di kabel setelah tegangan dinaikkan adalah ....

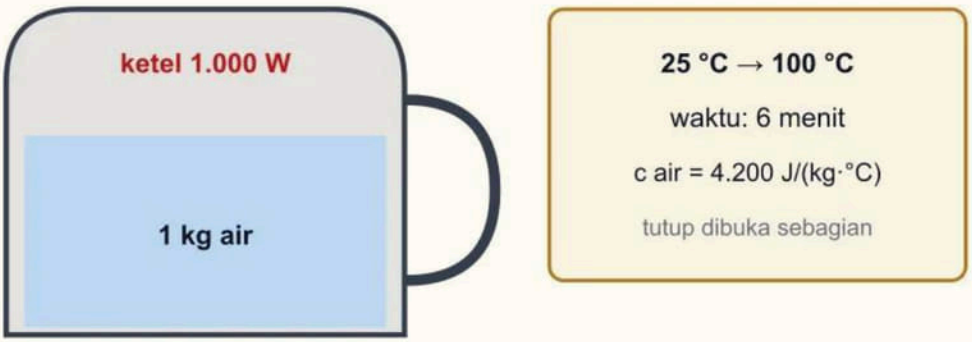


A. 200 kW
B. 3.200 kW
C. 50 kW
D. 800 kW
E. 12.800 kW

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

24. Sebuah ketel listrik 1.000 W dipakai untuk memanaskan 1 kg air dari 25 °C sampai 100 °C. Waktu yang diperlukan 6 menit, seperti pada gambar. Kalor jenis air 4.200 J/(kg·°C). Efisiensi ketel tersebut adalah ....

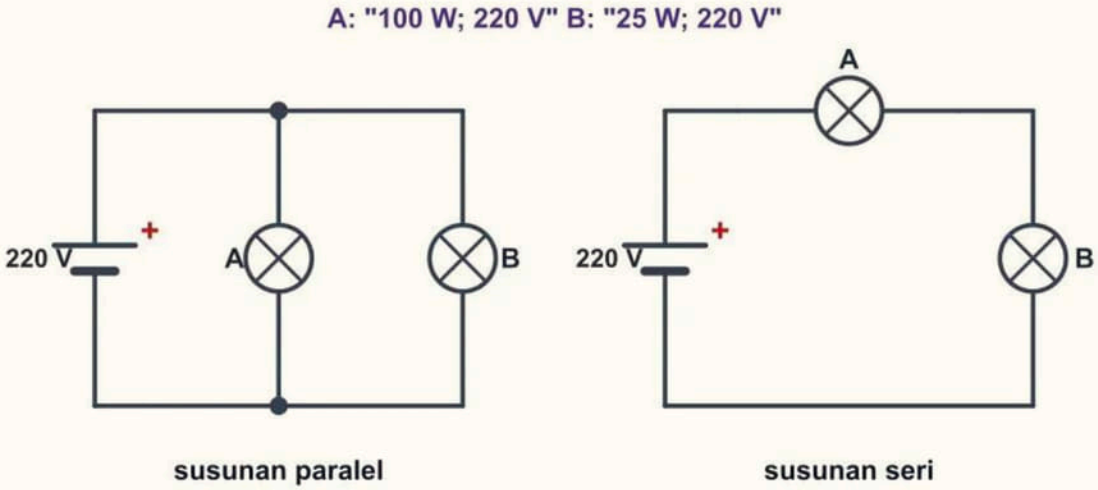


A. 114 %
B. 12,5 %
C. 52,5 %
D. 87,5 %
E. 0,875 %

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

25. Lampu A bertuliskan "100 W; 220 V" dan lampu B bertuliskan "25 W; 220 V". Kedua lampu dipasang pada sumber 220 V, mula-mula dalam susunan paralel, lalu dalam susunan seri, seperti pada gambar. Anggap hambatan setiap lampu tetap.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pada susunan paralel, lampu A menyala lebih terang daripada lampu B.	○	○
Pada susunan seri, lampu A menyala lebih terang daripada lampu B.	○	○
Pada susunan seri, daya total kedua lampu kurang dari 25 W.	○	○

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 6.1 · Listrik statis	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	___ / 8	Ulangi hlm. 375
Sub bab 6.2 · Rangkaian arus searah	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	___ / 10	Ulangi hlm. 388
Sub bab 6.3 · Energi dan daya listrik	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 7	Ulangi hlm. 402

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	24 soal	58 menit	FIS-FIN1
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	FIS-FIN2
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	FIS-FIN3
Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	FIS-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

FIS-FIN1

Petunjuk

Jumlah soal: 24. Waktu: 58 menit.

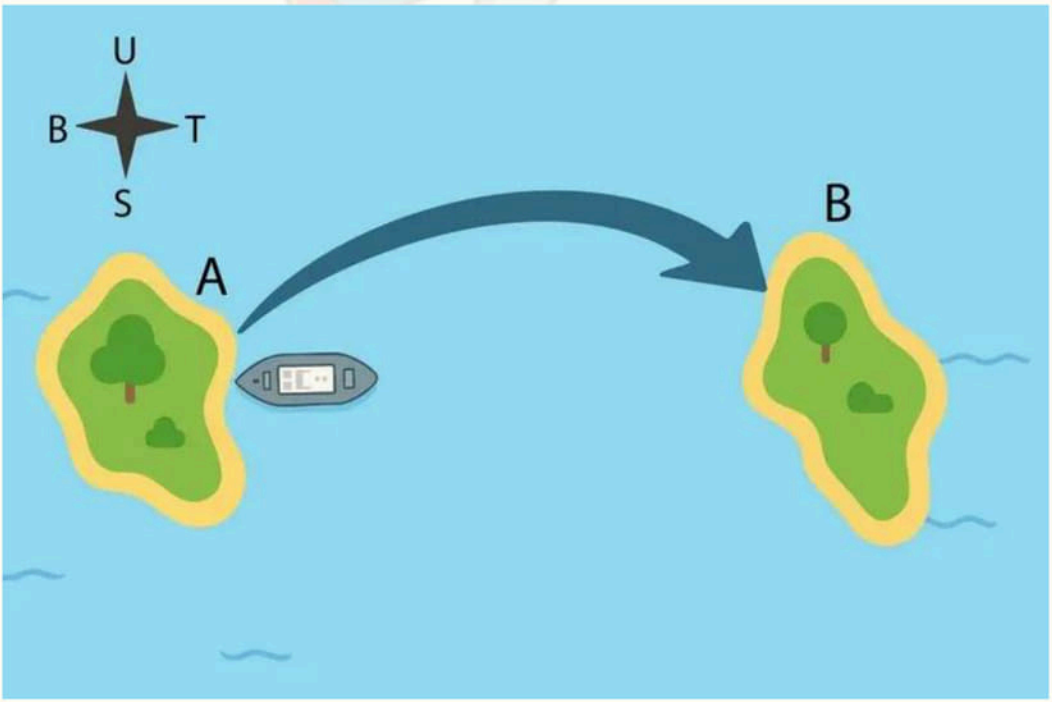
Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 1 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-FIN1

1. Sebuah kapal bergerak dari pulau A menuju pulau B dengan jarak 10 km. Pulau B berada tepat di sebelah timur pulau A. Diketahui kapal berangkat dari pulau A pada pukul 08.00. Jika saat itu arus air laut bergerak dari arah barat ke timur dengan kecepatan 2 km.jam^{-1} dan kapal harus sampai tepat pukul 09.00, strategi apa yang harus diterapkan agar kapal datang tepat waktu?



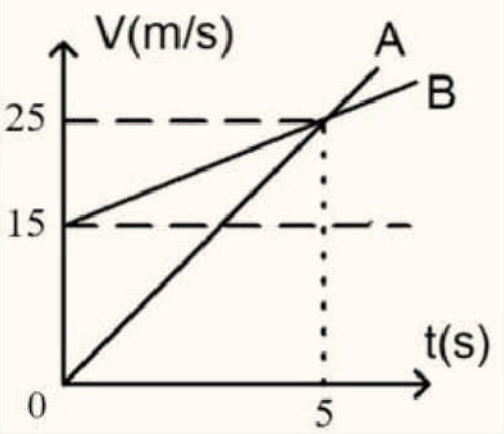
A. Bergerak ke arah timur dengan kecepatan 12 km.jam^{-1}.
B. Bergerak ke arah tenggara dengan kecepatan 10 km.jam^{-1}.
C. Bergerak ke arah barat dengan kecepatan 10 km.jam^{-1}.
D. Bergerak ke arah timur laut dengan kecepatan 10 km.jam^{-1}.
E. Bergerak ke arah timur dengan kecepatan 8 km.jam^{-1}.

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

Bacaan untuk soal nomor 2–3

Uji Coba Mobil

Di sebuah jalan lurus yang sepi di pinggiran kota, dua sahabat yaitu Rafi dan Dion memutuskan untuk melakukan uji coba mobil mereka. Dua mobil yaitu mobil A dan mobil B berangkat dari titik yang sama secara bersamaan ($t = 0$) dan ingin mencapai jarak tertentu. Mereka ingin mengetahui mobil mana yang akan sampai tujuan lebih cepat. Kedua mobil tersebut memiliki kombinasi kecepatan awal dan percepatan seperti pada grafik berikut.



2. Berdasarkan grafik, kondisi manakah yang menggambarkan gerak dari mobil A dan B?

A. Kecepatan mobil A dan kecepatan mobil B selalu konstan.
B. Pada detik ke-5, mobil A dan mobil B berada pada posisi yang sama.
C. Mobil A akan menyalip mobil B pada detik ke-5.
D. Pada detik ke-5, kecepatan kedua mobil sama.
E. Percepatan kedua mobil pada detik ke-5 yaitu 25 m.s^{-2}.

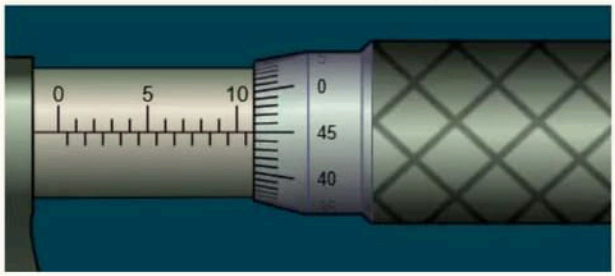
3. Mobil A akan menyusul mobil B setelah menempuh jarak ....

A. 150 m
B. 200 m
C. 250 m
D. 300 m
E. 400 m

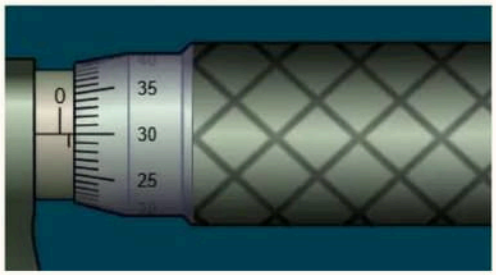
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Hega akan membuat wadah untuk tempat manik-manik yang berbentuk tabung dan terbuat dari karton bekas. Hega mengukur ketebalan dan diameter luar tabung dengan menggunakan mikrometer sekrup. Hasil pengukurannya seperti pada gambar (kiri: diameter luar tabung; kanan: ketebalan tabung).
Sumber gambar: https://simphy.com/
Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, diameter manik-manik mana saja yang dapat masuk ke dalam wadah yang dibuat oleh Hega? *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Diameter luar tabung



Ketebalan tabung

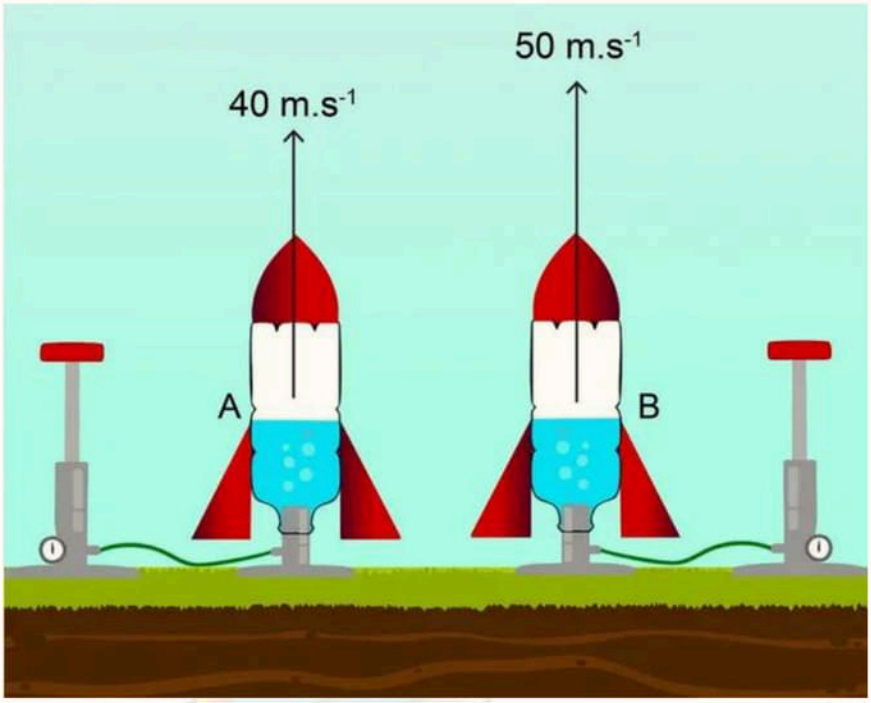


Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. 8,80 mm
☐ B. 9,30 mm
☐ C. 9,60 mm
☐ D. 10,10 mm
☐ E. 10,30 mm

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

5. Sekelompok murid menerbangkan 2 buah roket air lurus ke atas pada waktu yang bersamaan dari lapangan dengan kecepatan awal yang berbeda seperti pada gambar. Percepatan gravitasi Bumi 10 $m.s^{-2}$.
Berapakah perbedaan ketinggian kedua roket air setelah 3 detik diluncurkan?

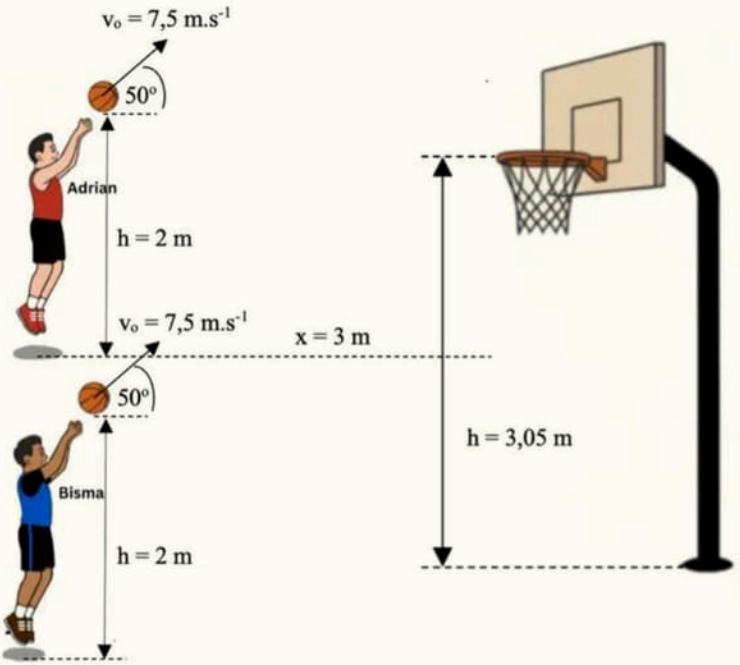


A. 30 m
B. 50 m
C. 75 m
D. 105 m
E. 180 m

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

6. Adrian dan Bisma merupakan tim olahraga basket di sekolahnya. Saat latihan basket, Adrian dan Bisma melakukan lemparan melompat (*jump shot*) dari titik yang sama 3 m dari ring basket. Keduanya melepaskan bola pada sudut 50° dari horizontal dan dari ketinggian 2 m. Tinggi ring basket adalah 3,05 m. Pada percobaan pertama keduanya menembakkan bola dengan kecepatan awal 7,5 m.s^{-1} sehingga bola masuk ke ring. Pada percobaan kedua, Adrian tetap menembakkan bola dengan kecepatan 7,5 m.s^{-1}, sedangkan Bisma menembakkan bola dengan menurunkan kecepatan menjadi 6,5 m.s^{-1} dengan sudut tetap.
Berdasarkan perubahan tersebut, kondisi apa yang akan terjadi pada hasil tembakan bola Bisma jika dibandingkan dengan bola Adrian? (Diketahui $\sin 50^\circ = 0{,}766$ dan $\cos 50^\circ = 0{,}643$)



A. Kedua bola tetap masuk ke ring karena sudut dan tinggi awalnya tidak berubah.
B. Bola Bisma dipastikan masih dapat masuk ke dalam ring karena sudutnya besar.
C. Bola Bisma jatuh lebih cepat dan gagal masuk karena kecepatannya lebih kecil.
D. Bola Bisma akan melengkung lebih tinggi sehingga justru lebih mudah masuk.
E. Bola Adrian diperkirakan akan melewati ring karena kecepatannya terlalu besar.

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

7. Ketika sebuah mobil tiba-tiba mengerem, penumpang di dalamnya akan terdorong ke depan seperti pada gambar.
Di antara beberapa fenomena berikut ini, yang menunjukkan penerapan hukum yang sama dengan fenomena pada gambar adalah ....

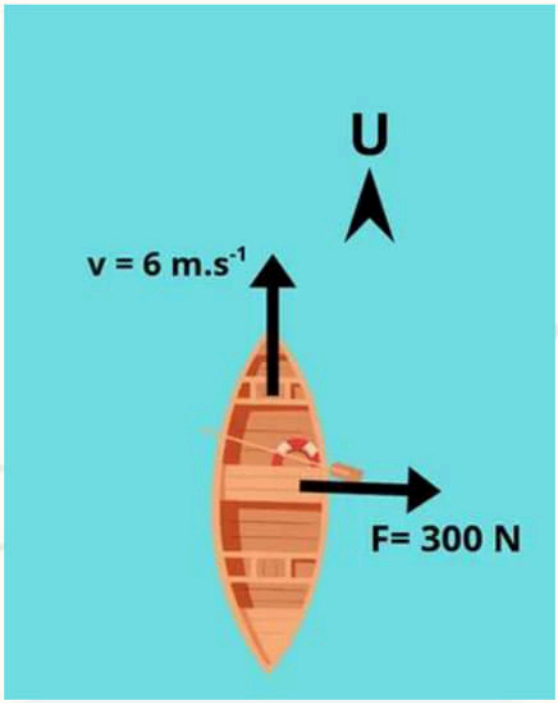


A. Semakin besar gaya yang diberikan pada suatu benda, semakin besar percepatannya.
B. Ketika mendayung perahu ke depan, air akan mendorong perahu ke belakang.
C. Sebuah buku akan tetap diam di atas meja sampai ada gaya yang menggerakkannya.
D. Sebuah bola kasti yang dilempar vertikal ke atas oleh seseorang akan kembali jatuh ke tanah.
E. Dibutuhkan gaya yang lebih besar untuk mempercepat truk dibandingkan mempercepat sepeda motor.

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

8. Seorang nelayan tradisional menggunakan perahu motor untuk melaut di perairan yang terkenal dengan arus lautnya yang kuat. Perahu nelayan bergerak dengan kecepatan konstan 6 $m.s^{-1}$ ke arah utara menuju lokasi penangkapan ikan. Tiba-tiba, arus laut yang kuat dari arah barat memberikan gaya horizontal sebesar 300 N selama 4 detik ke arah timur. Massa perahu beserta muatannya adalah 150 kg. Selama gaya arus bekerja, mesin perahu tetap memberikan gaya dorong konstan ke utara sehingga kecepatan ke utara tetap 6 $m.s^{-1}$.

Setelah 4 detik gaya arus bekerja, kondisi gerak perahu adalah ....



A. kecepatan resultannya 10 $m.s^{-1}$ dengan arah 53° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan kecepatan konstan

B. kecepatan resultannya 8 $m.s^{-1}$ dengan arah 45° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan percepatan tetap

C. kecepatan resultannya 10 $m.s^{-1}$ dengan arah 37° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dan mengalami perlambatan

D. kecepatan resultannya 12 $m.s^{-1}$ dengan arah 37° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan percepatan konstan

E. kecepatan resultannya 6 $m.s^{-1}$ dengan arah 45° ke timur dari utara, kemudian bergerak lurus dengan percepatan tetap

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

9. Kursi yang digunakan oleh dokter gigi saat praktik sering kali dapat dinaikkan dan diturunkan dengan mudah menggunakan sistem hidrolik seperti gambar berikut. Pada sistem hidrolik ini bekerja gaya tertentu pada piston kecil sehingga dapat mengangkat beban tertentu melalui piston yang lebih besar. Jika beban yang dapat diangkat oleh piston besar yaitu 540 N dengan diameter 3 cm, gaya terkecil yang digunakan pada piston kecil yang berukuran (berdiameter) 0,5 cm adalah ....

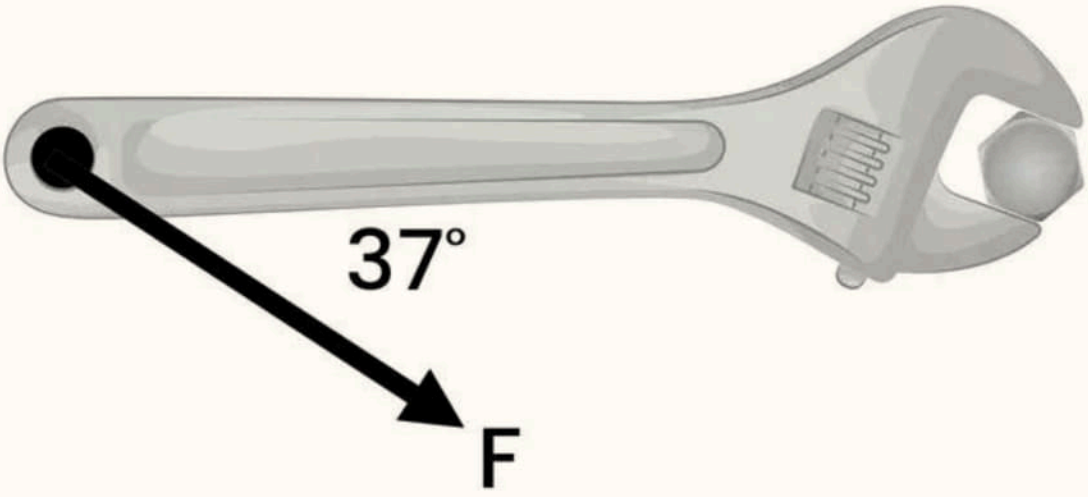


A. 15 N
B. 90 N
C. 240 N
D. 3.240 N
E. 19.440 N

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

10. Sebuah kunci pas digunakan untuk memutar baut dengan tujuan mengencangkan atau mengendorkan baut seperti gambar.
Agar kunci pas dapat berfungsi optimal untuk mengencangkan baut, diperlukan gaya $F = 15$ N yang membentuk sudut 37° terhadap posisi horizontal kunci pas yang panjangnya 20 cm. Berapakah percepatan sudut yang dihasilkan oleh gaya F tersebut jika kunci pas dianggap batang homogen bermassa 500 gram? ($\sin 37^\circ = 0{,}6$ dan $\cos 37^\circ = 0{,}8$)



A. 180 rad.s^{-2}
B. 270 rad.s^{-2}
C. 360 rad.s^{-2}
D. 1.080 rad.s^{-2}
E. 1.440 rad.s^{-2}

11. Dalam sebuah pertunjukan bela diri, seorang atlet karate berhasil memecahkan tumpukan batu bata ringan (hebel) dengan pukulan cepat. Tumpukan batu bata dapat pecah meskipun hanya bersentuhan dengan tangan dalam waktu singkat.
Penjelasan yang paling tepat untuk fenomena ini adalah ....

A. Impuls yang kecil menyebabkan tumpukan batu bata pecah karena kecepatan pukulan sangat tinggi.
B. Gaya menjadi sangat besar karena perubahan momentum terjadi dalam waktu yang sangat singkat.
C. Impuls yang diterima hebel menjadi kecil karena waktu sentuh sangat singkat.
D. Tidak ada perubahan momentum, karena batu bata kondisi awalnya diam.
E. Impuls yang besar terjadi karena gaya dan waktu sentuh yang besar.

12. Seorang siswa melakukan percobaan membuat alat musik sederhana dari pipa PVC yang diisi air. Ia memukul bagian atas pipa untuk menghasilkan bunyi. Panjang pipa adalah 80 cm dan sebagian diisi air sehingga hanya tersisa kolom udara setinggi 40 cm yang berfungsi sebagai kolom udara terbuka di salah satu ujungnya. Diketahui bahwa cepat

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

rambat bunyi di udara adalah 340 $m.s^{-1}$.
Jika pada saat itu pipa menghasilkan nada dasar (harmonik pertama), berapa frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh pipa tersebut?

A. 212,5 Hz
B. 425,0 Hz
C. 637,5 Hz
D. 850 Hz
E. 1.062,5 Hz

13. Sebuah kapal selam sedang berada di dasar laut seperti gambar.
Kapal selam memiliki komponen tangki *ballast*. Tangki *ballast* berisi air yang volumenya dapat ditambah atau dikurangi. Hal ini membuat volume kapal selam berubah. Saat di dasar laut, kapal selam bermassa 200.000 kg memiliki massa jenis 1.250 $kg.m^{-3}$.
Agar kapal selam dapat terapung mendekati permukaan laut (asumsikan massa jenis air laut 1.000 $kg.m^{-3}$), perubahan volume yang dilakukan pada tangki *ballast* kapal selam adalah ....



A. 40 m^3
B. 160 m^3
C. 200 m^3
D. 240 m^3
E. 360 m^3

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

14. Sayap pada burung membantu burung untuk beraktivitas terbang. Sayap yang dibentangkan dan gerakan melawan arah angin membuat burung terangkat terbang. Saat terbang, bentuk sayap burung dapat berubah sesuai kondisi.
Berdasarkan fenomena tersebut, bagaimana penjelasan ilmiah mengenai sayap membantu burung terbang? *(Penjelasan benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Saat udara mengalir di atas dan bawah sayap, kecepatan udara di atas lebih tinggi.
☐ B. Rendahnya kecepatan aliran udara di bawah sayap menghasilkan tekanan yang lebih rendah.
☐ C. Perbedaan tekanan menciptakan gaya angkat yang memungkinkan burung tetap terbang.
☐ D. Gerakan melawan arah angin menciptakan hambatan sehingga burung dapat terbang.
☐ E. Bentuk sayap berubah untuk menghasilkan perubahan gaya angkat.

15. Rina adalah seorang pelajar SMA yang sering mengeluh pusing dan mata lelah saat membaca buku atau menatap layar laptop. Setelah memeriksakan diri ke dokter mata, diketahui bahwa ia menderita hipermetropi dengan titik dekat mata 50 cm (titik dekat mata normal adalah 25 cm). Dokter meresepkan lensa kacamata untuk membantunya melihat jelas. Namun, Rina menunda-nunda untuk membuat kacamatanya hingga ia kerepotan saat mengerjakan tugas kelompok di rumah teman.
Bagaimana strategi yang tepat untuk dilakukan Rina dalam situasi tersebut? Tentukan **Tepat** (Benar) atau **Tidak Tepat** (Salah) untuk setiap strategi berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Membuat kacamata dengan kekuatan +2 dioptri.	○	○
Membaca dengan jarak lebih dari 50 cm.	○	○
Menggunakan kacamata temannya yang terbuat dari lensa cekung.	○	○

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

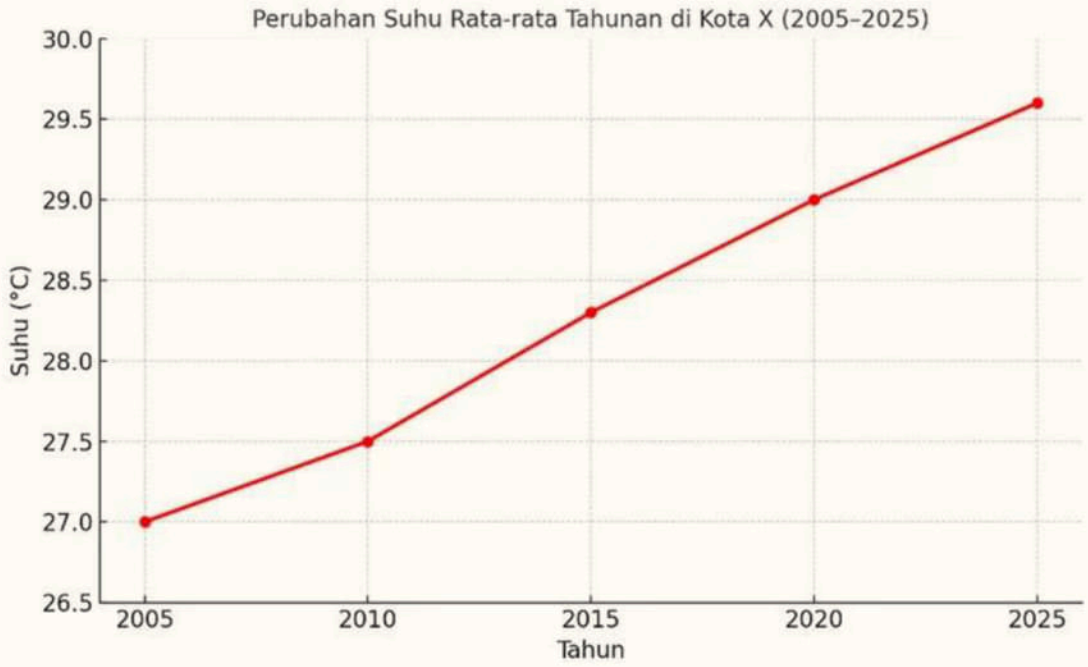
16. Seseorang sedang dalam perjalanan pulang melalui tanah lapang. Kondisi permukaan lapangan tersebut sangat panas. Saat itu dia melihat tanaman-tanaman pendek di seberang lapangan seperti dalam gelombang air yang tampak seperti pada gambar. Setelah dia mendekatinya, ternyata itu hanyalah ilusi.
Sesuai prinsip sifat-sifat cahaya, bagaimana penjelasan ilmiah dari fenomena ilusi tersebut?



A. Cahaya dari tanaman terlihat beriak seperti gelombang air karena tertiup angin.
B. Permukaan lapangan terlihat bergelombang sehingga cahaya dari tanaman terlihat beriak.
C. Permukaan lapangan yang tidak rata menyebabkan pemantulan cahaya yang tidak teratur.
D. Panas permukaan lapangan menyebabkan perbedaan kerapatan udara sehingga cahaya mengalami pembiasan.
E. Tanah lapang yang panas membuat tarikan gravitasi saat cahaya merambat menuju siswa menjadi berbelok.

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

17. Grafik berikut ini menunjukkan data hasil pengukuran suhu rerata tahunan di kota X dalam kurun waktu 2005 sampai 2025.
Data lainnya menunjukkan bahwa selama periode yang sama (2005–2025), terjadi peningkatan drastis dalam jumlah kendaraan bermotor dan penggunaan AC di rumah dan gedung perkantoran. Selain itu, area hijau kota menurun 40% akibat pembangunan.
Berdasarkan data di atas, pilihlah semua pernyataan yang benar sesuai dengan kondisi dan fenomena tersebut! *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Grafik menunjukkan tren kenaikan suhu yang dapat disebabkan oleh peningkatan energi termal di lingkungan akibat aktivitas manusia.

☐ B. Emisi dari kendaraan dan AC menyebabkan peningkatan kalor laten di udara yang mengurangi efek rumah kaca.

☐ C. Penurunan area hijau menyebabkan berkurangnya pendinginan alami akibat proses transpirasi dan evaporasi.

☐ D. Kenaikan suhu udara dalam jangka panjang menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara energi yang diserap dan dipancarkan kembali oleh permukaan bumi.

☐ E. Peningkatan suhu udara berarti peningkatan energi kinetik rata-rata partikel udara di atmosfer.

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

18. Gas ideal di dalam tabung memiliki volume awal 2 liter, suhu 300 kelvin, dan tekanan 1 atmosfer. Jika gas dimampatkan hingga volumenya menjadi 1 liter dengan suhu dinaikkan 2 kali semula, tekanan akhirnya adalah ....

A. 0,5 atmosfer
B. 1 atmosfer
C. 2 atmosfer
D. 4 atmosfer
E. 6 atmosfer

Bacaan untuk soal nomor 19–20

PERCOBAAN KONDUKSI KALOR

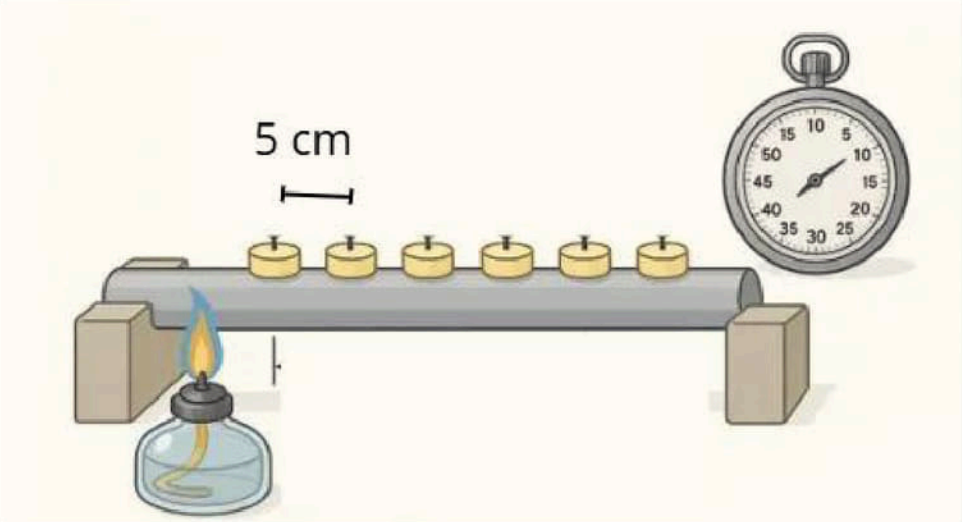
Perhatikan rancangan percobaan berikut.

Tujuan: Menyelidiki pengaruh panjang efektif logam terhadap daya konduksinya.

Alat dan Bahan: batang logam panjang (besi); lilin kecil (dipotong tipis-tipis) atau mentega padat; kompor listrik atau spiritus; *stopwatch*; penggaris; dan korek api.

Langkah Percobaan:

1. Siapkan batang logam (besi) dan letakkan secara horizontal (dapat diletakkan di atas penyangga atau bata tahan panas).
2. Letakkan potongan-potongan kecil lilin (atau mentega) pada batang logam dengan jarak yang sama, misalnya tiap 5 cm dari ujung yang akan dipanaskan.
3. Nyalakan sumber panas dan arahkan ke salah satu ujung batang logam.
4. Mulai nyalakan *stopwatch* saat pemanasan dimulai.
5. Amati urutan lilin yang meleleh dan catat waktu melelehnya setiap titik.
6. Catat waktu melelehnya lilin (waktu) dan jaraknya diukur dari sumber kalor (spiritus) (sebagai panjang logam) pada tabel hasil pengamatan.
7. Dengan definisi daya sebagai energi tiap satuan waktu, buat kesimpulan bagaimana hubungan antara panjang logam dengan daya konduksinya.



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

19. Berdasarkan rancangan percobaan, apa variabel kontrol, variabel bebas, dan variabel terikat dari percobaan tersebut?

A. variabel kontrol = jenis bahan; variabel bebas = daya konduksi; variabel terikat = panjang logam
B. variabel kontrol = waktu melelehnya lilin; variabel bebas = jenis bahan; variabel terikat = daya konduksi
C. variabel kontrol = jenis logam; variabel bebas = jarak lilin dari sumber; variabel terikat = waktu melelehnya lilin
D. variabel kontrol = waktu melelehnya lilin; variabel bebas = panjang logam; variabel terikat = jenis logam
E. variabel kontrol = panjang logam; variabel bebas = jenis bahan; variabel terikat = daya konduksi

20. Dari rancangan percobaan, apa salah satu kelemahan yang akan menyebabkan data tidak akurat?

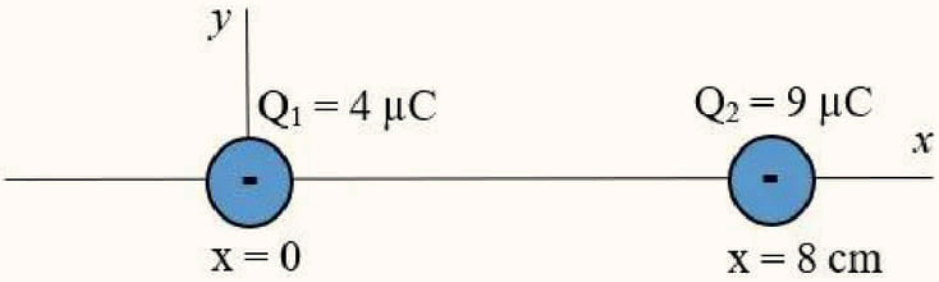
A. Jenis lilin dan ukuran lilin tidak dipastikan sama sehingga tidak homogen.
B. Jenis logam yang tidak diganti-ganti sehingga menyebabkan tidak ada pembanding.
C. Penempatan sumber panas di ujung logam menyebabkan kalor tidak menyebar secara merata.
D. Pengukuran waktu menggunakan stopwatch sulit dilakukan sehingga muncul penyimpangan data waktu.
E. Panjang keseluruhan logam tidak diukur sehingga tidak dapat dibandingkan.

21. Sebuah mesin kalor menyerap kalor dari sumber panas, melakukan usaha, dan membuang sisa kalor ke lingkungan. Pada tahap awal, mesin ini memiliki efisiensi 30%, dan usaha yang dihasilkan tiap siklus adalah 600 J. Setelah beberapa waktu, mesin ini diperbaiki sehingga memiliki efisiensi 50%.
Agar mesin ini tetap dapat menghasilkan usaha yang sama dan kondisi lingkungan kerja tetap, bagaimana kebutuhan kalor masuk pada mesin tersebut setelah diperbaiki?

A. Membutuhkan kalor 40% lebih banyak.
B. Membutuhkan kalor 40% lebih sedikit.
C. Membutuhkan kalor 75% lebih sedikit.
D. Membutuhkan kalor 25% lebih banyak.
E. Membutuhkan kalor 50% lebih sedikit.

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

22. Dalam sistem printer elektrostatik, dua elektroda dipasang sejajar pada kertas cetak untuk mengarahkan partikel toner. Perhatikan kedua muatan yang terpisah pada jarak tertentu seperti ditunjukkan dalam gambar.
Di manakah letak suatu titik di sepanjang sumbu-x yang dapat memiliki kuat medan listrik total sama dengan nol?



A. Di sebelah kiri Q_1, yaitu pada $x = -3{,}2$ cm.
B. Di sebelah kanan Q_1, yaitu pada $x = 3{,}2$ cm.
C. Tepat di antara kedua muatan, yaitu pada $x = 4$ cm.
D. Di sebelah kanan Q_1, yaitu pada $x = 4{,}8$ cm.
E. Di sebelah kanan Q_2, yaitu pada $x = 11{,}2$ cm.

23. Diberikan data spesifikasi dan durasi penggunaan peralatan elektronik dari sebuah keluarga sebagai berikut.

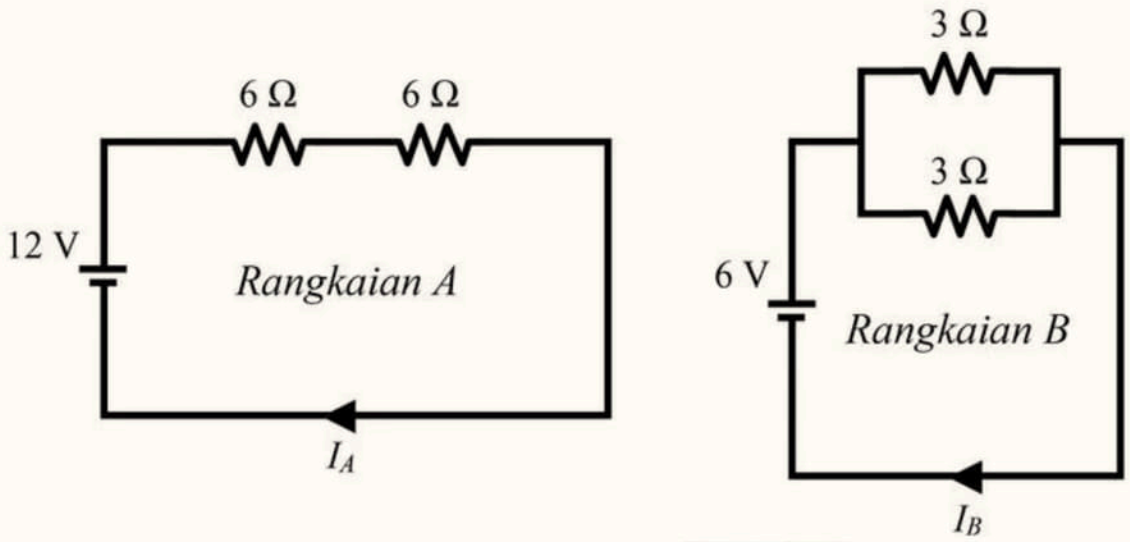
Peralatan Elektronik	Daya (watt)	Lama Penggunaan per Hari (jam)	Frekuensi Penggunaan per Bulan (hari)
AC (*Air Conditioner*)	1.000	8	30
Kulkas	150	24	30
Mesin cuci	350	1	8
Setrika	300	1	12
Televisi	100	5	30

Jika tarif listrik yang berlaku adalah Rp1.500,00 per kWh, dan keluarga tersebut ingin agar total biaya listrik tetap di bawah Rp375.000,00 per bulan, keputusan terbaik apa yang dapat diambil untuk mencapai tujuan tersebut?

A. Mengurangi penggunaan AC menjadi 4 jam per hari.
B. Mengurangi durasi menonton televisi 1 jam per hari dan mengurangi penggunaan mesin cuci 1 hari per bulan.
C. Mengurangi durasi menonton TV menjadi 2 jam per hari.
D. Tidak menggunakan mesin cuci sama sekali.
E. Mengurangi frekuensi menyetrika menjadi 4 hari per bulan.

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

24. Perhatikan dua rangkaian listrik berikut.
Agar besar arus listrik pada kedua rangkaian tersebut nilainya sama, bagaimana cara modifikasi rangkaian yang tepat?



A. Ubah sumber tegangan rangkaian A menjadi 6 V.
B. Tambah satu resistor 6 Ω secara paralel pada rangkaian A.
C. Ubah susunan resistor rangkaian B menjadi seri.
D. Ganti tegangan sumber rangkaian B menjadi 12 V.
E. Tambah satu resistor 3 Ω secara seri pada rangkaian B.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
9	○	○	○	○	○
10	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○
13	○	○	○	○	○
14					
15					
16	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
17					
18	○	○	○	○	○
19	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○
21	○	○	○	○	○
22	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○
24	○	○	○	○	○

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 4, 14, 15, 17): 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 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting	4	___ / 1	Ulangi hlm. 8
Sub bab 1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data	19, 20	___ / 2	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif	1	___ / 1	Ulangi hlm. 39
Sub bab 1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal	2, 3, 5	___ / 3	Ulangi hlm. 51
Sub bab 1.5 · Gerak parabola	6	___ / 1	Ulangi hlm. 68
Sub bab 2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya	7, 8	___ / 2	Ulangi hlm. 113
Sub bab 2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan	11	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan	10	___ / 1	Ulangi hlm. 151
Sub bab 3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal	9	___ / 1	Ulangi hlm. 182
Sub bab 3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam	13	___ / 1	Ulangi hlm. 194
Sub bab 3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli	14	___ / 1	Ulangi hlm. 208
Sub bab 4.2 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi	12	___ / 1	Ulangi hlm. 252
Sub bab 4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa	16	___ / 1	Ulangi hlm. 264
Sub bab 4.4 · Alat optik	15	___ / 1	Ulangi hlm. 279
Sub bab 5.2 · Pemanasan global	17	___ / 1	Ulangi hlm. 320
Sub bab 5.3 · Gas ideal	18	___ / 1	Ulangi hlm. 332
Sub bab 5.4 · Termodinamika dan mesin kalor	21	___ / 1	Ulangi hlm. 344
Sub bab 6.1 · Listrik statis	22	___ / 1	Ulangi hlm. 375
Sub bab 6.2 · Rangkaian arus searah	24	___ / 1	Ulangi hlm. 388
Sub bab 6.3 · Energi dan daya listrik	23	___ / 1	Ulangi hlm. 402

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

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

FIS-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-fis&node=FIS-FIN2

1. Satuan besaran turunan dapat diturunkan dari satuan besaran pokok kilogram (kg), meter (m), dan sekon (s).
Pasangan besaran turunan dan satuannya dalam besaran pokok yang benar adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. gaya: kg·m/s^2
☐ B. tekanan: kg·m/s
☐ C. daya: kg·m^2/s^3
☐ D. usaha: kg·m/s^2
☐ E. massa jenis: kg/m^3

2. Ani mengamati bahwa kaus hitam terasa lebih panas daripada kaus putih setelah dijemur bersama di bawah terik matahari. Ia merancang percobaan dengan menjemur potongan kain berbagai warna (putih, kuning, merah, biru, hitam) berukuran dan berbahan sama, lalu mengukur kenaikan suhunya setelah 30 menit.
Hipotesis yang tepat untuk percobaan tersebut adalah ....

A. Kain hitam adalah kain yang paling bagus untuk dipakai.
B. Kain berbahan katun tidak menyerap panas matahari.
C. Kenaikan suhu kain diukur setelah 30 menit penjemuran.
D. Makin gelap warna kain, makin besar kenaikan suhunya.
E. Apakah warna kain memengaruhi suhunya?

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

3. Sebuah robot pembersih lantai bergerak 3 m ke timur, lalu 4 m ke utara, lalu 3 m ke barat, seperti pada gambar.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



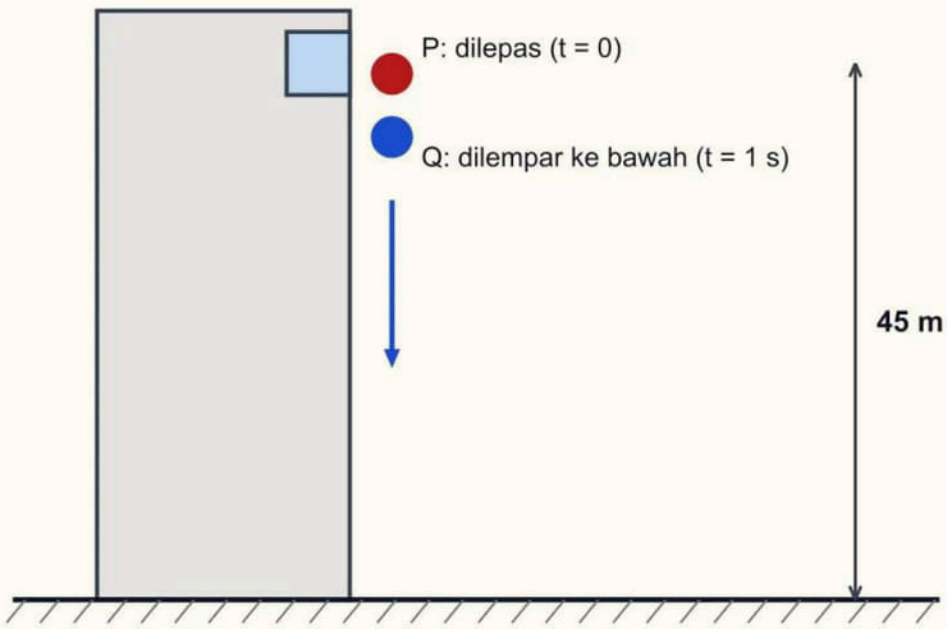
Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Jarak yang ditempuh robot adalah 10 m.	○	○
Perpindahan robot adalah 4 m ke arah utara.	○	○
Besar perpindahan robot adalah 5 m, sesuai teorema Pythagoras.	○	○

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

4. Bola P dilepas dari jendela yang tingginya 45 m di atas tanah. Satu sekon kemudian, bola Q dilempar vertikal ke bawah dari jendela yang sama, seperti pada gambar. Kedua bola ternyata menyentuh tanah pada saat yang sama. Hambatan udara diabaikan, $g = 10\ \text{m/s}^2$. Kelajuan awal bola Q adalah ....

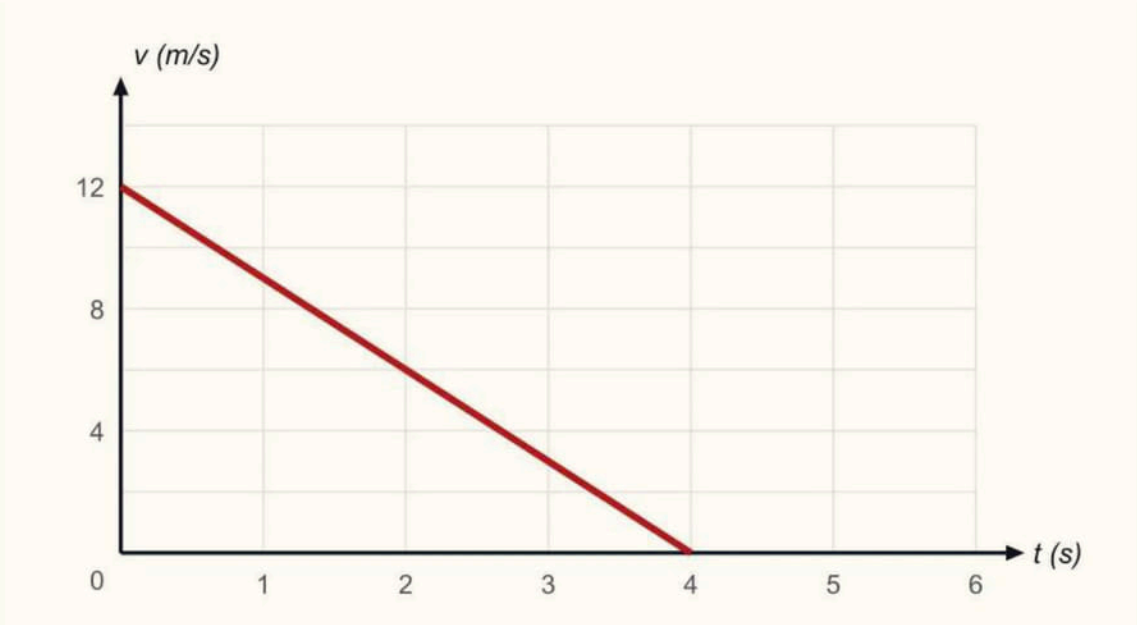


A. 10 m/s
B. 15 m/s
C. 22,5 m/s
D. 5 m/s
E. 12,5 m/s

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

5. Data sensor kecepatan sebuah sepeda yang direm sampai berhenti digambarkan pada grafik kecepatan terhadap waktu seperti pada gambar.
Jarak yang ditempuh sepeda selama pengereman adalah ....

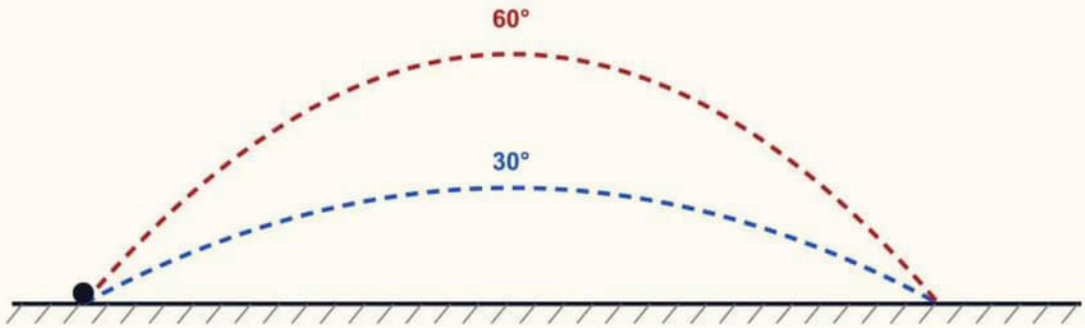


A. 24 m
B. 48 m
C. 3 m
D. 12 m
E. 6 m

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

6. Dua bola ditendang dari titik yang sama di tanah datar dengan kelajuan awal sama besar. Bola pertama membentuk sudut elevasi 30° dan bola kedua 60°, seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan.
Pernyataan yang benar tentang kedua bola adalah ....

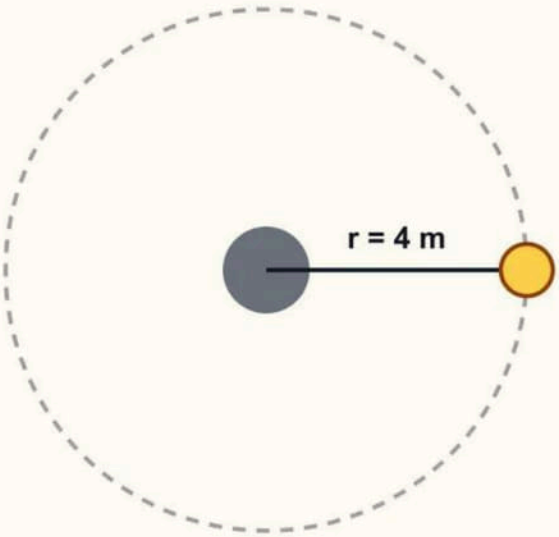


A. bola 60° mendarat lebih jauh karena sudutnya lebih besar
B. jaraknya sama, tetapi bola 60° lebih lama di udara
C. jarak dan lama di udara kedua bola sama
D. bola 30° lebih tinggi dan lebih lama di udara
E. bola 30° mendarat lebih jauh karena lebih cepat mendatar

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

7. Seorang anak duduk di komidi putar pada jarak 4 m dari poros. Komidi putar berputar beraturan satu putaran setiap 4 s, seperti pada gambar.
Percepatan sentripetal yang dialami anak tersebut adalah sekitar ....

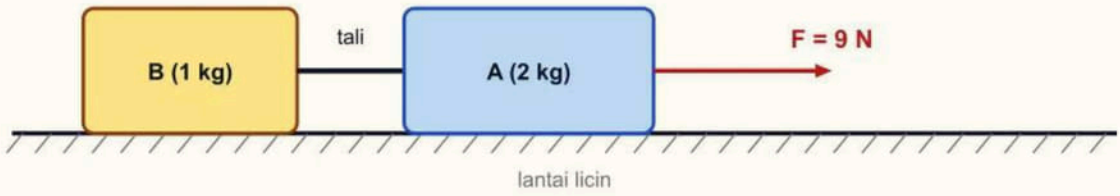


A. $6{,}3\ \text{m/s}^2$
B. $39{,}5\ \text{m/s}^2$
C. $9{,}9\ \text{m/s}^2$
D. $1{,}6\ \text{m/s}^2$
E. $0\ \text{m/s}^2$

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

8. Gerbong mainan A (2 kg) ditarik dengan gaya mendatar 9 N. Gerbong A menarik gerbong B (1 kg) melalui seutas tali ringan, seperti pada gambar. Gesekan diabaikan.
Tegangan tali antara gerbong A dan B adalah ....



A. 9 N
B. 6 N
C. 4,5 N
D. 3 N
E. 1 N

9. Sebuah sepeda motor yang kelajuannya 10 m/s dipercepat sampai kelajuannya 20 m/s. Massa sepeda motor dan pengendaranya tetap.
Energi kinetik sepeda motor sekarang dibandingkan dengan semula adalah ....

A. 2 kali
B. ½ kali
C. tetap
D. 8 kali
E. 4 kali

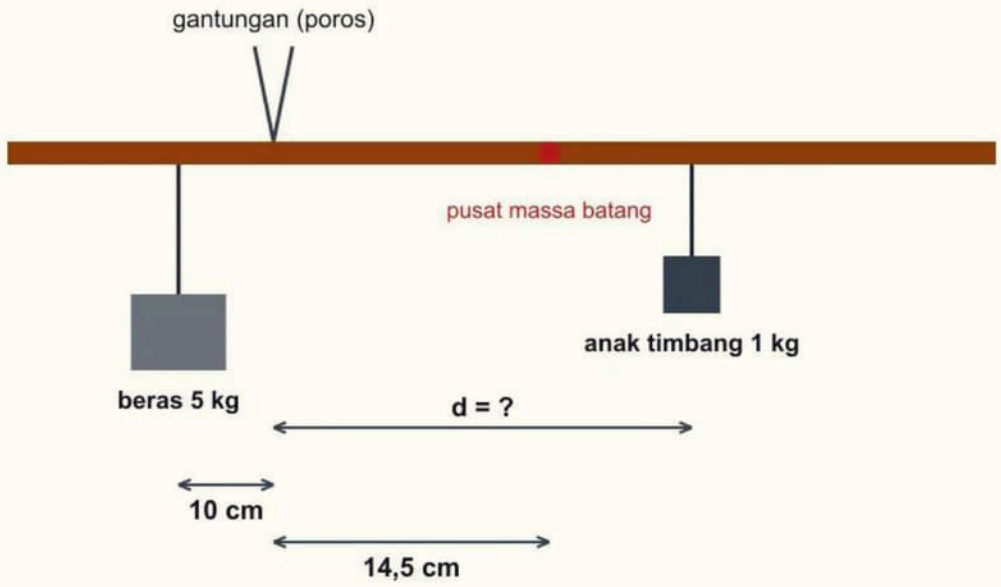
10. Kantong udara (airbag) pada mobil mengembang saat tabrakan sehingga kepala pengemudi menumbuk kantong udara, bukan setir.
Pernyataan yang benar tentang manfaat kantong udara adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Perubahan momentum kepala pengemudi sama, dengan atau tanpa kantong udara.
☐ B. Kantong udara mengurangi momentum awal kepala pengemudi.
☐ C. Kantong udara memperpanjang waktu kepala sampai berhenti.
☐ D. Gaya rata-rata pada kepala sama besar dengan atau tanpa kantong udara.
☐ E. Gaya rata-rata yang dialami kepala menjadi lebih kecil.

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

11. Dacin (timbangan batang) dipakai untuk menimbang 5 kg beras yang digantung 10 cm dari poros gantungan. Batang dacin bermassa 0,4 kg dengan pusat massa 14,5 cm dari poros di sisi anak timbang, dan anak timbang bermassa 1 kg digeser sampai batang setimbang mendatar, seperti pada gambar.
Jarak anak timbang dari poros saat setimbang adalah ....

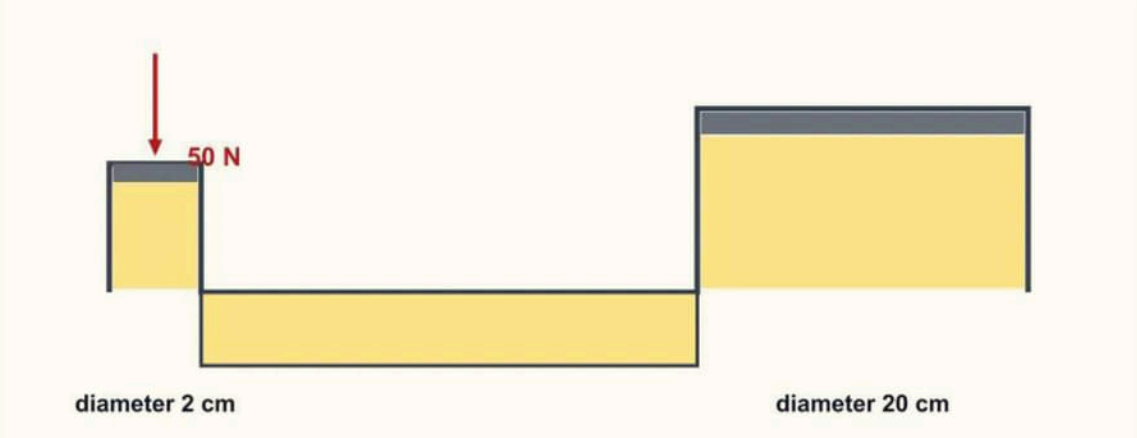


A. 44,2 cm
B. 50 cm
C. 55,8 cm
D. 14,5 cm
E. 35,5 cm

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

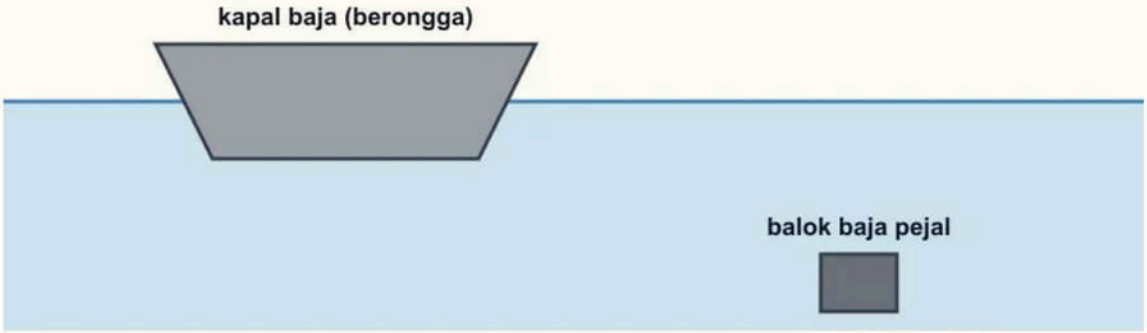
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Sebuah alat press hidrolik memiliki pengisap kecil berdiameter 2 cm dan pengisap besar berdiameter 20 cm, seperti pada gambar. Pengisap kecil ditekan dengan gaya 50 N. Gaya yang dihasilkan pada pengisap besar adalah ....



A. 500 N
B. 5.000 N
C. 50 N
D. 0,5 N
E. 50.000 N

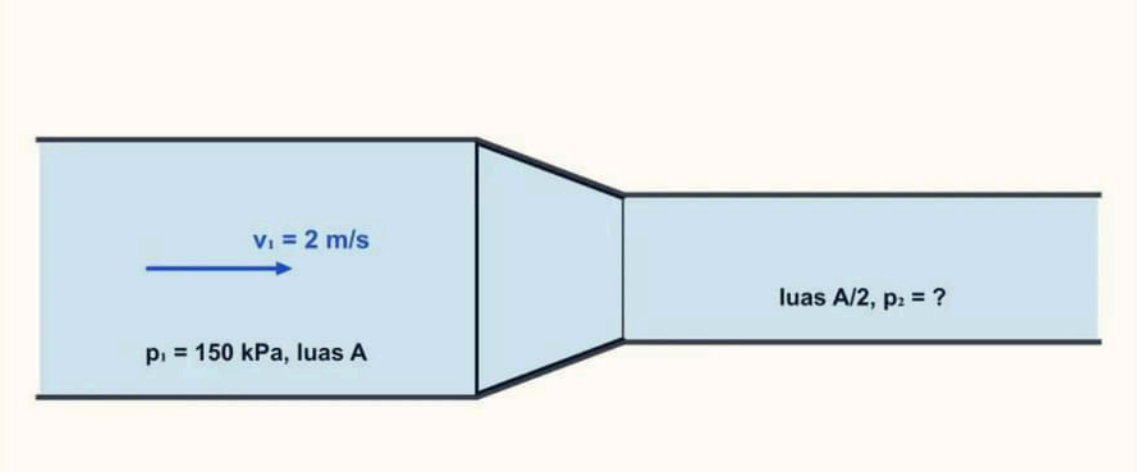
13. Sebuah kapal yang terbuat dari baja dapat terapung di laut, sedangkan sebongkah baja pejal yang massanya jauh lebih kecil justru tenggelam, seperti pada gambar. Penjelasan yang paling tepat adalah ....



A. baja pada kapal lebih ringan daripada baja pejal
B. air laut menolak benda yang berukuran besar
C. rongga udara membuat massa jenis rata-rata kapal kecil
D. gaya gravitasi pada kapal lebih kecil karena kapal bergerak
E. baja pejal terlalu kecil untuk mendapat gaya apung

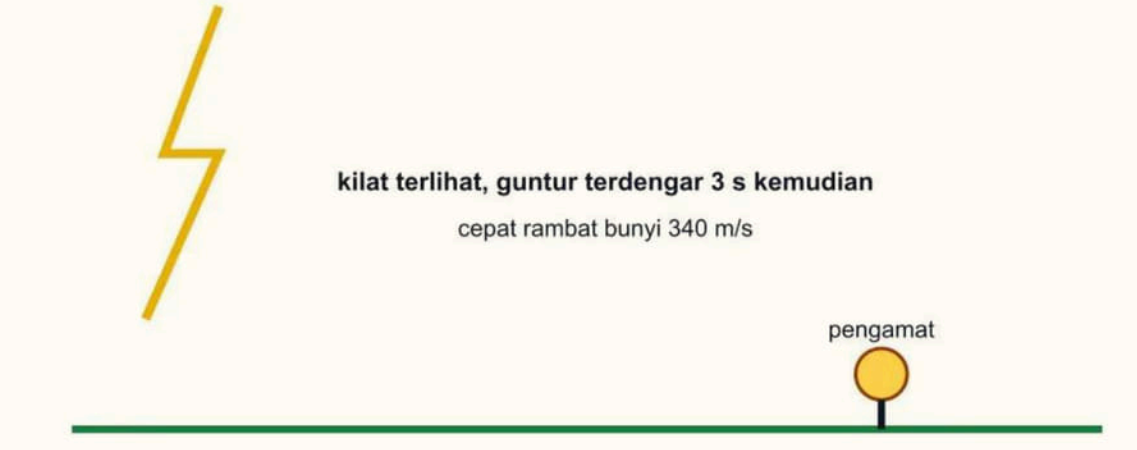
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

14. Air mengalir dalam pipa mendatar yang luas penampangnya menyempit menjadi setengahnya, seperti pada gambar. Di bagian lebar, kelajuan air 2 m/s dan tekanannya 150 kPa. Massa jenis air 1.000 kg/m^3.
Tekanan air di bagian yang sempit adalah ....



A. 156 kPa
B. 148 kPa
C. 142 kPa
D. 144 kPa
E. 150 kPa

15. Seorang pengamat melihat kilat, lalu mendengar bunyi guntur 3 s kemudian, seperti pada gambar. Cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, dan cahaya dianggap sampai seketika.
Jarak sumber petir dari pengamat adalah ....



A. 510 m
B. 113 m
C. 340 m
D. 2.040 m
E. 1.020 m

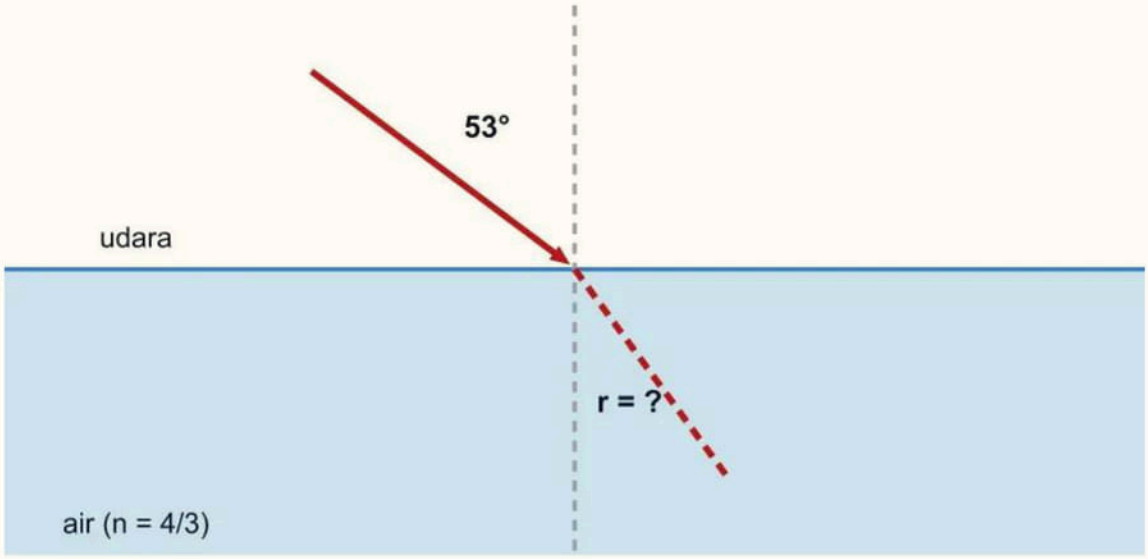
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Dua garpu tala berfrekuensi 440 Hz dan 444 Hz dibunyikan bersamaan, sehingga terdengar bunyi yang kerasnya naik-turun secara berkala (pelayangan).
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Bunyi terdengar keras-lemah sebanyak 4 kali setiap sekon.	○	○
Nada yang terdengar berfrekuensi sekitar 442 Hz.	○	○
Bila garpu tala 444 Hz ditempeli sedikit lilin sehingga frekuensinya turun, pelayangan menjadi makin cepat.	○	○

17. Seberkas cahaya laser dari udara mengenai permukaan air kolam dengan sudut datang 53° terhadap garis normal, seperti pada gambar. Indeks bias air $\frac{4}{3}$ (sin 53° = 0,8; sin 37° = 0,6). Sudut bias cahaya di dalam air adalah ....



A. 37°
B. 53°
C. 90°
D. 64°
E. 30°

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

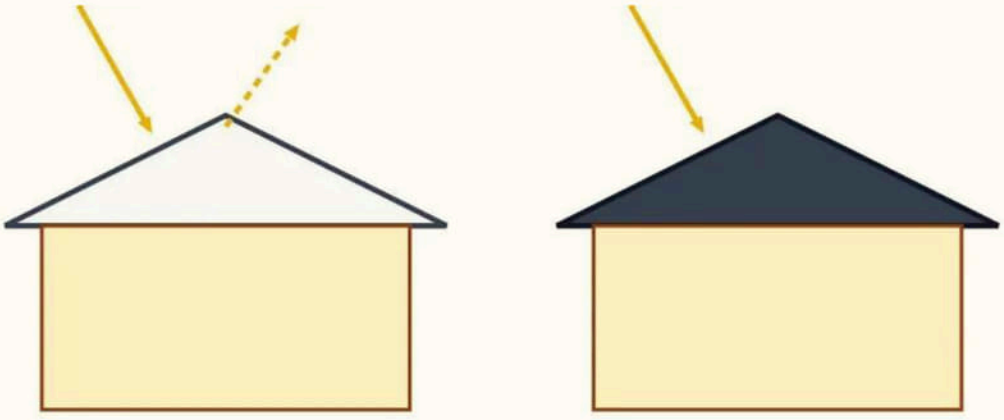
18. Seorang tukang servis ponsel yang titik dekatnya 30 cm memakai lup berjarak fokus 5 cm untuk melihat komponen kecil. Ia mengamati dengan mata berakomodasi maksimum. Perbesaran lup yang diperolehnya adalah ....

A. 6 kali
B. 7 kali
C. 5 kali
D. 150 kali
E. 35 kali

19. Suhu filamen sebuah lampu pijar dinaikkan dari 2.000 K menjadi 3.000 K dengan menambah tegangannya. Anggap filamen memancar seperti benda hitam. Panjang gelombang pada intensitas pancaran terbesar menjadi ....

A. 1,5 kali semula
B. tetap seperti semula
C. ⅔ kali semula
D. $(⅔)^4$ kali semula
E. 2,25 kali semula

20. Dua rumah yang sama ukurannya, satu beratap putih dan satu beratap gelap, terkena sinar matahari yang sama pada siang hari, seperti pada gambar. Suhu di dalam rumah beratap putih ternyata lebih rendah.
Penjelasan fisika yang paling tepat adalah ....



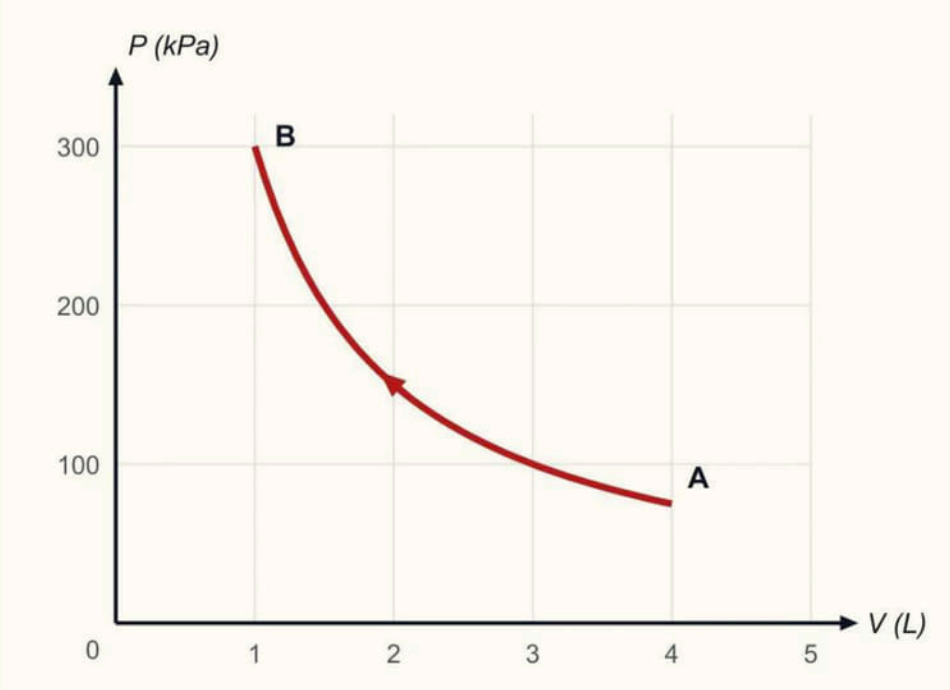
A. atap putih menghasilkan udara dingin dari bahan catnya
B. atap gelap memancarkan kalor ke dalam rumah sejak pagi
C. atap putih mencegah konveksi udara di dalam rumah
D. atap putih memantulkan lebih banyak radiasi matahari
E. atap gelap memiliki kalor jenis lebih kecil sehingga ruangan lebih panas

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

21. Setelah kendaraan menempuh perjalanan jauh di jalan tol pada siang hari, tekanan udara di dalam bannya terukur lebih tinggi daripada saat diperiksa pagi hari sebelum berangkat. Volume ban dianggap hampir tetap dan tidak ada udara yang bocor.
Penyebab naiknya tekanan udara di dalam ban adalah ....

A. jumlah molekul udara di dalam ban bertambah
B. volume ban mengecil karena tertekan beban
C. ban menyerap udara dari luar melalui karetnya
D. massa udara di dalam ban bertambah karena gesekan
E. suhu udara di dalam ban naik

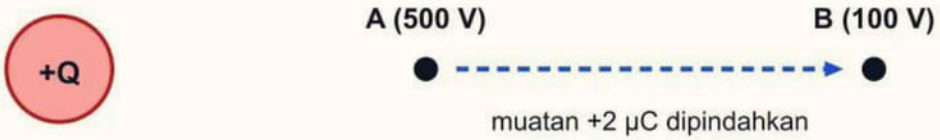
22. Gas ideal dimampatkan perlahan dari keadaan A ke keadaan B pada suhu tetap, seperti pada grafik. Usaha yang dilakukan lingkungan pada gas selama proses itu 420 J.
Perubahan energi dalam gas dan kalor yang dipertukarkan berturut-turut adalah ....



A. 0 J; gas melepas kalor 420 J
B. 420 J; gas tidak bertukar kalor
C. 0 J; gas menerima kalor 420 J
D. −420 J; gas melepas kalor 420 J
E. 420 J; gas menerima kalor 840 J

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

23. Di sekitar sebuah muatan positif, titik A berpotensial 500 V dan titik B berpotensial 100 V, seperti pada gambar. Muatan uji $+2\ \mu$C berpindah dari A ke B.
Usaha yang dilakukan gaya listrik (medan) pada muatan uji tersebut adalah ....

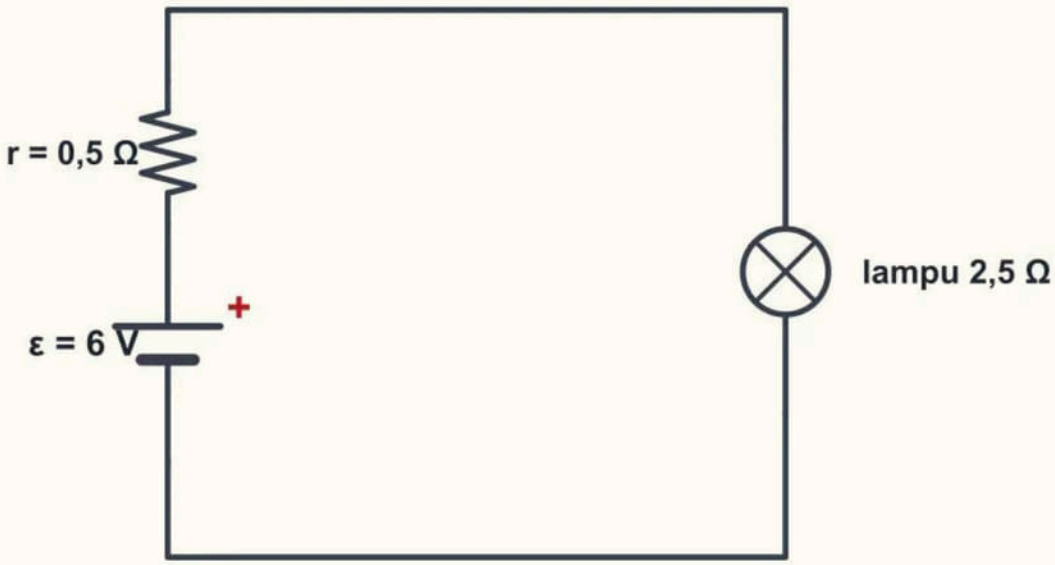


A. -8×10^{-4} J
B. $+8 \times 10^{-4}$ J
C. $+1{,}2 \times 10^{-3}$ J
D. $+8 \times 10^{-2}$ J
E. 0 J

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

24. Sebuah lampu berhambatan 2,5 Ω dihubungkan dengan baterai bergaya gerak listrik 6 V dan berhambatan dalam 0,5 Ω, seperti pada gambar.
Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tegangan jepit baterai sama dengan 6 V.
☐ B. Kuat arus pada rangkaian adalah 2 A.
☐ C. Daya yang diterima lampu adalah 10 W.
☐ D. Tidak ada daya yang hilang di dalam baterai.
☐ E. Daya yang berubah menjadi kalor di dalam baterai adalah 2 W.

25. Sebuah setrika listrik dan sebuah kipas angin sama-sama bertuliskan "220 V; 300 W" dan dipakai selama 1 jam pada tegangan 220 V.
Pernyataan yang benar tentang kedua alat tersebut adalah ....

A. kipas angin memakai energi listrik lebih sedikit karena menghasilkan angin
B. setrika memakai energi listrik lebih banyak karena terasa panas
C. keduanya memakai 0,3 kWh, tetapi diubah menjadi bentuk energi yang berbeda
D. keduanya tidak memakai energi karena tegangannya tepat 220 V
E. keduanya menghasilkan kalor yang sama banyak

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, 3, 10, 16, 24): 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 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting	1	___ / 1	Ulangi hlm. 8
Sub bab 1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data	2	___ / 1	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif	3	___ / 1	Ulangi hlm. 39
Sub bab 1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal	4, 5	___ / 2	Ulangi hlm. 51
Sub bab 1.5 · Gerak parabola	6	___ / 1	Ulangi hlm. 68
Sub bab 1.6 · Gerak melingkar beraturan	7	___ / 1	Ulangi hlm. 80
Sub bab 2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya	8	___ / 1	Ulangi hlm. 113
Sub bab 2.2 · Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol	9	___ / 1	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan	10	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan	11	___ / 1	Ulangi hlm. 151
Sub bab 3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal	12	___ / 1	Ulangi hlm. 182
Sub bab 3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam	13	___ / 1	Ulangi hlm. 194
Sub bab 3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli	14	___ / 1	Ulangi hlm. 208
Sub bab 4.1 · Gelombang mekanik dan sifat bunyi	15	___ / 1	Ulangi hlm. 241
Sub bab 4.2 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi	16	___ / 1	Ulangi hlm. 252
Sub bab 4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa	17	___ / 1	Ulangi hlm. 264
Sub bab 4.4 · Alat optik	18	___ / 1	Ulangi hlm. 279
Sub bab 5.1 · Kalor dan perpindahannya	19	___ / 1	Ulangi hlm. 309
Sub bab 5.2 · Pemanasan global	20	___ / 1	Ulangi hlm. 320
Sub bab 5.3 · Gas ideal	21	___ / 1	Ulangi hlm. 332
Sub bab 5.4 · Termodinamika dan mesin kalor	22	___ / 1	Ulangi hlm. 344

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

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 6.1 · Listrik statis	23	___ / 1	Ulangi hlm. 375
Sub bab 6.2 · Rangkaian arus searah	24	___ / 1	Ulangi hlm. 388
Sub bab 6.3 · Energi dan daya listrik	25	___ / 1	Ulangi hlm. 402

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

FIS-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-fis&node=FIS-FIN3

1. Panjang dan lebar sebuah pelat logam diukur dengan mistar dan diperoleh 12,5 cm dan 4,2 cm, seperti pada gambar.
Luas pelat tersebut bila ditulis sesuai aturan angka penting adalah ....



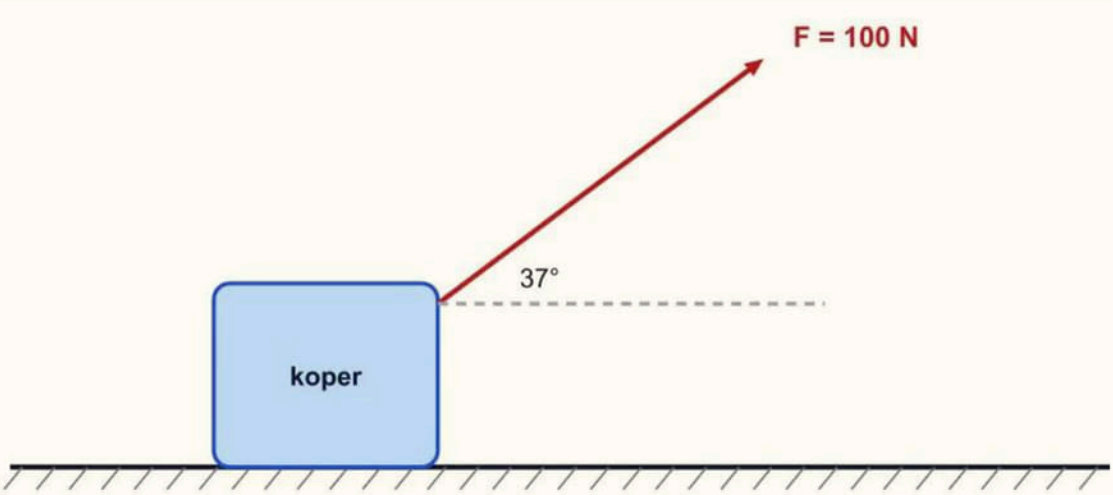
A. 52,50 cm^2
B. 52,5 cm^2
C. 52 cm^2
D. 50 cm^2
E. 53 cm^2

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

2. Dalam percobaan bandul, Dimas mengukur waktu untuk 10 kali ayunan dengan stopwatch, lalu membaginya dengan 10 untuk memperoleh periode. Temannya bertanya mengapa ia tidak langsung mengukur waktu satu ayunan saja.
Alasan yang paling tepat untuk prosedur Dimas adalah ....

A. galat waktu reaksi menjadi kecil bila dibagi 10
B. periode bandul berubah setelah beberapa kali ayunan
C. stopwatch tidak dapat mengukur waktu kurang dari 10 s
D. 10 ayunan membuat simpangan bandul menjadi lebih besar
E. agar data yang diperoleh lebih banyak untuk dirata-rata

3. Sebuah koper beroda ditarik dengan gaya 100 N melalui pegangannya yang membentuk sudut 37° terhadap lantai mendatar, seperti pada gambar (sin 37° = 0,6; cos 37° = 0,8). Komponen gaya yang menggerakkan koper sejajar lantai adalah ....



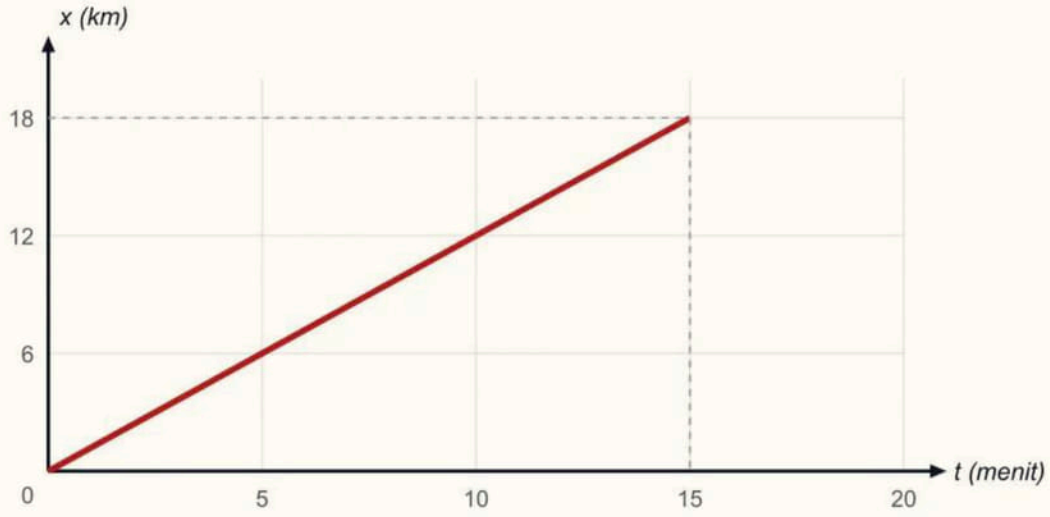
A. 60 N
B. 80 N
C. 100 N
D. 140 N
E. 48 N

4. Sebuah pesawat kecil dipercepat beraturan 2 m/s^2 dari keadaan diam di landasan. Demi keselamatan, landasan harus cukup panjang agar pesawat yang sudah mencapai 60 m/s masih dapat membatalkan lepas landas dan berhenti dengan perlambatan tetap 3 m/s^2. Panjang landasan minimum untuk keadaan tersebut adalah ....

A. 900 m
B. 600 m
C. 1.500 m
D. 1.800 m
E. 3.000 m

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

5. Grafik posisi x terhadap waktu t sebuah bus yang melaju di jalan tol lurus ditunjukkan pada gambar.
Kecepatan bus tersebut adalah ....

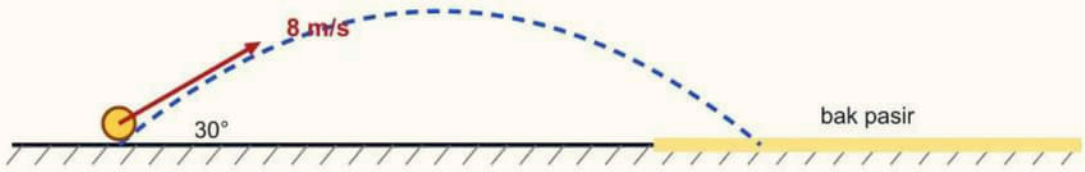


A. 1,2 km/jam
B. 18 km/jam
C. 1.080 km/jam
D. 72 km/jam
E. 270 km/jam

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

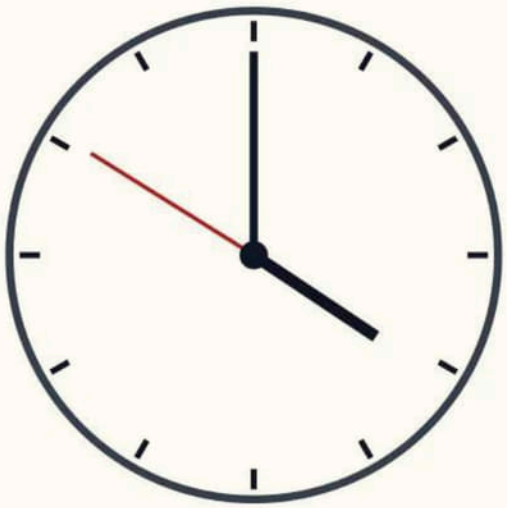
6. Seorang atlet lompat jauh meninggalkan tanah dengan kelajuan 8 m/s dan sudut 30° terhadap tanah, lalu mendarat pada ketinggian yang sama, seperti pada gambar. Atlet dianggap titik, hambatan udara diabaikan, $g = 10\ \text{m/s}^2$ ($\sin 60° \approx 0{,}87$).
Jarak lompatan atlet tersebut adalah sekitar ....



A. 6,4 m
B. 3,2 m
C. 2,8 m
D. 11,1 m
E. 5,6 m

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

7. Sebuah jam dinding memiliki jarum detik, jarum menit (panjang 10 cm), dan jarum jam (panjang 6 cm), seperti pada gambar. Semua jarum berputar beraturan.
Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



jarum menit: 10 cm

jarum jam: 6 cm

jarum detik (merah)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Periode jarum menit adalah 3.600 s.

☐ B. Kecepatan sudut jarum jam lebih besar daripada kecepatan sudut jarum menit.

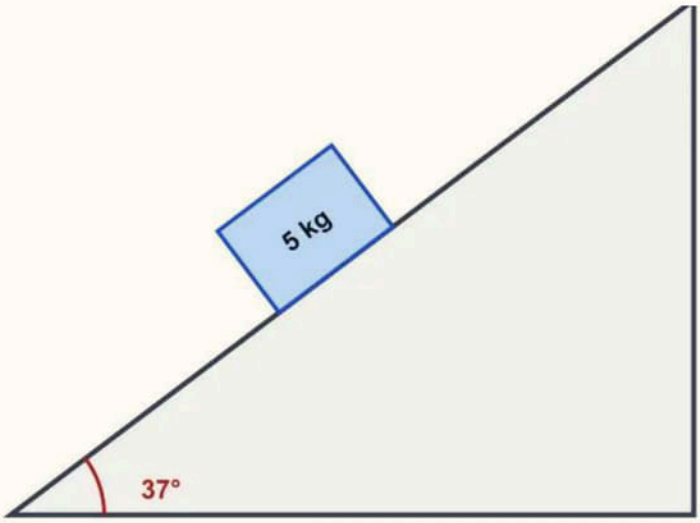
☐ C. Kecepatan sudut jarum detik adalah $\frac{\pi}{30}$ rad/s.

☐ D. Ujung jarum yang lebih panjang selalu memiliki kecepatan sudut lebih besar.

☐ E. Arah kecepatan ujung jarum selalu berubah walaupun kelajuannya tetap.

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

8. Sebuah balok bermassa 5 kg meluncur turun pada bidang miring kasar yang membentuk sudut 37° terhadap tanah, seperti pada gambar. Koefisien gesek kinetis 0,25, $g = 10\ \text{m/s}^2$, sin 37° = 0,6, dan cos 37° = 0,8.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

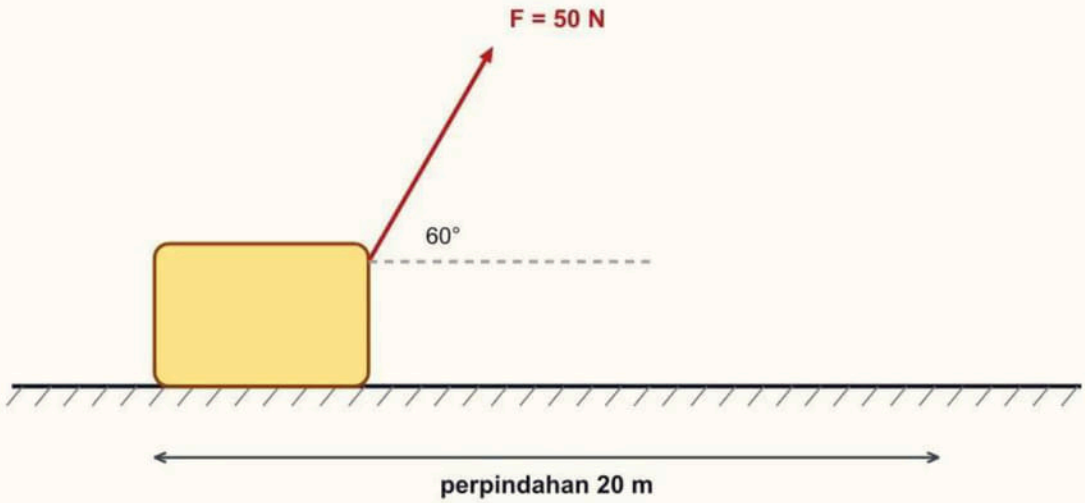


Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Gaya normal yang bekerja pada balok adalah 40 N.	○	○
Gaya gesek kinetis pada balok adalah 10 N.	○	○
Percepatan balok adalah 6 m/s^2.	○	○

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

9. Sebuah kereta barang mainan ditarik dengan gaya 50 N yang membentuk sudut 60° terhadap lantai, sehingga kereta berpindah 20 m sepanjang lantai mendatar, seperti pada gambar.
Usaha yang dilakukan gaya tarik tersebut adalah ....



A. 500 J
B. 1.000 J
C. 866 J
D. 25 J
E. 0 J

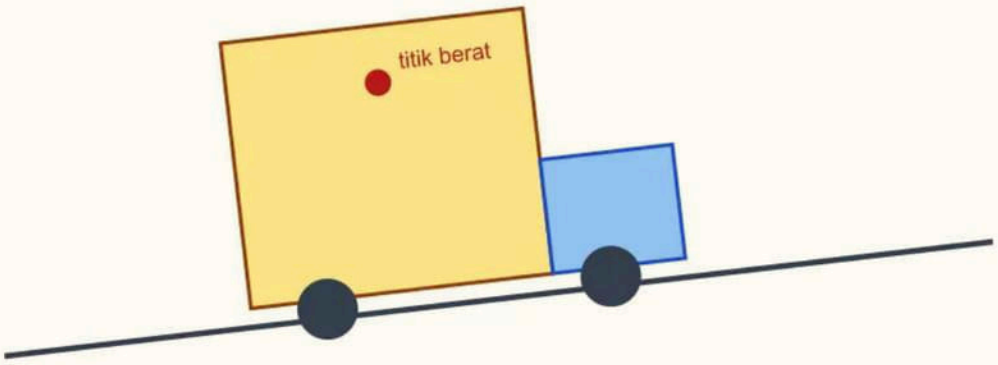
10. Bola A bermassa 2 kg bergerak dengan kelajuan 3 m/s menumbuk bola B bermassa 1 kg yang diam di lintasan lurus, seperti pada gambar. Tumbukan bersifat lenting sempurna.
Kelajuan bola B setelah tumbukan adalah ....



A. 6 m/s
B. 4 m/s
C. 3 m/s
D. 2 m/s
E. 1 m/s

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

11. Sebuah truk yang memuat tumpukan karung sangat tinggi lebih mudah terguling ketika melewati jalan yang miring ke samping daripada truk dengan muatan yang ditumpuk rendah, seperti pada gambar.
Penyebab utama hal tersebut adalah ....

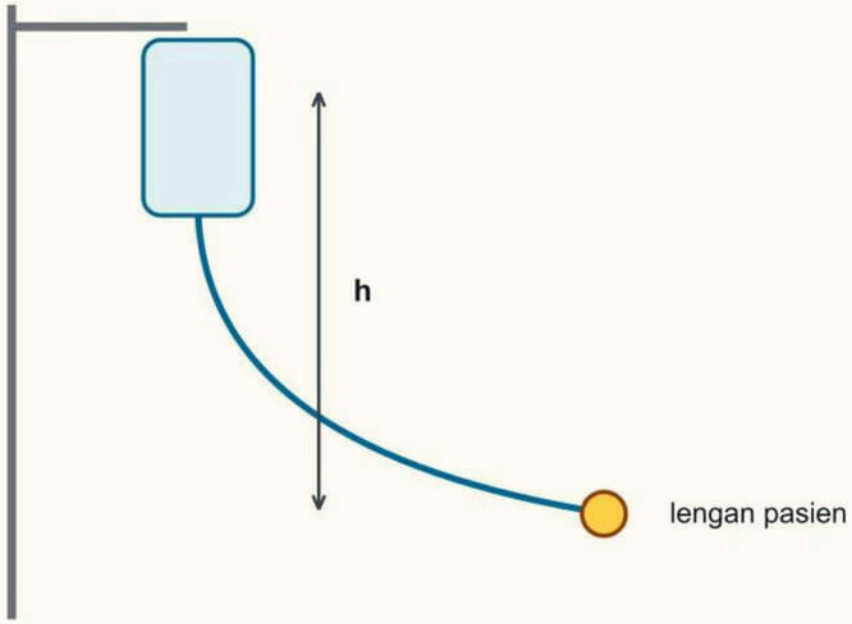


A. massa truk bermuatan tinggi lebih besar daripada truk lain
B. roda truk bermuatan tinggi lebih kecil
C. titik berat muatan tinggi mudah keluar dari tumpuan
D. gaya gesek jalan lebih kecil pada truk tinggi
E. angin hanya mendorong muatan yang tinggi

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

12. Botol cairan infus digantung cukup tinggi di atas lengan pasien, seperti pada gambar. Bila botol diturunkan terlalu rendah, cairan dapat berhenti mengalir, bahkan darah dapat masuk ke selang.
Penjelasan fisika yang paling tepat adalah ....

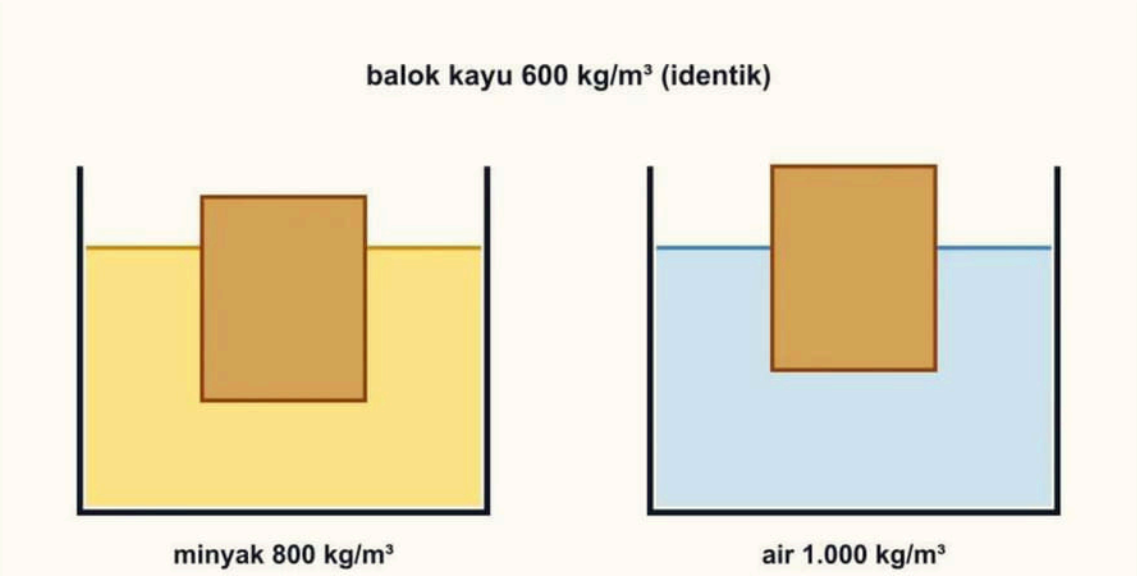


A. tekanan cairan di jarum bergantung pada luas penampang botol infus
B. cairan infus lebih ringan sehingga perlu bantuan tekanan udara
C. makin tinggi botol, makin besar kecepatan darah di pembuluh
D. tekanan cairan di jarum sebanding dengan tinggi h
E. gaya gravitasi pada cairan hilang bila botol diturunkan

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

13. Dua balok kayu identik bermassa jenis 600 kg/m^3 dimasukkan ke dalam minyak (800 kg/m^3) dan ke dalam air (1.000 kg/m^3). Keduanya terapung, seperti pada gambar. Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

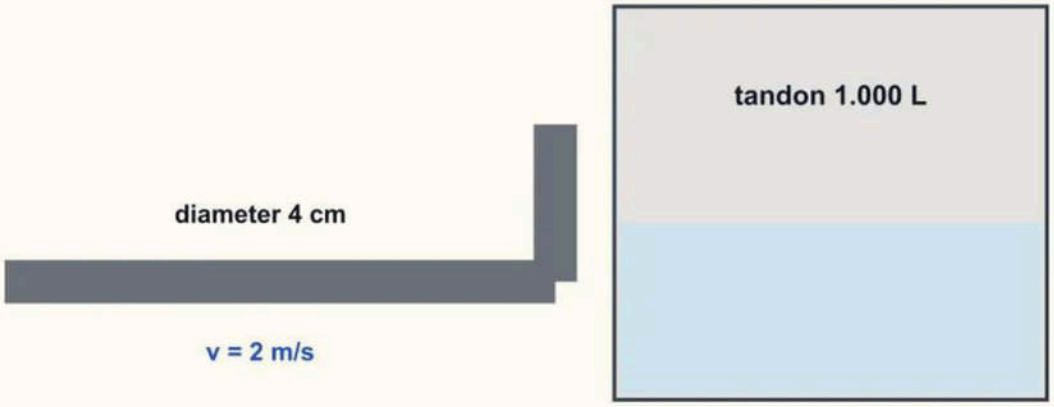


Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Balok di dalam minyak tenggelam karena minyak lebih ringan daripada air.
☐ B. Bagian balok yang tercelup di air adalah 60 % volumenya.
☐ C. Gaya apung pada balok di minyak lebih besar daripada di air.
☐ D. Bagian balok yang tercelup di minyak adalah 75 % volumenya.
☐ E. Gaya apung pada kedua balok sama dengan berat balok.

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

14. Sebuah tandon bervolume 1.000 L diisi melalui pipa berdiameter 4 cm. Air di dalam pipa mengalir dengan kelajuan 2 m/s, seperti pada gambar.
Waktu yang diperlukan untuk mengisi tandon dari kosong sampai penuh adalah sekitar ....

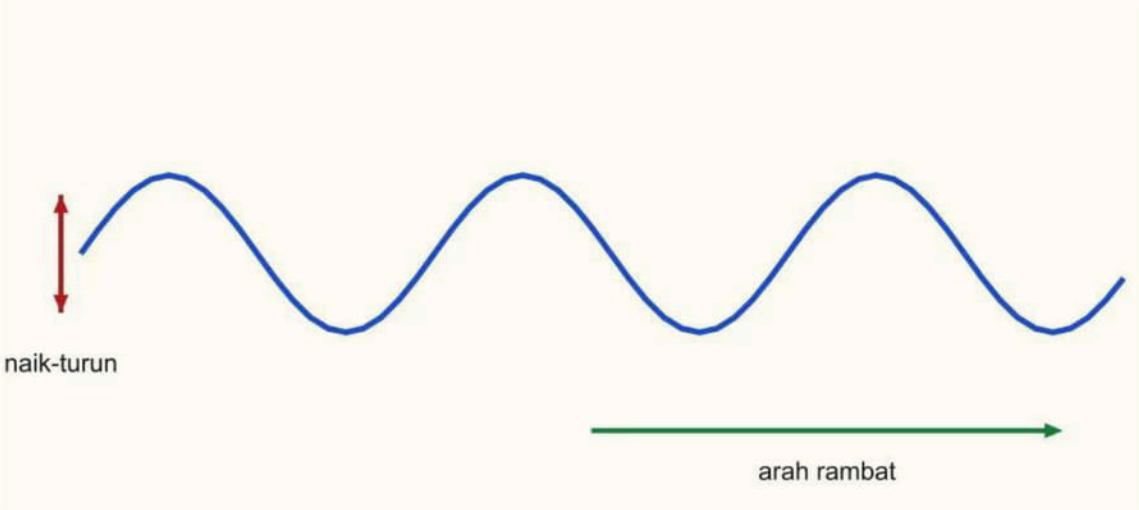


A. 1,7 menit
B. 5,2 menit
C. 66 menit
D. 0,7 menit
E. 6,6 menit

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

15. Ujung seutas tali panjang digerakkan naik-turun sehingga terbentuk gelombang yang merambat ke kanan, seperti pada gambar.
Jenis gelombang tersebut dan alasannya adalah ....



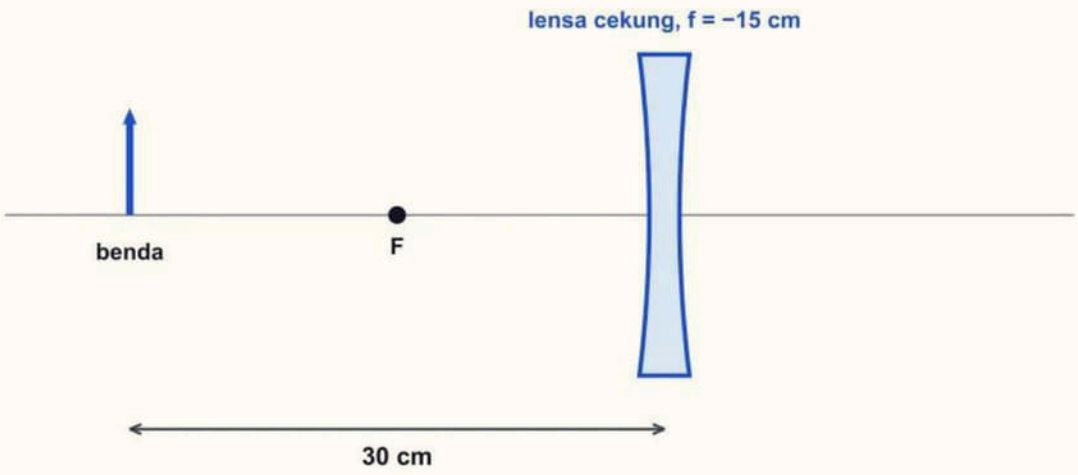
A. transversal, karena arah getar tegak lurus arah rambat
B. longitudinal, karena arah getar tegak lurus arah rambat
C. transversal, karena gelombangnya memerlukan medium
D. longitudinal, karena terdiri atas rapatan dan renggangan
E. elektromagnetik, karena dapat merambat di udara

16. Bunyi mesin pemotong rumput terdengar makin pelan ketika kita berjalan menjauhinya di lapangan terbuka, walaupun mesin itu tetap menyala dengan kekuatan yang sama.
Penjelasan yang paling tepat adalah ....

A. frekuensi bunyi berkurang sehingga terdengar lebih pelan
B. energi bunyi menyebar ke permukaan yang makin luas
C. cepat rambat bunyi berkurang ketika jaraknya makin jauh
D. panjang gelombang bunyi bertambah sehingga bunyi melemah
E. udara di lapangan menyerap seluruh energi bunyi setelah beberapa meter

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

17. Sebuah benda diletakkan 30 cm di depan lensa cekung yang jarak fokusnya 15 cm, seperti pada gambar.
Letak dan sifat bayangan yang terbentuk adalah ....



A. 30 cm di belakang lensa, nyata, terbalik, sama besar
B. 10 cm di belakang lensa, nyata, tegak, diperkecil
C. 10 cm di depan lensa, maya, tegak, diperkecil
D. 30 cm di depan lensa, maya, tegak, diperbesar
E. 15 cm di depan lensa, maya, tegak, sama besar

18. Mikroskop dan teropong bintang sama-sama memakai dua lensa cembung, yaitu objektif dan okuler.
Pernyataan yang benar tentang kedua alat tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Lensa objektif mikroskop memiliki jarak fokus yang sangat pendek.
☐ B. Lensa objektif teropong bintang memiliki jarak fokus yang panjang.
☐ C. Perbesaran total mikroskop sama dengan perbesaran objektif ditambah perbesaran okuler.
☐ D. Panjang teropong bintang untuk mata santai sama dengan $f_{ob} - f_{ok}$.
☐ E. Bayangan akhir pada mikroskop bersifat maya dan terbalik terhadap benda.

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

19. Air mendidih di dalam panci terbuka pada 100 °C. Sebanyak 200 g air menguap seluruhnya selama pemanasan berikutnya. Kalor uap air $2{,}26 \times 10^6$ J/kg.
Kalor yang diperlukan untuk menguapkan air tersebut adalah ....

A. 84 kJ
B. 452 J
C. 4.520 kJ
D. 452 kJ
E. 11,3 MJ

20. Data pengukuran menunjukkan bahwa kadar CO_2 atmosfer dan suhu rata-rata permukaan Bumi sama-sama naik dalam beberapa puluh tahun terakhir. Seorang siswa lalu menyimpulkan: "Jadi, suhu di kota saya pasti lebih tinggi setiap tahun dibandingkan tahun sebelumnya."
Penilaian yang paling tepat terhadap kesimpulan siswa tersebut adalah ....

A. tepat, karena kenaikan CO_2 menaikkan suhu di setiap tempat setiap tahun
B. tepat, karena kota selalu lebih panas daripada desa
C. tidak tepat, karena CO_2 tidak berkaitan dengan suhu Bumi
D. tidak tepat, karena suhu kota tidak pernah dipengaruhi suhu global
E. tidak tepat, karena data global hanya menunjukkan tren rata-rata

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

21. Sebuah gelembung udara terbentuk di dasar danau yang tekanannya 200 kPa, lalu naik sampai dekat permukaan yang tekanannya 100 kPa, seperti pada gambar. Suhu air dianggap sama di semua kedalaman.
Volume gelembung di dekat permukaan dibandingkan dengan di dasar danau adalah ....

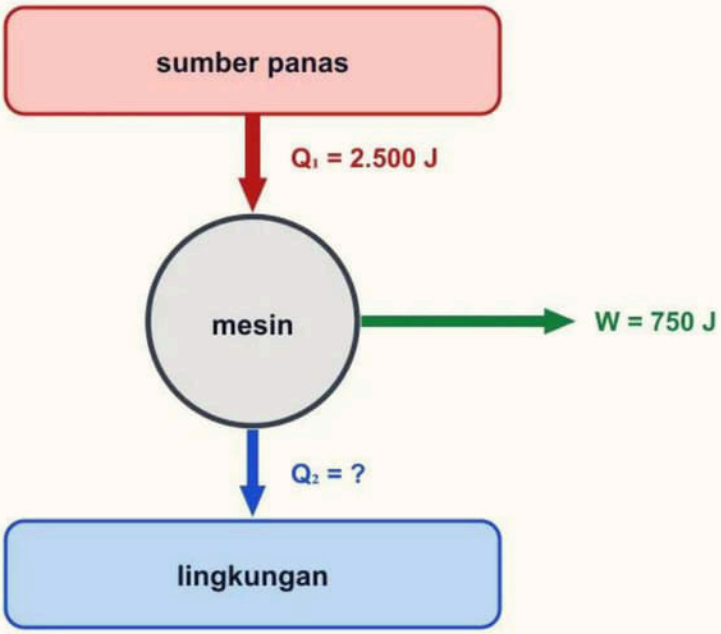


A. 2 kali
B. ½ kali
C. tetap
D. 4 kali
E. $\sqrt{2}$ kali

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

22. Setiap siklus, sebuah mesin kalor menyerap kalor 2.500 J dari sumber panas dan menghasilkan usaha 750 J, seperti pada gambar.
Kalor yang dibuang ke lingkungan tiap siklus dan efisiensi mesin berturut-turut adalah ....

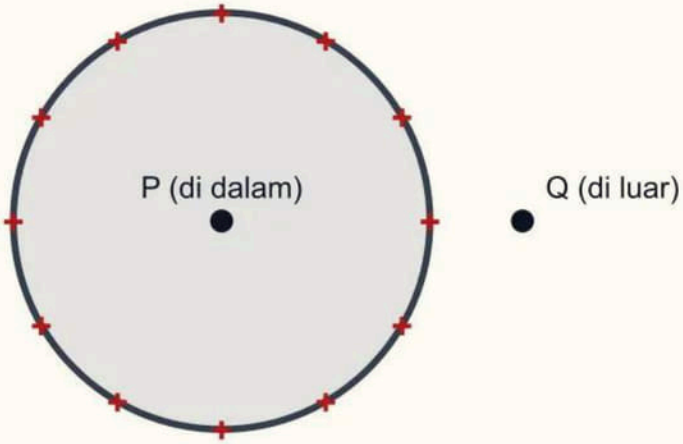


A. 750 J dan 30 %
B. 1.750 J dan 30 %
C. 3.250 J dan 30 %
D. 1.750 J dan 70 %
E. 1.750 J dan 43 %

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

23. Sebuah bola logam berongga diberi muatan positif. Titik P berada di dalam bola dan titik Q berada di luar bola, seperti pada gambar.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kuat medan listrik di titik P sama dengan nol.	○	○
Potensial listrik di titik P sama dengan potensial di permukaan bola.	○	○
Kuat medan listrik di permukaan bola lebih kecil daripada di titik Q.	○	○

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

24. Seutas kawat tembaga sepanjang 100 m memiliki luas penampang 1 mm². Hambatan jenis tembaga $1{,}7 \times 10^{-8}$ Ω·m, seperti pada gambar.
Hambatan kawat tersebut adalah ....



kawat tembaga 100 m, luas penampang 1 mm²

hambatan jenis 1,7 × 10⁻⁸ Ω·m

A. $1{,}7 \times 10^{-6}\ \Omega$
B. $0{,}017\ \Omega$
C. $1{,}7\ \Omega$
D. $170\ \Omega$
E. $1.700\ \Omega$

25. Sebuah penanak nasi listrik bertuliskan "220 V; 440 W" dipakai pada tegangan 220 V. Kuat arus yang mengalir pada penanak nasi tersebut adalah ....

A. 0,5 A
B. 220 A
C. 96.800 A
D. 2 A
E. 660 A

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 7, 8, 13, 18, 23): 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 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting	1	___ / 1	Ulangi hlm. 8
Sub bab 1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data	2	___ / 1	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif	3	___ / 1	Ulangi hlm. 39
Sub bab 1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal	4, 5	___ / 2	Ulangi hlm. 51
Sub bab 1.5 · Gerak parabola	6	___ / 1	Ulangi hlm. 68
Sub bab 1.6 · Gerak melingkar beraturan	7	___ / 1	Ulangi hlm. 80
Sub bab 2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya	8	___ / 1	Ulangi hlm. 113
Sub bab 2.2 · Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol	9	___ / 1	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan	10	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan	11	___ / 1	Ulangi hlm. 151
Sub bab 3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal	12	___ / 1	Ulangi hlm. 182
Sub bab 3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam	13	___ / 1	Ulangi hlm. 194
Sub bab 3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli	14	___ / 1	Ulangi hlm. 208
Sub bab 4.1 · Gelombang mekanik dan sifat bunyi	15	___ / 1	Ulangi hlm. 241
Sub bab 4.2 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi	16	___ / 1	Ulangi hlm. 252
Sub bab 4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa	17	___ / 1	Ulangi hlm. 264
Sub bab 4.4 · Alat optik	18	___ / 1	Ulangi hlm. 279
Sub bab 5.1 · Kalor dan perpindahannya	19	___ / 1	Ulangi hlm. 309
Sub bab 5.2 · Pemanasan global	20	___ / 1	Ulangi hlm. 320
Sub bab 5.3 · Gas ideal	21	___ / 1	Ulangi hlm. 332
Sub bab 5.4 · Termodinamika dan mesin kalor	22	___ / 1	Ulangi hlm. 344

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

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 6.1 · Listrik statis	23	___ / 1	Ulangi hlm. 375
Sub bab 6.2 · Rangkaian arus searah	24	___ / 1	Ulangi hlm. 388
Sub bab 6.3 · Energi dan daya listrik	25	___ / 1	Ulangi hlm. 402

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026

FIS-FIN4

Petunjuk

Jumlah soal: 25. Waktu: 60 menit.

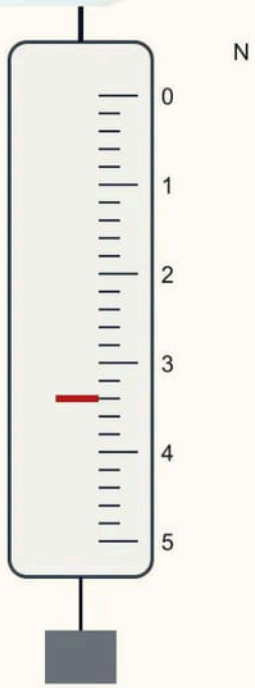
Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 4 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-fis&node=FIS-FIN4

1. Sebuah beban digantung pada neraca pegas (dinamometer). Kedudukan penunjuk (garis merah) pada skala ditunjukkan pada gambar.
Berat beban tersebut adalah ....



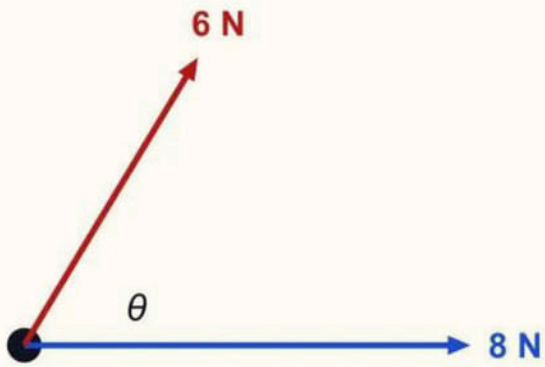
A. 3,4 N
B. 3,2 N
C. 3,7 N
D. 17 N
E. 4,0 N

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

2. Dalam suatu percobaan, siswa menggantungkan beban bermassa 50 g, 100 g, 150 g, dan 200 g secara bergantian pada pegas yang sama. Untuk setiap beban, ia menggetarkan pegas dan mengukur waktu 10 getaran untuk menghitung periodenya.
Variabel bebas pada percobaan tersebut adalah ....

A. periode getaran pegas
B. massa beban yang digantung
C. jenis pegas yang dipakai
D. jumlah getaran yang dihitung
E. percepatan gravitasi di tempat itu

3. Dua gaya sebesar 6 N dan 8 N bekerja pada satu titik. Sudut θ di antara kedua gaya dapat diatur sembarang dari 0° sampai 180°, seperti pada gambar.
Besar resultan yang **tidak mungkin** dihasilkan kedua gaya tersebut adalah ....

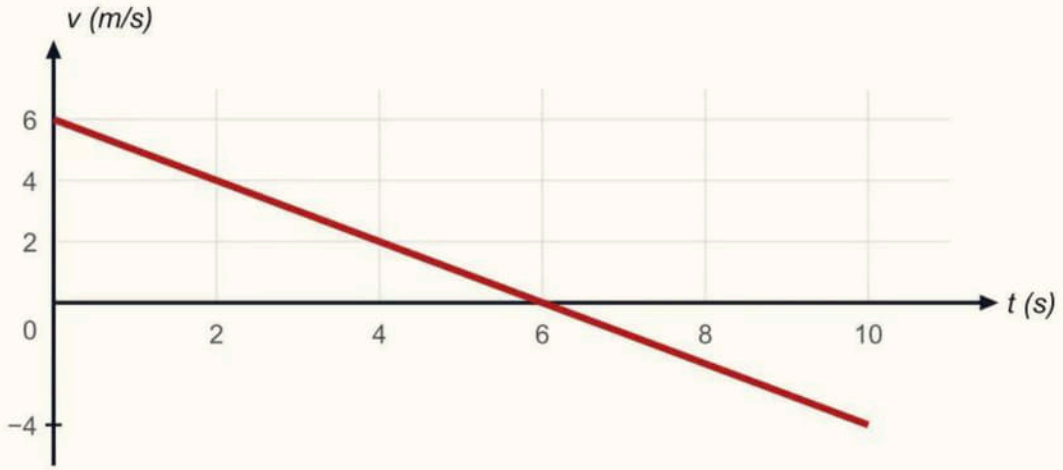


sudut θ dapat diatur

A. 2 N
B. 10 N
C. 15 N
D. 14 N
E. 7 N

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

4. Grafik kecepatan terhadap waktu sebuah troli yang bergerak lurus ditunjukkan pada gambar. Kecepatan positif berarti troli bergerak ke kanan.
Jarak yang ditempuh troli selama 10 s adalah ....



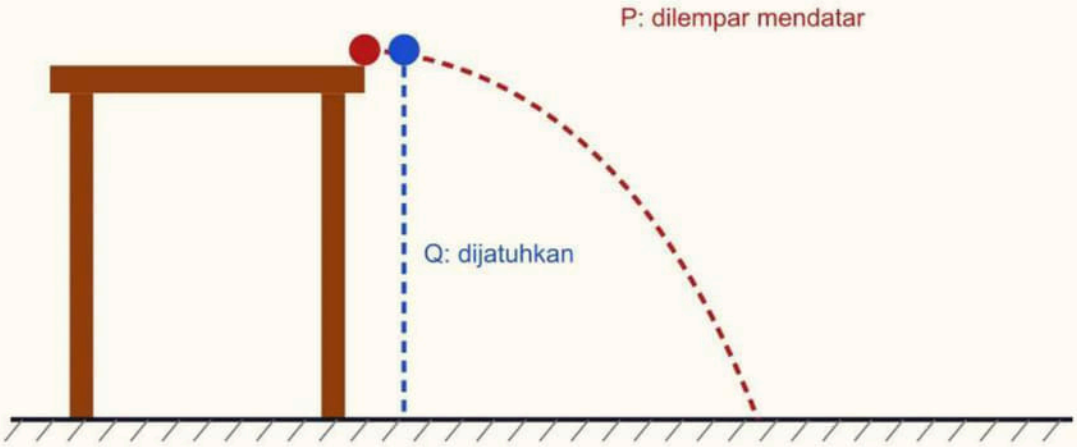
A. 10 m
B. 18 m
C. 50 m
D. 26 m
E. 8 m

5. Sebuah buah mangga jatuh bebas dari pohon yang tinggi. Hambatan udara diabaikan dan $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Jarak yang ditempuh mangga **selama detik ketiga** (dari $t = 2$ s sampai $t = 3$ s) adalah ....

A. 45 m
B. 30 m
C. 20 m
D. 10 m
E. 25 m

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

6. Dari tepi meja yang sama, kelereng P didorong sehingga meninggalkan meja dengan kecepatan mendatar, sedangkan kelereng Q dijatuhkan pada saat yang sama, seperti pada gambar. Hambatan udara diabaikan.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.

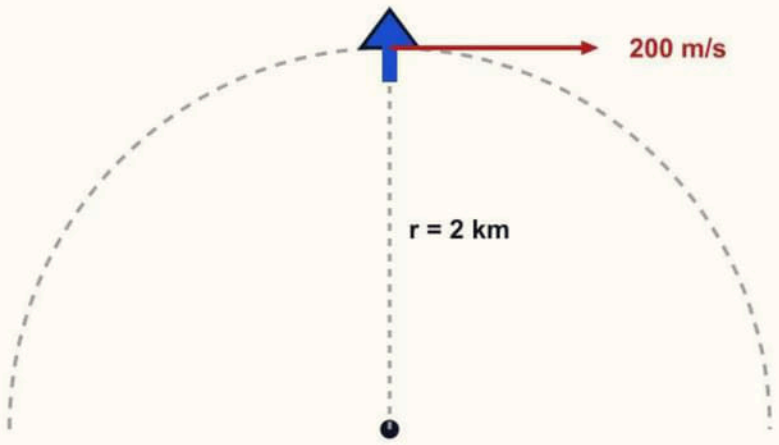


Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kedua kelereng menyentuh lantai pada saat yang sama.	○	○
Kelereng P menyentuh lantai dengan kelajuan lebih besar daripada kelereng Q.	○	○
Kelereng P berada di udara lebih lama karena menempuh lintasan lebih panjang.	○	○

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

7. Sebuah pesawat jet berbelok mengikuti lintasan berbentuk busur lingkaran berjari-jari 2 km dengan kelajuan tetap 200 m/s, seperti pada gambar.
Percepatan sentripetal pesawat tersebut adalah ....

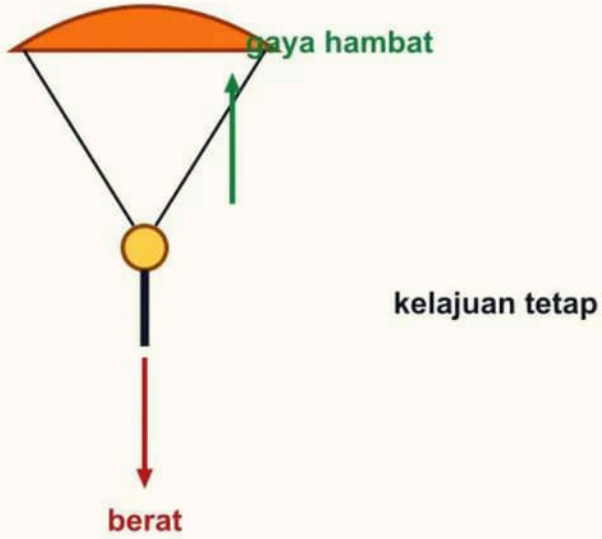


A. $20\ m/s^2$
B. $0{,}1\ m/s^2$
C. $10\ m/s^2$
D. $20.000\ m/s^2$
E. $0\ m/s^2$

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

8. Seorang penerjun payung turun dengan kelajuan tetap setelah parasutnya terbuka beberapa saat, seperti pada gambar.
Pernyataan yang benar tentang gaya-gaya pada penerjun saat itu adalah ....



A. gaya berat lebih besar daripada gaya hambat udara, karena penerjun bergerak ke bawah
B. gaya hambat udara sama besar dengan gaya berat, sehingga resultan gayanya nol
C. gaya hambat udara lebih besar daripada berat, karena parasut sudah terbuka
D. tidak ada gaya yang bekerja, karena kecepatannya tetap
E. gaya berat penerjun berkurang karena parasut terbuka

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

9. Seorang anak bermassa 30 kg meluncur dari keadaan diam di puncak perosotan setinggi 5 m. Di ujung bawah perosotan kelajuannya 8 m/s, seperti pada gambar. Gunakan $g = 10$ m/s^2.
Energi yang berubah menjadi kalor akibat gesekan selama meluncur adalah ....



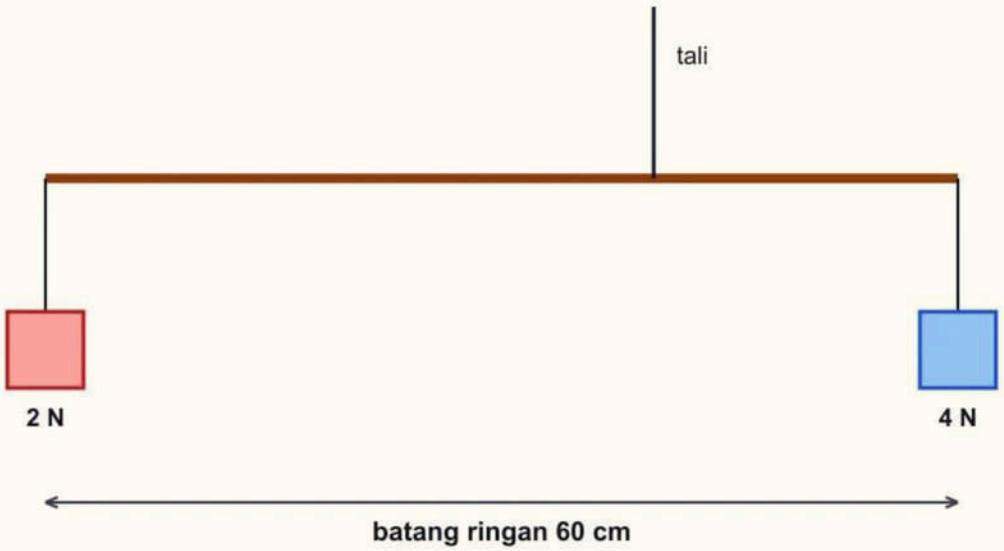
A. 1.500 J
B. 960 J
C. 540 J
D. 0 J
E. 2.460 J

10. Sebuah senapan angin bermassa 4 kg menembakkan peluru bermassa 20 g dengan kelajuan 400 m/s. Senapan mula-mula diam dan tidak ditahan.
Kelajuan senapan terdorong ke belakang sesaat setelah menembak adalah ....

A. 400 m/s
B. 2.000 m/s
C. 0,5 m/s
D. 2 m/s
E. 20 m/s

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

11. Sebuah hiasan gantung terdiri atas batang ringan sepanjang 60 cm dengan beban 2 N di ujung kiri dan beban 4 N di ujung kanan. Batang digantung dengan seutas tali dan setimbang mendatar, seperti pada gambar.
Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

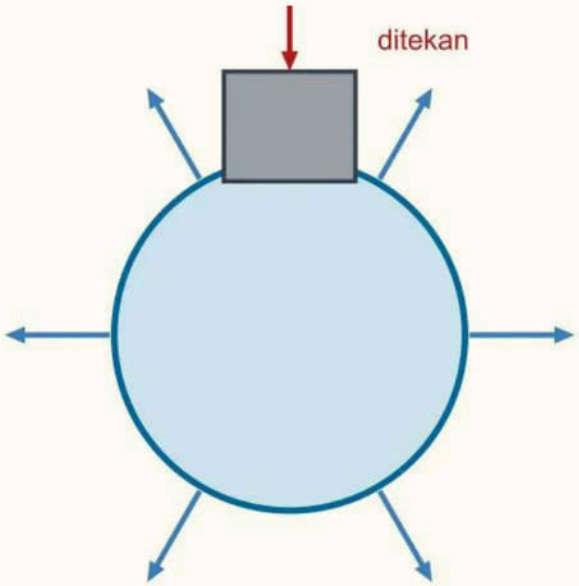


Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tali diikatkan tepat di tengah batang.
☐ B. Tali diikatkan 40 cm dari ujung kiri.
☐ C. Tegangan tali sama dengan 6 N.
☐ D. Tegangan tali sama dengan 2 N, yaitu selisih kedua berat.
☐ E. Bila beban kanan diganti dengan beban 2 N, tali harus dipindah ke tengah batang.

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

12. Sebuah bola karet berisi penuh air diberi beberapa lubang kecil di berbagai sisi. Ketika pengisap di bagian atas ditekan, air memancar dari semua lubang dengan sama kuat, seperti pada gambar.
Peristiwa tersebut menunjukkan bahwa ....



A. air hanya meneruskan tekanan ke arah bawah
B. tekanan air paling besar di lubang yang paling dekat pengisap
C. air bersifat dapat dimampatkan sehingga volumenya mengecil
D. gaya tekan bertambah besar ketika melewati air
E. tekanan diteruskan sama besar ke segala arah

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

13. Sebuah tongkang (perahu datar berbentuk kotak) dengan luas dasar 50 m^2 terapung di sungai berair tawar (1.000 kg/m^3). Setelah sejumlah karung pasir dimuat, tongkang tenggelam 0,2 m lebih dalam dan tetap terapung, seperti pada gambar.
Massa muatan karung pasir tersebut adalah ....

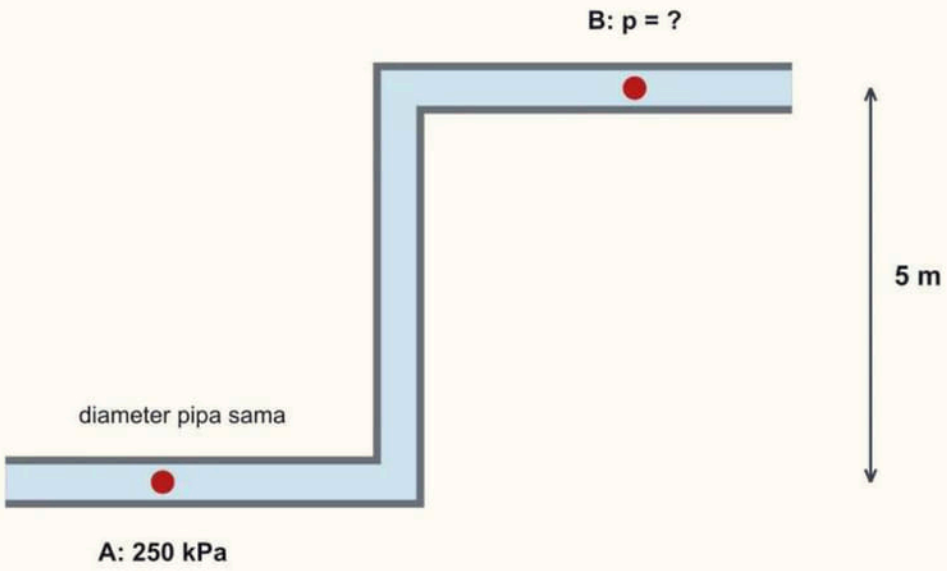


A. 10.000 kg
B. 1.000 kg
C. 250 kg
D. 100.000 kg
E. 10 kg

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

14. Air mengalir dari titik A ke titik B melalui pipa yang diameternya sama di semua bagian. Titik B berada 5 m lebih tinggi daripada A, seperti pada gambar. Tekanan air di A 250 kPa, massa jenis air 1.000 kg/m^3, dan $g = 10$ m/s^2.
Tekanan air di titik B adalah ....



A. 300 kPa
B. 200 kPa
C. 250 kPa
D. 245 kPa
E. 150 kPa

15. Gelombang laut mendekati pantai dengan jarak antara dua puncak berurutan 20 m. Sebuah pelampung di tengah laut naik-turun satu kali setiap 4 s.
Waktu yang diperlukan sebuah puncak gelombang untuk menempuh jarak 100 m menuju pantai adalah ....

A. 5 s
B. 500 s
C. 20 s
D. 400 s
E. 25 s

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

16. Seorang siswa meniup mulut botol berisi air sehingga kolom udara di atas permukaan air bergetar dan menghasilkan nada dasar. Kolom udara itu dapat dianggap pipa organa tertutup, seperti pada gambar. Cepat rambat bunyi 340 m/s.
Panjang kolom udara agar nada dasarnya 680 Hz adalah ....

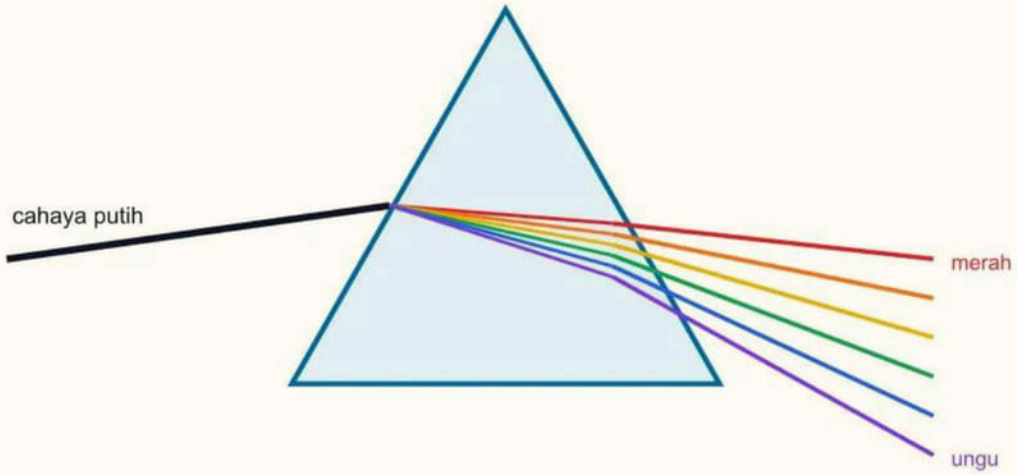


A. 25 cm
B. 50 cm
C. 37,5 cm
D. 12,5 cm
E. 6,25 cm

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

17. Seberkas cahaya putih dilewatkan pada prisma kaca sehingga terurai menjadi berbagai warna, seperti pada gambar.
Tentukan **Benar** atau **Salah** setiap pernyataan berikut.



Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

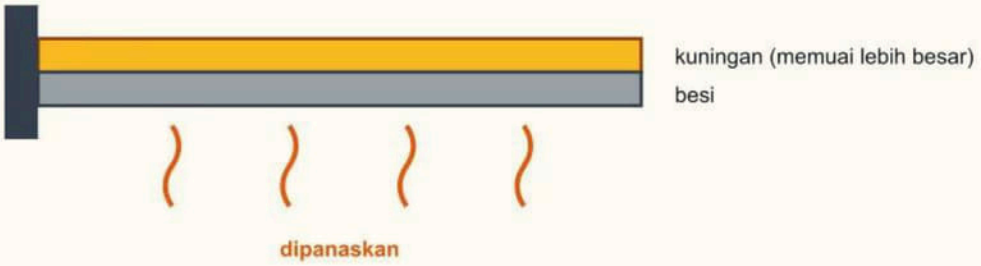
Pernyataan	Benar	Salah
Peristiwa ini disebut dispersi cahaya.	○	○
Cahaya ungu dibiaskan paling kuat oleh prisma.	○	○
Semua warna merambat dengan kelajuan yang sama di dalam kaca.	○	○

18. Setelah lama memandang gunung di kejauhan, Rudi beralih membaca buku di tangannya. Yang terjadi pada mata Rudi agar tulisan di buku tetap terlihat jelas adalah ....

A. lensa mata menipis sehingga jarak fokusnya memanjang
B. jarak lensa ke retina bertambah
C. pupil melebar agar lebih banyak cahaya masuk
D. retina bergeser mendekati lensa
E. lensa mata menebal sehingga jarak fokusnya memendek

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

19. Sebuah keping bimetal dibuat dari kuningan (koefisien muai lebih besar) dan besi yang dikeling menjadi satu, seperti pada gambar.
Pernyataan yang benar tentang keping bimetal tersebut adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*



Pilih semua jawaban yang benar.

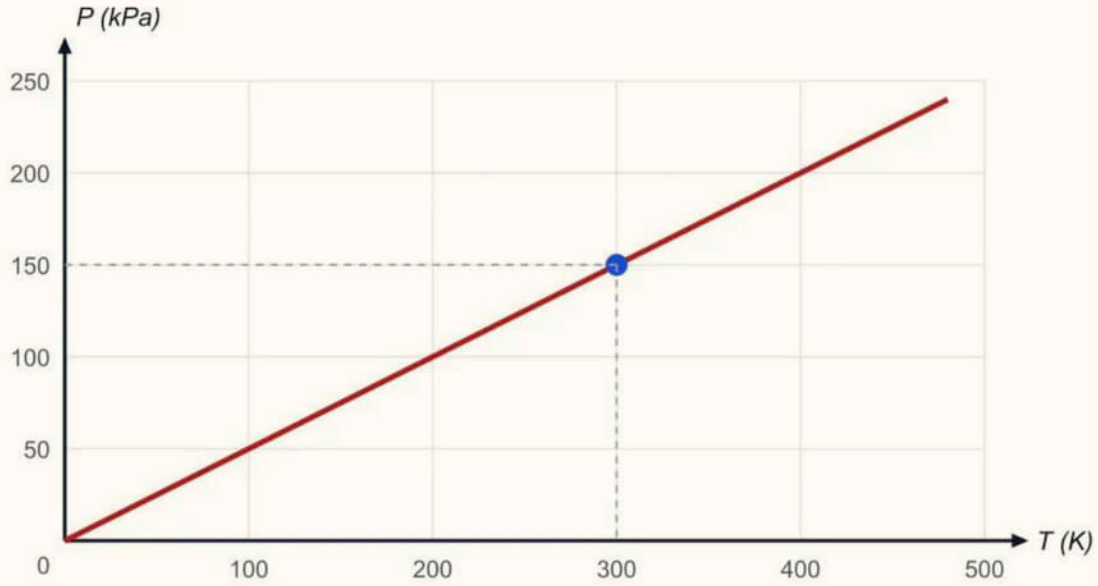
☐ A. Saat dipanaskan, keping melengkung ke arah besi.
☐ B. Saat dipanaskan, kedua logam memuai sama panjang.
☐ C. Keping ini dapat dipakai untuk memutus arus setrika saat terlalu panas.
☐ D. Keping melengkung karena logam yang lebih berat tertarik ke bawah.
☐ E. Saat didinginkan di bawah suhu awal, keping melengkung ke arah kuningan.

20. Sebanyak 40 karyawan menempuh perjalanan 20 km ke kantor. Bila masing-masing naik mobil pribadi, setiap mobil menghabiskan 0,1 L bensin per km. Bila semuanya naik satu bus, bus menghabiskan 0,4 L solar per km. Misalkan emisi CO_2 per liter bensin dan per liter solar hampir sama.
Perbandingan emisi CO_2 bila naik bus dibandingkan bila naik mobil pribadi adalah ....

A. 10 kali lebih sedikit
B. 4 kali lebih banyak
C. sama banyak
D. 40 kali lebih sedikit
E. 2 kali lebih sedikit

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

21. Grafik tekanan P terhadap suhu mutlak T untuk gas di dalam tabung tertutup bervolume tetap ditunjukkan pada gambar. Pada suhu 27 °C tekanannya 150 kPa.
Tekanan gas ketika suhunya dinaikkan menjadi 177 °C adalah ....



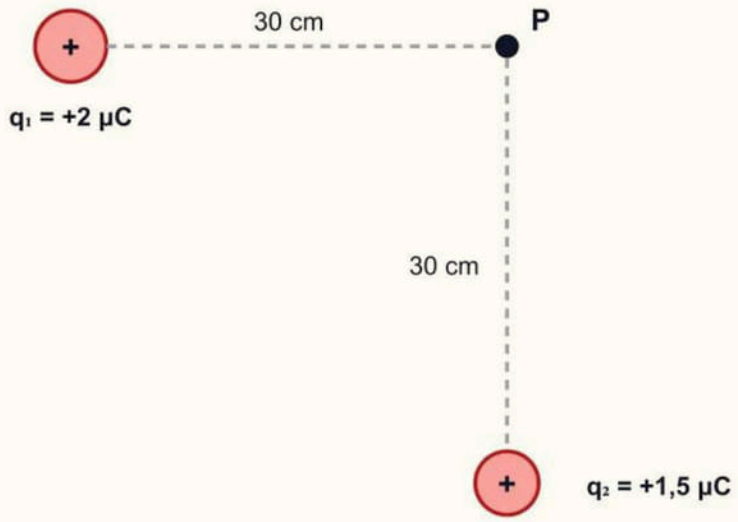
A. 984 kPa
B. 225 kPa
C. 100 kPa
D. 150 kPa
E. 300 kPa

22. Seorang penemu mengaku telah membuat mesin yang mengubah seluruh kalor dari pembakaran bahan bakar menjadi usaha tanpa membuang kalor sedikit pun ke lingkungan. Penilaian yang tepat terhadap klaim tersebut adalah ....

A. mungkin, bila mesin dibuat tanpa gesekan sama sekali
B. mungkin, karena energi selalu kekal
C. mustahil, karena bertentangan dengan hukum II termodinamika
D. mungkin, bila suhu lingkungan sama dengan suhu sumber
E. mustahil, karena bertentangan dengan hukum kekekalan energi

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

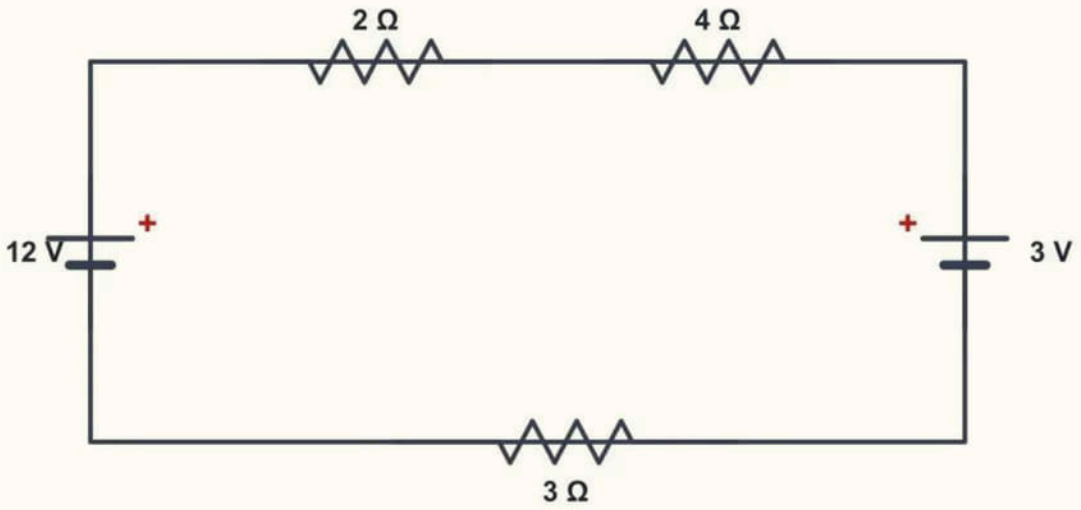
23. Muatan $q_1 = +2\ \mu$C berada 30 cm di sebelah barat titik P, dan muatan $q_2 = +1{,}5\ \mu$C berada 30 cm di sebelah selatan titik P, seperti pada gambar. Gunakan $k = 9 \times 10^9$ N·m^2/C^2.
Besar kuat medan listrik total di titik P adalah ....



A. $3{,}5 \times 10^5$ N/C
B. $0{,}5 \times 10^5$ N/C
C. $7{,}5 \times 10^4$ N/C
D. $2{,}5 \times 10^5$ N/C
E. nol, karena kedua muatan positif

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

24. Rangkaian satu loop terdiri atas sumber 12 V, sumber 3 V yang dipasang berlawanan arah, dan tiga resistor 2 Ω, 4 Ω, dan 3 Ω, seperti pada gambar. Hambatan dalam kedua sumber diabaikan.
Beda potensial pada resistor 4 Ω adalah ....



A. 6,7 V
B. 5,3 V
C. 3 V
D. 12 V
E. 4 V

25. Perhatikan beberapa pernyataan tentang energi listrik berikut.
Pernyataan yang benar adalah .... *(Jawaban benar lebih dari satu.)*

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Satu kilowatt-jam (kWh) sama dengan $3{,}6 \times 10^6$ J.
☐ B. Alat 2 kW yang menyala selama 30 menit memakai energi 1 kWh.
☐ C. Lampu 20 W yang menyala selama 50 jam memakai energi 100 kWh.
☐ D. Lampu 20 W yang menyala 50 jam memakai energi yang sama dengan alat 2 kW yang menyala 30 menit.
☐ E. Alat yang dayanya lebih besar selalu memakai energi lebih banyak.

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 6, 11, 17, 19, 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 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting	1	___ / 1	Ulangi hlm. 8
Sub bab 1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data	2	___ / 1	Ulangi hlm. 25
Sub bab 1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif	3	___ / 1	Ulangi hlm. 39
Sub bab 1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal	4, 5	___ / 2	Ulangi hlm. 51
Sub bab 1.5 · Gerak parabola	6	___ / 1	Ulangi hlm. 68
Sub bab 1.6 · Gerak melingkar beraturan	7	___ / 1	Ulangi hlm. 80
Sub bab 2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya	8	___ / 1	Ulangi hlm. 113
Sub bab 2.2 · Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol	9	___ / 1	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan	10	___ / 1	Ulangi hlm. 139
Sub bab 2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan	11	___ / 1	Ulangi hlm. 151
Sub bab 3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal	12	___ / 1	Ulangi hlm. 182
Sub bab 3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam	13	___ / 1	Ulangi hlm. 194
Sub bab 3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli	14	___ / 1	Ulangi hlm. 208
Sub bab 4.1 · Gelombang mekanik dan sifat bunyi	15	___ / 1	Ulangi hlm. 241
Sub bab 4.2 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi	16	___ / 1	Ulangi hlm. 252
Sub bab 4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa	17	___ / 1	Ulangi hlm. 264
Sub bab 4.4 · Alat optik	18	___ / 1	Ulangi hlm. 279
Sub bab 5.1 · Kalor dan perpindahannya	19	___ / 1	Ulangi hlm. 309
Sub bab 5.2 · Pemanasan global	20	___ / 1	Ulangi hlm. 320
Sub bab 5.3 · Gas ideal	21	___ / 1	Ulangi hlm. 332
Sub bab 5.4 · Termodinamika dan mesin kalor	22	___ / 1	Ulangi hlm. 344

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

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 6.1 · Listrik statis	23	___ / 1	Ulangi hlm. 375
Sub bab 6.2 · Rangkaian arus searah	24	___ / 1	Ulangi hlm. 388
Sub bab 6.3 · Energi dan daya listrik	25	___ / 1	Ulangi hlm. 402

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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: B

Konsep: jangka sorong: hasil = skala utama tepat sebelum garis nol nonius + (garis nonius yang berimpit × 0,01 cm).

Langkah – Nol nonius berada sedikit setelah 4,2 cm; garis nonius ke-7 berimpit dengan garis skala utama. Hasil $4{,}2 + 0{,}07 = 4{,}27$ cm.

Analisis opsi:

• A (4,97 cm) ✗ – yang dibaca adalah garis skala utama yang berimpit, bukan angka sebelum nol nonius.
• B (4,27 cm) ✓ – skala utama 4,2 cm + nonius 7 × 0,01 cm.
• C (4,20 cm) ✗ – skala nonius tidak dibaca.
• D (4,70 cm) ✗ – angka nonius dianggap milimeter penuh.
• E (4,207 cm) ✗ – nilai skala nonius dianggap 0,001 cm.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: C

Konsep: mikrometer sekrup: hasil = skala utama (termasuk garis setengah milimeter) + angka skala putar yang segaris × 0,01 mm.

Langkah – Skala utama 5,5 mm (garis bawah setelah 5 mm sudah tampak); skala putar 28 → 0,28 mm. Hasil 5,78 mm.

Analisis opsi:

• A (5,28 mm) ✗ – garis setengah milimeter di bawah skala utama terlewat.
• B (8,05 mm) ✗ – angka skala putar dibaca sebagai milimeter.
• C (5,78 mm) ✓ – 5,5 mm + 28 × 0,01 mm.
• D (5,528 mm) ✗ – nilai skala putar dianggap 0,001 mm.
• E (6,28 mm) ✗ – garis setengah milimeter dianggap satu milimeter.

Jawaban: C.

Latihan sub bab 1.2

No. 1 Kunci: C

Konsep: hukum Boyle hanya berlaku bila jumlah gas dan suhunya tetap; prosedur yang baik menjaga variabel kontrol (suhu) tetap.

Langkah – Pemampatan cepat menaikkan suhu udara (hampir adiabatik), dan genggaman tangan memanaskan tabung. Suhu naik → $PV = nRT$ ikut naik, sesuai data. Perbaikan: tekan perlahan dan beri jeda, pegang suntikan pada ujungnya.

Analisis opsi:

• A ✗ – jumlah data tidak menjelaskan mengapa PV naik secara teratur.

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

- B ✗ – ketelitian baca menimbulkan sebaran acak, bukan kenaikan teratur.
- C ✓ – suhu tidak dijaga tetap, padahal PV = nRT naik bila T naik.
- D ✗ – pada tekanan dan suhu ruang udara berperilaku sangat mirip gas ideal.
- E ✗ – tekanan memang harus dibaca setelah volume diubah.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: D

Konsep: rumusan masalah yang dapat diuji menanyakan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat yang keduanya dapat diukur.

Analisis opsi:
- A ✗ – tidak berkaitan dengan besaran yang dapat diukur.
- B ✗ – kenyamanan bersifat subjektif dan sulit diukur.
- C ✗ – tidak menyebut variabel yang dapat diubah dan diukur.
- D ✓ – menyebut variabel bebas (panjang tali) dan variabel terikat (waktu satu ayunan) yang dapat diukur.
- E ✗ – pertanyaan pendataan, bukan hubungan antarvariabel.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 1.3

No. 1 Kunci: D

Konsep: jarak = panjang lintasan yang ditempuh (skalar); perpindahan = selisih posisi akhir dan awal (vektor, garis lurus).

Langkah – Jarak $= \pi r = 3{,}14 \times 50 = 157$ m. Perpindahan = diameter $= 100$ m.

Analisis opsi:
- A (100 m dan 157 m) ✗ – jarak dan perpindahan tertukar.
- B (157 m dan 157 m) ✗ – perpindahan dianggap sama dengan panjang lintasan.
- C (314 m dan 100 m) ✗ – jarak dihitung untuk satu lingkaran penuh.
- D (157 m dan 100 m) ✓ – jarak = setengah keliling, perpindahan = garis lurus A ke B.
- E (78,5 m dan 50 m) ✗ – memakai seperempat lingkaran dan jari-jari.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: E

Konsep: kecepatan terhadap tanah = jumlah vektor kecepatan terhadap udara dan kecepatan angin.

Langkah – $v = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10$ m/s, mengarah ke timur laut.

Analisis opsi:
- A (14 m/s) ✗ – kedua kecepatan dijumlahkan seolah-olah searah.
- B (2 m/s) ✗ – kedua kecepatan dikurangkan seolah-olah berlawanan.
- C (7 m/s) ✗ – kecepatan dirata-rata.
- D (48 m/s) ✗ – kecepatan dikalikan.
- E (10 m/s) ✓ – resultan dua vektor tegak lurus: $\sqrt{(8^2 + 6^2)}$.

Jawaban: E.

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

Latihan sub bab 1.4

No. 1 Kunci: E

Konsep: pada GLBB dengan perlambatan tetap sampai berhenti, kecepatan rata-ratanya setengah kecepatan awal: $s = \frac{1}{2} v_0 t$.

Langkah – $v_0 = 72$ km/jam $= 20$ m/s. $200 = \frac{1}{2} \times 20 \times t \rightarrow t = 20$ s (perlambatan $a = \dfrac{v_0}{t} = 1$ m/s^2).

Analisis opsi:

- A (10 s) ✗ – jarak dibagi kecepatan awal, seolah-olah kecepatan tetap.
- B (5,6 s) ✗ – kecepatan 72 km/jam dibagi perlambatan tanpa diubah ke m/s.
- C (2,8 s) ✗ – satuan km/jam dipakai langsung dengan jarak dalam meter.
- D (40 s) ✗ – perlambatan dihitung dua kali lebih kecil.
- E (20 s) ✓ – pada GLBB sampai berhenti, s = ½ v_0 t.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: E

Konsep: pada grafik x–t, kemiringan = kecepatan; garis datar = diam; garis lurus miring = kecepatan tetap; garis turun = bergerak ke arah negatif.

Analisis opsi:

- A ✗ – pada selang itu posisi tetap, robot diam.
- B ✗ – grafik x–t lurus berarti kecepatan tetap.
- C ✗ – posisi berkurang, robot bergerak kembali menuju titik awal.
- D ✗ – 12 m adalah jarak tempuh; perpindahan nol karena robot kembali ke x = 0.
- E ✓ – posisi tetap 6 m (diam), lalu turun ke 0.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: A

Konsep: GLBB: $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ dan $v^2 = v_0^2 + 2as$; hitung tiap tahap terpisah, kecepatan akhir tahap 1 menjadi kecepatan awal tahap 2.

Langkah – Tahap 1: $v = 2 \times 10 = 20$ m/s; $s_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 = 100$ m. Tahap 2: $s_2 = \dfrac{20^2}{2 \times 4} = 50$ m. Total 150 m.

Analisis opsi:

- A (150 m) ✓ – tahap 1: 100 m; tahap 2: v^2/2a = 400/8 = 50 m.
- B (100 m) ✗ – jarak saat pengereman terlupa.
- C (200 m) ✗ – jarak pengereman dihitung dengan perlambatan 2 m/s^2.
- D (300 m) ✗ – tahap 1 dihitung v × t = 200 m dan tahap 2 dihitung v^2/a = 100 m.
- E (250 m) ✗ – tahap 1 dihitung v × t = 200 m (seolah-olah kecepatan tetap 20 m/s), ditambah 50 m.

Jawaban: A.

No. 4 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: pada grafik v–t: kemiringan = percepatan, luas di bawah grafik = jarak; garis datar = kecepatan tetap.

Analisis pernyataan:

- 1 ✓ – $a = \dfrac{20}{20} = 1$ m/s^2.

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

- 2 ✗ – pada selang itu kecepatan tetap 20 m/s (GLB), bukan diam.
- 3 ✗ – jarak 1.600 m dibagi 100 s = 16 m/s.
- 4 ✓ – luas trapesium: $200 + 1.200 + 200 = 1.600$ m.
- 5 ✓ – kecepatan turun dari 20 m/s ke 0.

Jawaban: pernyataan 1, 4 dan 5.

No. 5 Kunci: A

Konsep: gerak vertikal: percepatan selalu g ke bawah selama koin di udara; di titik tertinggi kecepatan sesaatnya nol.

Analisis opsi:
- A ✓ – kecepatan sesaat nol, tetapi gravitasi tetap bekerja.
- B ✗ – bila percepatannya nol, koin akan diam melayang di sana.
- C ✗ – kecepatan dan percepatan tertukar.
- D ✗ – kecepatan maksimum terjadi saat dilempar dan saat kembali ke tangan.
- E ✗ – percepatan gravitasi selalu ke bawah.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 1.5

No. 1 Kunci: B

Konsep: gerak mendatar: waktu jatuh hanya ditentukan tinggi, $h = \frac{1}{2}gt^2$; jarak mendatar $x = v_0 t$.

Langkah – $1{,}25 = 5t^2 \rightarrow t = 0{,}5$ s. $x = 4 \times 0{,}5 = 2$ m.

Analisis opsi:
- A (5 m) ✗ – tinggi dikalikan kelajuan (1,25 × 4).
- B (2 m) ✓ – waktu jatuh 0,5 s dikalikan 4 m/s.
- C (1 m) ✗ – waktu jatuh dihitung 0,25 s.
- D (0,5 m) ✗ – yang dihitung waktu jatuh, bukan jarak.
- E (4 m) ✗ – waktu jatuh dianggap 1 s.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: B

Konsep: gerak parabola: $x = v_0 \cos\theta\, t$ dan $y = v_0 \sin\theta\, t - \frac{1}{2}gt^2$.

Langkah – $v_x = 16$ m/s $\rightarrow t = \dfrac{32}{16} = 2$ s. $y = 12 \times 2 - 5 \times 4 = 4$ m.

Analisis opsi:
- A (24 m) ✗ – pengaruh gravitasi terlupa (12 × 2).
- B (4 m) ✓ – t = 32/16 = 2 s; y = 12 × 2 − 5 × 2^2 = 4 m.
- C (7,2 m) ✗ – itu tinggi maksimum lintasan, bukan tinggi pada jarak 32 m.
- D (20 m) ✗ – gravitasi dihitung g t tanpa faktor ½ dan tanda keliru.
- E (12 m) ✗ – komponen kecepatan vertikal dianggap tinggi.

Jawaban: B.

Latihan sub bab 1.6

No. 1 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: hubungan roda: dihubungkan rantai/bersinggungan → v tepi sama; sepusat → ω sama.

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

Pernyataan 1. roda yang dihubungkan rantai memiliki kelajuan linear tepi yang sama → **Benar**.
Pernyataan 2. roda dan gir yang sepusat berputar bersama, sehingga kecepatan sudutnya sama → **Benar**.
Pernyataan 3. gir belakang berputar $\frac{10}{4} = 2{,}5$ putaran/s; $v = 2\pi \times 2{,}5 \times 0{,}35 \approx 5{,}5$ m/s (2,2 m/s didapat bila perbandingan jari-jari gir terlupa) → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 2 Kunci: C

Konsep: di titik tertinggi, gaya sentripetal minimum hanya dari berat air: $mg = \dfrac{mv^2}{r}$ (gaya dari dasar ember nol).

Langkah – $v = \sqrt{gr} = \sqrt{10 \times 0{,}9} = 3$ m/s.

Analisis opsi:
- A (9 m/s) ✗ – gr tidak diakarkan.
- B (0,9 m/s) ✗ – jari-jari dianggap kelajuan.
- C (3 m/s) ✓ – $v^2 = g\,r$.
- D (4,2 m/s) ✗ – memakai $\sqrt{(2gr)}$ seperti benda jatuh.
- E (0 m/s) ✗ – di titik tertinggi air perlu gaya sentripetal; bila diam, air jatuh.

Jawaban: C.

Kuis Akhir Bab 1

No. 1 Kunci: D

Konsep: jangka sorong dengan 20 skala nonius (panjangnya 19 mm) berketelitian $1 - 0{,}95 = 0{,}05$ mm. Tebal dinding $t = \dfrac{D - d}{2}$ karena dinding ada di **dua** sisi.

Langkah 1 – Skala utama. Nol nonius berada sedikit di kanan garis 12 mm → skala utama $= 12$ mm.

Langkah 2 – Nonius. Garis nonius ke-7 segaris dengan garis skala utama (19 mm). Nonius $= 7 \times 0{,}05 = 0{,}35$ mm. Diameter dalam $d = 12{,}35$ mm.
Cek: $12{,}35 + 7 \times 0{,}95 = 19{,}00$ mm, tepat di garis skala utama ✓.

Langkah 3 – Tebal dinding. $t = \dfrac{15{,}85 - 12{,}35}{2} = \dfrac{3{,}50}{2} = 1{,}75$ mm.

Analisis opsi:
- A (3,50 mm) ✗ – selisih diameter tidak dibagi 2; dinding dianggap hanya satu sisi.
- B (1,58 mm) ✗ – nonius dibaca dengan ketelitian 0,1 mm ($d = 12{,}70$ mm).
- C (1,93 mm) ✗ – nonius diabaikan ($d = 12{,}00$ mm).
- D (1,75 mm) ✓.
- E (3,15 mm) ✗ – dua kesalahan sekaligus: ketelitian 0,1 mm dan tidak dibagi 2.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: B, C, E

Konsep: hasil mikrometer = skala utama (termasuk garis 0,5 mm) + skala putar $\times 0{,}01$ mm; hasil sebenarnya = pembacaan − kesalahan titik nol; bilangan hasil membilang (40 lembar) tidak membatasi angka penting.

Langkah 1 – Baca skala kiri. Garis 4 mm di atas garis tengah dan garis 4,5 mm di bawahnya sudah terlihat → skala utama 4,5 mm. Garis skala putar ke-18 segaris dengan garis tengah → $18 \times 0{,}01 = 0{,}18$ mm. Pembacaan $= 4{,}68$ mm.

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

Langkah 2 – Kesalahan titik nol (gambar kanan). Saat rahang rapat, garis ke-2 skala putar sudah segaris dengan garis tengah, padahal seharusnya garis 0. Kesalahan titik nol $= +0{,}02$ mm.

Langkah 3 – Tebal tumpukan sebenarnya. $4{,}68 - 0{,}02 = 4{,}66$ mm (dikurangi, bukan ditambah).

Langkah 4 – Tebal satu lembar. $\frac{4{,}66}{40} = 0{,}1165$ mm. Angka 40 eksak, jadi hasil mengikuti 4,66 (3 angka penting) → $\approx 0{,}117$ mm.

Analisis pernyataan:
• Pernyataan 1 – ✗. Kesalahan titik nol positif harus **dikurangkan**; 4,70 mm muncul karena arah koreksi terbalik.
• Pernyataan 2 – ✓. Pembacaan langsung $4{,}5 + 0{,}18 = 4{,}68$ mm.
• Pernyataan 3 – ✓. $0{,}1165 \approx 0{,}117$ mm.
• Pernyataan 4 – ✗. 40 adalah hasil membilang (eksak), tidak membatasi angka penting.
• Pernyataan 5 – ✓. Kesalahan baca sekitar 0,01 mm dibagi 40 lembar, jadi ketidakpastian per lembar jauh lebih kecil.

Jebakan: membaca 4,18 mm (garis 0,5 mm terlewat), menambahkan kesalahan titik nol, dan menganggap bilangan eksak membatasi angka penting.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 3 Kunci: B

Konsep: massa pada neraca tiga lengan = jumlah penunjukan ketiga lengan saat jarum di garis nol.

Langkah 1 – Lengan belakang: anak timbangan di takik 100 → 100 g.
Langkah 2 – Lengan tengah: di takik 60 → 60 g.
Langkah 3 – Lengan depan: di tengah antara 7 dan 8 → 7,5 g.
Langkah 4 – Jumlahkan: $100 + 60 + 7{,}5 = 167{,}5$ g.

Analisis opsi:
• A (160,7 g) ✗ – bacaan lengan depan dianggap 0,7 g (skala depan dibaca seperti per 0,1).
• B (167,5 g) ✓.
• C (175,0 g) ✗ – lengan depan dibaca 15 g, melampaui batas skala 10 g.
• D (107,5 g) ✗ – lengan tengah tidak dijumlahkan.
• E (166,5 g) ✗ – lengan depan dibaca 6,5 g (takik terdekat di kiri).

Jawaban: B.

No. 4 Kunci: E

Konsep: akurasi dilihat dari kedekatan **rata-rata** dengan nilai acuan; presisi dilihat dari **rentang** data ulangan. Kesalahan sistematis menggeser semua data ke arah yang sama dan tidak hilang dengan pengulangan; kesalahan acak membuat data menyebar.

Langkah 1 – Rata-rata dan rentang.
• P: rata-rata 3,00 mm, rentang 0,02 mm → akurat dan presisi.
• Q: rata-rata 3,125 mm, rentang 0,01 mm → presisi, tetapi tidak akurat (bergeser sekitar +0,12 mm).
• R: rata-rata 3,00 mm, rentang 0,11 mm → akurat, kurang presisi.
• S: rata-rata 3,01 mm, rentang 0,35 mm → tidak presisi.

Langkah 2 – Tafsirkan. Semua data Q bergeser ke arah yang sama dengan jumlah yang hampir sama → ciri kesalahan sistematis (misalnya kesalahan titik nol mikrometer Q). Mengulang pengukuran hanya menghasilkan angka yang sama kelirunya.

Analisis opsi:
• A ✗ – konsisten berarti presisi, bukan akurat; rata-rata Q jauh dari 3,00 mm.
• B ✗ – rata-rata yang sama tidak menunjukkan presisi; rentang R (0,11 mm) jauh lebih besar daripada P (0,02 mm).

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

• C ✗ – data S menyebar ke dua arah (kesalahan acak); koreksi titik nol hanya menggeser semua data, tidak mengurangi sebaran.
• D ✗ – rentang kecil menunjukkan presisi, bukan akurasi.
• E ✓.

Jawaban: E.

No. 5 Kunci: C

Konsep: variabel **bebas** = yang sengaja dibuat berbeda; **terikat** = yang diukur/dicatat; **kontrol** = yang dijaga sama agar perbandingan adil.

Langkah 1 – Apa yang dibuat berbeda? Langkah 5: ketinggian 50, 75, 100, 125 cm → variabel bebas = **ketinggian jatuh**.

Langkah 2 – Apa yang dicatat? Langkah 3: puncak pantulan pertama → variabel terikat = **tinggi pantulan**.

Langkah 3 – Apa yang dijaga sama? "bola dan lantai yang sama" → variabel kontrol = **jenis bola dan jenis lantai** (juga cara melepas bola).

Analisis opsi:
• A ✗ – bebas dan terikat tertukar; arah sebab–akibat terbalik.
• B ✗ – jenis lantai tidak pernah diubah; ia variabel kontrol, bukan bebas.
• C ✓ – sesuai langkah 1–3.
• D ✗ – jumlah ulangan bagian dari prosedur (selalu 3), bukan hasil yang diukur; tinggi pantulan justru yang diukur.
• E ✗ – kelajuan saat menumbuk lantai tidak diukur dalam percobaan ini; yang dicatat adalah tinggi pantulan.

Jebakan: memilih besaran yang "terdengar fisika" (kelajuan) padahal tidak diukur, atau menukar arah sebab–akibat.

Jawaban: C.

No. 6 Kunci: A

Konsep: prosedur yang baik hanya mengubah variabel bebas (massa beban). Faktor lain, termasuk pegas yang dipakai, harus dijaga sama (variabel kontrol).

Langkah 1 – Cari faktor yang ikut berubah tanpa disengaja. Pada langkah 4 pegas diganti. Dua pegas berbeda dapat memiliki kekakuan berbeda.

Langkah 2 – Akibatnya. Pertambahan panjang pada beban 150 g dan 200 g dipengaruhi massa beban **dan** jenis pegas. Kesimpulan tentang pengaruh massa beban menjadi tidak dapat dipercaya.

Analisis opsi:
• A ✓.
• B ✗ – empat nilai beban sudah cukup untuk melihat pola; masalah utamanya bukan jumlah variasi.
• C ✗ – berlebihan: pertambahan panjang pegas biasanya beberapa sentimeter, masih terukur dengan mistar.
• D ✗ – berat beban justru gaya yang sengaja diberikan; itu bukan kelemahan.
• E ✗ – waktu tidak berkaitan dengan tujuan percobaan.

Jawaban: A.

No. 7 Kunci: D

Konsep: kuadratkan rumus periode: $T^2 = \dfrac{4\pi^2}{g} L$. Grafik T^2–L berupa garis lurus melalui titik asal dengan **kemiringan** $\dfrac{4\pi^2}{g}$.

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

Langkah 1 – Kemiringan grafik. Dari titik $(0{,}2;\ 0{,}8)$ dan $(0{,}8;\ 3{,}2)$: $\dfrac{3{,}2-0{,}8}{0{,}8-0{,}2}=\dfrac{2{,}4}{0{,}6}=4\,\text{s}^2/\text{m}$.

Langkah 2 – Hubungkan dengan rumus. $\dfrac{4\pi^2}{g}=4\rightarrow g=\pi^2\approx 9{,}87\approx 9{,}9\,\text{m/s}^2$.

Cek: hasilnya dekat dengan nilai g di permukaan Bumi, jadi masuk akal ✓.

Analisis opsi:
- A (4,0) ✗ – kemiringan dianggap langsung sebagai g.
- B (0,25) ✗ – kebalikan kemiringan, tanpa faktor $4\pi^2$.
- C (2,5) ✗ – $\pi^2/4$: kemiringan dimasukkan sebagai pembagi dua kali.
- D (9,9) ✓.
- E (39,5) ✗ – $4\pi^2$ saja, lupa membagi dengan kemiringan.

Jawaban: D.

No. 8 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: gerak dari diam dengan percepatan tetap memenuhi $s=\frac{1}{2}at^2$; uji dengan perbandingan $\dfrac{s}{t^2}$ yang tetap. Kesimpulan hanya boleh tentang variabel yang benar-benar diubah.

Pernyataan 1. $\dfrac{s}{t^2}$: $\dfrac{5}{0{,}25}=20$; $\dfrac{20}{1}=20$; $\dfrac{45}{2{,}25}=20$; $\dfrac{80}{4}=20\,\text{cm/s}^2$. Tetap → $s\propto t^2$ → GLBB → **Benar**.

Pernyataan 2. $\dfrac{s}{t^2}=\frac{1}{2}a=20\rightarrow a=40\,\text{cm/s}^2$, bukan 20 cm/s² → **Salah**. (Jebakan: perbandingan s/t^2 dianggap langsung percepatan.)

Pernyataan 3. Kemiringan talang dibuat tetap dalam percobaan ini (variabel kontrol), sehingga data tidak dapat menunjukkan pengaruh kemiringan → **Salah**. (Jebakan: kesimpulan melampaui data, walaupun secara teori mungkin benar.)

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 9 Kunci: B

Konsep: perpindahan adalah garis lurus dari posisi awal ke posisi akhir, tidak bergantung pada lintasan.

Langkah 1 – Posisi akhir C berada 120 m ke timur dan 50 m ke utara dari A.

Langkah 2 – Besar perpindahan $=\sqrt{120^2+50^2}=\sqrt{14.400+2.500}=\sqrt{16.900}=130\,\text{m}$ (arah timur laut, lebih condong ke timur).

Analisis opsi:
- A (170 m) ✗ – itu jarak tempuh, bukan perpindahan.
- B (130 m) ✓.
- C (120 m) ✗ – hanya komponen timur.
- D (70 m) ✗ – selisih kedua sisi, seolah-olah arahnya berlawanan.
- E (85 m) ✗ – setengah jarak tempuh.

Jawaban: B.

No. 10 Kunci: C

Konsep: $\vec{v}_{\text{perahu–tanah}}=\vec{v}_{\text{perahu–air}}+\vec{v}_{\text{air–tanah}}$. Gerak menyeberang dan gerak sejajar tepi berlangsung bersamaan dan dihubungkan oleh waktu yang sama.

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

Langkah 1 – Uraikan kecepatan perahu terhadap air.
• Komponen menyeberang (tegak lurus tepi): $5\sin 53^\circ = 5(0{,}8) = 4$ m/s.
• Komponen sejajar tepi ke arah hulu: $5\cos 53^\circ = 5(0{,}6) = 3$ m/s.

Langkah 2 – Tambahkan arus. Sejajar tepi: 3 m/s ke hulu -2 m/s ke hilir $= 1$ m/s **ke hulu**.

Langkah 3 – Waktu menyeberang. Hanya komponen menyeberang yang membawa perahu ke seberang: $t = \dfrac{60}{4} = 15$ s.

Langkah 4 – Pergeseran sejajar tepi. $1 \times 15 = 15$ m ke arah hulu dari titik B.

Cek ulang: bila arus 3 m/s, perahu akan tepat di B; arus hanya 2 m/s, jadi perahu "kelebihan" melawan arus dan bergeser ke hulu ✓.

Analisis opsi:
• A ✗ – arah terbalik: sisa komponen 1 m/s mengarah ke hulu, bukan hilir.
• B ✗ – hanya menghitung hanyut oleh arus 2×15, melupakan komponen haluan ke hulu.
• C ✓.
• D ✗ – 3×15: melupakan arus sungai.
• E ✗ – menganggap haluan 53° selalu membuat perahu tepat di seberang; itu hanya benar bila arus 3 m/s.

Jawaban: C.

No. 11 Kunci: A

Konsep kecepatan relatif: $\vec{v}_{\text{hujan terhadap Dodi}} = \vec{v}_{\text{hujan}} - \vec{v}_{\text{Dodi}}$.

Langkah 1 – Kecepatan hujan terhadap tanah: tegak ke bawah.

Langkah 2 – Kecepatan Dodi: mendatar ke depan. Mengurangkan vektor ini sama dengan menambahkan vektor mendatar ke **belakang**.

Langkah 3 – Resultan: komponen tegak ke bawah $+$ komponen mendatar ke belakang → menurut Dodi, hujan datang miring **dari depan**. Payung harus dimiringkan ke depan, searah datangnya hujan.

Langkah 4 – Makin cepat Dodi: komponen mendatar makin besar, sedangkan komponen tegak tetap, sehingga sudut datang hujan makin miring. Payung harus makin miring ✓ (sesuai pengamatan).

Analisis opsi:
• A ✓.
• B ✗ – terhadap tanah, hujan tetap jatuh tegak; kemiringan hanya terlihat dari sudut pandang Dodi.
• C ✗ – kecepatan relatif justru lebih besar (ada tambahan komponen mendatar), bukan lebih kecil.
• D ✗ – kebalikan dari kenyataan: makin cepat, makin miring.
• E ✗ – gerak Dodi tidak menarik butiran hujan; arah hujan terhadap tanah tidak berubah.

Jebakan: mencampur "gerak terhadap tanah" dengan "gerak menurut pengamat yang bergerak".

Jawaban: A.

No. 12 Kunci: E

Konsep: untuk dua benda yang bergerak berlawanan arah, kelajuan relatifnya adalah **jumlah** kelajuan. Selama berpapasan, satu kereta harus "melewati" panjang total kedua kereta.

Langkah 1 – Satuan. 72 km/jam $= 20$ m/s; 54 km/jam $= 15$ m/s.

Langkah 2 – Kelajuan relatif. $20 + 15 = 35$ m/s.

Langkah 3 – Jarak relatif yang ditempuh. Dari ujung depan sejajar sampai ujung belakang berpisah: $200 + 150 = 350$ m.

Langkah 4 – Waktu. $t = \dfrac{350}{35} = 10$ s.

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

Analisis opsi:
• A (70 s) ✗ – memakai selisih kelajuan (5 m/s), seolah-olah searah.
• B (17,5 s) ✗ – hanya kelajuan kereta A (350 : 20).
• C (23,3 s) ✗ – hanya kelajuan kereta B (350 : 15).
• D (5,7 s) ✗ – jarak hanya panjang kereta A (200 : 35).
• E (10 s) ✓.

Jawaban: E.

No. 13 Kunci: C

Konsep: pada grafik v–t, **luas di bawah grafik = perpindahan**. Perhatikan bahwa lama tahap mempercepat (0–2 s) dan memperlambat (8–12 s) **tidak sama**.

Langkah 1 – Bagi grafik menjadi tiga bagian.
• 0–2 s: segitiga, $\frac{1}{2}(2)(2) = 2$ m.
• 2–8 s: persegi panjang, $6 \times 2 = 12$ m.
• 8–12 s: segitiga, $\frac{1}{2}(4)(2) = 4$ m.

Langkah 2 – Jumlahkan. $2 + 12 + 4 = 18$ m.

Cek dengan rumus trapesium: $\frac{1}{2}(\text{sisi atas} + \text{sisi bawah}) \times \text{tinggi} = \frac{1}{2}(6 + 12)(2) = 18$ m ✓.

Analisis opsi:
• A ✗ – 12 m: hanya bagian kecepatan tetap.
• B ✗ – 16 m: menganggap tahap memperlambat juga 2 s (grafik simetris).
• C ✓.
• D ✗ – 20 m: rumus trapesium dengan sisi atas 8 s (membaca titik 8 s sebagai panjang sisi atas).
• E ✗ – 24 m: luas persegi panjang 12×2, mengabaikan tahap mempercepat dan memperlambat.

Jawaban: C.

No. 14 Kunci: B

Konsep: pada grafik x–t, kemiringan garis singgung = kecepatan sesaat. Kurva yang melengkung ke bawah menunjukkan kecepatan yang terus berkurang (percepatan tetap ke arah negatif, yaitu menuruni lintasan).

Langkah 1 – Sebelum t = 3 s: kemiringan positif dan makin landai → troli naik makin lambat.
Langkah 2 – Pada t = 3 s: puncak kurva, kemiringan nol → troli sesaat diam di posisi terjauh.
Langkah 3 – Setelah t = 3 s: kemiringan negatif dan makin curam → troli turun makin cepat.
Langkah 4 – Percepatan: bentuk kurva sama di seluruh bagian (parabola), jadi percepatannya tetap, termasuk pada t = 3 s (gravitasi tetap bekerja).

Analisis opsi:
• A ✗ – pada t = 6 s troli kembali di titik dorong tetapi sedang bergerak turun (kemiringan paling curam), tidak berhenti.
• B ✓.
• C ✗ – posisi terjauh bukan kecepatan terbesar; justru di sana kecepatannya nol.
• D ✗ – kecepatan tetap memberi grafik x–t lurus, bukan melengkung.
• E ✗ – kecepatan nol tidak berarti percepatan nol; kecepatannya sedang berubah dari positif ke negatif.

Jawaban: B.

No. 15 Kunci: D

Konsep: GLBB diperlambat sampai berhenti: $v^2 = v_0^2 - 2as$ dengan $v = 0$, sehingga $s = \dfrac{v_0^2}{2a}$.

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

Langkah 1 – Satuan. 72 km/jam $= \dfrac{72}{3{,}6} = 20$ m/s.

Langkah 2 – Jarak pengereman. $s = \dfrac{20^2}{2 \times 5} = \dfrac{400}{10} = 40$ m.

Cek dengan waktu: $t = \dfrac{20}{5} = 4$ s; kecepatan rata-rata $\dfrac{20+0}{2} = 10$ m/s; $s = 10 \times 4 = 40$ m ✓.

Analisis opsi:

• A (20 m) ✗ – kelajuan awal dibaca sebagai jarak.

• B (80 m) ✗ – lupa faktor 2 di penyebut (v_0^2/a).

• C (4 m) ✗ – itu waktu pengereman (s), bukan jarak.

• D (40 m) ✓.

• E (518 m) ✗ – memakai 72 km/jam tanpa diubah ke m/s ($72^2/10$).

Jawaban: D.

No. 16 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: kemiringan grafik v–t = percepatan; luas di bawah grafik = perpindahan; kecepatan rata-rata = perpindahan total : waktu total.

Langkah 1 – Luas tiap bagian.

• 0–4 s: $\frac{1}{2}(4)(12) = 24$ m.

• 4–10 s: $6 \times 12 = 72$ m.

• 10–13 s: $\frac{1}{2}(3)(12) = 18$ m.

Total $= 114$ m.

Langkah 2 – Kemiringan. 0–4 s: $\dfrac{12}{4} = 3$ m/s². 10–13 s: $\dfrac{0-12}{3} = -4$ m/s² (perlambatan 4 m/s²).

Langkah 3 – Kecepatan rata-rata. $\dfrac{114}{13} \approx 8{,}8$ m/s.

Analisis pernyataan:

• 1 ✓ – 114 m.

• 2 ✗ – percepatan 3 m/s²; 4 m/s² diperoleh bila waktu dibaca 3 s (tertukar dengan tahap pengereman).

• 3 ✓ – 12 m/s turun ke 0 dalam 3 s.

• 4 ✓ – 6 s × 12 m/s.

• 5 ✗ – 12 m/s adalah kecepatan puncak, bukan rata-rata; rata-rata lebih kecil karena ada tahap mempercepat dan mengerem.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 4.

No. 17 Kunci: A

Konsep: gerak jatuh dengan $s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ (arah ke bawah positif). Kedua batu menempuh 45 m, tetapi batu B mempunyai waktu 1 s lebih singkat.

Langkah 1 – Waktu jatuh batu A. $45 = \frac{1}{2}(10)t^2 \rightarrow t^2 = 9 \rightarrow t = 3$ s.

Langkah 2 – Waktu tempuh batu B. $3 - 1 = 2$ s.

Langkah 3 – Kecepatan awal B. $45 = v_0(2) + \frac{1}{2}(10)(2)^2 = 2v_0 + 20 \rightarrow v_0 = 12{,}5$ m/s.

Cek: $12{,}5(2) + 20 = 45$ m ✓.

Analisis opsi:

• A (12,5 m/s) ✓.

• B (15,0 m/s) ✗ – $45 : 3$, menganggap gerak tanpa percepatan selama 3 s.

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

- C (22,5 m/s) ✗ – $45 : 2$, gravitasi diabaikan.
- D (10,0 m/s) ✗ – hanya $g \times 1$ s, seolah-olah B cukup "mengejar" kecepatan A setelah 1 s.
- E (20,0 m/s) ✗ – kecepatan batu A pada t = 2 s, bukan kecepatan awal yang dibutuhkan B.

Jawaban: A.

No. 18 Kunci: E

Konsep: kelajuan rata-rata = jarak : waktu; kecepatan rata-rata = perpindahan : waktu.

Langkah 1 – Jarak. Pergi 8 m (0–4 s), diam (4–6 s), kembali 8 m (6–10 s). Jarak $= 16$ m.
Langkah 2 – Perpindahan. Posisi awal 0 m dan posisi akhir 0 m → perpindahan $= 0$.
Langkah 3 – Rata-rata. Kelajuan rata-rata $= \dfrac{16}{10} = 1{,}6$ m/s; kecepatan rata-rata $= \dfrac{0}{10} = 0$.

Analisis opsi:
- A ✗ – urutan tertukar.
- B ✗ – jarak hanya dihitung satu arah (8 m).
- C ✗ – kemiringan bagian pertama (2 m/s), bukan rata-rata seluruh perjalanan.
- D ✗ – tidak membedakan jarak dan perpindahan.
- E ✓.

Jawaban: E.

No. 19 Kunci: B

Konsep: gerak mendatar (GLB) dan gerak tegak (jatuh bebas) saling bebas dan dihubungkan oleh waktu yang sama.

Langkah 1 – Waktu jatuh (arah tegak). Kecepatan tegak awal nol: $1{,}25 = \frac{1}{2}(10)t^2 \rightarrow t^2 = 0{,}25 \rightarrow t = 0{,}5$ s.
Langkah 2 – Jarak mendatar. $x = 3 \times 0{,}5 = 1{,}5$ m.

Analisis opsi:
- A (0,50 m) ✗ – yang ditulis adalah waktu jatuhnya (0,5 s).
- B (1,50 m) ✓.
- C (3,00 m) ✗ – menganggap waktu jatuh 1 s.
- D (3,75 m) ✗ – mengalikan kecepatan dengan tinggi meja ($3 \times 1{,}25$).
- E (0,75 m) ✗ – memakai $t^2 = 0{,}25$ sebagai waktu.

Jawaban: B.

No. 20 Kunci: D

Konsep: cari waktu dari arah mendatar, lalu pakai waktu itu di arah tegak.

Langkah 1 – Uraikan. $v_x = 20(0{,}8) = 16$ m/s; $v_y = 20(0{,}6) = 12$ m/s.
Langkah 2 – Waktu mencapai garis gawang. $t = \dfrac{24}{16} = 1{,}5$ s.
Langkah 3 – Ketinggian. $y = 12(1{,}5) - \frac{1}{2}(10)(1{,}5)^2 = 18 - 11{,}25 = 6{,}75$ m.
Makna: bola melintas jauh di atas mistar 2,44 m, jadi tendangan melambung di atas gawang.
Cek: bola mencapai puncak pada $t = 1{,}2$ s (tinggi 7,2 m), jadi pada $t = 1{,}5$ s bola sudah sedikit turun dari puncak ✓.

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

Analisis opsi:
• A (7,20 m) ✗ – tinggi maksimum, padahal pada garis gawang bola sudah melewati puncak.
• B (12,0 m) ✗ – sin dan cos tertukar ($v_x = 12, t = 2$ s, $y = 16 \cdot 2 - 20$).
• C (11,25 m) ✗ – hanya suku $\frac{1}{2}gt^2$.
• D (6,75 m) ✓.
• E (18,0 m) ✗ – gravitasi diabaikan.

Jawaban: D.

No. 21 Kunci: C, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: gerak parabola = GLB mendatar (v_x tetap) + GLBB tegak (percepatan g ke bawah sepanjang gerak). Lintasan simetris bila hambatan udara diabaikan.

Analisis pernyataan:
• 1 ✗ – di P hanya komponen tegak yang nol; komponen mendatar tetap ada, jadi kecepatan bola $= v_x \neq 0$.
• 2 ✗ – percepatan tetap g ke bawah di semua titik, termasuk P; yang nol adalah v_y.
• 3 ✓ – tidak ada gaya mendatar, sehingga v_x tidak berubah.
• 4 ✓ – di P kecepatan hanya berupa v_x, jadi arahnya mendatar (menyinggung lintasan).
• 5 ✓ – Q setinggi titik pukul; karena simetris, v_y di Q sama besar (arah berbalik) dan v_x sama, sehingga kelajuannya sama.

Jebakan: mencampur "komponen tegak nol" dengan "kecepatan nol" atau "percepatan nol".

Jawaban: pernyataan 3, 4, dan 5.

No. 22 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: untuk titik awal dan akhir setinggi, $H = \dfrac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$, $R = \dfrac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$, dan $t_{\text{terbang}} = \dfrac{2v_0 \sin\theta}{g}$.

Pernyataan 1. $\dfrac{H_{60}}{H_{30}} = \dfrac{\sin^2 60^\circ}{\sin^2 30^\circ} = \dfrac{0{,}75}{0{,}25} = 3$. Tinggi maksimum 60° **tiga** kali (5,0 m vs 1,25 m), bukan dua kali → **Salah**. (Jebakan: membandingkan sudutnya, 60 : 30 = 2.)

Pernyataan 2. $\sin 60^\circ = \sin 120^\circ$, jadi $\sin 2\theta$ sama untuk 30° dan 60°; $R = \dfrac{100 \times 0{,}87}{10} \approx 8{,}7$ m untuk keduanya → **Benar**.

Pernyataan 3. $t_{60} = \dfrac{2(10)(0{,}87)}{10} \approx 1{,}7$ s dan $t_{30} = \dfrac{2(10)(0{,}5)}{10} = 1$ s → **Benar**.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 23 Kunci: B

Konsep: roda yang dihubungkan sabuk mempunyai kelajuan tepi sama ($f_1 r_1 = f_2 r_2$); roda seporos mempunyai kecepatan sudut sama.

Langkah 1 – Puli motor → puli besar (sabuk). $f_2 = 1.500 \times \dfrac{2}{10} = 300$ rpm.
Langkah 2 – Puli besar → batu gerinda (seporos). $f = 300$ rpm $= 5$ putaran/s, $\omega = 2\pi(5) = 10\pi$ rad/s.
Langkah 3 – Kelajuan tepi gerinda. $v = \omega r = 10\pi \times 0{,}15 = 1{,}5\pi \approx 4{,}71$ m/s.

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

Analisis opsi:
• A (3,14 m/s) ✗ – kelajuan sabuk (tepi puli 10 cm), bukan tepi gerinda.
• B (4,71 m/s) ✓.
• C (23,6 m/s) ✗ – 1.500 rpm dipakai langsung untuk gerinda; perlambatan oleh sabuk diabaikan.
• D (117,8 m/s) ✗ – perbandingan jari-jari terbalik (7.500 rpm).
• E (9,42 m/s) ✗ – memakai diameter 30 cm sebagai jari-jari.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: E

Konsep: benda yang bergerak melingkar memerlukan gaya ke pusat sebesar $\frac{mv^2}{r}$. Pada tikungan datar, gaya itu diberikan oleh **gesekan statis** antara ban dan jalan.

Langkah 1 – Kelajuan dan jari-jari tikungan sama, jadi gaya ke pusat yang **dibutuhkan** sama seperti saat cerah.
Langkah 2 – Jalan basah memperkecil koefisien gesek, sehingga gesekan maksimum yang **tersedia** berkurang.
Langkah 3 – Bila yang tersedia lebih kecil daripada yang dibutuhkan, mobil tidak dapat mengikuti lingkaran tikungan dan bergerak lebih lurus (kelembaman), sehingga keluar ke sisi luar tikungan.

Analisis opsi:
• A ✗ – tidak ada gaya baru yang mendorong ke luar; mobil keluar karena gaya ke pusat kurang.
• B ✗ – jari-jari lintasan justru membesar (mobil melebar), bukan mengecil.
• C ✗ – percepatan sentripetal diperlukan untuk setiap gerak melingkar; masalahnya gaya penyedianya kurang.
• D ✗ – gaya ke pusat yang dibutuhkan sebanding dengan massa, bukan berkurang.
• E ✓.

Jawaban: E.

No. 25 Kunci: A

Konsep: $v = \frac{2\pi r}{T}$ dan $a_s = \frac{v^2}{r}$ (atau $\omega^2 r$).

Langkah 1 – Kelajuan. $v = \frac{2(3{,}14)(15)}{60} = 1{,}57\ \text{m/s}$.

Langkah 2 – Percepatan sentripetal. $a_s = \frac{1{,}57^2}{15} = \frac{2{,}46}{15} \approx 0{,}16\ \text{m/s}^2$.

Cek: $\omega = \frac{2\pi}{60} \approx 0{,}105\ \text{rad/s}$; $\omega^2 r \approx 0{,}011 \times 15 \approx 0{,}16\ \text{m/s}^2$ ✓.

Analisis opsi:
• A (0,16 m/s²) ✓.
• B (0,10) ✗ – itu kecepatan sudut (rad/s).
• C (1,57) ✗ – itu kelajuan linear (m/s).
• D (2,47) ✗ – v^2 tanpa dibagi jari-jari.
• E (37,0) ✗ – v^2 dikalikan jari-jari.

Jawaban: A.

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

Latihan sub bab 2.1

No. 1 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: hukum I: resultan nol → diam/GLB; hukum III: aksi-reaksi sama besar, berlawanan arah, sejenis, dan bekerja pada dua benda berbeda.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – ada dua gaya, yaitu W dan N, yang saling meniadakan.
- 2 ✓ – keduanya bekerja pada benda yang sama (buku) dan jenisnya berbeda.
- 3 ✗ – aksi dan reaksi selalu bekerja pada dua benda yang berbeda.
- 4 ✓ – sama besar, berlawanan arah, bekerja pada benda berbeda.
- 5 ✓ – Bumi menarik buku, buku menarik Bumi.

Jawaban: pernyataan 2, 4 dan 5.

No. 2 Kunci: D

Konsep: selama benda diam, gaya gesek statis sama besar dan berlawanan dengan gaya dorong; nilainya hanya mencapai $\mu_s N$ saat benda tepat akan bergerak.

Analisis opsi:

- A (50 N) ✗ – itu gaya gesek statis maksimum, bukan gaya gesek yang sedang bekerja.
- B (0 N) ✗ – tanpa gaya gesek, lemari pasti bergerak.
- C (20 N) ✗ – selisih gaya gesek maksimum dan gaya dorong tidak bermakna di sini.
- D (30 N) ✓ – lemari diam → gaya gesek mengimbangi gaya dorong.
- E (80 N) ✗ – gaya dorong dan gaya gesek maksimum dijumlahkan.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 2.2

No. 1 Kunci: C

Konsep: daya = usaha per waktu; usaha mengangkat = mgh; daya masukan = daya keluaran ÷ efisiensi.

Langkah – Usaha per menit $= 20 \times 50 \times 10 \times 6 = 60.000$ J. Daya keluaran $= \dfrac{60.000}{60} = 1.000$ W.

Daya listrik $= \dfrac{1.000}{0{,}8} = 1.250$ W.

Analisis opsi:

- A (800 W) ✗ – efisiensi dikalikan, padahal daya masukan harus lebih besar dari daya keluaran.
- B (1.000 W) ✗ – itu daya keluaran (daya untuk mengangkat orang).
- C (1.250 W) ✓ – daya keluaran 1.000 W dibagi 0,8.
- D (60.000 W) ✗ – waktu 1 menit tidak diubah ke 60 s.
- E (75.000 W) ✗ – energi per menit dibagi efisiensi tanpa dibagi waktu.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: energi potensial pegas $\frac{1}{2}kx^2$ berubah menjadi energi kinetik $\frac{1}{2}mv^2$.

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

Pernyataan 1. $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 400 \times 0{,}1^2 = 2\,\text{J}$ → **Benar**.

Pernyataan 2. $v = \sqrt{\frac{2 \times 2}{0{,}02}} = \sqrt{200} \approx 14\,\text{m/s}$ → **Benar**.

Pernyataan 3. energi menjadi 4 kali, sehingga kelajuan $\sqrt{4} = 2$ kali → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

Latihan sub bab 2.3

No. 1 Kunci: D

Konsep: kekekalan momentum: momentum total sebelum = sesudah; mula-mula diam → momentum total nol.

Langkah – $0 = 40 \times 3 - 60\,v \rightarrow v = 2\,\text{m/s}$, berlawanan arah dengan Andi.

Analisis opsi:

- A (3 m/s searah dengan Andi) ✗ – kelajuan dianggap sama dan arahnya keliru.
- B ✗ – perbandingan massa dibalik.
- C (2 m/s searah dengan Andi) ✗ – besar benar, tetapi momentum total nol menuntut arah berlawanan.
- D ✓ – momentum total tetap nol: 40 × 3 = 60 × v.
- E ✗ – Budi tetap bergerak karena menerima gaya dorong.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: E

Konsep: tumbukan tidak lenting sama sekali: momentum kekal, benda menempel; energi kinetik tidak kekal.

Langkah – $v' = \frac{3.000 \times 10}{4.000} = 7{,}5\,\text{m/s}$. E_k awal $= \frac{1}{2} \times 3.000 \times 100 = 150\,\text{kJ}$; akhir $= \frac{1}{2} \times 4.000 \times 56{,}25 = 112{,}5\,\text{kJ}$. Hilang 37,5 kJ.

Analisis opsi:

- A (0 J) ✗ – energi kinetik hanya kekal pada tumbukan lenting sempurna.
- B (112,5 kJ) ✗ – itu energi kinetik sesudah tabrakan.
- C (150 kJ) ✗ – itu energi kinetik sebelum tabrakan.
- D (75 kJ) ✗ – energi sebelum tabrakan dibagi dua.
- E (37,5 kJ) ✓ – Ek awal 150 kJ − Ek akhir 112,5 kJ.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 2.4

No. 1 Kunci: E

Konsep: kesetimbangan benda tegar: $\Sigma F = 0$ dan $\Sigma \tau = 0$; berat papan homogen bekerja di tengahnya.

Langkah – Momen terhadap B: $N_A \times 4 = 200 \times 2 + 600 \times 3 \rightarrow N_A = \frac{2.200}{4} = 550\,\text{N}$ (dan $N_B = 800 - 550 = 250\,\text{N}$).

Analisis opsi:

- A (250 N) ✗ – itu gaya pada penyangga B.
- B (400 N) ✗ – gaya dibagi dua sama rata tanpa memperhatikan letak anak.
- C (650 N) ✗ – berat papan dihitung di ujung, bukan di tengah.

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

• D (800 N) ✗ – itu berat total; dua penyangga membagi berat itu.
• E (550 N) ✓ – momen terhadap B.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: A

Konsep: kesetimbangan rotasi terhadap poros roda: $F \times l_F = W \times l_W$.

Langkah – $F = \dfrac{600 \times 0{,}4}{1{,}2} = 200$ N.

Analisis opsi:
• A (200 N) ✓ – F × 1,2 = 600 × 0,4.
• B (600 N) ✗ – lengan gaya tidak diperhitungkan.
• C (1.800 N) ✗ – perbandingan lengan dibalik.
• D (400 N) ✗ – gaya angkat dihitung dari selisih lengan.
• E (300 N) ✗ – berat dibagi dua sama rata.

Jawaban: A.

Kuis Akhir Bab 2

No. 1 Kunci: C

Konsep: hukum I Newton (kelembaman): benda cenderung mempertahankan keadaan geraknya bila gaya total padanya kecil atau bekerja sangat singkat.

Langkah 1 – Koin mula-mula diam. Satu-satunya gaya mendatar pada koin adalah gesekan dari kartu.
Langkah 2 – Saat kartu disentil cepat, gesekan itu hanya bekerja dalam waktu sangat singkat, sehingga perubahan kecepatan mendatar koin sangat kecil. Koin praktis tetap di tempatnya, lalu jatuh ke gelas karena kartu di bawahnya sudah hilang.
Langkah 3 – Saat kartu didorong perlahan, gesekan bekerja lama, sehingga koin sempat ikut bergerak.

Analisis opsi:
• A ✗ – membandingkan gaya mendatar dengan berat (gaya tegak) tidak bermakna; yang menentukan adalah lamanya gaya mendatar bekerja.
• B ✗ – semua benda jatuh dengan percepatan sama; perbedaan berat tidak menjelaskan peristiwa ini.
• C ✓.
• D ✗ – aksi–reaksi bekerja pada dua benda berbeda; pasangan itu tidak membuat koin diam.
• E ✗ – gesekan kinetis tetap ada saat kartu bergerak cepat; hanya waktunya yang sangat singkat.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: B

Konsep: arah tegak tidak ada gerak, jadi $\Sigma F_y = 0$. Gaya normal tidak selalu mg.

Langkah 1 – Gaya tegak pada kotak. Ke bawah: berat $mg = 100$ N dan komponen dorongan $F \sin 37^\circ = 50(0{,}6) = 30$ N. Ke atas: gaya normal N.
Langkah 2 – $N - 100 - 30 = 0 \rightarrow N = 130$ N.

Analisis opsi:
• A (100 N) ✗ – menganggap $N = mg$, komponen tegak dorongan diabaikan.
• B (130 N) ✓.
• C (70 N) ✗ – komponen dorongan dikurangkan, seolah-olah gaya ditarik ke atas.
• D (140 N) ✗ – memakai $F \cos 37^\circ = 40$ N sebagai komponen tegak (sin dan cos tertukar).
• E (60 N) ✗ – $100 - 40$: sin–cos tertukar sekaligus arah terbalik.

Jawaban: B.

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

No. 3 Kunci: A

Konsep: peti yang bergerak turun lalu diperlambat mempunyai percepatan **ke atas**. Hukum II (ke atas positif): $T - mg = ma$.

Langkah 1 – Berat peti $= 200 \times 10 = 2.000$ N.
Langkah 2 – Tegangan maksimum 2.600 N: $2.600 - 2.000 = 200\, a \rightarrow a = 3$ m/s² (ke atas).
Langkah 3 – Percepatan ke atas sebesar 3 m/s² berarti peti yang turun diperlambat 3 m/s². Perlambatan lebih besar membuat tegangan melebihi 2.600 N.

Analisis opsi:
• A (3 m/s²) ✓.
• B (13 m/s²) ✗ – T/m saja, berat peti diabaikan.
• C (7 m/s²) ✗ – $g - 3$: arah percepatan dianggap ke bawah.
• D (10 m/s²) ✗ – menganggap perlambatan aman sama dengan g.
• E (1,3 m/s²) ✗ – satuan massa keliru (dianggap 2.000 kg).

Jawaban: A.

No. 4 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: pasangan aksi–reaksi (hukum III) sama besar, berlawanan arah, bekerja pada **dua benda berbeda**, dan berasal dari **satu interaksi**.

Analisis pernyataan:
• 1 ✓ – interaksi tangan–tali: tangan menarik tali, tali menarik tangan.
• 2 ✗ – keduanya bekerja pada kereta (satu benda) dan berasal dari interaksi berbeda (gravitasi dan sentuhan lantai). Pasangan berat kereta adalah tarikan kereta pada Bumi.
• 3 ✓ – interaksi kaki–lantai: kaki mendorong lantai ke kiri, lantai mendorong kaki ke kanan. Dorongan lantai ke kanan inilah yang membuat anak dapat bergerak maju.
• 4 ✗ – keduanya bekerja pada kereta; besarnya pun belum tentu sama (kereta dapat dipercepat).
• 5 ✓ – interaksi gravitasi kereta–Bumi.

Jebakan: dua gaya yang sama besar dan berlawanan pada **satu** benda (gaya seimbang) sering dikira aksi–reaksi.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

No. 5 Kunci: D

Konsep: hukum II: $a = \dfrac{F}{m}$. Grafik a–F berupa garis lurus melalui titik asal dengan **kemiringan** $\dfrac{1}{m}$; garis yang lebih landai berarti massa lebih besar.

Langkah 1 – Troli Q. Pada $F = 1{,}2$ N, $a = 1{,}2$ m/s² → kemiringan 1 → $m_Q = 1$ kg.
Langkah 2 – Troli P. Pada $F = 1{,}2$ N, $a = 2{,}4$ m/s² → kemiringan 2 → $m_P = 0{,}5$ kg.
Langkah 3 – Bandingkan. $m_Q = 2m_P$.

Analisis opsi:
• A ✗ – 0,5 kg adalah massa P; garis landai berarti massa **lebih besar**.
• B ✗ – kemiringan dibaca sebagai massa langsung; grafik justru menunjukkan a bertambah dengan F.
• C ✗ – dua troli berbeda massa memberi percepatan berbeda untuk gaya yang sama.
• D ✓.
• E ✗ – massa dari kebalikan yang salah, perbandingan terbalik.

Jawaban: D.

No. 6 Kunci: E

Konsep: bebas = yang sengaja diubah; terikat = yang diukur; kontrol = yang dijaga sama.

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

Langkah 1 – Yang diubah: keping logam ditambahkan di atas troli → **massa troli** (bebas).
Langkah 2 – Yang diukur dengan pewaktu ketik: **percepatan troli** (terikat).
Langkah 3 – Yang dijaga sama: beban gantung 100 g (agar gaya penarik sama), juga lintasan yang sama → kontrol.

Analisis opsi:
• A ✗ – bebas dan terikat tertukar.
• B ✗ – massa beban gantung justru dijaga tetap; massa trolilah yang diubah.
• C ✗ – gaya tarik tali tidak diukur dalam prosedur.
• D ✗ – jenis lintasan tidak pernah diubah.
• E ✓.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: C

Konsep: hukum II: $a = \dfrac{\Sigma F}{m}$, dengan ΣF gaya **total** (gaya dorong dikurangi gaya hambat).

Langkah 1 – $\Sigma F = 600 - 240 = 360$ N.

Langkah 2 – $a = \dfrac{360}{1.200} = 0{,}30$ m/s².

Analisis opsi:
• A (0,50) ✗ – gaya hambat diabaikan ($600 : 1.200$).
• B (0,20) ✗ – hanya gaya hambat ($240 : 1.200$).
• C (0,30) ✓.
• D (0,70) ✗ – gaya dorong dan hambat dijumlahkan ($840 : 1.200$).
• E (3,0) ✗ – salah tempat koma ($360 : 120$).

Jawaban: C.

No. 8 Kunci: A

Konsep: saat balok bergerak naik, komponen berat $mg\sin\theta$ **dan** gaya gesek $\mu_k mg\cos\theta$ sama-sama mengarah ke bawah bidang (melawan gerak).

Langkah 1 – Perlambatan. $a = g(\sin 37^\circ + \mu_k \cos 37^\circ) = 10(0{,}6 + 0{,}5 \times 0{,}8) = 10$ m/s².

Langkah 2 – Jarak sampai berhenti. $s = \dfrac{v_0^2}{2a} = \dfrac{100}{20} = 5{,}0$ m.

Analisis opsi:
• A (5,0 m) ✓.
• B (8,3 m) ✗ – gesekan diabaikan ($a = 6$ m/s²).
• C (25 m) ✗ – gesekan dianggap membantu naik ($a = 10(0{,}6 - 0{,}4) = 2$ m/s²).
• D (10 m) ✗ – v_0^2/g: lupa faktor 2 dan bidang miring.
• E (50 m) ✗ – $v_0^2/2$: percepatan dianggap 1 m/s².

Jawaban: A.

No. 9 Kunci: B

Konsep: gesek statis menyesuaikan diri dengan gaya penggerak sampai batas $\mu_s N$. Bila gaya penggerak belum melewati batas itu, benda diam dan gaya gesek **sama dengan** gaya penggerak.

Langkah 1 – $N = mg = 500$ N; $f_{s,\max} = 0{,}4 \times 500 = 200$ N.

Langkah 2 – Dorongan 150 N < 200 N → peti tetap diam.

Langkah 3 – Agar peti diam, $\Sigma F = 0$ → gaya gesek $= 150$ N, berlawanan dengan dorongan.

Analisis opsi:
• A (200 N) ✗ – gesek statis maksimum, padahal peti belum hampir bergerak.

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

- B (150 N) ✓.
- C (0 N) ✗ – peti diam tidak berarti tidak ada gesekan; tanpa gesekan, peti pasti bergerak.
- D (50 N) ✗ – selisih $200 - 150$, tidak bermakna fisis.
- E (1.500 N) ✗ – kesalahan tempat koma ($0{,}3 \times 5.000$).

Jawaban: B.

No. 10 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: sistem dua beban pada katrol: $a = \dfrac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$; tegangan dari satu beban.

Langkah 1 – $a = \dfrac{(3-2)(10)}{3+2} = 2$ m/s² (beban 3 kg turun, 2 kg naik).

Langkah 2 – Beban 2 kg naik dipercepat: $T - 20 = 2(2) \rightarrow T = 24$ N. Cek beban 3 kg: $30 - T = 3(2) \rightarrow T = 24$ N ✓.

Pernyataan 1. $T = 24$ N, bukan 30 N. Beban 3 kg sedang dipercepat turun, jadi tali menahannya kurang dari beratnya → **Salah**.
Pernyataan 2. $a = 2$ m/s² → **Benar**.
Pernyataan 3. 24 N > 20 N (berat beban 2 kg); beban yang dipercepat naik memerlukan tegangan lebih besar daripada beratnya → **Benar**.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 11 Kunci: D

Konsep: mobil di jalan menanjak tetap diam bila gesek statis maksimum $\mu_s N$ masih mampu mengimbangi komponen berat sejajar jalan $mg\sin\theta$.

Langkah 1 – Komponen berat sejajar jalan bergantung pada massa dan kemiringan; keduanya tidak berubah.
Langkah 2 – Air dan lumpur menurunkan koefisien gesek antara ban dan jalan, sehingga $\mu_s N$ berkurang.
Langkah 3 – Bila $\mu_s N < mg\sin\theta$, gesekan tidak cukup menahan mobil, dan mobil tergelincir walaupun roda dikunci rem.

Analisis opsi:
- A ✗ – $mg\sin\theta$ tidak bergantung pada basah-keringnya jalan.
- B ✗ – gaya normal tetap ada (mobil tetap ditopang jalan); yang berkurang koefisien geseknya.
- C ✗ – tambahan massa air di bodi sangat kecil, dan tambahan massa juga menambah gaya normal dan gesekan.
- D ✓.
- E ✗ – roda yang dikunci rem tetap dapat tergelincir; masalahnya gesekan ban–jalan, bukan putaran roda.

Jawaban: D.

No. 12 Kunci: E

Konsep: di bidang miring licin, satu-satunya gaya sejajar bidang adalah komponen berat $mg\sin\theta$, sehingga $a = g\sin\theta$.

Langkah – $a = 10 \times \sin 30^\circ = 10 \times 0{,}5 = 5$ m/s². Massa balok tidak berpengaruh.

Analisis opsi:
- A (10) ✗ – menganggap balok jatuh bebas.
- B (8,7) ✗ – memakai $\cos 30^\circ$.
- C (2,5) ✗ – $g\sin 30^\circ$ dibagi dua lagi.

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

• D (0) ✗ – menganggap tanpa gesekan berarti tanpa gaya.
• E (5) ✓.

Jawaban: E.

No. 13 Kunci: A

Konsep: percepatan dari seluruh sistem; tegangan dari balok belakang B (gaya paling sedikit).

Langkah 1 – Sistem. Gesekan total $= 0{,}2 \times (4+2) \times 10 = 12$ N. $a = \dfrac{60-12}{6} = 8$ m/s².

Langkah 2 – Balok B. $T - 0{,}2(2)(10) = 2(8) \rightarrow T = 4 + 16 = 20$ N.

Cek – balok A. $60 - T - 0{,}2(4)(10) = 4(8) \rightarrow 60 - 20 - 8 = 32$ ✓.

Analisis opsi:
• A (20 N) ✓.
• B (40 N) ✗ – memakai bagian massa balok depan $(60 \times 4 : 6)$, padahal tali hanya menarik balok belakang.
• C (16 N) ✗ – hanya ma balok B, gesekannya terlupa.
• D (60 N) ✗ – menganggap tegangan sama dengan gaya tarik neraca pegas.
• E (12 N) ✗ – itu gesekan total sistem.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: C

Konsep: $\bar{F} = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$. Untuk perubahan momentum yang sama, gaya rata-rata berbanding terbalik dengan waktu kontak.

Langkah 1 – Kedua telur jatuh dari ketinggian sama, jadi kecepatannya sesaat sebelum menyentuh permukaan sama, dan keduanya berhenti → Δp sama.
Langkah 2 – Busa tertekan perlahan, sehingga telur berhenti dalam waktu yang jauh lebih lama daripada di keramik.
Langkah 3 – Waktu lama → gaya rata-rata kecil → telur tidak pecah.

Analisis opsi:
• A ✗ – Δp dan impuls sama pada kedua kasus; yang berbeda waktunya.
• B ✗ – busa baru berpengaruh saat telur menyentuhnya, tidak selama jatuh.
• C ✓.
• D ✗ – ada gaya dari busa pada telur; justru gaya itulah yang menghentikan telur, hanya besarnya kecil.
• E ✗ – pantulan menambah perubahan momentum dan tidak menjelaskan mengapa telur selamat.

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: E

Konsep: impuls = luas di bawah grafik F–$t = \Delta p$.

Langkah 1 – Luas segitiga. $I = \frac{1}{2} \times 0{,}05 \times 400 = 10$ N·s.

Langkah 2 – Perubahan momentum. Bola semula diam: $10 = 0{,}2 \times v \rightarrow v = 50$ m/s.

Analisis opsi:
• A (100 m/s) ✗ – lupa faktor ½ pada luas segitiga.
• B (20 m/s) ✗ – memakai waktu sampai puncak saja tanpa ½ ($400 \times 0{,}025 \times 0{,}2$...).
• C (25 m/s) ✗ – hanya luas setengah pertama grafik (sampai puncak).
• D (10 m/s) ✗ – impuls (N·s) dianggap langsung kelajuan.
• E (50 m/s) ✓.

Jawaban: E.

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

No. 16 Kunci: B

Konsep: dua tahap. (1) Tumbukan singkat: momentum kekal (tidak lenting sama sekali). (2) Setelah itu: GLBB diperlambat gesekan, $a = \mu_k g$.

Langkah 1 – Kecepatan sesaat setelah tumbukan. $0{,}02(300) = (0{,}02 + 1{,}98)v \rightarrow v = \dfrac{6}{2} = 3$ m/s.

Langkah 2 – Perlambatan. $a = 0{,}3 \times 10 = 3$ m/s².

Langkah 3 – Jarak. $s = \dfrac{v^2}{2a} = \dfrac{9}{6} = 1{,}5$ m.

Analisis opsi:

- A (1,53 m) ✗ – massa peluru tidak ikut dalam massa akhir ($v = 6/1{,}98 \approx 3{,}03$ m/s).
- B (1,5 m) ✓.
- C (15 m) ✗ – kesalahan tempat koma pada perlambatan ($a = 0{,}3$ m/s²).
- D (0,15 m) ✗ – perlambatan dianggap 30 m/s².
- E (3,0 m) ✗ – lupa faktor 2 (v^2/a).

Jawaban: B.

No. 17 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: momentum $p = mv$; energi kinetik $E_k = \frac{1}{2}mv^2$; impuls $= \Delta p$; hukum III berlaku selama tumbukan.

Hitungan.

- Momentum sebelum: $2(3) + 1(0) = 6$; sesudah: $2(1) + 1(4) = 6$ kg·m/s.
- E_k sebelum: $\frac{1}{2}(2)(9) = 9$ J; sesudah: $\frac{1}{2}(2)(1) + \frac{1}{2}(1)(16) = 1 + 8 = 9$ J.
- Koefisien restitusi: $e = -\dfrac{1-4}{3-0} = 1$.
- Impuls pada B: $1(4-0) = 4$ N·s.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – energi kinetik tetap 9 J.
- 2 ✓.
- 3 ✓ – momentum dan energi kinetik kekal, $e = 1$.
- 4 ✗ – menurut hukum III, kedua gaya sama besar dan berlawanan arah, tidak bergantung massa.
- 5 ✓.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 18 Kunci: D

Konsep: sistem anak + perahu mula-mula diam; tanpa gaya luar mendatar, momentum total tetap nol (tolakan).

Langkah – Arah ke dermaga positif: $40(3) + 120\,v = 0 \rightarrow v = -1$ m/s. Perahu bergerak 1 m/s **menjauhi** dermaga.

Analisis opsi:

- A ✗ – perahu tidak ikut bergerak searah anak; arah dan besar keliru.
- B ✗ – besar benar, arah salah (tanda negatif diabaikan).
- C ✗ – massa dijumlahkan: $120 : 160$.
- D ✓.
- E ✗ – perbandingan massa terbalik ($3 \times 120 : 40$).

Jawaban: D.

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

No. 19 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: $e = \sqrt{\dfrac{h_1}{h_0}}$; tinggi pantulan berikutnya $h_2 = e^2 h_1$; kelajuan jatuh $v = \sqrt{2gh}$.

Pernyataan 1. $e^2 = 0{,}25$, sehingga $h_2 = 0{,}25 \times 0{,}5 = 0{,}125$ m, bukan 0,25 m → **Salah**. (Jebakan: tinggi dikali e, bukan e^2.)
Pernyataan 2. $e = \sqrt{0{,}5 : 2{,}0} = \sqrt{0{,}25} = 0{,}5$ → **Benar**.
Pernyataan 3. $v = \sqrt{2(10)(2)} = \sqrt{40} \approx 6{,}3$ m/s → **Benar**.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 20 Kunci: A

Konsep: $\tau = rF\sin\theta$ (θ = sudut gaya terhadap batang); momen yang memutar ke arah berlawanan dikurangkan.

Langkah 1 – Gaya di A. $\tau_A = 1 \times 20 \times \sin 90^\circ = 20$ N·m. Ujung kiri terangkat → batang berputar **searah jarum jam**.
Langkah 2 – Gaya di B. $\tau_B = 1 \times 30 \times \sin 30^\circ = 15$ N·m. Ujung kanan terangkat → **berlawanan arah jarum jam**.
Langkah 3 – Total. $20 - 15 = 5$ N·m, searah jarum jam (arah putar momen yang lebih besar).

Analisis opsi:
• A ✓.
• B (35 N·m) ✗ – kedua momen dijumlahkan, arah putar diabaikan.
• C (46 N·m) ✗ – memakai $\cos 30^\circ$ sebagai $\sin$ dan menjumlahkan.
• D (6 N·m) ✗ – memakai $\cos 30^\circ$ $(26 - 20)$ dan arah terbalik.
• E (10 N·m) ✗ – sudut diabaikan $(30 - 20)$.

Jawaban: A.

No. 21 Kunci: C

Konsep: kesetimbangan rotasi: momen gaya di kiri = momen gaya di kanan terhadap titik tumpu.

Langkah – $300 \times 2 = 400 \times x \rightarrow x = 1{,}5$ m. Anak yang lebih berat harus duduk lebih dekat ke titik tumpu.

Analisis opsi:
• A (2,7 m) ✗ – perbandingan massa terbalik $(2 \times 40 : 30)$.
• B (2,0 m) ✗ – menganggap jaraknya harus sama dengan Rudi.
• C (1,5 m) ✓.
• D (1,0 m) ✗ – menganggap jarak cukup dikurangi selisih massa per 10 kg.
• E (0,75 m) ✗ – $30 : 40$ tanpa dikali 2 m.

Jawaban: C.

No. 22 Kunci: B

Konsep: momen inersia $I = \Sigma mr^2$ bergantung pada jarak massa dari sumbu putar. Di udara tidak ada momen gaya luar yang berarti, sehingga "jumlah putaran" (momentum sudut $I\omega$) tetap: bila I mengecil, kecepatan sudut ω membesar.

Langkah 1 – Saat meringkuk, kaki dan lengan mendekati sumbu putar → r mengecil → I mengecil.
Langkah 2 – Karena $I\omega$ tetap, ω membesar → putaran lebih cepat. Saat tubuh diluruskan, I membesar dan putaran melambat.

Analisis opsi:
• A ✗ – di udara otot tidak memberi momen gaya luar pada tubuh secara keseluruhan; yang berubah adalah sebaran massa.

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

• B ✓.
• C ✗ – massa tubuh tidak berubah.
• D ✗ – meringkuk justru memperkecil momen inersia.
• E ✗ – hambatan udara pada loncat indah sangat kecil dan bukan penyebab utama.

Jawaban: B.

No. 23 Kunci: A, B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: $\Sigma\tau = I\alpha$; momen inersia bergantung pada sebaran massa ($I \propto r^2$).

Analisis pernyataan:
• 1 ✓ – $I_B = MR^2 = 2 \times \frac{1}{2}MR^2 = 2I_A$.
• 2 ✓ – $\alpha = \dfrac{\tau}{I}$; I_A lebih kecil → $\alpha_A = 2\alpha_B$.
• 3 ✗ – massa dan jari-jari sama tidak cukup; sebaran massanya berbeda, sehingga momen inersia berbeda.
• 4 ✓ – $I = MR^2$: jari-jari dua kali → momen inersia $2^2 = 4$ kali.
• 5 ✗ – momen inersia B lebih besar, jadi B lebih **sulit** dihentikan (kelembaman rotasinya lebih besar).

Jawaban: pernyataan 1, 2, dan 4.

No. 24 Kunci: E

Konsep: $\Sigma\tau = I\alpha$, lalu $\omega = \omega_0 + \alpha t$ (analogi GLBB).

Langkah 1 – Momen gaya. $\tau = FR = 20 \times 0{,}2 = 4$ N·m.
Langkah 2 – Momen inersia. $I = \frac{1}{2}(10)(0{,}2)^2 = 0{,}2$ kg·m².
Langkah 3 – Percepatan sudut. $\alpha = \dfrac{4}{0{,}2} = 20$ rad/s².
Langkah 4 – Kecepatan sudut. $\omega = 0 + 20 \times 3 = 60$ rad/s.

Analisis opsi:
• A (30) ✗ – memakai $I = MR^2$ (rumus cincin).
• B (120) ✗ – faktor ½ dipakai dua kali ($I = \frac{1}{4}MR^2$).
• C (6) ✗ – gaya dibagi massa dan dikali waktu seperti gerak lurus ($20 : 10 \times 3$).
• D (12) ✗ – $\tau \times t$ tanpa dibagi momen inersia.
• E (60) ✓.

Jawaban: E.

No. 25 Kunci: D

Konsep: kesetimbangan rotasi; ambil momen terhadap **engsel** agar gaya engsel (yang belum diketahui) hilang. Hanya komponen tegangan yang tegak lurus batang ($T \sin 37^\circ$) yang memberi momen.

Langkah 1 – Momen beban (searah jarum jam). Lampu: $40 \times 2 = 80$ N·m. Batang: $20 \times 1 = 20$ N·m (berat di tengah). Total 100 N·m.
Langkah 2 – Momen kabel. $T \sin 37^\circ \times 2 = 1{,}2\,T$.
Langkah 3 – Setimbang. $1{,}2\,T = 100 \rightarrow T \approx 83{,}3$ N.

Analisis opsi:
• A (100 N) ✗ – sudut diabaikan dan lengan kabel dianggap 1 m.
• B (66,7 N) ✗ – berat batang terlupa ($80 : 1{,}2$).
• C (125 N) ✗ – memakai $\cos 37^\circ$ ($100 : 0{,}8$).
• D (83,3 N) ✓.
• E (50 N) ✗ – momen dibagi 2 tanpa memperhitungkan sudut.

Jawaban: D.

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

Latihan sub bab 3.1

No. 1 **Kunci: A**

Konsep: hukum Pascal: tekanan diteruskan sama besar ke segala arah, $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$.

Langkah – $F_2 = 20 \times \frac{4}{1} = 80$ N.

Analisis opsi:
- A (80 N) ✓ – $F_2 = F_1 \times A_2/A_1$.
- B (5 N) ✗ – perbandingan luas dibalik.
- C (20 N) ✗ – gaya dianggap diteruskan tanpa perubahan; yang diteruskan adalah tekanan.
- D (320 N) ✗ – perbandingan luas dikuadratkan.
- E (24 N) ✗ – luas dijumlahkan dengan gaya.

Jawaban: A.

No. 2 **Kunci: B, C, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: tekanan hidrostatis $p = \rho g h$ bertambah dengan kedalaman dan tidak bergantung pada luas atau bentuk wadah.

Analisis pernyataan:
- 1 ✗ – tekanan hidrostatis hanya bergantung pada massa jenis dan kedalaman.
- 2 ✓ – $p = \rho g h$ sebanding dengan kedalaman.
- 3 ✓ – $1.000 \times 10 \times 20 = 2 \times 10^5$ Pa.
- 4 ✗ – tekanan makin besar ke bawah, sehingga gaya per luas juga makin besar.
- 5 ✓ – tekanan terbesar terjadi di bagian terdalam.

Jawaban: pernyataan 2, 3 dan 5.

Latihan sub bab 3.2

No. 1 **Kunci: B**

Konsep: gaya apung maksimum terjadi saat pelampung tercelup seluruhnya: $F_A = \rho g V$; agar tetap terapung, berat total ≤ gaya apung maksimum.

Langkah – $F_A = 1.000 \times 10 \times 0{,}02 = 200$ N. Berat beban maksimum $= 200 - 10 = 190$ N → 19 kg.

Analisis opsi:
- A (21 kg) ✗ – massa pelampung ditambahkan, padahal harus dikurangkan.
- B (19 kg) ✓ – gaya apung maksimum 200 N dikurangi berat pelampung 10 N.
- C (20 kg) ✗ – massa pelampung sendiri belum dikurangkan.
- D (1,9 kg) ✗ – volume 20 L dianggap 2 L.
- E (200 kg) ✗ – gaya apung (N) dianggap langsung sebagai massa (kg).

Jawaban: B.

No. 2 **Kunci: B**

Konsep: gaya apung udara $= \rho_{\text{udara}} g V$; beban maksimum = massa udara yang dipindahkan − massa helium − massa kain.

Langkah – Massa udara yang dipindahkan $= 1{,}2 \times 5 = 6$ kg; massa helium $= 0{,}18 \times 5 = 0{,}9$ kg. Beban $= 6 - 0{,}9 - 1{,}5 = 3{,}6$ kg.

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

Analisis opsi:
• A (6,0 kg) ✗ – massa helium dan kain diabaikan.
• B (3,6 kg) ✓ – 6,0 – 0,9 – 1,5.
• C (5,1 kg) ✗ – massa kain diabaikan.
• D (4,5 kg) ✗ – massa helium diabaikan.
• E (0,9 kg) ✗ – itu massa helium.

Jawaban: B.

Latihan sub bab 3.3

No. 1 Kunci: C

Konsep: asas Bernoulli: udara yang lebih cepat bertekanan lebih kecil; $\Delta p = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2)$, gaya $= \Delta p \times A$.

Langkah – $\Delta p = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 30^2 = 540$ Pa. $F = 540 \times 100 = 54.000$ N $= 54$ kN.

Analisis opsi:
• A (108 kN) ✗ – faktor ½ pada rumus Bernoulli terlupa.
• B (1,8 kN) ✗ – kelajuan tidak dikuadratkan.
• C (54 kN) ✓ – Δp × A.
• D (540 N) ✗ – yang dihitung baru beda tekanan (Pa), belum dikalikan luas.
• E (5,4 kN) ✗ – luas atap dianggap 10 m^2.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: C

Konsep: debit = volume per waktu = luas penampang × kelajuan: $Q = Av$.

Analisis opsi:
• A (8 m^3/s) ✗ – luas dibagi kelajuan.
• B (0,125 m^3/s) ✗ – kelajuan dibagi luas.
• C (2 m^3/s) ✓ – Q = A v = 4 × 0,5.
• D (4,5 m^3/s) ✗ – luas dan kelajuan dijumlahkan.
• E (2.000 m^3/s) ✗ – hasil dikalikan 1.000 tanpa alasan.

Jawaban: C.

Kuis Akhir Bab 3

No. 1 Kunci: B

Konsep: tekanan hidrostatis $p = \rho g h$, dengan h kedalaman dari permukaan.

Langkah – $p = 1.000 \times 10 \times 2 = 20.000$ Pa $= 20$ kPa.

Analisis opsi:
• A (2 kPa) ✗ – lupa mengalikan g.
• B (20 kPa) ✓.
• C (200 kPa) ✗ – salah konversi (kedalaman dianggap 20 m).
• D (120 kPa) ✗ – itu tekanan mutlak (ditambah tekanan udara 100 kPa), padahal yang ditanya tekanan hidrostatis.
• E (10 kPa) ✗ – kedalaman dibagi dua (memakai kedalaman rata-rata).

Jawaban: B.

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

No. 2 Kunci: D

Konsep: tekanan hidrostatis $p = \rho g h$ hanya bergantung pada massa jenis zat cair dan kedalaman, **tidak** pada bentuk wadah, luas dasar, atau banyaknya zat cair.

Langkah – Ketiga wadah berisi air (ρ sama) setinggi 40 cm (h sama), sehingga $p = 1.000 \times 10 \times 0{,}4 = 4.000$ Pa di dasar ketiganya.

Analisis opsi:
- A ✗ – banyaknya air tidak menentukan tekanan; air lebih banyak ditopang juga oleh dinding miring wadah.
- B ✗ – bentuk dinding tidak memengaruhi tekanan di dasar.
- C ✗ – luas dasar memengaruhi **gaya** pada dasar ($F = pA$), bukan tekanannya.
- D ✓.
- E ✗ – kemiringan dinding tidak memengaruhi tekanan di dasar.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: A

Konsep: pada pipa U berisi dua zat cair, tekanan pada garis mendatar melalui **batas kedua zat cair** sama di kedua kaki: $\rho_m h_m = \rho_a h_a$.

Langkah 1 – Tinggi kolom di atas garis batas. Kaki kiri: minyak 10 cm. Kaki kanan: permukaan air 2 cm lebih rendah daripada permukaan minyak, jadi kolom air di atas garis batas $= 10 - 2 = 8$ cm.
Langkah 2 – $\rho_m(10) = 1.000(8) \rightarrow \rho_m = 800$ kg/m³.

Analisis opsi:
- A (800) ✓.
- B (200) ✗ – memakai beda tinggi 2 cm sebagai kolom air.
- C (1.250) ✗ – perbandingan terbalik ($10 : 8$).
- D (833) ✗ – kolom air dianggap $10 + 2 = 12$ cm dan perbandingan terbalik.
- E (1.200) ✗ – kolom air dianggap 12 cm.

Jawaban: A.

No. 4 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: $p = \rho g h \rightarrow$ grafik p–h lurus melalui titik asal dengan kemiringan ρg.

Hitungan. Cairan P: 50 kPa pada 5 m → $\rho g = 10.000$ Pa/m → $\rho_P = 1.000$ kg/m³. Cairan Q: 40 kPa pada 5 m → $\rho_Q = 800$ kg/m³.

Analisis pernyataan:
- 1 ✓.
- 2 ✗ – garis Q lebih landai; pada kedalaman sama, tekanan di Q lebih kecil.
- 3 ✓ – kemiringan $= p/h = \rho g$.
- 4 ✓ – $800 \times 10 \times 10 = 80.000$ Pa (sesuai ujung garis Q).
- 5 ✗ – tekanan hidrostatis tidak bergantung pada luas wadah; garis tidak berubah.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 4.

No. 5 Kunci: C

Konsep: tekanan hidrostatis $p = \rho g h$ bertambah dengan kedalaman di bawah permukaan zat cair. Makin besar tekanan di lubang, makin cepat air terdorong keluar.

Langkah – Lubang paling bawah berada paling dalam di bawah permukaan air, sehingga tekanannya paling besar dan air keluar paling cepat.

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

Analisis opsi:
• A ✗ – air hampir tidak dapat dimampatkan; massa jenisnya praktis sama di semua kedalaman.
• B ✗ – tekanan udara luar praktis sama di ketiga lubang.
• C ✓.
• D ✗ – perbedaan gravitasi beberapa sentimeter dapat diabaikan.
• E ✗ – air tidak "mengalir lama" di dalam botol sebelum keluar; yang menentukan adalah tekanan di lubang.

Jawaban: C.

No. 6 Kunci: E

Konsep: hukum Pascal: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$, dengan luas sebanding dengan **kuadrat** diameter.

Langkah 1 – Berat mobil $F_2 = 1.200 \times 10 = 12.000$ N.

Langkah 2 – $F_1 = F_2\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 12.000 \times \left(\frac{3}{24}\right)^2 = \frac{12.000}{64} = 187{,}5$ N.

Analisis opsi:
• A (1.500 N) ✗ – perbandingan diameter tidak dikuadratkan ($12.000 : 8$).
• B (23,4 N) ✗ – perbandingan dipangkatkan tiga ($12.000 : 512$).
• C (12.000 N) ✗ – menganggap alat hidrolik tidak mengubah gaya.
• D (96.000 N) ✗ – perbandingan terbalik (12.000×8).
• E (187,5 N) ✓.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: B

Konsep: prosedur yang baik hanya mengubah variabel bebas (kedalaman). Massa jenis zat cair harus dijaga sama (variabel kontrol), karena tekanan juga bergantung pada massa jenis ($p = \rho g h$).

Langkah – Pada langkah 3, air garam (massa jenis lebih besar) ditambahkan, sehingga data kedalaman 8 cm dan 10 cm dipengaruhi kedalaman **dan** massa jenis. Kesimpulan tentang pengaruh kedalaman saja menjadi tidak akurat.

Analisis opsi:
• A ✗ – tekanan di satu titik dalam zat cair sama ke segala arah; memutar membran pada kedalaman yang sama tidak mengubah tekanan.
• B ✓.
• C ✗ – beda tinggi pada manometer justru menunjukkan tekanan.
• D ✗ – lima kedalaman sudah cukup untuk melihat pola.
• E ✗ – tinggi gelas tidak memengaruhi tekanan pada kedalaman yang diukur dari permukaan.

Jawaban: B.

No. 8 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: $p_{\text{mutlak}} = p_{\text{udara}} + \rho g h$.

Pernyataan 1. Di 10 m: $100 + 100 = 200$ kPa. Di 20 m: $100 + 200 = 300$ kPa. Perbandingannya $3 : 2$, bukan 2 kali → **Salah**. (Jebakan: tekanan hidrostatis memang dua kali, tetapi tekanan mutlak memuat tekanan udara yang tetap.)
Pernyataan 2. $100 + 1.000 \times 10 \times 20/1.000 = 300$ kPa → **Benar**.
Pernyataan 3. Air laut lebih rapat (sekitar 1.025 kg/m³), sehingga $\rho g h$ lebih besar pada kedalaman sama → **Benar**.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

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

No. 9 **Kunci: C**

Konsep: benda terapung setimbang: $F_A = W \rightarrow \rho_{\text{air}} V_{\text{celup}} = \rho_{\text{kayu}} V$, sehingga $\dfrac{V_{\text{celup}}}{V} = \dfrac{\rho_{\text{kayu}}}{\rho_{\text{air}}}$.

Langkah – $\rho_{\text{kayu}} = \dfrac{3}{5} \times 1.000 = 600\ \text{kg/m}^3$.

Analisis opsi:

- A (400) ✗ – memakai bagian yang di atas permukaan ($\frac{2}{5}$).
- B (1.667) ✗ – perbandingan terbalik ($\frac{5}{3}$); benda yang terapung tidak mungkin lebih rapat daripada air.
- C (600) ✓.
- D (1.000) ✗ – menganggap benda terapung bermassa jenis sama dengan air (itu melayang).
- E (300) ✗ – setengah dari 600, tidak bermakna fisis.

Jawaban: C.

No. 10 **Kunci: A**

Konsep: gaya apung $F_A = W - W_{\text{semu}}$; volume benda $V = \dfrac{F_A}{\rho_{\text{air}} g}$; lalu $\rho = \dfrac{m}{V}$.

Langkah 1 – $F_A = 30 - 20 = 10\ \text{N}$.

Langkah 2 – $V = \dfrac{10}{1.000 \times 10} = 10^{-3}\ \text{m}^3$.

Langkah 3 – Massa batu $= 30 : 10 = 3\ \text{kg}$; $\rho = \dfrac{3}{10^{-3}} = 3.000\ \text{kg/m}^3$.

Cek cepat: $\dfrac{\rho}{\rho_{\text{air}}} = \dfrac{W}{F_A} = \dfrac{30}{10} = 3$ ✓.

Analisis opsi:

- A ✓.
- B (1.500) ✗ – memakai $W : W_{\text{semu}}$ (30 : 20).
- C (2.000) ✗ – memakai $W_{\text{semu}} : F_A$ (20 : 10).
- D (3) ✗ – itu massa batu (kg), bukan massa jenis.
- E (1.000) ✗ – massa jenis air.

Jawaban: A.

No. 11 **Kunci: B, C, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: $F_A = \rho_{\text{air}} g V_{\text{celup}}$; keadaan benda ditentukan oleh perbandingan massa jenisnya dengan air.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – C tenggelam, jadi $F_A < W_C$; sisa berat ditahan dasar wadah.
- 2 ✓ – B dan C tercelup seluruhnya dengan volume sama, sehingga V_{celup} sama dan gaya apungnya sama.
- 3 ✓ – A hanya tercelup sebagian, sehingga V_{celup} lebih kecil.
- 4 ✗ – volumenya sama, jadi A yang terapung justru paling ringan (massa jenis terkecil).
- 5 ✓ – benda tenggelam bermassa jenis lebih besar daripada zat cair.

Jebakan: mengira benda yang tenggelam mendapat gaya apung lebih kecil daripada benda melayang bervolume sama.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 12 **Kunci: D**

Konsep: benda terapung memindahkan zat cair yang **beratnya sama** dengan berat benda itu.

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

Langkah 1 – Es yang terapung memindahkan air seberat es itu sendiri.
Langkah 2 – Setelah mencair, es menjadi air dengan berat yang sama, sehingga volumenya tepat sama dengan volume air yang tadi dipindahkan es.
Langkah 3 – Air lelehan tepat "mengisi lubang" yang dibuat es di permukaan → permukaan tetap.

Analisis opsi:
• A ✗ – es memang menjadi air, tetapi volume air lelehan sama dengan volume yang sudah dipindahkan es.
• B ✗ – air lelehan bervolume **lebih kecil** daripada es (es kurang rapat), dan tetap tidak mengubah permukaan.
• C ✗ – hilangnya gaya apung tidak mengubah volume yang terisi.
• D ✓.
• E ✗ – air lelehan es tawar bermassa jenis sama dengan air tawar di gelas.

Jawaban: D.

No. 13 Kunci: E

Konsep: gaya apung maksimum terjadi saat semua drum tepat tercelup seluruhnya; muatan maksimum = massa air yang dipindahkan − massa rakit.

Langkah 1 – Volume tercelup maksimum $= 4 \times 0{,}2 = 0{,}8\ \text{m}^3$ → gaya apung setara massa $1.000 \times 0{,}8 = 800$ kg.
Langkah 2 – Massa rakit $= 40 + 4 \times 15 = 100$ kg.
Langkah 3 – Muatan maksimum $= 800 - 100 = 700$ kg.

Analisis opsi:
• A (800) ✗ – massa rakit sendiri terlupa.
• B (760) ✗ – hanya massa papan yang dikurangkan.
• C (740) ✗ – hanya massa drum yang dikurangkan.
• D (640) ✗ – massa drum dihitung dua kali.
• E (700) ✓.

Jawaban: E.

No. 14 Kunci: B

Konsep: hidrometer terapung di kedua cairan, jadi gaya apung **sama** dengan beratnya di keduanya: $\rho_{\text{cair}} g V_{\text{celup}} = W$. Bila V_{celup} lebih besar, ρ_{cair} harus lebih kecil.

Langkah – Di X tercelup lebih dalam → V_{celup} lebih besar → $\rho_X < \rho_Y$.

Analisis opsi:
• A ✗ – gaya apung di kedua cairan sama, yaitu sama dengan berat hidrometer.
• B ✓.
• C ✗ – terbalik: tercelup lebih dalam berarti cairannya kurang rapat.
• D ✗ – gaya apung sama; menyembul lebih tinggi menandakan cairan lebih rapat, bukan gaya lebih besar.
• E ✗ – terapung di keduanya tidak berarti massa jenisnya sama; volume tercelupnya berbeda.

Jawaban: B.

No. 15 Kunci: A

Konsep: hukum Archimedes berlaku di udara. Balon melayang bila gaya apung sama dengan berat total (balon + udara panas di dalamnya + penumpang).

Langkah 1 – Gaya apung setara massa udara luar yang dipindahkan: $1{,}2 \times 500 = 600$ kg.
Langkah 2 – Massa udara panas di dalam balon: $0{,}9 \times 500 = 450$ kg.
Langkah 3 – Massa penumpang maksimum $= 600 - 450 - 100 = 50$ kg.

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

Analisis opsi:
• A (50) ✓.
• B (150) ✗ – massa balon dan keranjang terlupa.
• C (500) ✗ – massa udara panas di dalam balon terlupa.
• D (350) ✗ – massa udara panas dihitung dari selisih massa jenis yang keliru $(600 - 250)$.
• E (600) ✗ – seluruh gaya apung dianggap dapat dipakai untuk penumpang.

Jawaban: A.

No. 16 Kunci: C

Konsep: $F_A = \rho_{\text{cair}} g V$. Untuk telur yang sama (volume dan berat tetap), gaya apung bertambah bila massa jenis zat cairnya bertambah.

Langkah – Mula-mula $\rho_{\text{telur}} > \rho_{\text{air tawar}}$ → tenggelam. Garam menambah massa jenis air sampai sama dengan telur (melayang), lalu lebih besar (terapung).

Analisis opsi:
• A ✗ – dalam waktu singkat garam tidak meresap ke dalam telur; yang berubah adalah zat cairnya.
• B ✗ – naiknya permukaan air tidak "mengangkat" benda.
• C ✓.
• D ✗ – isi telur tidak larut; berat telur tetap.
• E ✗ – garam tidak mengubah gravitasi.

Jawaban: C.

No. 17 Kunci: D

Konsep: kontinuitas $A_1 v_1 = A_2 v_2$, dengan luas sebanding dengan kuadrat diameter.

Langkah – $v_2 = v_1 \left(\dfrac{d_1}{d_2}\right)^2 = 1 \times \left(\dfrac{10}{5}\right)^2 = 4 \text{ m/s}.$

Analisis opsi:
• A (2) ✗ – perbandingan diameter tidak dikuadratkan.
• B (0,25) ✗ – perbandingan terbalik dan dikuadratkan.
• C (0,5) ✗ – perbandingan terbalik.
• D (4) ✓.
• E (8) ✗ – perbandingan dipangkatkan tiga.

Jawaban: D.

No. 18 Kunci: E

Konsep: debit $Q = Av$; waktu $= \dfrac{V}{Q}$. Samakan satuan dulu.

Langkah 1 – $A = 2 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. $Q = 2 \times 10^{-4} \times 5 = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ liter/s}$.

Langkah 2 – $t = \dfrac{200 \text{ L}}{1 \text{ L/s}} = 200 \text{ s}.$

Analisis opsi:
• A (20 s) ✗ – luas dikonversi keliru $(2 \times 10^{-3} \text{ m}^2)$.
• B (2.000 s) ✗ – luas dikonversi keliru $(2 \times 10^{-5} \text{ m}^2)$.
• C (40 s) ✗ – kapasitas dibagi kelajuan $(200 : 5)$.
• D (100 s) ✗ – kapasitas dibagi luas dalam cm^2 $(200 : 2)$.
• E (200 s) ✓.

Jawaban: E.

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

No. 19 Kunci: A

Konsep: kontinuitas memberi kelajuan di bagian sempit; Bernoulli mendatar memberi beda tekanan; beda tekanan ditunjukkan oleh beda tinggi air: $\rho g \Delta h = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$.

Langkah 1 – $A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow v_2 = 2 \times 2 = 4$ m/s.

Langkah 2 – $\Delta h = \dfrac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \dfrac{16 - 4}{20} = 0{,}6$ m.

Analisis opsi:

- A (0,6 m) ✓.
- B (0,2 m) ✗ – memakai kuadrat selisih kelajuan $(4 - 2)^2$.
- C (1,2 m) ✗ – lupa faktor ½.
- D (0,8 m) ✗ – hanya $v_2^2/2g$.
- E (0,15 m) ✗ – kontinuitas terbalik ($v_2 = 1$ m/s, lalu nilai mutlak selisihnya).

Jawaban: A.

No. 20 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Torricelli: $v = \sqrt{2gh}$, dengan h kedalaman lubang di bawah permukaan air.

Pernyataan 1. Kelajuan hanya bergantung pada h, bukan luas lubang; lubang lebih luas menambah **debit**, bukan kelajuan → **Salah**.

Pernyataan 2. $v = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10$ m/s → **Benar**.

Pernyataan 3. h lebih besar → v lebih besar → **Benar**.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 21 Kunci: B

Konsep: Bernoulli mendatar: $\Delta p = \frac{1}{2}\rho(v_{\text{atas}}^2 - v_{\text{bawah}}^2)$; gaya angkat $F = \Delta p\, A$, arahnya dari sisi lambat (bawah) ke sisi cepat (atas).

Langkah 1 – $\Delta p = \frac{1}{2}(1{,}2)(4.900 - 3.600) = 0{,}6 \times 1.300 = 780$ Pa.

Langkah 2 – $F = 780 \times 20 = 15.600$ N.

Analisis opsi:

- A (1.200 N) ✗ – memakai kuadrat selisih kelajuan $(70 - 60)^2$.
- B (15.600 N) ✓.
- C (31.200 N) ✗ – lupa faktor ½.
- D (7.800 N) ✗ – luas dianggap 10 m² (sayap satu sisi saja).
- E (2.400 N) ✗ – kuadrat selisih kelajuan tanpa faktor ½.

Jawaban: B.

No. 22 Kunci: D

Konsep: relatif terhadap kapal, air mengalir ke belakang. Di celah sempit antara kedua kapal, aliran "dipaksa" lewat penampang kecil sehingga lebih cepat (kontinuitas). Menurut Bernoulli, aliran cepat bertekanan kecil.

Langkah – Tekanan air di sisi luar kapal lebih besar daripada di celah, sehingga ada gaya dari luar ke arah celah → kedua kapal terdorong saling mendekat.

Analisis opsi:

- A ✗ – air di celah tidak diam relatif terhadap kapal; dan "diam" justru berarti tekanan lebih besar.
- B ✗ – gaya gravitasi antarkapal sangat kecil dan bukan penyebabnya.
- C ✗ – gelombang tidak menjelaskan kecenderungan saling mendekat yang terus-menerus.
- D ✓.

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

• E ✗ – kebalikan dari kontinuitas dan Bernoulli; tekanan lebih besar di celah justru akan mendorong kapal menjauh.

Jawaban: D.

No. 23 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Bernoulli: udara yang mengalir cepat bertekanan kecil. Permukaan cairan di tabung ditekan udara yang hampir diam (tekanan lebih besar), sehingga cairan terdorong naik ke tempat bertekanan kecil.

Analisis pernyataan:

• 1 ✓.
• 2 ✗ – terbalik: tekanan di ujung atas pipa justru lebih kecil.
• 3 ✓ – aliran lebih cepat → tekanan lebih kecil → selisih tekanan lebih besar.
• 4 ✗ – gravitasi tidak berubah; cairan didorong oleh selisih tekanan.
• 5 ✓.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

No. 24 Kunci: E

Konsep: uji jenis hubungan dari data. Bila hasil kali dua besaran tetap, keduanya berbanding terbalik. Debit $Q = Av$.

Langkah 1 – $A \times v$: $1 \times 4{,}0 = 2 \times 2{,}0 = 4 \times 1{,}0 = 5 \times 0{,}8 = 4$ cm²·m/s (tetap).
Langkah 2 – $Q = 4 \times 10^{-4}$ m²·m/s $= 4 \times 10^{-4}$ m³/s $= 0{,}4$ liter/s.

Analisis opsi:

• A ✗ – kelajuan justru berkurang bila luas bertambah.
• B ✗ – debit sama untuk semua pipa (hasil kali tetap).
• C ✗ – penurunannya tidak tetap (4 → 2 → 1 → 0,8).
• D ✗ – tekanan tidak diukur dalam percobaan ini; kesimpulan melampaui data (dan menurut Bernoulli justru terbalik).
• E ✓.

Jawaban: E.

No. 25 Kunci: C

Konsep: kontinuitas untuk kelajuan, lalu Bernoulli mendatar: $p_2 = p_1 - \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$.

Langkah 1 – $v_2 = 1 \times \left(\frac{6}{3}\right)^2 = 4$ m/s.
Langkah 2 – $p_2 = 120.000 - \frac{1}{2}(1.000)(16 - 1) = 120.000 - 7.500 = 112.500$ Pa $= 112{,}5$ kPa.

Analisis opsi:

• A (127,5) ✗ – tekanan ditambah: menganggap aliran cepat bertekanan besar.
• B (105) ✗ – lupa faktor ½.
• C (112,5) ✓.
• D (120) ✗ – menganggap tekanan tidak berubah di pipa mendatar.
• E (115,5) ✗ – memakai kuadrat selisih kelajuan $(4 - 1)^2$.

Jawaban: C.

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

Latihan sub bab 4.1

No. 1 **Kunci: D**

Konsep: efek Doppler: sumber menjauh → penyebut $v + v_s$, frekuensi yang didengar lebih rendah.

Langkah – $f_p = \dfrac{340}{340+40} \times 760 = \dfrac{340}{380} \times 760 = 680$ Hz.

Analisis opsi:

- A (861 Hz) ✗ – rumus sumber mendekat yang dipakai.
- B (671 Hz) ✗ – kelajuan sumber dimasukkan sebagai kelajuan pengamat.
- C (760 Hz) ✗ – efek Doppler diabaikan.
- D (680 Hz) ✓ – 340/380 × 760.
- E (720 Hz) ✗ – kelajuan sumber dikurangkan langsung dari frekuensi.

Jawaban: D.

No. 2 **Kunci: D**

Konsep: dari puncak ke lembah berikutnya = ½λ; dari puncak ke puncak = λ; $v = \lambda f$.

Langkah – P (puncak) → puncak lain → Q (lembah) = $1\frac{1}{2}\lambda = 3$ m → $\lambda = 2$ m. $f = 2$ Hz. $v = 4$ m/s.

Analisis opsi:

- A (6 m/s) ✗ – jarak P–Q dianggap satu panjang gelombang.
- B (3 m/s) ✗ – jarak dianggap λ dan frekuensi dianggap 1 Hz.
- C (1 m/s) ✗ – λ dibagi frekuensi.
- D (4 m/s) ✓ – 1,5 λ = 3 m → λ = 2 m; v = λ f = 2 × 2.
- E (12 m/s) ✗ – λ dianggap 6 m (dua kali jarak).

Jawaban: D.

Latihan sub bab 4.2

No. 1 **Kunci: E**

Konsep: nada dasar dawai $f = \dfrac{v}{2L}$ dengan $v = \sqrt{F/\mu}$; tegangan lebih besar → cepat rambat dan frekuensi lebih besar.

Analisis opsi:

- A ✗ – frekuensi juga bergantung pada tegangan.
- B ✗ – dawai yang lebih tegang justru bergetar lebih cepat.
- C ✗ – panjang gelombang ditentukan panjang dawai yang tetap.
- D ✗ – kuat-lemah bunyi ditentukan amplitudo, bukan tegangan.
- E ✓ – v = √(F/μ) naik, λ tetap, sehingga f = v/λ naik.

Jawaban: E.

No. 2 **Kunci: E**

Konsep: pipa organa terbuka: $f_n = \dfrac{nv}{2L}$; nada dasar $n = 1$, nada atas pertama $n = 2$, nada atas kedua $n = 3$.

Langkah – $\lambda = \dfrac{340}{1.020} = \dfrac{1}{3}$ m. $L = \frac{3}{2}\lambda = 0{,}5$ m $= 50$ cm.

Analisis opsi:

- A (33,3 cm) ✗ – nada atas kedua dianggap harmonik kedua (L = λ).
- B (41,7 cm) ✗ – memakai rumus pipa tertutup (nada atas kedua = harmonik kelima, L = 5λ/4).

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

- C (66,7 cm) ✗ – nada atas kedua dianggap harmonik keempat (L = 2λ).
- D (16,7 cm) ✗ – memakai rumus nada dasar (L = ½λ).
- E (50 cm) ✓ – nada atas kedua pipa terbuka: L = 3/2 λ.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 4.3

No. 1 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: spektrum GEM dari frekuensi rendah ke tinggi: radio, mikro, inframerah, cahaya tampak, ultraviolet, sinar-X, gamma; tiap jenis punya pemakaian khas.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – remote televisi memakai inframerah.
- 2 ✓ – sinar-X menembus jaringan lunak tetapi diserap tulang.
- 3 ✗ – gelombang radio berfrekuensi paling rendah dalam spektrum.
- 4 ✓ – gelombang mikro diserap molekul air dalam makanan.
- 5 ✓ – benda hangat memancarkan inframerah.

Jawaban: pernyataan 2, 4 dan 5.

No. 2 Kunci: A

Konsep: cermin cembung (fokus negatif) selalu membentuk bayangan maya, tegak, diperkecil untuk benda nyata; bidang pandangnya luas.

Analisis opsi:

- A ✓ – cermin cembung selalu membentuk bayangan maya, tegak, diperkecil sehingga banyak benda terlihat.
- B ✗ – bayangan nyata hanya oleh cermin cekung untuk benda di luar F.
- C ✗ – diperbesar terjadi pada cermin cekung dengan benda di dalam F.
- D ✗ – itu bukan sifat bayangan cermin cembung; cermin datar pun membentuk bayangan maya.
- E ✗ – bayangan maya selalu tegak.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 4.4

No. 1 Kunci: A

Konsep: kamera memfokuskan dengan menggeser lensa; benda jauh → bayangan di titik fokus; benda dekat → s' lebih besar dari f.

Langkah – $\frac{1}{s'} = \frac{1}{50} - \frac{1}{2.000} = \frac{39}{2.000} \rightarrow s' \approx 51{,}3$ mm. Lensa harus dijauhkan dari sensor sekitar $51{,}3 - 50 = 1{,}3$ mm.

Analisis opsi:

- A (1,3 mm menjauhi sensor) ✓ – s′ = 51,3 mm, lebih jauh 1,3 mm daripada 50 mm.
- B (51,3 mm mendekati sensor) ✗ – itu jarak bayangan, bukan pergeseran.
- C (1,3 mm mendekati sensor) ✗ – arah keliru; bayangan benda dekat terbentuk lebih jauh dari lensa.
- D (2,5 mm menjauhi sensor) ✗ – memakai perbandingan 50/2.000 × 100.
- E ✗ – jarak bayangan berubah bila jarak benda berubah.

Jawaban: A.

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

No. 2 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: miopi: titik jauh terbatas, bayangan benda jauh di depan retina; ditolong lensa cekung $P = -\dfrac{1}{PR}$ (PR dalam meter).

Pernyataan 1. mata miopi terlalu kuat membiaskan cahaya, seperti pada gambar → **Benar**.

Pernyataan 2. $P = -\dfrac{1}{PR} = -\dfrac{1}{2} = -0{,}5$ D → **Benar**.

Pernyataan 3. benda lebih jauh daripada titik jauh (2 m) tampak kabur → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

Kuis Akhir Bab 4

No. 1 Kunci: C

Konsep: panjang gelombang λ = panjang satu bukit dan satu lembah; amplitudo = simpangan terbesar dari posisi setimbang, yaitu **setengah** jarak puncak–lembah.

Langkah – Sepanjang 6 m terdapat 1,5 gelombang (dua bukit dan satu lembah), jadi $\lambda = \dfrac{6}{1{,}5} = 4$ m.

Amplitudo $= \dfrac{40}{2} = 20$ cm.

Analisis opsi:

- A (6 m dan 40 cm) ✗ – seluruh panjang tali dianggap satu gelombang, dan jarak puncak–lembah dianggap amplitudo.
- B (2 m dan 20 cm) ✗ – yang diukur hanya satu bukit (setengah gelombang).
- C (4 m dan 20 cm) ✓.
- D (4 m dan 40 cm) ✗ – jarak puncak–lembah adalah dua kali amplitudo.
- E (3 m dan 20 cm) ✗ – 6 m dibagi dua bukit, padahal satu gelombang = bukit + lembah.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: E

Konsep: grafik y–t memberi **periode** T; jarak dua puncak berurutan pada tali adalah **panjang gelombang** λ; $v = \dfrac{\lambda}{T}$.

Langkah – Satu getaran penuh (puncak ke puncak berikutnya) memerlukan 0,4 s, jadi $T = 0{,}4$ s.

$v = \dfrac{1{,}2}{0{,}4} = 3$ m/s.

Analisis opsi:

- A (0,48 m/s) ✗ – λ dikalikan T, padahal seharusnya dibagi.
- B (6 m/s) ✗ – periode dibaca 0,2 s (setengah getaran: dari nol ke nol).
- C (1,5 m/s) ✗ – periode dibaca 0,8 s (dua getaran).
- D (30 m/s) ✗ – kesalahan satuan, seolah-olah simpangan 5 cm ikut dihitung.
- E (3 m/s) ✓.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: bentuk umum $y = A\sin(\omega t - kx)$ merambat ke arah x positif, dengan $\omega = 2\pi f$, $k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$, dan $v = \dfrac{\omega}{k}$.

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

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – tanda di antara ωt dan kx negatif, jadi gelombang merambat ke arah x **positif**.
- 2 ✓ – $f = \dfrac{10\pi}{2\pi} = 5$ Hz.
- 3 ✓ – $v = \dfrac{10\pi}{2\pi} = 5$ m/s.
- 4 ✗ – $\lambda = \dfrac{2\pi}{2\pi} = 1$ m; angka 2 di depan π bukan panjang gelombang.
- 5 ✓ – 0,5 m $= \frac{1}{2}\lambda$, beda fasenya setengah: bila satu titik di puncak, titik lain di lembah.

Jebakan: membaca koefisien x langsung sebagai panjang gelombang.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 4 Kunci: B

Konsep: pada gema, bunyi menempuh jarak **pergi-pulang**: $2d = vt$.

Langkah – $d = \dfrac{1.500 \times 1{,}2}{2} = 900$ m.

Analisis opsi:

- A (1.800 m) ✗ – lupa membagi dua; 1.800 m adalah jarak pergi-pulang.
- B (900 m) ✓.
- C (1.250 m) ✗ – cepat rambat dibagi waktu, bukan dikalikan.
- D (204 m) ✗ – memakai cepat rambat bunyi di udara, padahal pulsa merambat di air laut.
- E (450 m) ✗ – dibagi empat, seolah-olah waktu tempuh satu arah hanya 0,3 s.

Jawaban: B.

No. 5 Kunci: D

Konsep: efek Doppler $f_p = \dfrac{v \pm v_p}{v \mp v_s} f_s$. Pengamat mendekati sumber → pembilang $v + v_p$; sumber mendekati pengamat → penyebut $v - v_s$.

Langkah – $f_p = \dfrac{340 + 10}{340 - 20} \times 640 = \dfrac{350}{320} \times 640 = 700$ Hz.

Analisis opsi:

- A (680 Hz) ✗ – gerak pengendara motor diabaikan ($\frac{340}{320} \times 640$).
- B (660 Hz) ✗ – pengendara motor dianggap menjauh ($v - v_p$).
- C (720 Hz) ✗ – kecepatan kereta dimasukkan ke pembilang ($\frac{360}{320} \times 640$).
- D (700 Hz) ✓.
- E (587 Hz) ✗ – kedua tanda terbalik ($\frac{330}{360} \times 640$), seolah-olah keduanya saling menjauh.

Jawaban: D.

No. 6 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: bunyi adalah gelombang **longitudinal** yang memerlukan medium; cepat rambatnya paling besar di zat padat. Saat berpindah medium, frekuensi tetap (ditentukan sumber), sedangkan $\lambda = \dfrac{v}{f}$ berubah.

Pernyataan 1. Bunyi di udara maupun di rel merambat sebagai rapatan-renggangan (longitudinal), bukan transversal → **Salah**.
Pernyataan 2. Cepat rambat bunyi di baja ±5.000 m/s, di udara ±340 m/s → **Benar**.
Pernyataan 3. f tetap dan v bertambah, sehingga $\lambda = v/f$ bertambah → **Benar**.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

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

No. 7 **Kunci: A**

Konsep: pada dawai, satu "gelembung" (perut) = setengah gelombang; $f = \dfrac{v}{\lambda}$.

Langkah – Ada 3 perut, jadi $L = \frac{3}{2}\lambda \rightarrow \lambda = \dfrac{2 \times 0{,}6}{3} = 0{,}4$ m. $f = \dfrac{240}{0{,}4} = 600$ Hz.

Analisis opsi:

- A (600 Hz) ✓.
- B (200 Hz) ✗ – itu nada dasar ($\lambda = 2L$), bukan pola tiga perut.
- C (400 Hz) ✗ – λ dianggap sama dengan panjang dawai 0,6 m.
- D (1.200 Hz) ✗ – satu gelembung dianggap satu gelombang penuh ($\lambda = 0{,}2$ m).
- E (300 Hz) ✗ – pola dianggap seperti pipa tertutup ($L = \frac{3}{4}\lambda$).

Jawaban: A.

No. 8 **Kunci: E**

Konsep: nada dasar dawai $f = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$, jadi $f \propto \dfrac{\sqrt{F}}{L}$.

Langkah – $\dfrac{f'}{f} = \dfrac{\sqrt{2{,}25}}{3/4} = \dfrac{1{,}5}{0{,}75} = 2 \rightarrow f' = 2 \times 220 = 440$ Hz.

Analisis opsi:

- A (330 Hz) ✗ – hanya pengaruh tegangan yang dihitung ($\times 1{,}5$).
- B (293 Hz) ✗ – hanya pengaruh panjang yang dihitung ($\times \frac{4}{3}$).
- C (495 Hz) ✗ – tegangan dikalikan langsung tanpa diakarkan ($\times 2{,}25$).
- D (660 Hz) ✗ – $\frac{2{,}25}{0{,}75} = 3$, lupa mengakarkan tegangan.
- E (440 Hz) ✓.

Jawaban: E.

No. 9 **Kunci: C**

Konsep: pipa tertutup: ujung terbuka = perut, ujung tertutup = simpul; panjang pipa = kelipatan ganjil $\frac{1}{4}\lambda$.

Langkah – Pada gambar, dari ujung terbuka ke ujung tertutup terdapat $\frac{3}{4}\lambda$ (nada atas pertama).
$\lambda = \dfrac{4 \times 0{,}51}{3} = 0{,}68$ m; $f = \dfrac{340}{0{,}68} = 500$ Hz.

Analisis opsi:

- A (167 Hz) ✗ – itu nada dasar ($L = \frac{1}{4}\lambda$).
- B (333 Hz) ✗ – memakai rumus nada dasar pipa terbuka ($L = \frac{1}{2}\lambda$).
- C (500 Hz) ✓.
- D (1.000 Hz) ✗ – memakai $L = \frac{3}{2}\lambda$ seperti pipa terbuka.
- E (667 Hz) ✗ – pola dianggap $L = \lambda$.

Jawaban: C.

No. 10 **Kunci: B, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: resonansi = ikut bergetarnya benda karena dipaksa getaran lain yang frekuensinya **sama** dengan frekuensi alaminya; energi terus terserap sehingga amplitudo membesar.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – yang menentukan adalah kesamaan frekuensi, bukan tinggi nadanya; nada lain yang sama keras

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

tidak meretakkan gelas.

• 2 ✓ – inilah syarat resonansi.

• 3 ✗ – air menambah massa yang ikut bergetar, sehingga frekuensi alami gelas berubah (itulah sebabnya gelas berisi air berbeda nadanya bila dipukul).

• 4 ✗ – menjauh dari frekuensi alami justru membuat resonansi melemah.

• 5 ✓ – setiap getaran menambah energi sedikit, amplitudo membesar sampai gelas tidak kuat lagi.

Jawaban: pernyataan 2 dan 5.

No. 11 Kunci: B

Konsep: untuk n sumber identik, $TI_n = TI_1 + 10\log n$.

Langkah – $80 = 60 + 10\log n \rightarrow \log n = 2 \rightarrow n = 100$.

Analisis opsi:

• A (20 mesin) ✗ – selisih desibel dianggap sama dengan jumlah mesin.

• B (100 mesin) ✓.

• C (10 mesin) ✗ – memakai $20\log n$ (rumus untuk perubahan **jarak**), bukan $10\log n$.

• D (1.000 mesin) ✗ – $\log n$ dianggap 3.

• E (4 mesin) ✗ – setiap penggandaan jumlah mesin dianggap menambah 10 dB, padahal hanya ±3 dB.

Jawaban: B.

No. 12 Kunci: D

Konsep: kesimpulan percobaan harus sesuai dengan **pola data** dan menyebut variabel yang dijaga tetap (panjang dan jenis dawai).

Langkah – Tegangan 16 → 64 N (4 kali) membuat frekuensi 200 → 400 Hz (2 kali); 16 → 100 N (6,25 kali) membuat frekuensi 2,5 kali. Jadi $f \propto \sqrt{F}$ (memang $\sqrt{16} : \sqrt{36} : \sqrt{64} : \sqrt{100} = 4 : 6 : 8 : 10$).

Analisis opsi:

• A ✗ – bila sebanding lurus, tegangan 4 kali memberi frekuensi 4 kali, bukan 2 kali.

• B ✗ – data menunjukkan frekuensi naik ketika tegangan naik.

• C ✗ – kuadrat tegangan akan membuat frekuensi naik 16 kali.

• D ✓.

• E ✗ – panjang dawai dijaga tetap, tetapi frekuensi tetap berubah; jadi tegangan berpengaruh.

Jawaban: D.

No. 13 Kunci: A

Konsep: setiap benda hangat memancarkan radiasi kalor yang sebagian besar berupa **inframerah**; makin panas benda, makin kuat pancarannya.

Analisis opsi:

• A (inframerah) ✓ – tubuh manusia (±37 °C) memancarkan terutama inframerah.

• B (ultraviolet) ✗ – dipancarkan benda yang sangat panas seperti Matahari, bukan tubuh manusia.

• C (sinar-X) ✗ – dihasilkan tabung sinar-X untuk foto rontgen; tubuh tidak memancarkannya.

• D (gelombang radio) ✗ – dipakai untuk komunikasi, bukan untuk membaca suhu tubuh.

• E (sinar gamma) ✗ – berasal dari peluruhan inti radioaktif.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: C

Konsep: kedalaman semu $h' = h \times \dfrac{n_{\text{pengamat}}}{n_{\text{benda}}}$; benda di air tampak lebih dangkal karena cahaya dibiaskan menjauhi normal saat keluar ke udara.

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

Langkah – $h' = 60 \times \dfrac{1}{4/3} = 45$ cm.

Analisis opsi:
- A (80 cm) ✗ – perbandingan indeks bias terbalik; koin justru tampak lebih dangkal.
- B (15 cm) ✗ – itu selisih kedalaman asli dan semu, bukan kedalaman semu.
- C (45 cm) ✓.
- D (60 cm) ✗ – pembiasan diabaikan.
- E (40 cm) ✗ – memakai indeks bias kaca (1,5), padahal benda di dalam air.

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: E

Konsep: pemantulan sempurna terjadi bila cahaya bergerak dari medium rapat ke kurang rapat **dan** sudut datangnya lebih besar daripada sudut kritis, $\sin\theta_k = \dfrac{n_2}{n_1}$.

Langkah – $\sin\theta_k = \dfrac{1{,}20}{1{,}50} = 0{,}80 \rightarrow \theta_k \approx 53^\circ$. Hanya R (60°) yang melebihi 53°.

Analisis opsi:
- A ✗ – serat optik tidak otomatis memandu semua berkas; P dan Q sebagian keluar ke selubung.
- B ✗ – terbalik: sudut datang **kecil** justru tidak dipantulkan sempurna.
- C ✗ – perbandingan indeks bias dibalik ($1{,}50/1{,}20 > 1$), seolah-olah sudut kritis tidak ada.
- D ✗ – memakai sudut kritis kaca–udara (±42°), padahal di luar inti ada selubung berindeks 1,20.
- E (R saja) ✓.

Jawaban: E.

No. 16 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: $\sin\theta_k = \dfrac{n_2}{n_1}$ dengan $n_1 > n_2$; pemantulan sempurna hanya terjadi dari medium rapat ke kurang rapat.

Pernyataan 1. Makin besar n_1, makin kecil $\dfrac{1}{n_1}$, sehingga sudut kritis berlian (±24°) jauh lebih kecil daripada kaca (±42°); lebih banyak berkas melebihi sudut kritis → **Benar**.
Pernyataan 2. Dari udara ke berlian berarti dari kurang rapat ke rapat; cahaya selalu dapat masuk (dibiaskan mendekati normal) → **Salah**.
Pernyataan 3. Di air, n_2 naik dari 1 menjadi ±1,33, sehingga $\sin\theta_k$ membesar dan sudut kritisnya lebih besar; itulah sebabnya berlian basah kurang berkilau → **Benar**.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 17 Kunci: B

Konsep: sinar istimewa cermin cekung: sinar yang melalui titik fokus dipantulkan **sejajar sumbu utama**.

Analisis opsi:
- A (P) ✗ – cahaya dari dalam jarak fokus dipantulkan menyebar (bayangannya maya), berkasnya melebar.
- B (Q) ✓ – semua sinar dari titik fokus dipantulkan sejajar.
- C (R) ✗ – sinar pantul mengumpul ke satu titik di luar M lalu menyebar lagi.
- D (S) ✗ – sinar dari titik pusat kelengkungan dipantulkan kembali ke titik itu sendiri.
- E (T) ✗ – sinar pantul mengumpul di antara F dan M, lalu menyebar.

Jawaban: B.

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

No. 18 Kunci: D

Konsep: $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ dan $M = \frac{s'}{s} = \frac{h'}{h}$; bayangan pada layar nyata, jadi $s' = +600$ cm.

Langkah – $\frac{1}{s} = \frac{1}{24} - \frac{1}{600} = \frac{25-1}{600} = \frac{24}{600} \rightarrow s = 25$ cm. $M = \frac{600}{25} = 24 \rightarrow$ $h' = 24 \times 3 = 72$ cm.

Analisis opsi:

- A ✗ – slide dianggap tepat di titik fokus (bayangannya justru di tak hingga) dan $M = s'/f$.
- B ✗ – tanda keliru: $\frac{1}{24} + \frac{1}{600}$, sehingga $s \approx 23$ cm.
- C ✗ – slide dianggap di $2F$; di $2F$ bayangan sama besar dan berada di $2F$, bukan di 6 m.
- D ✓.
- E ✗ – perbesaran dibalik (s/s'), padahal bayangan proyektor diperbesar.

Jawaban: D.

No. 19 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: pembiasan = pembelokan cahaya karena berpindah ke medium yang kelajuan cahayanya berbeda; berbeda dengan pemantulan dan hamburan.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – langit biru disebabkan **hamburan**: cahaya biru (panjang gelombang pendek) lebih banyak dihamburkan partikel udara.
- 2 ✓ – pelangi terjadi karena pembiasan (dispersi) dan pemantulan di dalam tetes air; tiap warna dibiaskan berbeda.
- 3 ✗ – bayangan di cermin datar terjadi karena **pemantulan**.
- 4 ✓ – cahaya dari dasar kolam dibiaskan menjauhi normal saat keluar ke udara, sehingga dasar tampak dangkal.
- 5 ✓ – lapisan udara yang bergolak mempunyai indeks bias berubah-ubah sehingga cahaya bintang dibelokkan berganti-ganti.

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

No. 20 Kunci: A

Konsep: daya akomodasi = kemampuan lensa mata mengubah kelengkungannya (diatur otot siliaris), karena jarak lensa ke retina tetap.

Analisis opsi:

- A (R, lensa mata) ✓ – menebal untuk benda dekat, memipih untuk benda jauh.
- B (P, kornea) ✗ – kornea membiaskan cahaya paling banyak, tetapi kelengkungannya tetap.
- C (Q, iris) ✗ – iris mengatur lebar pupil (banyaknya cahaya), bukan fokus.
- D (S, retina) ✗ – retina adalah layar tempat bayangan terbentuk.
- E (T, saraf optik) ✗ – saraf optik meneruskan sinyal ke otak.

Jawaban: A.

No. 21 Kunci: C

Konsep: lensa negatif = lensa cekung = penolong **miopi**; kacamata membentuk bayangan maya benda jauh tepat di titik jauh, sehingga $PR = |f|$.

Langkah – $f = \frac{1}{P} = \frac{1}{-2} = -0{,}5$ m $= -50$ cm → titik jauh Dimas 50 cm.

Analisis opsi:

- A (200 cm) ✗ – $\frac{1}{2}$ m dibaca 2 m.

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

- B (25 cm) ✗ – itu titik dekat mata normal, tidak berkaitan dengan resep ini.
- C (50 cm) ✓.
- D (2 cm) ✗ – angka dioptri dianggap jarak dalam cm.
- E (100 cm) ✗ – memakai $P = -\frac{100}{2 \times PR}$, rumus yang tidak ada.

Jawaban: C.

No. 22 Kunci: E

Konsep: bagian atas (melihat jauh) seperti kacamata miopi: $P = -\dfrac{100}{PR}$; bagian bawah (membaca) seperti kacamata hipermetropi: $P = \dfrac{100}{25} - \dfrac{100}{PP}$.

Langkah – Atas: $P = -\dfrac{100}{200} = -0{,}5$ D. Bawah: $P = 4 - \dfrac{100}{100} = +3$ D.

Analisis opsi:
- A ✗ – letak kedua lensa tertukar; bagian atas untuk jauh harus cekung (negatif).
- B ✗ – bagian bawah dihitung $\frac{100}{PP}$ saja, lupa suku $\frac{100}{25}$.
- C ✗ – kedua suku dijumlahkan $(4 + 1)$, padahal dikurangkan.
- D ✗ – titik jauh dibaca 50 cm $(-\frac{100}{50})$.
- E ✓.

Jawaban: E.

No. 23 Kunci: B

Konsep: lup berakomodasi maksimum: bayangan maya di titik dekat ($s' = -25$ cm), $M = \dfrac{s_n}{f} + 1$.

Langkah – $f = \dfrac{100}{40} = 2{,}5$ cm. $M = \dfrac{25}{2{,}5} + 1 = 11$ kali. $\dfrac{1}{s} = \dfrac{1}{2{,}5} + \dfrac{1}{25} = \dfrac{11}{25} \rightarrow s = \dfrac{25}{11} \approx 2{,}3$ cm.

Analisis opsi:
- A ✗ – itu keadaan mata santai (benda di fokus, $M = s_n/f$).
- B ✓.
- C ✗ – perbesaran benar, tetapi benda dianggap tepat di fokus.
- D ✗ – kekuatan lensa dalam dioptri dianggap sama dengan perbesaran.
- E ✗ – tanda keliru: $M = s_n/f - 1$ dan $\frac{1}{s} = \frac{1}{2{,}5} - \frac{1}{25}$.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: D

Konsep: $M = M_{ob} \times M_{ok}$; $M_{ob} = \dfrac{s'_{ob}}{s_{ob}}$; untuk akomodasi maksimum $M_{ok} = \dfrac{s_n}{f_{ok}} + 1$.

Langkah – $\dfrac{1}{s'_{ob}} = \dfrac{1}{1} - \dfrac{1}{1{,}1} = \dfrac{0{,}1}{1{,}1} \rightarrow s'_{ob} = 11$ cm; $M_{ob} = \dfrac{11}{1{,}1} = 10$. $M_{ok} = \dfrac{25}{5} + 1 = 6$. $M = 10 \times 6 = 60$ kali.

Analisis opsi:
- A (50 kali) ✗ – memakai rumus mata santai ($M_{ok} = 5$).
- B (16 kali) ✗ – perbesaran dijumlahkan, padahal dikalikan.
- C (66 kali) ✗ – M_{ob} dihitung $s'_{ob}/f_{ob} = 11$.
- D (60 kali) ✓.
- E (15 kali) ✗ – dijumlahkan dan memakai rumus mata santai $(10 + 5)$.

Jawaban: D.

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

No. 25 Kunci: A

Konsep: teropong bintang (mata santai): $M = \dfrac{f_{ob}}{f_{ok}}$ dan $d = f_{ob} + f_{ok}$. Objektif harus berjarak fokus **panjang** (dioptri kecil), okuler berjarak fokus **pendek** (dioptri besar).

Langkah – Jarak fokus: L1 = 100 cm, L2 = 50 cm, L3 = 10 cm, L4 = 5 cm. Perbesaran terbesar: objektif L1, okuler L4 → $M = \dfrac{100}{5} = 20$; $d = 100 + 5 = 105$ cm.

Analisis opsi:
- A ✓.
- B ✗ – objektif dan okuler tertukar; perbesarannya menjadi $\frac{5}{100}$ (benda tampak lebih kecil).
- C ✗ – jarak lensa dihitung $f_{ob} - f_{ok}$; untuk lensa cembung keduanya dijumlahkan.
- D ✗ – $M = \frac{50}{10} = 5$, bukan yang terbesar.
- E ✗ – $M = \frac{100}{10} = 10$, masih lebih kecil daripada 20.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 5.1

No. 1 Kunci: B

Konsep: laju konduksi $\dfrac{Q}{t} = \dfrac{kA\Delta T}{d}$ dengan d dalam meter.

Langkah – $\dfrac{0{,}8 \times 2 \times 10}{0{,}004} = 4.000$ W.

Analisis opsi:
- A (4 W) ✗ – tebal 4 mm tidak diubah ke meter.
- B (4.000 W) ✓ – kAΔT/d.
- C (16 W) ✗ – luas dan tebal dikalikan, bukan dibagi.
- D (40.000 W) ✗ – tebal dianggap 0,4 mm.
- E (400 W) ✗ – tebal dianggap 4 cm.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: B

Konsep: bagian datar grafik suhu–kalor = perubahan wujud; $Q = mL$ dengan Q = panjang bagian datar.

Langkah – Bagian datar dari 20 kJ sampai 60 kJ → $Q = 40$ kJ. $L = \dfrac{40}{0{,}5} = 80$ kJ/kg.

Analisis opsi:
- A (40 kJ/kg) ✗ – kalor pada bagian datar tidak dibagi massa.
- B (80 kJ/kg) ✓ – L = 40 kJ ÷ 0,5 kg.
- C (120 kJ/kg) ✗ – memakai Q = 60 kJ (ujung bagian datar) tanpa dikurangi 20 kJ.
- D (20 kJ/kg) ✗ – kalor dikalikan massa.
- E (160 kJ/kg) ✗ – seluruh kalor sampai 80 kJ dibagi massa.

Jawaban: B.

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

Latihan sub bab 5.2

No. 1 Kunci: C

Konsep: hukum pergeseran Wien: $\lambda_{\text{maks}} T$ tetap; benda bersuhu rendah memancar paling kuat pada panjang gelombang panjang.

Analisis opsi:

- A ✗ – Bumi tetap memancarkan radiasi karena suhunya di atas nol mutlak.
- B ✗ – atmosfer justru meneruskan sebagian besar cahaya tampak.
- C ✓ – menurut hukum Wien, makin rendah suhu, makin panjang λ maks.
- D ✗ – warna memengaruhi penyerapan, bukan panjang gelombang pancaran utama.
- E ✗ – gas rumah kaca menyerap inframerah, bukan mengubah cahaya tampak.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: C

Konsep: mitigasi = mengurangi penyebab (emisi gas rumah kaca); adaptasi = menyesuaikan diri dengan dampak yang terjadi.

Analisis opsi:

- A ✗ – itu mitigasi (mengurangi emisi).
- B ✗ – itu mitigasi.
- C ✓ – menyesuaikan diri dengan dampak (banjir rob).
- D ✗ – tujuan menyerap CO_2 adalah mitigasi.
- E ✗ – itu mitigasi.

Jawaban: C.

Latihan sub bab 5.3

No. 1 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: teori kinetik: $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$, $v_{\text{rms}} \propto \sqrt{T}$; gas pada volume tetap: $P \propto T$.

Pernyataan 1. $\overline{E_k} \propto T$ dan suhu mutlak menjadi 2 kali → **Benar**.
Pernyataan 2. $v_{\text{rms}} \propto \sqrt{T}$, sehingga naik $\sqrt{2} \approx 1{,}4$ kali → **Salah**.
Pernyataan 3. volume tetap: $P \propto T$ → **Benar**.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 2 Kunci: D

Konsep: tekanan tetap → hukum Charles: $\dfrac{V}{T}$ tetap dengan suhu mutlak.

Langkah – $V_2 = 3 \times \dfrac{400}{300} = 4\ \text{L}$.

Analisis opsi:

- A (14,1 L) ✗ – memakai suhu celsius (3 × 127/27).
- B (2,25 L) ✗ – perbandingan suhu dibalik.
- C (3 L) ✗ – volume dianggap tetap.
- D (4 L) ✓ – $V_2 = 3 \times 400/300$.
- E (6 L) ✗ – kenaikan suhu dianggap melipatduakan volume.

Jawaban: D.

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

Latihan sub bab 5.4

No. 1 **Kunci: D**

Konsep: efisiensi Carnot $\eta = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$ dengan suhu dalam kelvin.

Langkah – $0{,}4 = 1 - \dfrac{300}{T_1} \rightarrow T_1 = \dfrac{300}{0{,}6} = 500\ \text{K} = 227\ ^\circ\text{C}$.

Analisis opsi:

- A (500 °C) ✗ – hasil dalam kelvin langsung ditulis sebagai celsius.
- B (45 °C) ✗ – suhu celsius dibagi 0,6 tanpa diubah ke kelvin.
- C (67,5 °C) ✗ – suhu celsius dibagi efisiensi.
- D (227 °C) ✓ – $T_1 = 300/0{,}6 = 500$ K.
- E (180 °C) ✗ – efisiensi dikalikan suhu kelvin lalu dikurangkan sembarang.

Jawaban: D.

No. 2 **Kunci: A, C, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: usaha = luas di bawah grafik P–V; usaha bersih siklus = luas di dalam siklus; $T \propto PV$.

Analisis pernyataan:

- 1 ✓ – $200\ \text{kPa} \times 2\ \text{L} = 400\ \text{J}$.
- 2 ✗ – PV di B (600) lebih besar daripada di A (200), jadi suhu di B lebih tinggi.
- 3 ✓ – volume tetap.
- 4 ✗ – A → B → C → A searah jarum jam, sehingga gas menghasilkan usaha.
- 5 ✓ – luas segitiga $\frac{1}{2} \times 2 \times 100 = 100\ \text{J}$.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 5.

Kuis Akhir Bab 5

No. 1 **Kunci: B**

Konsep: bagian datar grafik suhu–waktu adalah **perubahan wujud**: kalor tetap diterima, tetapi dipakai untuk mengubah wujud ($Q = mL$), sehingga suhu tetap.

Langkah – Dari menit ke-4 sampai ke-10 suhu tetap 80 °C, padahal pembakar terus memberi kalor. Ini adalah peleburan (padat → cair), karena sebelumnya zat berwujud padat. Pada menit ke-6 sebagian sudah cair dan sebagian masih padat.

Analisis opsi:

- A ✗ – pada bagian datar sebagian zat sudah mencair.
- B ✓.
- C ✗ – zat baru cair seluruhnya pada akhir bagian datar (menit ke-10).
- D ✗ – pembakar tetap memberi kalor; kalor itu dipakai untuk melebur.
- E ✗ – mendidih adalah perubahan cair → gas; bagian datar pertama setelah wujud padat adalah melebur.

Jawaban: B.

No. 2 **Kunci: D**

Konsep: jumlahkan kalor setiap tahap: menaikkan suhu es ($mc_{\text{es}}\Delta T$), meleburkan es (mL), dan menaikkan suhu air ($mc_{\text{air}}\Delta T$).

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

Langkah – $Q_1 = 0{,}5 \times 2.100 \times 10 = 10.500$ J; $Q_2 = 0{,}5 \times 336.000 = 168.000$ J; $Q_3 = 0{,}5 \times 4.200 \times 20 = 42.000$ J. Jumlah $= 220.500$ J $= 220{,}5$ kJ.

Analisis opsi:

- A (52,5 kJ) ✗ – kalor lebur tidak dihitung.
- B (210 kJ) ✗ – tahap menaikkan suhu es dari −10 °C ke 0 °C terlewat.
- C (178,5 kJ) ✗ – tahap menaikkan suhu air dari 0 °C ke 20 °C terlewat.
- D (220,5 kJ) ✓.
- E (231 kJ) ✗ – kalor jenis air dipakai juga untuk es.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: A

Konsep: bila ada es, bandingkan dulu kalor maksimum yang dapat dilepas zat panas (sampai 0 °C) dengan kalor untuk meleburkan seluruh es.

Langkah – Kalor teh bila turun ke 0 °C: $0{,}2 \times 4.200 \times 30 = 25.200$ J. Kalor lebur seluruh es: $0{,}1 \times 336.000 = 33.600$ J. Kalor teh tidak cukup, jadi suhu akhir 0 °C. Es yang mencair: $\dfrac{25.200}{336.000} = 0{,}075$ kg $= 75$ g; sisa es $100 - 75 = 25$ g.

Analisis opsi:

- A ✓.
- B ✗ – 75 g adalah es yang **mencair**, bukan yang tersisa.
- C ✗ – kalor lebur es diabaikan, seolah-olah es hanya air dingin bersuhu 0 °C.
- D ✗ – Asas Black dipakai tanpa memeriksa; suhu di bawah 0 °C mustahil karena tidak ada benda yang lebih dingin dari 0 °C.
- E ✗ – es tepat habis hanya bila kalor teh sama dengan 33.600 J.

Jawaban: A.

No. 4 Kunci: C

Konsep: $\Delta L = L_0\, \alpha\, \Delta T$ dengan ΔT = kenaikan suhu dari saat pemasangan.

Langkah – $\Delta L = 12 \times 1{,}2 \times 10^{-5} \times (55 - 25) = 4{,}32 \times 10^{-3}$ m $\approx 4{,}3$ mm. Celah minimal sama dengan pertambahan panjang satu batang (setiap batang memanjang setengah ke tiap ujung, dan dua setengah bertemu di satu celah).

Analisis opsi:

- A (7,9 mm) ✗ – memakai suhu 55 °C, bukan kenaikan suhunya.
- B (3,6 mm) ✗ – memakai suhu pemasangan 25 °C sebagai ΔT.
- C (4,3 mm) ✓.
- D (0,43 mm) ✗ – salah konversi meter ke milimeter.
- E (8,6 mm) ✗ – memakai koefisien muai luas (2α).

Jawaban: C.

No. 5 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: konduksi dan konveksi memerlukan zat perantara; radiasi tidak. Permukaan mengilap adalah pemancar dan penyerap radiasi yang buruk.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – radiasi dapat merambat melalui ruang hampa (seperti cahaya Matahari ke Bumi).
- 2 ✓ – tanpa partikel udara, kalor tidak dapat dihantarkan maupun dibawa aliran zat.
- 3 ✗ – kaca adalah konduktor yang buruk (isolator); itulah gunanya.

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

• 4 ✓ – perak mengilap memantulkan radiasi kembali ke dalam dan sedikit memancarkannya.
• 5 ✓ – tutup isolator menghambat konduksi dan mencegah udara panas keluar (konveksi).

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

No. 6 Kunci: E

Konsep: daya radiasi $P = e\sigma AT^4$ dengan T dalam **kelvin**; untuk e dan A sama, $\frac{P_Q}{P_P} = \left(\frac{T_Q}{T_P}\right)^4$.

Langkah – $T_P = 300$ K, $T_Q = 600$ K. $\left(\frac{600}{300}\right)^4 = 2^4 = 16$ kali.

Analisis opsi:
• A (12,1 kali) ✗ – memakai suhu celsius tanpa pangkat ($327 : 27$).
• B (2 kali) ✗ – perbandingan suhu mutlak tidak dipangkatkan empat.
• C (4 kali) ✗ – dipangkatkan dua, bukan empat.
• D (146 kali) ✗ – memakai celsius lalu dikuadratkan.
• E (16 kali) ✓.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: A

Konsep: kesimpulan percobaan harus sesuai data dan hanya menyangkut **variabel bebas** (warna/kilap permukaan), karena variabel lain (volume air, suhu awal, ruangan) dibuat sama.

Langkah – Dalam 20 menit, air di kaleng hitam turun 34 °C, sedangkan di kaleng mengilap hanya 22 °C. Permukaan hitam kusam adalah pemancar radiasi yang lebih baik.

Analisis opsi:
• A ✓.
• B ✗ – volume air dibuat sama (variabel kontrol).
• C ✗ – bertentangan dengan data; kaleng mengilap justru lebih lambat dingin.
• D ✗ – data kedua kaleng jelas berbeda.
• E ✗ – menyerap kalor dari udara akan membuat suhu air naik, bukan turun.

Jawaban: A.

No. 8 Kunci: C

Konsep: atmosfer meneruskan cahaya tampak Matahari; permukaan yang hangat memancarkan inframerah; gas rumah kaca menyerap inframerah itu dan memancarkan sebagian kembali ke permukaan.

Analisis opsi:
• A ✗ – bila cahaya Matahari dihalangi, permukaan justru lebih dingin.
• B ✗ – penipisan ozon adalah masalah lain (ultraviolet), bukan mekanisme efek rumah kaca.
• C ✓.
• D ✗ – memantulkan cahaya Matahari ke luar angkasa akan mendinginkan Bumi.
• E ✗ – gas rumah kaca tidak menghasilkan energi sendiri; ia hanya menahan sebagian energi yang dipancarkan permukaan.

Jawaban: C.

No. 9 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: permukaan putih (es) memantulkan sebagian besar cahaya (albedo tinggi); permukaan gelap (laut) menyerapnya. Air memuai ketika dipanaskan.

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

Analisis pernyataan:

- 1 ✓ – laut yang gelap memiliki albedo rendah, sehingga energi yang diserap bertambah.
- 2 ✗ – terbalik; es putihlah yang memantulkan lebih banyak.
- 3 ✓ – pemuaian air laut adalah salah satu penyebab utama kenaikan muka laut.
- 4 ✗ – es terapung sudah memindahkan air seberat dirinya (hukum Archimedes); ketika mencair, muka laut hampir tidak berubah. Yang menaikkan muka laut adalah es **daratan** yang mencair.
- 5 ✓ – pemanasan → es mencair → penyerapan bertambah → pemanasan bertambah.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

No. 10 Kunci: B

Konsep: emisi = banyak bahan bakar yang dibakar × emisi per liter.

Langkah – Bensin per hari $= \dfrac{30}{50} = 0{,}6$ L. Per bulan $= 0{,}6 \times 30 = 18$ L. Emisi $= 18 \times 2{,}3 = 41{,}4$ kg CO_2.

Analisis opsi:

- A (1,38 kg) ✗ – itu emisi satu hari.
- B (41,4 kg) ✓.
- C (115 kg) ✗ – konsumsi dibalik ($\frac{50}{30}$ L per hari).
- D (69 kg) ✗ – bensin dianggap 1 L per hari.
- E (2.070 kg) ✗ – jarak (km) dianggap sama dengan liter bensin.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: E

Konsep: pulau panas perkotaan: permukaan kota yang gelap dan massif menyimpan banyak kalor pada siang hari dan melepasnya pada malam hari; kota juga kehilangan pendinginan oleh penguapan tumbuhan.

Analisis opsi:

- A ✗ – gas rumah kaca tercampur merata di atmosfer; perbedaan kota–pinggiran adalah efek lokal.
- B ✗ – bila cepat dingin, kota justru lebih sejuk pada malam hari; ini bertentangan dengan data.
- C ✗ – pinggiran justru lebih dingin; pancaran pepohonan tidak menjelaskan kota yang lebih hangat.
- D ✗ – kerapatan udara tidak membuat molekul lebih cepat; kelajuan molekul ditentukan suhu.
- E ✓ – kapasitas kalor besar membuat aspal dan beton menjadi "penyimpan panas".

Jawaban: E.

No. 12 Kunci: D

Konsep: variabel bebas = yang sengaja dibuat berbeda; variabel terikat = yang diukur sebagai akibat; variabel kontrol = yang dijaga sama.

Langkah – Yang dibuat berbeda: isi gas (dengan/tanpa tambahan CO_2). Yang diukur: kenaikan suhu. Yang dijaga sama: jarak lampu, ukuran toples, lama penyinaran.

Analisis opsi:

- A ✗ – variabel bebas dan terikat tertukar.
- B ✗ – jarak lampu dijaga sama, jadi bukan variabel bebas.
- C ✗ – jarak lampu bukan yang diukur.
- D ✓.
- E ✗ – lama penyinaran dijaga sama, dan jenis gas bukan yang diukur.

Jawaban: D.

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

No. 13 Kunci: A

Konsep: jumlah gas dan volume tetap → hukum Gay-Lussac: $\frac{P}{T}$ tetap (suhu mutlak).

Langkah – $\frac{P_2}{P_1} = \frac{600}{300} = 2$.

Analisis opsi:
- A (2 kali) ✓.
- B (4 kali) ✗ – perbandingan suhu dikuadratkan, padahal tekanan sebanding lurus dengan suhu.
- C (½ kali) ✗ – dibalik; tekanan naik ketika suhu naik.
- D (tetap) ✗ – tekanan tetap hanya bila volume boleh memuai (isobarik).
- E ($\sqrt{2}$ kali) ✗ – itu perubahan kelajuan efektif molekul, bukan tekanan.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: E

Konsep: untuk jumlah gas tetap, $T \propto PV$. Bandingkan hasil kali PV, bukan P atau V saja.

Langkah – A: $2 \times 300 = 600$; B: $4 \times 200 = 800$; C: $6 \times 100 = 600$; D: $3 \times 250 = 750$. Suhu tertinggi B; A dan C sama.

Analisis opsi:
- A ✗ – memilih tekanan tertinggi (A), padahal volumenya kecil.
- B ✗ – memilih volume terbesar (C), padahal tekanannya kecil.
- C ✗ – D di tengah grafik, tetapi PV-nya 750, bukan yang terbesar.
- D ✗ – PV A (600) dan D (750) berbeda.
- E ✓.

Jawaban: E.

No. 15 Kunci: C

Konsep: udara di dalam botol tertutup (jumlah tetap, volume tetap): $\frac{P}{T}$ tetap dengan suhu mutlak. Bentuk botol ditentukan oleh perbandingan tekanan dalam dan luar.

Langkah – $P_2 = 70 \times \frac{300}{280} = 75$ kPa. Tekanan udara luar di pantai 100 kPa > 75 kPa, sehingga botol tertekan dari luar dan penyok.

Analisis opsi:
- A ✗ – kenaikan suhu diabaikan dan tekanan luar tidak dibandingkan.
- B ✗ – memakai suhu celsius ($70 \times \frac{27}{7}$).
- C ✓.
- D ✗ – tekanan dalam memang naik sedikit, tetapi masih lebih kecil daripada tekanan luar.
- E ✗ – perbandingan suhu dibalik; suhu udara justru naik dari 7 °C ke 27 °C.

Jawaban: C.

No. 16 Kunci: B

Konsep: pada volume dan suhu tetap, $PV = nRT$ memberi $n \propto P$: tekanan sebanding dengan jumlah gas.

Langkah – Gas yang tersisa $= \frac{600}{1.500} = 40\ \%$, jadi yang terpakai $= 60\ \%$.

Analisis opsi:
- A (40 %) ✗ – itu gas yang **tersisa**.
- B (60 %) ✓.

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

- C (250 %) ✗ – perbandingan tekanan dibalik ($1.500 : 600$).
- D (150 %) ✗ – penurunan dibandingkan dengan nilai **akhir**, bukan nilai awal.
- E ✗ – volume tidak perlu diketahui karena yang ditanya perbandingan.

Jawaban: B.

No. 17 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$ hanya bergantung pada suhu; $v_{\text{rms}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{M}}$.

Pernyataan 1. Suhu sama → energi kinetik rata-rata sama, tidak bergantung pada jenis gas → **Benar**.

Pernyataan 2. $\dfrac{v_{\text{He}}}{v_{\text{O}_2}} = \sqrt{\dfrac{32}{4}} = \sqrt{8} \approx 2{,}8$ → **Benar**.

Pernyataan 3. $v_{\text{rms}} \propto \sqrt{T}$, jadi naik $\sqrt{4} = 2$ kali, bukan 4 kali → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 18 Kunci: D

Konsep: jumlah helium tetap: $\dfrac{P_1V_1}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{T_2}$ dengan suhu mutlak.

Langkah – $T_1 = 300$ K, $T_2 = 240$ K. $V_2 = 2 \times \dfrac{100}{25} \times \dfrac{240}{300} = 2 \times 4 \times 0{,}8 = 6{,}4$ m³.

Analisis opsi:
- A (8,0 m³) ✗ – penurunan suhu diabaikan.
- B (10 m³) ✗ – perbandingan suhu dibalik ($\frac{300}{240}$).
- C (0,5 m³) ✗ – perbandingan tekanan dibalik dan suhu diabaikan.
- D (6,4 m³) ✓.
- E (0,4 m³) ✗ – perbandingan tekanan dibalik; tekanan turun justru membuat volume membesar.

Jawaban: D.

No. 19 Kunci: A

Konsep: hukum I $Q = \Delta U + W$; Q negatif bila gas melepas kalor, W negatif bila gas dimampatkan.

Langkah – $Q = -100$ J, $W = -300$ J. $\Delta U = Q - W = -100 - (-300) = +200$ J → suhu naik.

Analisis opsi:
- A ✓.
- B ✗ – tanda usaha keliru ($-100 - 300$).
- C ✗ – kalor yang dilepas dianggap diterima ($100 + 300$).
- D ✗ – kedua tanda terbalik.
- E ✗ – energi dalam tetap hanya bila kalor yang dilepas sama dengan usaha yang diterima.

Jawaban: A.

No. 20 Kunci: E

Konsep: usaha = luas di bawah grafik P–V; proses dengan volume tetap tidak menghasilkan usaha.

Langkah – A → B: volume tetap, $W = 0$. B → C: tekanan tetap 300 kPa, volume 2 L → 5 L: $W = 300 \times 3 = 900$ J (1 kPa × 1 L = 1 J). Total 900 J.

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

Analisis opsi:
• A (0 J) ✗ – proses B → C memuai sehingga ada usaha.
• B (300 J) ✗ – memakai tekanan awal 100 kPa.
• C (600 J) ✗ – memakai selisih tekanan (200 kPa), seolah-olah luas di dalam siklus.
• D (1.200 J) ✗ – tekanan 100 kPa dan 300 kPa dijumlahkan.
• E (900 J) ✓.

Jawaban: E.

No. 21 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: pemampatan cepat ≈ adiabatik ($Q \approx 0$), sehingga $\Delta U = -W$; usaha pada gas ($W < 0$) menaikkan energi dalam dan suhu.

Analisis pernyataan:
• 1 ✓ – $\Delta U = -W > 0$.
• 2 ✗ – penyebabnya usaha, bukan kalor dari tangan; justru udaralah yang memanaskan pompa.
• 3 ✓ – waktunya terlalu singkat untuk pertukaran kalor yang berarti.
• 4 ✓ – pada adiabatik, tekanan naik karena volume mengecil **dan** suhu naik, jadi lebih besar daripada pada isotermal (perlahan).
• 5 ✗ – energi dalam bergantung pada suhu, bukan hanya jumlah udara; suhunya naik.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 4.

No. 22 Kunci: C

Konsep: usaha bersih satu siklus = luas di dalam siklus; positif (menghasilkan usaha) bila siklus searah jarum jam pada grafik P–V.

Langkah – Siklus berbentuk segitiga dengan alas 2 L (1 L → 3 L) dan tinggi 200 kPa (100 → 300 kPa). Luas $= \frac{1}{2} \times 2 \times 200 = 200$ J. Arah A → B → C → A searah jarum jam, jadi gas menghasilkan usaha.

Analisis opsi:
• A ✗ – 400 J adalah luas di bawah garis AB saja (usaha bagian pemuaian), belum dikurangi usaha pemampatan C → A (200 J).
• B ✗ – arah siklus dibaca terbalik.
• C ✓.
• D ✗ – memakai luas persegi panjang 300 kPa × 2 L.
• E ✗ – faktor ½ dipakai dua kali.

Jawaban: C.

No. 23 Kunci: B

Konsep: $W = \eta Q_1, Q_2 = Q_1 - W; \eta_{\text{Carnot}} = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$.

Langkah – $W = 0{,}35 \times 1.000 = 350$ MW, sehingga $Q_2 = 1.000 - 350 = 650$ MW.
$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \dfrac{320}{800} = 0{,}6 = 60\ \%$.

Analisis opsi:
• A ✗ – 350 MW adalah daya listrik, bukan kalor yang dibuang.
• B ✓.
• C ✗ – memakai efisiensi Carnot untuk mesin nyata ($1.000 - 600$).
• D ✗ – efisiensi Carnot dihitung $\frac{T_2}{T_1}$ saja.
• E ✗ – usaha ditambahkan ke Q_1, padahal $Q_2 = Q_1 - W$.

Jawaban: B.

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

No. 24 Kunci: D

Konsep: mesin pendingin: $\text{COP} = \dfrac{Q_2}{W}$ dan $Q_1 = Q_2 + W$.

Langkah – $W = \dfrac{3}{3} = 1\,\text{kW}$. $Q_1 = 3 + 1 = 4\,\text{kW}$.

Analisis opsi:
- A ✗ – COP dikalikan dengan Q_2, padahal $W = Q_2/\text{COP}$.
- B ✗ – usaha dikurangkan; kalor yang dibuang selalu lebih besar daripada yang diserap.
- C ✗ – daya listrik dianggap sama dengan kalor yang diserap.
- D ✓.
- E ✗ – kalor yang dibuang dianggap sama dengan yang diserap; energi listrik ikut terbuang ke luar.

Jawaban: D.

No. 25 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: isotermal: $\Delta U = 0$ sehingga $Q = W$. Adiabatik: $Q = 0$ sehingga $\Delta U = -W$; saat memuai ($W > 0$) suhu turun, sehingga tekanan turun lebih cepat (kurva lebih curam).

Pernyataan 1. Kurva yang lebih curam daripada isoterm dari titik yang sama adalah ciri pemuaian adiabatik → **Benar**.
Pernyataan 2. Suhu tetap → energi dalam tetap → seluruh kalor menjadi usaha → **Benar**.
Pernyataan 3. Gas yang melakukan usaha tanpa menerima kalor kehilangan energi dalam, sehingga suhunya **turun** → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

Latihan sub bab 6.1

No. 1 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: di antara keping sejajar medan homogen $E = V/d$; $F = qE$; arah gaya pada muatan negatif berlawanan arah medan; $a = F/m$.

Analisis pernyataan:
- 1 ✓ – garis medan sejajar dan berjarak sama.
- 2 ✗ – medan di antara keping sejajar homogen.
- 3 ✓ – muatan negatif mendapat gaya berlawanan arah medan.
- 4 ✗ – gayanya sama besar, tetapi massa elektron jauh lebih kecil sehingga percepatannya jauh lebih besar.
- 5 ✓ – $F = eE$ dan kedua muatan sama besar.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 5.

No. 2 Kunci: E

Konsep: gaya listrik vektor: tolakan oleh muatan sejenis, tarikan oleh muatan berlawanan; gaya searah dijumlahkan.

Analisis opsi:
- A ✗ – gaya saling meniadakan hanya bila kedua muatan sejenis.
- B (F, menuju muatan −Q) ✗ – hanya satu gaya yang dihitung.
- C (2F, menuju muatan +Q) ✗ – arah keliru; +q ditolak oleh +Q.
- D (F/2, menuju muatan −Q) ✗ – gaya dibagi dua tanpa alasan.
- E (2F, menuju muatan −Q) ✓ – ditolak +Q dan ditarik −Q: keduanya ke arah −Q.

Jawaban: E.

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

Latihan sub bab 6.2

No. 1 **Kunci: E**

Konsep: $V = \varepsilon - Ir$: grafik V–I berupa garis lurus menurun; potongan pada sumbu V = ggl, besar kemiringannya = hambatan dalam.

Langkah – Saat $I = 0, V = 12\,\text{V} \rightarrow \varepsilon = 12\,\text{V}$. Setiap kenaikan 1 A, V turun 1 V $\rightarrow r = 1\,\Omega$.

Analisis opsi:

- A (12 V dan 0,5 Ω) ✗ – kemiringan dibaca setengahnya.
- B (8 V dan 1 Ω) ✗ – ggl dibaca pada I = 4 A, bukan saat arus nol.
- C (10 V dan 2 Ω) ✗ – titik pada I = 2 A dibaca sebagai ggl.
- D (12 V dan 5 Ω) ✗ – V/I di satu titik (hambatan luar) dianggap hambatan dalam.
- E (12 V dan 1 Ω) ✓ – potongan sumbu V = ε, kemiringan = r.

Jawaban: E.

No. 2 **Kunci: A**

Konsep: seri: $R_s = R_1 + R_2$; paralel dua resistor identik: $\frac{R}{2}$.

Analisis opsi:

- A ✓ – R/2 + R = 1,5R.
- B ✗ – hasilnya 3R.
- C ✗ – hasilnya R/3.
- D ✗ – hasilnya 2R/3.
- E ✗ – sama dengan seri ketiganya: 3R.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 6.3

No. 1 **Kunci: A**

Konsep: energi = daya × waktu; penghematan = selisih daya × waktu pemakaian.

Langkah – $(0{,}06 - 0{,}01) \times 5 \times 30 = 7{,}5\,\text{kWh}$.

Analisis opsi:

- A (7,5 kWh) ✓ – 0,05 kW × 5 × 30.
- B (1,5 kWh) ✗ – yang dihitung energi lampu LED selama sebulan.
- C (9 kWh) ✗ – yang dihitung energi lampu pijar selama sebulan.
- D (0,25 kWh) ✗ – itu penghematan satu hari.
- E (7.500 kWh) ✗ – watt tidak diubah ke kilowatt.

Jawaban: A.

No. 2 **Kunci: B**

Konsep: energi (kWh) = daya (kW) × waktu (jam); biaya = energi × tarif.

Langkah – $2 \times \frac{20}{60} = \frac{2}{3}$ kWh; biaya $= \frac{2}{3} \times 1.500 = \text{Rp}1.000$.

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

Analisis opsi:
• A (Rp60.000) ✗ – 20 menit dianggap 20 jam.
• B (Rp1.000) ✓ – 2 kW × ⅓ jam × Rp1.500.
• C (Rp3.000) ✗ – pemakaian dianggap 1 jam.
• D (Rp1.000.000) ✗ – watt tidak diubah ke kilowatt.
• E (Rp500) ✗ – energi dihitung setengahnya.

Jawaban: B.

Kuis Akhir Bab 6

No. 1 Kunci: C

Konsep: benda bermuatan dapat menarik benda **netral** melalui polarisasi (induksi): muatan di benda netral bergeser sehingga sisi yang dekat bermuatan berlawanan jenis.

Analisis opsi:
• A ✗ – dinding netral; tarikan terjadi tanpa dinding bermuatan sejak awal.
• B ✗ – bila elektron berpindah ke dinding, muatan keduanya menjadi sejenis dan saling menolak.
• C ✓ – sisi positif yang dekat ditarik lebih kuat daripada sisi negatif yang jauh ditolak.
• D ✗ – gravitasi tetap bekerja; balon menempel karena gaya listrik (dan gesekan) mengimbanginya.
• E ✗ – bila balon menjadi netral atau positif, tarikannya hilang; justru muatan negatif balonlah yang menyebabkan polarisasi.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: A

Konsep: $F = k\dfrac{q_1 q_2}{r^2}$: gaya sebanding hasil kali muatan dan berbanding terbalik dengan **kuadrat** jarak.

Langkah – $F' = 36 \times \dfrac{2}{3^2} = 36 \times \dfrac{2}{9} = 8$ N.

Analisis opsi:
• A (8 N) ✓.
• B (24 N) ✗ – jarak tidak dikuadratkan ($36 \times \frac{2}{3}$).
• C (4 N) ✗ – perubahan muatan diabaikan ($36 \times \frac{1}{9}$).
• D (72 N) ✗ – perubahan jarak diabaikan.
• E (2,7 N) ✗ – jarak dipangkatkan tiga ($36 \times \frac{2}{27}$).

Jawaban: A.

No. 3 Kunci: D

Konsep: gaya listrik adalah vektor; dua gaya yang saling tegak lurus dijumlahkan dengan teorema Pythagoras.

Langkah – $F_{13} = \dfrac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0{,}3^2} = 0{,}6$ N (tolak, menjauhi q_1, mendatar).

$F_{23} = \dfrac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0{,}3^2} = 0{,}8$ N (tarik, menuju q_2, tegak).

$F = \sqrt{0{,}6^2 + 0{,}8^2} = 1{,}0$ N.

Analisis opsi:
• A (1,4 N) ✗ – kedua gaya dijumlahkan biasa, seolah-olah searah.
• B (0,2 N) ✗ – kedua gaya dikurangkan, seolah-olah berlawanan arah.
• C (0,7 N) ✗ – kedua gaya dirata-rata.

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

- D (1,0 N) ✓.
- E (0,5 N) ✗ – resultan dibagi dua tanpa alasan fisis.

Jawaban: D.

No. 4 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: garis medan keluar dari muatan positif dan masuk ke muatan negatif, tidak pernah berpotongan, dan makin rapat makin kuat medannya. Muatan negatif mendapat gaya berlawanan arah medan.

Analisis pernyataan:

- 1 ✓ – garis keluar dari P.
- 2 ✗ – garis medan tidak pernah berpotongan, karena di satu titik medan hanya punya satu arah.
- 3 ✓ – garis masuk ke Q.
- 4 ✗ – kebalikannya; medan paling kuat di daerah garis yang rapat (dekat muatan).
- 5 ✓ – elektron (negatif) bergerak berlawanan arah medan, yaitu menuju P yang positif.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

No. 5 Kunci: B

Konsep: untuk muatan berlawanan jenis, medan di antara keduanya searah sehingga tidak mungkin nol; titik nol berada **di luar**, di sisi muatan yang **lebih kecil**.

Langkah – Misalkan titik berjarak x di kanan $-1\ \mu$C: $\dfrac{4}{(30+x)^2} = \dfrac{1}{x^2} \rightarrow 2x = 30 + x \rightarrow x = 30$ cm.

Analisis opsi:

- A ✗ – hasil perhitungan bila kedua muatan dianggap sejenis; di antara muatan berlawanan medan tidak dapat nol.
- B ✓.
- C ✗ – di sisi muatan besar, medan muatan besar selalu lebih kuat.
- D ✗ – titik tengah hanya berlaku untuk dua muatan sejenis yang sama besar.
- E ✗ – akar perbandingan muatan tidak diambil ($4x = 30 + x$).

Jawaban: B.

No. 6 Kunci: E

Konsep: potensial $V = k\dfrac{Q}{r}$ adalah **skalar**: tanda muatan ikut dihitung dan potensial cukup dijumlahkan, tanpa memperhatikan arah atau sudut.

Langkah – $V = 9 \times 10^9 \left(\dfrac{6 \times 10^{-6}}{0{,}3} + \dfrac{-2 \times 10^{-6}}{0{,}2} \right) = 9 \times 10^9 (2 - 1) \times 10^{-5} = 9 \times 10^4$ V.

Analisis opsi:

- A ✗ – tanda muatan negatif diabaikan.
- B ✗ – hanya muatan $+6\ \mu$C yang dihitung.
- C ✗ – tanda kedua suku tertukar.
- D ✗ – potensial tidak harus nol; muatan positifnya lebih berpengaruh.
- E ✓.

Jawaban: E.

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

No. 7 Kunci: A

Konsep: tetes melayang → gaya listrik ke atas sama dengan berat: $qE = mg$, dengan $E = \dfrac{V}{d}$ (medan homogen).

Langkah – $E = \dfrac{600}{0{,}01} = 6 \times 10^4\ \text{V/m}$. $q = \dfrac{mg}{E} = \dfrac{4{,}8 \times 10^{-14}}{6 \times 10^4} = 8 \times 10^{-19}\ \text{C}$ $= 5 \times 1{,}6 \times 10^{-19}$ C. Karena keping atas positif dan gaya listrik harus ke atas, tetes bermuatan negatif (kelebihan 5 elektron).

Analisis opsi:

- A ✓.
- B ✗ – jarak 1 cm tidak diubah ke meter ($E = 600\ \text{V/m}$).
- C ✗ – muatan dianggap satu elektron tanpa dihitung.
- D ✗ – mg dikalikan dengan E, bukan dibagi.
- E ✗ – massa tidak dikalikan g; lagi pula muatan tidak mungkin kurang dari satu muatan elektron.

Jawaban: A.

No. 8 Kunci: C

Konsep: pada konduktor, muatan berkumpul di permukaan luar; di dalam rongga konduktor tertutup medan listrik hampir nol.

Analisis opsi:

- A ✗ – tegangan petir sangat besar sehingga ban beberapa sentimeter tidak dapat menghalanginya; perlindungan berasal dari bodi logam.
- B ✗ – logam justru konduktor yang baik; petir dapat menyambar mobil, tetapi arusnya mengalir di permukaan luar.
- C ✓.
- D ✗ – udara di dalam mobil tidak bermuatan khusus.
- E ✗ – petir menyambar benda yang tinggi atau runcing, tidak bergantung pada gerak.

Jawaban: C.

No. 9 Kunci: B

Konsep: L2 dan L3 paralel, dan pasangan itu seri dengan L1. Bila satu cabang paralel putus, arus masih dapat lewat cabang lain.

Langkah – Setelah L2 putus, jalurnya: baterai → L1 → L3 → baterai. Rangkaian tetap tertutup, jadi L1 dan L3 menyala. (Hambatan total naik sehingga terangnya berubah, tetapi keduanya tetap menyala.)

Analisis opsi:

- A ✗ – rangkaian tidak terbuka karena L3 masih menyambung.
- B ✓.
- C ✗ – L1 dilewati arus yang sama dengan L3.
- D ✗ – L3 berada di jalur tertutup bersama L1.
- E ✗ – terangnya berubah: L1 dan L3 kini seri dengan arus yang sama, sehingga terangnya tidak sama seperti sebelumnya.

Jawaban: B.

No. 10 Kunci: E

Konsep: sederhanakan bagian paralel dulu, cari arus total, lalu tegangan bagian paralel, baru arus cabang.

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

Langkah – $4 \parallel 4 = 2\ \Omega$; $6 \parallel 12 = 4\ \Omega$; total $6\ \Omega$; $I = 2$ A. Tegangan pada pasangan 6 Ω–12 Ω $= 2 \times 4 = 8$ V. Arus 12 Ω $= \dfrac{8}{12} \approx 0{,}67$ A.

Analisis opsi:

- A (2 A) ✗ – itu arus total.
- B (1 A) ✗ – seluruh 12 V dianggap jatuh pada resistor 12 Ω.
- C (1,33 A) ✗ – itu arus melalui resistor 6 Ω.
- D (0,5 A) ✗ – tegangan 12 V dianggap terbagi rata pada kedua pasangan (6 V), lalu dibagi 12 Ω.
- E (0,67 A) ✓.

Jawaban: E.

No. 11 Kunci: D

Konsep: tanpa beban, voltmeter menunjukkan ggl ($\varepsilon = 9$ V). Dengan beban, voltmeter menunjukkan tegangan jepit $V = IR = \varepsilon - Ir$.

Langkah – $I = \dfrac{8}{4} = 2$ A. Tegangan yang hilang di dalam baterai $= 9 - 8 = 1$ V $= Ir \rightarrow$ $r = \dfrac{1}{2} = 0{,}5\ \Omega$.

Analisis opsi:

- A (4,5 Ω) ✗ – ggl dibagi arus ($\frac{9}{2}$), yaitu hambatan total $R + r$.
- B (1 Ω) ✗ – selisih tegangan dianggap langsung sama dengan hambatan.
- C (0,25 Ω) ✗ – selisih tegangan dibagi hambatan beban ($\frac{1}{4}$).
- D (0,5 Ω) ✓.
- E (2 Ω) ✗ – arus dianggap sebagai hambatan dalam.

Jawaban: D.

No. 12 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: amperemeter dipasang seri (hambatan sangat kecil); voltmeter dipasang paralel (hambatan sangat besar).

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – X dipasang seri, jadi mengukur arus, bukan tegangan.
- 2 ✓ – X berada di jalur utama (seri).
- 3 ✗ – Y paralel dengan R_2, jadi Y voltmeter yang hambatannya harus sangat **besar**.
- 4 ✓.
- 5 ✓ – voltmeter (hambatan sangat besar) yang dipasang seri membuat arus hampir nol.

Jawaban: pernyataan 2, 4, dan 5.

No. 13 Kunci: A

Konsep: hukum Kirchhoff. Misalkan potensial titik atas V terhadap titik bawah; arus ke atas di cabang sumber $\dfrac{\varepsilon - V}{R}$, arus ke bawah di cabang tengah $\dfrac{V}{4}$; jumlah arus masuk titik atas = keluar.

Langkah – $\dfrac{12 - V}{2} + \dfrac{6 - V}{2} = \dfrac{V}{4} \rightarrow 24 - 2V + 12 - 2V = V \rightarrow V = 7{,}2$ V. Arus resistor 4 Ω $= \dfrac{7{,}2}{4} = 1{,}8$ A.

Analisis opsi:

- A (1,8 A) ✓.
- B (2,4 A) ✗ – itu arus cabang kiri (sumber 12 V).

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

- C (4,5 A) ✗ – kedua ggl dijumlahkan lalu dibagi 4 Ω, mengabaikan resistor 2 Ω.
- D (1,5 A) ✗ – kedua ggl dikurangkan seolah-olah berlawanan dalam satu loop.
- E (0,6 A) ✗ – itu arus cabang kanan (mengalir masuk ke sumber 6 V).

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: C

Konsep: $R = \rho\dfrac{L}{A}$; bila volume $V = LA$ tetap, panjang 2 kali berarti luas penampang $\frac{1}{2}$ kali.

Langkah – $R' = \rho\dfrac{2L}{A/2} = 4\rho\dfrac{L}{A} = 4R.$

Analisis opsi:

- A (2R) ✗ – hanya pertambahan panjang yang dihitung; penampang yang mengecil terlupa.
- B (R) ✗ – pengaruh panjang dan penampang dianggap saling meniadakan.
- C (4R) ✓.
- D (½R) ✗ – pengaruh penampang dibalik.
- E (8R) ✗ – penampang dianggap menjadi ¼ kali (seolah-olah diameternya yang menjadi setengah).

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: hambatan pada setiap titik adalah $R = \dfrac{V}{I}$. Komponen ohmik memiliki grafik V–I berupa garis lurus melalui titik asal.

Pernyataan 1. X lurus melalui titik asal; pada $I = 1$ A, $V = 5$ V → $R = 5\ \Omega$ tetap → **Benar**.
Pernyataan 2. Grafik Y makin curam: pada $I = 0{,}5$ A, $V \approx 1{,}75$ V ($R = 3{,}5\ \Omega$); pada $I = 1$ A, $V = 5$ V ($R = 5\ \Omega$); hambatannya bertambah (seperti filamen lampu yang memanas) → **Benar**.
Pernyataan 3. Pada 0,5 A: $R_Y \approx 3{,}5\ \Omega < R_X = 5\ \Omega$ → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 16 Kunci: E

Konsep: kesimpulan harus sesuai pola data; variabel kontrol adalah besaran yang dijaga sama (bahan, diameter, suhu), bukan variabel bebas (panjang) atau variabel terikat (hambatan).

Langkah – Panjang 2 kali → hambatan 2 kali; panjang 4 kali → hambatan 4 kali: hambatan sebanding dengan panjang ($R/L = 0{,}055\ \Omega$/cm tetap).

Analisis opsi:

- A ✗ – hambatan justru naik bersama panjang; panjang adalah variabel bebas.
- B ✗ – bila sebanding kuadrat, panjang 2 kali memberi hambatan 4 kali.
- C ✗ – data jelas menunjukkan hambatan berubah.
- D ✗ – kesimpulan benar, tetapi hambatan adalah variabel terikat (yang diukur).
- E ✓.

Jawaban: E.

No. 17 Kunci: B

Konsep: pada susunan paralel, setiap cabang mendapat tegangan yang sama dan bekerja sendiri-sendiri; mematikan satu cabang tidak memutus cabang lain.

Analisis opsi:

- A ✗ – arus tiap alat berbeda sesuai dayanya; arus sama adalah ciri susunan seri.
- B ✓.
- C ✗ – susunan paralel justru memperkecil hambatan total; tagihan ditentukan energi yang dipakai.

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

- D ✗ – tegangan terbagi adalah ciri susunan seri; alat 220 V tidak akan bekerja normal.
- E ✗ – pada paralel, letak alat tidak menentukan tegangannya.

Jawaban: B.

No. 18 Kunci: D

Konsep: menambah cabang paralel memperkecil hambatan bagian itu, sehingga hambatan total turun dan arus total naik; tegangan dibagi ulang menurut hambatan seri.

Langkah – Misalkan tiap lampu R dan baterai V. Sebelum: arus $\frac{V}{2R}$, tegangan tiap lampu $\frac{V}{2}$. Sesudah: L2 ∥ L3 $= \frac{R}{2}$, total $\frac{3R}{2}$, arus $\frac{2V}{3R}$. Tegangan L1 $= \frac{2V}{3}$ (naik), tegangan L2 $= \frac{V}{3}$ (turun). Jadi L1 lebih terang dan L2 lebih redup.

Analisis opsi:

- A ✗ – arus total justru naik, sehingga L1 mendapat daya lebih besar.
- B ✗ – terbalik.
- C ✗ – tegangan tetap hanya berlaku pada cabang yang paralel langsung dengan sumber ideal; L1 seri dengan bagian paralel.
- D ✓.
- E ✗ – tegangan L2 turun karena hambatan bagian paralel mengecil.

Jawaban: D.

No. 19 Kunci: A

Konsep: energi (kWh) = daya (kW) × lama (jam) × jumlah hari.

Langkah – $0{,}25 \times 2 \times 30 = 15$ kWh.

Analisis opsi:

- A (15 kWh) ✓.
- B (0,5 kWh) ✗ – itu energi satu hari.
- C (15.000 kWh) ✗ – watt tidak diubah ke kilowatt.
- D (7,5 kWh) ✗ – lama pemakaian 2 jam terlupa.
- E (1,5 kWh) ✗ – jumlah hari dikalikan 3, bukan 30.

Jawaban: A.

No. 20 Kunci: B

Konsep: $P = VI$ dan $R = \frac{V^2}{P}$ (atau $R = \frac{V}{I}$).

Langkah – $I = \frac{1.100}{220} = 5$ A. $R = \frac{220^2}{1.100} = 44\ \Omega$ (cek: $\frac{220}{5} = 44$ ✓).

Analisis opsi:

- A ✗ – arus dihitung V/P (terbalik).
- B ✓.
- C ✗ – hambatan dihitung P/V^2 (terbalik).
- D ✗ – hambatan dihitung P/I, padahal itu sama dengan tegangan, bukan hambatan.
- E ✗ – arus dan hambatan sama-sama dihitung terbalik.

Jawaban: B.

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

No. 21 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: energi = daya × waktu. Tindakan hemat menurunkan daya untuk manfaat yang sama, atau mengurangi lama pemakaian.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – stopkontak bercabang tidak mengubah daya alat; bila terlalu banyak alat justru berbahaya.
- 2 ✓ – daya 9 W jauh lebih kecil untuk cahaya setara.
- 3 ✓ – mode siaga tetap memakai daya kecil sepanjang hari.
- 4 ✗ – suhu setelan yang lebih rendah membuat AC bekerja lebih keras dan lebih lama; kamar tidak dingin lebih cepat secara berarti.
- 5 ✓ – waktu pemakaian berkurang 30 %.

Jawaban: pernyataan 2, 3, dan 5.

No. 22 Kunci: E

Konsep: hambatan lampu tetap, sehingga $P = \dfrac{V^2}{R}$ sebanding dengan **kuadrat** tegangan: $P_2 = P_1\left(\dfrac{V_2}{V_1}\right)^2$.

Langkah – $P_2 = 40 \times \left(\dfrac{200}{220}\right)^2 = 40 \times 0{,}826 \approx 33{,}1$ W.

Analisis opsi:

- A (40 W) ✗ – daya tertulis dianggap selalu sama, padahal hanya berlaku pada 220 V.
- B (36,4 W) ✗ – daya dianggap sebanding lurus dengan tegangan.
- C (44 W) ✗ – perbandingan tegangan dibalik ($\frac{220}{200}$).
- D (30,1 W) ✗ – perbandingan tegangan dipangkatkan tiga.
- E (33,1 W) ✓.

Jawaban: E.

No. 23 Kunci: C

Konsep: $P_{\text{hilang}} = I^2R = \left(\dfrac{P}{V}\right)^2 R$; untuk P dan R tetap, daya hilang berbanding terbalik dengan **kuadrat** tegangan.

Langkah – Tegangan 4 kali → arus $\frac{1}{4}$ kali → daya hilang $\frac{1}{16}$ kali: $\dfrac{800}{16} = 50$ kW.

Analisis opsi:

- A (200 kW) ✗ – tidak dikuadratkan ($\frac{800}{4}$).
- B (3.200 kW) ✗ – memakai $P = V^2/R$ dengan tegangan saluran, sehingga daya hilang dikira naik.
- C (50 kW) ✓.
- D (800 kW) ✗ – daya hilang dianggap tidak bergantung pada tegangan.
- E (12.800 kW) ✗ – memakai kuadrat tegangan pada pembilang (800×16).

Jawaban: C.

No. 24 Kunci: D

Konsep: efisiensi = energi berguna (kalor yang diterima air) dibagi energi listrik yang dipakai.

Langkah – Kalor air: $Q = 1 \times 4.200 \times 75 = 315.000$ J. Energi listrik: $W = 1.000 \times 360 = 360.000$ J. $\eta = \dfrac{315.000}{360.000} = 87{,}5\ \%$.

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

Analisis opsi:
• A (114 %) ✗ – pembilang dan penyebut tertukar; efisiensi tidak mungkin lebih dari 100 %.
• B (12,5 %) ✗ – itu persentase energi yang terbuang.
• C (52,5 %) ✗ – waktu dipakai 10 menit (600 s) atau menit tidak diubah dengan benar.
• D (87,5 %) ✓.
• E (0,875 %) ✗ – hasil desimal 0,875 dibaca langsung sebagai persen.

Jawaban: D.

No. 25 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: $R = \dfrac{V^2}{P}$: $R_A = 484\ \Omega$, $R_B = 1.936\ \Omega$. Paralel → tegangan sama, $P = V^2/R$; seri → arus sama, $P = I^2R$.

Pernyataan 1. Paralel: masing-masing mendapat 220 V, sehingga A memakai 100 W dan B 25 W → A lebih terang → **Benar**.
Pernyataan 2. Seri: arus sama, daya lebih besar pada hambatan lebih besar, yaitu B → **Salah**.
Pernyataan 3. Seri: $R = 2.420\ \Omega$, $P = \dfrac{220^2}{2.420} = 20$ W < 25 W → **Benar**.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

Simulasi 1 — Soal Asli TKA 2025

No. 1 Kunci: E

Konsep gerak relatif: kecepatan kapal terhadap daratan $\vec{v}_{\text{kapal-darat}} = \vec{v}_{\text{kapal-air}} + \vec{v}_{\text{air-darat}}$.

Langkah 1 – Kecepatan yang dibutuhkan terhadap daratan. Jarak 10 km harus ditempuh dalam 1 jam (08.00–09.00), arah tepat ke timur:
$v_{\text{kapal-darat}} = \dfrac{10\ \text{km}}{1\ \text{jam}} = 10\ \text{km.jam}^{-1}\ \text{ke timur}$

Langkah 2 – Kecepatan kapal terhadap air. Arus mengalir **dari** barat **ke** timur, jadi $v_{\text{air-darat}} = 2$ km.jam^{-1} ke timur (searah tujuan).
$v_{\text{kapal-air}} = 10 - 2 = 8\ \text{km.jam}^{-1}\ \text{ke timur}$

Cek ulang: $8 + 2 = 10$ km.jam^{-1}; $10\ \text{km} \div 10\ \text{km.jam}^{-1} = 1$ jam → tiba pukul 09.00 ✓.

Analisis opsi:
• A ✗ 12 km.jam^{-1} → kecepatan total 14 km.jam^{-1}, tiba sekitar 08.43 (terlalu cepat). Jebakan: arus dianggap melawan.
• B dan D ✗ arah tenggara/timur laut membuat kapal menyimpang dari garis A–B dan komponen ke timurnya kurang dari 10 km.jam^{-1}.
• C ✗ ke barat justru menjauhi pulau B.
• E ✓

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: D

Konsep: pada grafik v–t, nilai pada sumbu tegak adalah **kecepatan**, kemiringan garis adalah **percepatan**, dan luas di bawah grafik adalah **perpindahan**.

Langkah 1 – Baca grafik.
• Mobil A: v dari 0 menjadi 25 m.s^{-1} dalam 5 s → $a_A = \dfrac{25 - 0}{5} = 5\ \text{m.s}^{-2}$.

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

• Mobil B: v dari 15 menjadi 25 m.s^{-1} dalam 5 s $\rightarrow a_B = \dfrac{25-15}{5} = 2$ m.s^{-2}.

• Kedua garis berpotongan di $t = 5$ s, $v = 25$ m.s^{-1}.

Langkah 2 – Analisis opsi.

• A ✗ Garis miring → kecepatan berubah (GLBB), bukan konstan.

• B ✗ Posisi = luas di bawah grafik. Sampai $t = 5$ s: $s_A = \frac{1}{2}(5)(25) = 62{,}5$ m, $s_B = \frac{1}{2}(15+25)(5) = 100$ m. Posisinya berbeda.

• C ✗ Pada $t = 5$ s mobil B masih 37,5 m di depan, jadi A belum menyalip.

• D ✓ Titik potong garis menunjukkan kecepatan yang sama, yaitu 25 m.s^{-1}.

• E ✗ 25 m.s^{-1} adalah kecepatan, bukan percepatan. Percepatannya 5 dan 2 m.s^{-2}.

Jebakan: titik potong dua garis pada grafik v–t sering dikira tempat dua benda bertemu. Itu hanya berlaku pada grafik **posisi**–waktu.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: C

Konsep: dua benda yang berangkat dari titik yang sama bertemu lagi saat perpindahannya sama. Untuk GLBB: $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$.

Langkah 1 – Data dari grafik. $v_{0A} = 0, a_A = 5$ m.s^{-2}; $v_{0B} = 15$ m.s$^{-1}, a_B = 2$ m.s^{-2}.

Langkah 2 – Persamaan posisi.

$s_A = \frac{1}{2}(5)t^2 = 2{,}5t^2, \qquad s_B = 15t + \frac{1}{2}(2)t^2 = 15t + t^2$

Langkah 3 – Syarat menyusul $s_A = s_B$.

$2{,}5t^2 = 15t + t^2 \Rightarrow 1{,}5t^2 - 15t = 0 \Rightarrow t(1{,}5t - 15) = 0 \Rightarrow t = 10$ s

Langkah 4 – Jarak. $s_A = 2{,}5(10)^2 = 250$ m.

Cek ulang: $s_B = 15(10) + 10^2 = 250$ m ✓.

Asal pengecoh:

• 150 m: memakai $t = 10$ s tetapi hanya $15t$ (lupa suku percepatan mobil B).

• 200 m, 300 m, 400 m: muncul bila persamaan posisi ditulis keliru, misalnya kecepatan awal mobil B diabaikan atau percepatan dibaca salah dari grafik.

Jawaban: C.

No. 4 Kunci: A, B

Konsep: hasil mikrometer = skala utama (selubung) + skala nonius (*thimble*) $\times 0{,}01$ mm. Skala utama bagian atas menunjukkan milimeter penuh, bagian bawah menunjukkan setengah milimeter.

Langkah 1 – Diameter luar tabung (gambar kiri).

• Garis skala utama terakhir yang terlihat sebelum tepi *thimble* adalah garis setengah milimeter setelah angka 10 → $10{,}5$ mm.

• Garis *thimble* yang segaris dengan garis tengah selubung adalah angka 45 → $45 \times 0{,}01 = 0{,}45$ mm.

• Diameter luar $D = 10{,}5 + 0{,}45 = 10{,}95$ mm.

Langkah 2 – Ketebalan dinding (gambar kanan).

• Garis skala utama terakhir: garis setengah milimeter setelah 0 → $0{,}5$ mm.

• *Thimble* menunjuk angka 30 → $0{,}30$ mm.

• Tebal $t = 0{,}5 + 0{,}30 = 0{,}80$ mm.

Langkah 3 – Diameter dalam wadah. Dinding ada di dua sisi, sehingga

$d = D - 2t = 10{,}95 - 2(0{,}80) = 9{,}35$ mm

Langkah 4 – Pilih manik-manik. Manik-manik masuk jika diameternya lebih kecil daripada $9{,}35$ mm.

• 8,80 mm ✓ (lebih kecil)

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

• 9,30 mm ✓ (lebih kecil, selisih 0,05 mm)
• 9,60 mm ✗; 10,10 mm ✗; 10,30 mm ✗ (lebih besar dari 9,35 mm)

Jebakan:
• Lupa membaca garis setengah milimeter → $D = 10{,}45$ mm atau $t = 0{,}30$ mm.
• Hanya mengurangkan tebal satu kali ($10{,}95 - 0{,}80 = 10{,}15$ mm) sehingga 9,60 mm dan 10,10 mm ikut dipilih.

Jawaban: 8,80 mm dan 9,30 mm.

No. 5 Kunci: A

Konsep gerak vertikal ke atas: $h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$.

Langkah 1 – Roket A ($v_0 = 40\ \text{m.s}^{-1}$): $h_A = 40(3) - \frac{1}{2}(10)(3)^2 = 120 - 45 = 75$ m.
Langkah 2 – Roket B ($v_0 = 50\ \text{m.s}^{-1}$): $h_B = 50(3) - 45 = 150 - 45 = 105$ m.
Langkah 3 – Selisih: $105 - 75 = 30$ m.

Cek cepat: suku gravitasi sama untuk keduanya, jadi selisih $= (50 - 40) \times 3 = 30$ m ✓. Keduanya masih naik pada $t = 3$ s (puncak A pada $t = 4$ s, puncak B pada $t = 5$ s), jadi rumus berlaku tanpa memperhatikan gerak turun.

Asal pengecoh: 75 m dan 105 m adalah ketinggian masing-masing roket; 180 m adalah jumlah keduanya; 50 m muncul jika suku gravitasi hanya dikurangkan pada satu roket.

Jawaban: A.

No. 6 Kunci: C

Konsep gerak parabola: $x = (v_0 \cos\theta)t$ dan $y = y_0 + (v_0 \sin\theta)t - \frac{1}{2} g t^2$. Gunakan $g = 10\ \text{m.s}^{-2}$.

Langkah 1 – Ketinggian bola saat $x = 3$ m untuk $v_0 = 6{,}5\ \text{m.s}^{-1}$ (Bisma).
• $v_x = 6{,}5 \times 0{,}643 = 4{,}18\ \text{m.s}^{-1} \rightarrow t = \dfrac{3}{4{,}18} \approx 0{,}72$ s.
• $v_y = 6{,}5 \times 0{,}766 = 4{,}98\ \text{m.s}^{-1}$.
• $y = 2 + 4{,}98(0{,}72) - 5(0{,}72)^2 \approx 2 + 3{,}57 - 2{,}58 = 3{,}00$ m.

Langkah 2 – Bandingkan dengan tinggi ring. $3{,}00\ \text{m} < 3{,}05$ m: ketika bola Bisma sampai di jarak horizontal ring, bola sudah turun di bawah ketinggian ring sehingga membentur bagian depan ring/gagal masuk.

Langkah 3 – Mengapa kecepatan kecil membuat bola "jatuh lebih cepat"? Komponen horizontal lebih kecil → bola butuh waktu lebih lama ($0{,}72$ s, bukan $0{,}62$ s) untuk menempuh 3 m, sehingga gravitasi sempat menurunkannya lebih jauh. Lintasannya lebih pendek dan lebih rendah.
Untuk bola Adrian, kondisi tidak berubah dari percobaan pertama yang dinyatakan masuk.

Analisis opsi:
• A ✗ Kecepatan berubah, jadi lintasan berubah walau sudut dan tinggi awal sama.
• B ✗ Sudut sama, tetapi jangkauan berkurang; tidak "dipastikan" masuk.
• C ✓ Sesuai perhitungan.
• D ✗ Kecepatan lebih kecil membuat tinggi maksimum **lebih rendah** ($H \propto v_0^2$).
• E ✗ Bola Adrian sama seperti percobaan pertama yang masuk.

Jawaban: C.

No. 7 Kunci: C

Konsep: penumpang terdorong ke depan saat mobil mengerem karena tubuhnya cenderung **mempertahankan keadaan geraknya** (inersia/kelembaman). Ini adalah **Hukum I Newton**: jika resultan gaya nol, benda diam tetap diam dan benda bergerak tetap bergerak lurus beraturan.

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

Analisis opsi:

• A ✗ Hubungan gaya–percepatan adalah Hukum II Newton ($a = \frac{\Sigma F}{m}$).

• B ✗ Pasangan aksi–reaksi adalah Hukum III Newton. (Selain itu arahnya keliru: dayung mendorong air ke belakang dan air mendorong perahu ke depan.)

• C ✓ Buku mempertahankan keadaan diamnya → inersia, Hukum I Newton.

• D ✗ Bola kembali jatuh karena gaya gravitasi (ada resultan gaya), bukan contoh kelembaman.

• E ✗ Massa lebih besar butuh gaya lebih besar untuk percepatan yang sama → Hukum II Newton.

Jebakan: pilihan E memuat kata "massa/sulit dipercepat" yang mirip inersia, tetapi yang dibandingkan adalah besar gaya untuk menghasilkan percepatan, yaitu Hukum II.

Jawaban: C.

No. 8 Kunci: A

Konsep: Hukum II Newton bekerja terpisah pada tiap arah. Gaya arus hanya mengubah komponen kecepatan ke **timur**; komponen ke utara tetap 6 m.s^{-1}.

Langkah 1 – Percepatan ke timur. $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{300}{150} = 2$ m.s^{-2}.

Langkah 2 – Kecepatan ke timur setelah 4 s. $v_x = 0 + 2(4) = 8$ m.s^{-1}.

Langkah 3 – Kecepatan resultan. $v = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{100} = 10$ m.s^{-1}.

Langkah 4 – Arah. Diukur dari utara: $\tan\alpha = \dfrac{v_{\text{timur}}}{v_{\text{utara}}} = \dfrac{8}{6} = \dfrac{4}{3} \rightarrow \alpha = 53^\circ$ ke timur dari utara.

Langkah 5 – Gerak setelah gaya arus berhenti. Resultan gaya kembali nol (gaya dorong mesin diimbangi hambatan air seperti sebelumnya), sehingga menurut Hukum I Newton perahu bergerak lurus dengan **kecepatan konstan** 10 m.s^{-1}.

Analisis opsi:

• A ✓

• B, E ✗ besar kecepatan salah dan tidak ada percepatan setelah gaya hilang.

• C ✗ 37° adalah sudut terhadap arah **timur**, bukan terhadap utara; juga tidak ada perlambatan.

• D ✗ $12 = 6 + 8$ (menjumlahkan vektor secara aljabar).

Jawaban: A.

No. 9 Kunci: A

Konsep Hukum Pascal: tekanan diteruskan sama besar, $\dfrac{F_1}{A_1} = \dfrac{F_2}{A_2}$. Luas penampang $A = \frac{1}{4}\pi d^2$, sehingga $\dfrac{F_1}{F_2} = \left(\dfrac{d_1}{d_2}\right)^2$.

Langkah 1 – Perbandingan diameter. $\dfrac{d_1}{d_2} = \dfrac{0{,}5}{3} = \dfrac{1}{6}$.

Langkah 2 – Gaya pada piston kecil. $F_1 = 540 \times \left(\dfrac{1}{6}\right)^2 = \dfrac{540}{36} = 15$ N.

Cek: gaya kecil 15 N mengangkat 540 N → keuntungan mekanis 36 = 6^2 ✓.

Asal pengecoh:

• 90 N: membandingkan diameter, bukan luas ($540/6$).

• 3.240 N dan 19.440 N: perbandingan dibalik (540×6 atau 540×36).

Jawaban: A.

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

No. 10 Kunci: B

Konsep: $\tau = I\alpha$, dengan $\tau = rF\sin\theta$ (θ = sudut antara gaya dan lengan). Kunci pas berputar terhadap baut (salah satu ujung), sehingga momen inersia batang homogen terhadap ujungnya $I = \frac{1}{3}mL^2$.

Langkah 1 – Momen gaya. $\tau = (0{,}20)(15)\sin 37^\circ = 3 \times 0{,}6 = 1{,}8$ N.m.

Langkah 2 – Momen inersia. $I = \frac{1}{3}(0{,}5)(0{,}20)^2 = \frac{1}{3}(0{,}02) = 6{,}67 \times 10^{-3}$ kg.m^2.

Langkah 3 – Percepatan sudut. $\alpha = \dfrac{\tau}{I} = \dfrac{1{,}8}{0{,}02/3} = \dfrac{5{,}4}{0{,}02} = 270$ rad.s^{-2}.

Asal pengecoh:
- 360 rad.s^{-2}: memakai $\cos 37^\circ$ (komponen gaya sejajar batang tidak menghasilkan torsi).
- 1.080 rad.s^{-2}: memakai $I = \frac{1}{12}mL^2$ (poros di tengah batang).
- 1.440 rad.s^{-2}: $I = \frac{1}{12}mL^2$ sekaligus memakai $\cos 37^\circ$.
- 180 rad.s^{-2}: memakai $I = \frac{1}{2}mL^2$.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: B

Konsep impuls–momentum: $I = F\Delta t = \Delta p$, sehingga $F = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$.

Penalaran: tangan yang bergerak cepat membawa momentum besar dan dihentikan oleh bata dalam waktu sangat singkat. Untuk perubahan momentum Δp tertentu, makin kecil Δt, makin besar gaya rata-rata F. Gaya besar inilah yang memecahkan hebel.

Analisis opsi:
- A ✗ Bukan "impuls kecil" yang memecahkan bata, melainkan gaya besar.
- B ✓ Tepat sesuai $F = \Delta p/\Delta t$.
- C ✗ Impuls sama dengan perubahan momentum tangan; waktu singkat tidak membuat impuls kecil, tetapi membuat **gaya** besar.
- D ✗ Bata menerima gaya sehingga momentum (dan keadaannya) berubah.
- E ✗ Waktu sentuh justru **kecil**.

Jawaban: B.

No. 12 Kunci: A

Konsep: kolom udara yang satu ujungnya terbuka dan ujung lainnya tertutup permukaan air adalah **pipa organa tertutup**. Nada dasar: $L = \frac{1}{4}\lambda$ sehingga $f_1 = \dfrac{v}{4L}$.

Langkah 1 – Panjang yang dipakai. Yang bergetar hanya kolom udara: $L = 40$ cm $= 0{,}40$ m (bukan 80 cm).

Langkah 2 – Frekuensi. $f_1 = \dfrac{340}{4 \times 0{,}40} = \dfrac{340}{1{,}6} = 212{,}5$ Hz.

Asal pengecoh:
- 425 Hz: rumus pipa terbuka $\frac{v}{2L}$.
- 637,5 Hz dan 1.062,5 Hz: harmonik ke-3 dan ke-5 pipa tertutup ($3f_1, 5f_1$).
- 850 Hz: $\frac{v}{L}$ (salah rumus).

Jawaban: A.

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

No. 13 Kunci: A

Konsep Archimedes: benda tenggelam jika $\rho_{\text{benda}} > \rho_{\text{fluida}}$; melayang/terapung bila massa jenis rata-ratanya turun hingga sama dengan (atau kurang dari) massa jenis air laut. Batas mulai naik: $\rho_{\text{rata-rata}} = 1.000\ \text{kg.m}^{-3}$.

Langkah 1 – Volume awal (di dasar laut). $V_1 = \dfrac{m}{\rho} = \dfrac{200.000}{1.250} = 160\ \text{m}^3$.

Langkah 2 – Volume yang dibutuhkan agar $\rho = 1.000\ \text{kg.m}^{-3}$ dengan massa tetap:
$V_2 = \dfrac{200.000}{1.000} = 200\ \text{m}^3$.

Langkah 3 – Perubahan volume. $\Delta V = 200 - 160 = 40\ \text{m}^3$.

Cara pandang lain (yang terjadi pada kapal selam nyata): volume luar tetap 160 m³, lalu air ballast dikeluarkan sehingga massa turun menjadi $1.000 \times 160 = 160.000$ kg. Air yang dibuang 40.000 kg $= 40$ m³ air. Kedua cara memberi **40 m³** ✓.

Asal pengecoh: 160 m³ dan 200 m³ adalah volume awal dan akhir, bukan perubahannya; 360 m³ adalah jumlah keduanya; 240 m³ adalah volume akhir ditambah perubahannya $(200 + 40)$.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: A, C, E

Konsep Bernoulli: $P + \frac{1}{2}\rho v^2 =$ konstan, jadi di tempat aliran udara lebih **cepat**, tekanannya lebih **kecil**. Gaya angkat $F = (P_{\text{bawah}} - P_{\text{atas}})A$.

Analisis tiap pernyataan:

1. ✓ Bentuk sayap yang melengkung membuat udara di atas sayap mengalir lebih cepat.
2. ✗ Kebalikannya: kecepatan rendah di bawah sayap menghasilkan tekanan yang lebih **tinggi**.
3. ✓ Tekanan bawah > tekanan atas → gaya angkat ke atas.
4. ✗ Terbang melawan angin menambah kecepatan udara relatif terhadap sayap sehingga gaya angkat bertambah. Yang membuat burung terangkat adalah gaya angkat, bukan hambatan (hambatan justru menahan gerak maju).
5. ✓ Burung mengubah bentang dan sudut sayap untuk mengatur besar gaya angkat (misalnya saat lepas landas atau mendarat).

Jebakan: pernyataan 2 terdengar wajar, tetapi membalik hubungan kecepatan–tekanan dalam asas Bernoulli.

Jawaban: pernyataan 1, 3, dan 5.

No. 15 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: penderita hipermetropi (rabun dekat) memiliki titik dekat lebih jauh dari 25 cm. Ditolong lensa **cembung** (positif) dengan $P = \dfrac{100}{s_n} - \dfrac{100}{PP}$ ($s_n = 25$ cm).

Strategi 1 – Kacamata +2 dioptri. $P = \dfrac{100}{25} - \dfrac{100}{50} = 4 - 2 = +2$ D → **Tepat**.

Strategi 2 – Membaca dengan jarak lebih dari 50 cm. Mata Rina dapat melihat jelas benda yang berada di titik dekatnya (50 cm) atau lebih jauh. Sebagai cara sementara sebelum kacamata jadi, menjauhkan bacaan hingga ±50 cm atau lebih membuat tulisan terlihat jelas (asal ukuran huruf masih cukup besar) → **Tepat**.

Strategi 3 – Kacamata lensa cekung. Lensa cekung (negatif) untuk miopi; justru membuat titik dekat semakin jauh → **Tidak Tepat**.

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

Jebakan: rumus kuat lensa sering terbalik ($\frac{100}{50} - \frac{100}{25} = -2$ D), sehingga siswa mengira lensa negatif yang benar.

Jawaban: Tepat, Tepat, Tidak Tepat.

No. 16 Kunci: D

Konsep: fenomena ini adalah **fatamorgana** (*mirage*), akibat **pembiasan** cahaya.

Penjelasan:
1. Udara dekat permukaan yang panas memuai sehingga kerapatannya lebih kecil dan indeks biasnya lebih kecil daripada lapisan udara di atasnya.
2. Cahaya dari tanaman yang merambat miring ke bawah melewati lapisan-lapisan udara yang makin renggang, sehingga terus dibiaskan menjauhi garis normal dan akhirnya membelok ke atas (dapat sampai terjadi pemantulan sempurna).
3. Mata menelusuri cahaya itu lurus ke belakang sehingga tampak bayangan terbalik tanaman "di bawah tanah", mirip pantulan di permukaan air. Udara yang bergolak membuat bayangan itu tampak beriak.

Analisis opsi: A ✗ angin tidak membuat cahaya beriak; B dan C ✗ bukan pantulan oleh permukaan tanah; D ✓; E ✗ pengaruh gravitasi pada cahaya di Bumi sangat kecil dan tidak terkait panas tanah.

Jawaban: D.

No. 17 Kunci: A, C, D, E

Membaca grafik: suhu naik dari 27,0 °C (2005) ke 29,6 °C (2025), yaitu naik 2,6 °C dalam 20 tahun dan naik terus setiap 5 tahun.

Analisis tiap pernyataan:
1. ✓ Kendaraan dan AC melepas kalor buangan ke lingkungan kota; ditambah berkurangnya ruang hijau → energi termal lingkungan bertambah (efek pulau panas perkotaan).
2. ✗ Emisi gas buang (CO_2) dan refrigeran AC justru **menambah** efek rumah kaca, bukan mengurangi.
3. ✓ Tumbuhan mendinginkan udara lewat transpirasi/evaporasi yang menyerap kalor laten. Area hijau berkurang 40% → pendinginan alami berkurang.
4. ✓ Suhu naik terus berarti energi yang masuk/diserap lebih besar daripada yang dilepas kembali; sistem belum setimbang.
5. ✓ Suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata partikel ($E_k = \frac{3}{2}kT$), jadi suhu naik berarti energi kinetik rata-ratanya naik.

Jebakan: pernyataan 2 memakai istilah ilmiah ("kalor laten") tetapi kesimpulannya terbalik.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4, dan 5.

No. 18 Kunci: D

Konsep: jumlah gas tetap, sehingga $\dfrac{P_1V_1}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{T_2}$.

Langkah 1 – Data. $P_1 = 1$ atm, $V_1 = 2$ L, $T_1 = 300$ K; $V_2 = 1$ L, $T_2 = 600$ K.

Langkah 2 – Hitung. $P_2 = P_1 \cdot \dfrac{V_1}{V_2} \cdot \dfrac{T_2}{T_1} = 1 \times \dfrac{2}{1} \times \dfrac{600}{300} = 4$ atm.

Penalaran cepat: volume menjadi setengah → tekanan ×2; suhu ×2 → tekanan ×2 lagi. Total ×4 ✓.

Asal pengecoh: 1 atm (efek volume dan suhu dianggap saling meniadakan), 2 atm (hanya salah satu efek), 0,5 atm (perbandingan volume dibalik).

Jawaban: D.

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

No. 19 Kunci: C

Konsep variabel:

• Variabel **bebas** = yang sengaja dibuat berbeda oleh peneliti.
• Variabel **terikat** = yang diukur sebagai akibat.
• Variabel **kontrol** = yang dijaga tetap.

Penerapan pada rancangan:

• Yang dibuat berbeda: posisi lilin, yaitu jarak dari sumber panas (5 cm, 10 cm, ...) = "panjang logam" → **bebas**.
• Yang dicatat: waktu melelehnya lilin di setiap titik → **terikat** (daya konduksi baru dihitung kemudian dari waktu ini).
• Yang dijaga sama: satu batang **besi** yang sama (jenis logam), sumber panas yang sama → **kontrol**.

Analisis opsi:

• A ✗ bebas dan terikat tertukar.
• B, D ✗ waktu meleleh adalah hasil pengukuran, bukan variabel kontrol; jenis bahan tidak divariasikan.
• C ✓
• E ✗ panjang logam justru divariasikan, dan jenis bahan tidak diubah.

Jawaban: C.

No. 20 Kunci: A

Konsep: data akurat bila hanya variabel bebas yang berbeda. Faktor lain yang ikut memengaruhi variabel terikat harus dikendalikan.

Analisis: waktu leleh bergantung pada kalor yang dibutuhkan untuk melelehkan potongan lilin, dan itu bergantung pada **jenis** (titik leleh) dan **ukuran/massa** potongan. Rancangan membolehkan "lilin **atau** mentega" yang "dipotong tipis-tipis" tanpa ukuran yang sama. Akibatnya, perbedaan waktu leleh bisa disebabkan oleh perbedaan potongan, bukan oleh jaraknya dari sumber panas.

Opsi lain:

• B ✗ Tujuan percobaan adalah pengaruh panjang, bukan jenis logam; logam memang harus tetap.
• C ✗ Pemanasan di satu ujung memang disengaja agar kalor merambat sepanjang batang.
• D ✗ Mencatat waktu dengan *stopwatch* untuk peristiwa yang berlangsung beberapa menit cukup mudah; ini bukan kelemahan utama rancangan.
• E ✗ Yang dibutuhkan adalah jarak tiap lilin dari sumber, dan itu sudah diukur.

Jawaban: A.

No. 21 Kunci: B

Konsep: efisiensi $\eta = \dfrac{W}{Q_{\text{masuk}}}$ sehingga $Q_{\text{masuk}} = \dfrac{W}{\eta}$.

Langkah 1 – Sebelum diperbaiki. $Q_1 = \dfrac{600}{0{,}30} = 2.000\ \text{J}$.

Langkah 2 – Setelah diperbaiki. $Q_2 = \dfrac{600}{0{,}50} = 1.200\ \text{J}$.

Langkah 3 – Perubahan relatif. $\dfrac{2.000 - 1.200}{2.000} = \dfrac{800}{2.000} = 40\%$ lebih sedikit.

Asal pengecoh:

• 40% lebih banyak: besar perubahannya benar, tetapi arahnya terbalik. Efisiensi naik berarti kalor yang dibutuhkan untuk usaha yang sama **berkurang**.
• 50% lebih sedikit: menganggap kalor turun sebanding dengan selisih efisiensi tanpa menghitung

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

$Q = W/\eta$.

• 25% lebih banyak / 75% lebih sedikit: tidak sesuai dengan perbandingan $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{0{,}30}{0{,}50} = 0{,}6$.

Jawaban: B.

No. 22 Kunci: B

Konsep: $E = k\dfrac{|Q|}{r^2}$. Untuk dua muatan **sejenis** (keduanya negatif), titik medan nol terletak **di antara** kedua muatan dan lebih dekat ke muatan yang lebih kecil.

Langkah 1 – Syarat. Misalkan titik berada pada jarak x dari Q_1, berarti $(8 - x)$ cm dari Q_2:

$$k\frac{4}{x^2} = k\frac{9}{(8-x)^2}$$

Langkah 2 – Akar kedua ruas. $\dfrac{2}{x} = \dfrac{3}{8-x} \Rightarrow 16 - 2x = 3x \Rightarrow x = 3{,}2$ cm.

Cek: $\dfrac{4}{3{,}2^2} = 0{,}391$ dan $\dfrac{9}{4{,}8^2} = 0{,}391$ ✓. Di titik ini medan dari Q_1 dan Q_2 berlawanan arah (keduanya menunjuk ke muatan negatif masing-masing).

Asal pengecoh: 4 cm (titik tengah, mengabaikan beda besar muatan); 4,8 cm (jarak dari Q_2 terbaca sebagai posisi); di luar kedua muatan hanya mungkin untuk muatan **berlawanan** jenis.

Jawaban: B.

No. 23 Kunci: A

Konsep: energi $W = P \times t$ (kWh); biaya = energi × tarif.

Langkah 1 – Energi per bulan.

• AC: $1 \times 8 \times 30 = 240$ kWh
• Kulkas: $0{,}15 \times 24 \times 30 = 108$ kWh
• Mesin cuci: $0{,}35 \times 1 \times 8 = 2{,}8$ kWh
• Setrika: $0{,}3 \times 1 \times 12 = 3{,}6$ kWh
• TV: $0{,}1 \times 5 \times 30 = 15$ kWh

Total $= 369{,}4$ kWh → biaya $369{,}4 \times 1.500 =$ Rp554.100,00.

Langkah 2 – Batas energi. Biaya < Rp375.000 → energi < $\dfrac{375.000}{1.500} = 250$ kWh. Harus hemat lebih dari $369{,}4 - 250 = 119{,}4$ kWh.

Langkah 3 – Uji opsi (penghematan).

• A: AC 4 jam → hemat $1 \times 4 \times 30 = 120$ kWh → total 249,4 kWh → Rp374.100,00 < Rp375.000,00 ✓
• B: $0{,}1 \times 1 \times 30 + 0{,}35 = 3{,}35$ kWh ✗
• C: $0{,}1 \times 3 \times 30 = 9$ kWh ✗
• D: 2,8 kWh ✗
• E: $0{,}3 \times 8 = 2{,}4$ kWh ✗

Kesimpulan: AC adalah pemakai energi terbesar, sehingga penghematan paling efektif ada pada AC.

Jawaban: A.

No. 24 Kunci: C

Konsep: $I = \dfrac{V}{R_{\text{total}}}$; seri $R = R_1 + R_2$; paralel $\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}$.

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

Keadaan awal:

• A: $R = 6 + 6 = 12\ \Omega \rightarrow I_A = \dfrac{12}{12} = 1$ A.

• B: $R = \dfrac{3 \times 3}{3 + 3} = 1{,}5\ \Omega \rightarrow I_B = \dfrac{6}{1{,}5} = 4$ A.

Uji tiap modifikasi:

• A: $I_A = \frac{6}{12} = 0{,}5$ A ≠ 4 A ✗

• B: 6 Ω diparalel dengan susunan 12 Ω → $R = 4\ \Omega$, $I_A = 3$ A ≠ 4 A ✗

• C: B dibuat seri → $R = 6\ \Omega$, $I_B = \frac{6}{6} = 1$ A = I_A ✓

• D: $I_B = \frac{12}{1{,}5} = 8$ A ✗

• E: $R = 4{,}5\ \Omega$, $I_B = 1{,}33$ A ✗

Jawaban: C.

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: satuan besaran turunan diperoleh dari rumus definisinya: gaya = ma, usaha = Fs, daya = W/t, tekanan = F/A, massa jenis = m/V.

Analisis pernyataan:

• 1 ✓ – $F = ma$ → kg × m/s².

• 2 ✗ – $p = F/A$ → (kg·m/s²)/m² = kg/(m·s²); kg·m/s adalah satuan momentum.

• 3 ✓ – $P = W/t$ → (kg·m²/s²)/s.

• 4 ✗ – $W = Fs$ → kg·m²/s²; kg·m/s² adalah satuan gaya.

• 5 ✓ – $\rho = m/V$.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 5.

No. 2 Kunci: D

Konsep: hipotesis adalah dugaan jawaban sementara tentang hubungan variabel bebas dan variabel terikat yang dapat diuji dengan percobaan.

Analisis opsi:

• A ✗ – pernyataan nilai, tidak dapat diuji dengan data suhu.

• B ✗ – bahan kain dijaga sama; hipotesis tidak menyangkut variabel yang diubah.

• C ✗ – itu langkah prosedur, bukan dugaan hubungan.

• D ✓ – menghubungkan variabel bebas (warna) dan variabel terikat (kenaikan suhu) dan dapat diuji.

• E ✗ – itu rumusan masalah (pertanyaan), bukan hipotesis.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: jarak = panjang lintasan; perpindahan = vektor dari titik awal ke titik akhir.

Pernyataan 1. jarak = panjang lintasan $3 + 4 + 3 = 10$ m → **Benar**.

Pernyataan 2. gerak ke timur dan ke barat saling meniadakan; tersisa 4 m ke utara → **Benar**.

Pernyataan 3. Pythagoras hanya dipakai untuk dua komponen tegak lurus yang tersisa; di sini komponen timur–barat nol → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

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

No. 4 **Kunci: E**

Konsep: jatuh bebas $h = \frac{1}{2}gt^2$; dilempar ke bawah $h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$.

Langkah – P: $45 = 5t^2 \rightarrow t = 3$ s. Q bergerak $3 - 1 = 2$ s: $45 = 2v_0 + 5 \times 4 \rightarrow v_0 = 12{,}5$ m/s.

Analisis opsi:

- A (10 m/s) ✗ – waktu tempuh Q dianggap sama dengan P.
- B (15 m/s) ✗ – jarak dibagi waktu 3 s.
- C (22,5 m/s) ✗ – jarak dibagi 2 s tanpa memperhitungkan percepatan gravitasi.
- D (5 m/s) ✗ – selisih waktu dikalikan g lalu dibagi dua.
- E (12,5 m/s) ✓ – Q menempuh 45 m dalam 2 s: 45 = 2v_0 + 20.

Jawaban: E.

No. 5 **Kunci: A**

Konsep: jarak = luas di bawah grafik kecepatan–waktu.

Langkah – Luas segitiga $= \frac{1}{2} \times 4 \times 12 = 24$ m.

Analisis opsi:

- A (24 m) ✓ – luas segitiga ½ × 4 × 12.
- B (48 m) ✗ – luas dihitung sebagai persegi panjang (12 × 4).
- C (3 m) ✗ – itu besar perlambatan (m/s²).
- D (12 m) ✗ – kecepatan awal dianggap jarak.
- E (6 m) ✗ – kecepatan rata-rata dianggap jarak.

Jawaban: A.

No. 6 **Kunci: B**

Konsep: jangkauan $R = \dfrac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ sama untuk sudut yang berjumlah 90°; waktu di udara $\dfrac{2v_0 \sin\theta}{g}$ lebih besar untuk sudut lebih besar.

Analisis opsi:

- A ✗ – jarak terjauh pada 45°; 30° dan 60° menghasilkan jarak sama.
- B ✓ – sin 2θ sama untuk 30° dan 60°; komponen vertikal 60° lebih besar.
- C ✗ – lama di udara bergantung pada v_0 sin θ yang berbeda.
- D ✗ – terbalik; bola 60° yang lebih tinggi dan lebih lama.
- E ✗ – kecepatan mendatar lebih besar, tetapi waktunya lebih singkat; hasilnya sama jauh.

Jawaban: B.

No. 7 **Kunci: C**

Konsep: gerak melingkar beraturan: $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$, percepatan sentripetal $a = \omega^2 r = \dfrac{v^2}{r}$.

Langkah – $\omega = \dfrac{2\pi}{4} = \dfrac{\pi}{2}$ rad/s. $a = \left(\dfrac{\pi}{2}\right)^2 \times 4 = \pi^2 \approx 9{,}9$ m/s².

Analisis opsi:

- A (6,3 m/s²) ✗ – itu kelajuan linear (m/s), belum dibagi jari-jari dan dikalikan lagi.
- B (39,5 m/s²) ✗ – periode dibaca 2 s (setengah putaran), sehingga ω dua kali lebih besar.
- C (9,9 m/s²) ✓ – ω = π/2 rad/s; a = ω²r = π².
- D (1,6 m/s²) ✗ – ω tidak dikuadratkan.
- E (0 m/s²) ✗ – kelajuan tetap tidak berarti percepatan nol; arah kecepatan terus berubah.

Jawaban: C.

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

No. 8 Kunci: D

Konsep: sistem dipercepat bersama: $a = \dfrac{F}{m_A + m_B}$; tegangan tali adalah satu-satunya gaya mendatar pada B.

Langkah – $a = \dfrac{9}{3} = 3\ \text{m/s}^2$. $T = m_B a = 1 \times 3 = 3\ \text{N}$.

Analisis opsi:

- A (9 N) ✗ – gaya tarik dianggap diteruskan utuh ke B.
- B (6 N) ✗ – itu gaya total yang diperlukan gerbong A sendiri.
- C (4,5 N) ✗ – gaya dibagi rata tanpa memperhatikan massa.
- D (3 N) ✓ – B dipercepat 3 m/s²: T = 1 × 3.
- E (1 N) ✗ – tegangan dianggap sama dengan massa B.

Jawaban: D.

No. 9 Kunci: E

Konsep: energi kinetik $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ sebanding dengan kuadrat kelajuan.

Analisis opsi:

- A (2 kali) ✗ – energi kinetik dianggap sebanding lurus dengan kelajuan.
- B (½ kali) ✗ – perbandingan dibalik.
- C (tetap) ✗ – massa tetap, tetapi kelajuan berubah.
- D (8 kali) ✗ – kelajuan dipangkatkan tiga.
- E (4 kali) ✓ – Ek ∝ v²: $2^2 = 4$.

Jawaban: E.

No. 10 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: impuls $F\Delta t = \Delta p$; untuk perubahan momentum yang sama, waktu tumbukan yang lebih lama menghasilkan gaya rata-rata lebih kecil.

Analisis pernyataan:

- 1 ✓ – kepala tetap berhenti dari kelajuan yang sama.
- 2 ✗ – momentum awal ditentukan massa dan kelajuan sebelum tabrakan.
- 3 ✓ – kantong lunak memberi waktu tumbukan lebih lama.
- 4 ✗ – impuls sama tetapi waktunya lebih lama, sehingga gaya lebih kecil.
- 5 ✓ – $F = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$ mengecil bila Δt membesar.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 5.

No. 11 Kunci: A

Konsep: kesetimbangan rotasi terhadap poros: jumlah momen searah = jumlah momen berlawanan; berat batang bekerja di pusat massanya.

Langkah – $5 \times 10 = 1 \times d + 0{,}4 \times 14{,}5 \rightarrow d = 50 - 5{,}8 = 44{,}2\ \text{cm}$.

Analisis opsi:

- A (44,2 cm) ✓ – 50 − 0,4 × 14,5 = 44,2.
- B (50 cm) ✗ – massa batang diabaikan.
- C (55,8 cm) ✗ – momen batang ditambahkan, padahal searah dengan momen anak timbang.
- D (14,5 cm) ✗ – jarak pusat massa batang dianggap jarak anak timbang.
- E (35,5 cm) ✗ – jarak pusat massa batang dikurangkan langsung dari 50 cm.

Jawaban: A.

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

No. 12 Kunci: B

Konsep: hukum Pascal: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$; luas lingkaran sebanding dengan kuadrat diameter.

Langkah – $\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{20}{2}\right)^2 = 100 \rightarrow F_2 = 50 \times 100 = 5.000$ N.

Analisis opsi:

- A (500 N) ✗ – perbandingan diameter tidak dikuadratkan.
- B (5.000 N) ✓ – luas sebanding kuadrat diameter: $(20/2)^2 = 100$.
- C (50 N) ✗ – gaya dianggap diteruskan sama besar.
- D (0,5 N) ✗ – perbandingan luas dibalik.
- E (50.000 N) ✗ – diameter dipangkatkan tiga.

Jawaban: B.

No. 13 Kunci: C

Konsep: benda terapung bila massa jenis rata-ratanya (massa total ÷ volume total, termasuk rongga) lebih kecil daripada massa jenis zat cair.

Analisis opsi:

- A ✗ – jenis bajanya sama, sehingga massa jenis bahannya sama.
- B ✗ – gaya apung bergantung pada volume yang dipindahkan, bukan "menolak" benda besar.
- C ✓ – kapal memindahkan banyak air sehingga gaya apungnya dapat menyamai beratnya.
- D ✗ – gravitasi tidak bergantung pada gerak kapal.
- E ✗ – baja pejal tetap mendapat gaya apung, tetapi lebih kecil daripada beratnya.

Jawaban: C.

No. 14 Kunci: D

Konsep: kontinuitas $A_1 v_1 = A_2 v_2$ dan Bernoulli untuk pipa mendatar $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$.

Langkah – $v_2 = 4$ m/s. $p_2 = 150.000 - \frac{1}{2} \times 1.000 \times (4^2 - 2^2) = 150.000 - 6.000 = 144$ kPa.

Analisis opsi:

- A (156 kPa) ✗ – tekanan dianggap naik di bagian sempit.
- B (148 kPa) ✗ – kelajuan tidak dikuadratkan (½ × 1.000 × 2 × 2).
- C (142 kPa) ✗ – faktor ½ terlupa.
- D (144 kPa) ✓ – $v_2 = 4$ m/s; $\Delta p = ½ \times 1.000 \times (16 - 4) = 6$ kPa.
- E (150 kPa) ✗ – tekanan dianggap sama di sepanjang pipa.

Jawaban: D.

No. 15 Kunci: E

Konsep: cahaya tiba hampir seketika, sedangkan bunyi menempuh jarak dengan kelajuan 340 m/s; bunyi guntur hanya menempuh jarak sekali (tidak pergi-pulang).

Langkah – $s = 340 \times 3 = 1.020$ m.

Analisis opsi:

- A (510 m) ✗ – jarak dibagi dua seperti pada gema.
- B (113 m) ✗ – cepat rambat dibagi waktu.
- C (340 m) ✗ – waktu dianggap 1 s.
- D (2.040 m) ✗ – waktu dikalikan dua seperti pantulan.
- E (1.020 m) ✓ – $s = v\,t = 340 \times 3$.

Jawaban: E.

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

No. 16 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: pelayangan terjadi karena superposisi dua bunyi berfrekuensi berdekatan: frekuensi pelayangan $f_L = |f_1 - f_2|$, nada yang terdengar $\approx \frac{1}{2}(f_1 + f_2)$.

Pernyataan 1. frekuensi pelayangan $= |f_1 - f_2| = 4$ Hz → **Benar**.
Pernyataan 2. nada yang terdengar adalah rata-rata kedua frekuensi → **Benar**.
Pernyataan 3. frekuensinya mendekati 440 Hz, sehingga selisihnya (dan pelayangan) mengecil → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 17 Kunci: A

Konsep: hukum Snellius $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$; masuk ke medium lebih rapat → dibiaskan mendekati normal.

Langkah – $1 \times 0{,}8 = \frac{4}{3}\sin r \rightarrow \sin r = 0{,}6 \rightarrow r = 37^\circ$.

Analisis opsi:
- A (37°) ✓ – sin r = 0,8 ÷ 4/3 = 0,6.
- B (53°) ✗ – cahaya dianggap tidak dibelokkan.
- C (90°) ✗ – dianggap terjadi sudut kritis; sudut kritis hanya dari medium rapat ke renggang.
- D (64°) ✗ – indeks bias dibalik sehingga sinar menjauhi normal.
- E (30°) ✗ – sin r dihitung 0,5 tanpa alasan.

Jawaban: A.

No. 18 Kunci: B

Konsep: lup dengan mata berakomodasi maksimum: $M = \dfrac{s_n}{f} + 1$, dengan s_n titik dekat pengamat sendiri.

Langkah – $M = \dfrac{30}{5} + 1 = 7$ kali.

Analisis opsi:
- A (6 kali) ✗ – itu perbesaran saat mata tidak berakomodasi (30/5).
- B (7 kali) ✓ – M = s_n/f + 1 = 6 + 1.
- C (5 kali) ✗ – titik dekat dianggap 25 cm dan mata tidak berakomodasi.
- D (150 kali) ✗ – titik dekat dikalikan jarak fokus.
- E (35 kali) ✗ – titik dekat dan jarak fokus dijumlahkan.

Jawaban: B.

No. 19 Kunci: C

Konsep: hukum pergeseran Wien: $\lambda_{\text{maks}} T$ = tetap, sehingga λ_{maks} berbanding terbalik dengan suhu mutlak.

Analisis opsi:
- A (1,5 kali semula) ✗ – λ maks dianggap sebanding dengan suhu.
- B (tetap seperti semula) ✗ – λ maks berubah bila suhu berubah.
- C (⅔ kali semula) ✓ – λ maks T tetap → $\lambda_2 = \lambda_1 \times 2.000/3.000$.
- D ($(⅔)^4$ kali semula) ✗ – pangkat empat berlaku untuk daya pancaran, bukan λ maks.
- E (2,25 kali semula) ✗ – perbandingan suhu dikuadratkan.

Jawaban: C.

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

No. 20 Kunci: D

Konsep: permukaan terang dan mengilap memantulkan sebagian besar radiasi; permukaan gelap dan kusam menyerapnya.

Analisis opsi:

- A ✗ – cat tidak menghasilkan udara dingin.
- B ✗ – atap gelap juga memancar ke luar; penyebab utamanya penyerapan.
- C ✗ – warna atap tidak menghentikan konveksi di dalam rumah.
- D ✓ – permukaan terang adalah penyerap radiasi yang buruk.
- E ✗ – warna tidak menentukan kalor jenis bahan.

Jawaban: D.

No. 21 Kunci: E

Konsep: gas dalam wadah bervolume tetap: tekanan sebanding dengan suhu mutlak; secara mikroskopis molekul bergerak lebih cepat dan menumbuk dinding lebih kuat dan sering.

Analisis opsi:

- A ✗ – ban tertutup, jumlah molekul tetap.
- B ✗ – volume dianggap tetap.
- C ✗ – udara tidak masuk menembus karet ban.
- D ✗ – gesekan memanaskan, tidak menambah massa.
- E ✓ – volume tetap → P ∝ T.

Jawaban: E.

No. 22 Kunci: A

Konsep: isotermal: suhu tetap → $\Delta U = 0 \rightarrow Q = W$; gas dimampatkan berarti W (oleh gas) negatif.

Langkah – $W_{\text{gas}} = -420$ J, $\Delta U = 0 \rightarrow Q = -420$ J: gas melepas 420 J kalor.

Analisis opsi:

- A ✓ – isotermal: ΔU = 0, Q = W = −420 J.
- B ✗ – itu proses adiabatik, bukan isotermal.
- C ✗ – tanda keliru; gas dimampatkan sehingga harus melepas kalor.
- D ✗ – suhu tetap berarti ΔU = 0.
- E ✗ – usaha dijumlahkan dua kali dengan tanda keliru.

Jawaban: A.

No. 23 Kunci: B

Konsep: usaha oleh gaya listrik $W = q(V_A - V_B)$; muatan positif yang bergerak dari potensial tinggi ke rendah mendapat usaha positif (energi potensial berubah menjadi kinetik).

Langkah – $W = 2 \times 10^{-6} \times (500 - 100) = 8 \times 10^{-4}$ J.

Analisis opsi:

- A (-8×10^{-4} J) ✗ – tanda keliru: q(V_B − V_A) adalah usaha gaya luar, bukan usaha medan.
- B ($+8 \times 10^{-4}$ J) ✓ – W_medan = q(V_A − V_B) = $2 \times 10^{-6} \times 400$.
- C ($+1{,}2 \times 10^{-3}$ J) ✗ – potensial A dan B dijumlahkan.
- D ($+8 \times 10^{-2}$ J) ✗ – μC tidak diubah ke coulomb dengan benar.
- E (0 J) ✗ – usaha nol hanya bila A dan B sepotensial.

Jawaban: B.

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

No. 24 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: $I = \dfrac{\varepsilon}{R+r}$; tegangan jepit $V = \varepsilon - Ir$; daya pada hambatan I^2R.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – tegangan jepit $= 6 - 2 \times 0{,}5 = 5$ V.
- 2 ✓ – $I = \dfrac{6}{2{,}5 + 0{,}5} = 2$ A.
- 3 ✓ – $P = I^2R = 4 \times 2{,}5 = 10$ W.
- 4 ✗ – hambatan dalam memakai daya $I^2r = 2$ W.
- 5 ✓ – $I^2r = 4 \times 0{,}5 = 2$ W.

Jawaban: pernyataan 2, 3 dan 5.

No. 25 Kunci: C

Konsep: energi listrik yang dipakai = daya × waktu, tidak bergantung pada jenis alat; alat berbeda mengubahnya menjadi bentuk energi yang berbeda.

Analisis opsi:

- A ✗ – daya dan waktu sama, jadi energi listrik yang dipakai sama.
- B ✗ – rasa panas menunjukkan bentuk energi akhirnya, bukan jumlah energinya.
- C ✓ – setrika → kalor; kipas → terutama gerak.
- D ✗ – alat yang menyala selalu memakai energi.
- E ✗ – kipas mengubah sebagian besar energi menjadi gerak.

Jawaban: C.

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: E

Konsep: hasil perkalian/pembagian ditulis dengan jumlah angka penting sama dengan bilangan yang angka pentingnya paling sedikit.

Langkah – $12{,}5 \times 4{,}2 = 52{,}5$ cm². 12,5 memiliki 3 angka penting, 4,2 memiliki 2 angka penting → hasil 2 angka penting: 53 cm².

Analisis opsi:

- A (52,50 cm²) ✗ – jumlah angka penting hasil kali tidak boleh melebihi angka penting paling sedikit.
- B (52,5 cm²) ✗ – masih 3 angka penting; 4,2 cm hanya 2 angka penting.
- C (52 cm²) ✗ – pembulatan keliru; 52,5 dibulatkan ke atas menjadi 53.
- D (50 cm²) ✗ – dibulatkan menjadi 1 angka penting.
- E (53 cm²) ✓ – 12,5 × 4,2 = 52,5 → 2 angka penting = 53 cm².

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: A

Konsep: mengukur beberapa getaran sekaligus mengurangi pengaruh galat waktu reaksi, karena galat yang sama dibagi jumlah getaran.

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

Analisis opsi:
• A ✓ – galat waktu reaksi (±0,2 s) hanya terjadi sekali, lalu terbagi 10.
• B ✗ – periode bandul tetap untuk simpangan kecil.
• C ✗ – stopwatch dapat mengukur waktu singkat; masalahnya ketelitian pengamat.
• D ✗ – jumlah ayunan yang dihitung tidak mengubah simpangan.
• E ✗ – satu kali pengukuran 10 ayunan tetap hanya satu data.

Jawaban: A.

No. 3 Kunci: B

Konsep: komponen sejajar lantai $F_x = F\cos\theta$, komponen tegak $F_y = F\sin\theta$, dengan θ diukur dari lantai.

Analisis opsi:
• A (60 N) ✗ – yang dihitung komponen tegak (F sin 37°).
• B (80 N) ✓ – F cos 37° = 100 × 0,8.
• C (100 N) ✗ – seluruh gaya dianggap sejajar lantai.
• D (140 N) ✗ – kedua komponen dijumlahkan.
• E (48 N) ✗ – dikalikan sin dan cos sekaligus.

Jawaban: B.

No. 4 Kunci: C

Konsep: GLBB: $v^2 = v_0^2 + 2as$; hitung jarak tahap dipercepat dan tahap diperlambat terpisah.

Langkah – Dipercepat: $s_1 = \dfrac{60^2}{2\times 2} = 900$ m. Direm: $s_2 = \dfrac{60^2}{2\times 3} = 600$ m. Total 1.500 m.

Analisis opsi:
• A (900 m) ✗ – jarak pengereman terlupa.
• B (600 m) ✗ – yang dihitung hanya jarak pengereman.
• C (1.500 m) ✓ – 900 m (dipercepat) + 600 m (direm).
• D (1.800 m) ✗ – jarak pengereman dihitung dengan perlambatan 2 m/s^2.
• E (3.000 m) ✗ – kedua tahap dihitung v^2/a tanpa faktor 2: 1.800 + 1.200.

Jawaban: C.

No. 5 Kunci: D

Konsep: pada grafik x–t berupa garis lurus, kecepatan tetap = kemiringan grafik = $dfracDeltaxDeltat$.

Langkah – $v = dfrac18extkm15extmenit = dfrac180{,}25extjam = 72$ km/jam.

Analisis opsi:
• A (1,2 km/jam) ✗ – km dibagi menit tanpa mengubah menit ke jam.
• B (18 km/jam) ✗ – posisi akhir dianggap kecepatan.
• C (1.080 km/jam) ✗ – jarak dikalikan 60 tanpa dibagi selang waktu 15 menit.
• D (72 km/jam) ✓ – 18 km ÷ 0,25 jam.
• E (270 km/jam) ✗ – menit dikalikan jarak.

Jawaban: D.

No. 6 Kunci: E

Konsep: jangkauan pada tanah datar $R = \dfrac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$.

Langkah – $R = \dfrac{64 \times \sin 60^\circ}{10} = \dfrac{64 \times 0{,}87}{10} \approx 5{,}6$ m.

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

Analisis opsi:
• A (6,4 m) ✗ – sin 2θ dianggap 1 (seperti sudut 45°).
• B (3,2 m) ✗ – memakai sin 30° = 0,5, bukan sin 60°.
• C (2,8 m) ✗ – dibagi 2g seperti rumus tinggi maksimum.
• D (11,1 m) ✗ – dibagi ½g, bukan g.
• E (5,6 m) ✓ – R = v_0^2 sin 2θ / g = 64 × 0,87 / 10.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: gerak melingkar beraturan: $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$, $v = \omega r$; arah kecepatan selalu berubah.

Analisis pernyataan:
• 1 ✓ – jarum menit berputar satu kali dalam 1 jam.
• 2 ✗ – jarum jam berputar sekali dalam 12 jam, jadi ω-nya lebih kecil.
• 3 ✓ – $\omega = \dfrac{2\pi}{60} = \dfrac{\pi}{30}$ rad/s.
• 4 ✗ – kecepatan sudut ditentukan periode, bukan panjang jarum.
• 5 ✓ – pada gerak melingkar beraturan arah kecepatan selalu menyinggung lingkaran.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 5.

No. 8 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: pada bidang miring: $N = mg\cos\theta$, komponen berat sejajar bidang $mg\sin\theta$, gaya gesek μN melawan arah gerak.

Pernyataan 1. $N = mg\cos 37^\circ = 50 \times 0{,}8 = 40$ N → **Benar**.
Pernyataan 2. $f = \mu N = 0{,}25 \times 40 = 10$ N → **Benar**.
Pernyataan 3. $a = \dfrac{mg\sin 37^\circ - f}{m} = \dfrac{30 - 10}{5} = 4$ m/s²; 6 m/s² diperoleh bila gesekan diabaikan → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 9 Kunci: A

Konsep: usaha $W = Fs\cos\theta$, dengan θ sudut antara gaya dan perpindahan.

Analisis opsi:
• A (500 J) ✓ – W = F s cos 60° = 50 × 20 × 0,5.
• B (1.000 J) ✗ – sudut diabaikan.
• C (866 J) ✗ – memakai sin 60°, bukan cos 60°.
• D (25 J) ✗ – gaya dikalikan cos 60° tanpa dikalikan perpindahan.
• E (0 J) ✗ – usaha nol hanya bila gaya tegak lurus perpindahan.

Jawaban: A.

No. 10 Kunci: B

Konsep: tumbukan lenting sempurna: momentum kekal dan kelajuan relatif berbalik ($v'_B - v'_A = v_A - v_B$).

Langkah – $6 = 2v'_A + v'_B$ dan $v'_B - v'_A = 3 \rightarrow v'_A = 1$ m/s, $v'_B = 4$ m/s.

Analisis opsi:
• A (6 m/s) ✗ – seluruh momentum A dianggap pindah ke B (2 × 3 = 1 × v).
• B (4 m/s) ✓ – momentum dan energi kinetik kekal: 2·3 = 2v_A + v_B dan v_B − v_A = 3.
• C (3 m/s) ✗ – kecepatan dianggap berpindah utuh seperti pada massa sama.

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

- D (2 m/s) ✗ – tumbukan dianggap tidak lenting (bergerak bersama).
- E (1 m/s) ✗ – itu kelajuan bola A setelah tumbukan.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: C

Konsep: benda tetap stabil selama garis kerja gaya beratnya jatuh di dalam bidang tumpuan; titik berat yang tinggi mudah keluar dari bidang tumpuan saat dimiringkan.

Analisis opsi:

- A ✗ – massanya bisa sama; yang berbeda letak titik beratnya.
- B ✗ – roda tidak berubah karena tinggi muatan.
- C ✓ – garis kerja berat jatuh di luar tumpuan sehingga timbul momen yang menggulingkan.
- D ✗ – gesekan tidak menentukan terguling atau tidaknya.
- E ✗ – angin bukan penyebab utama pada keadaan ini.

Jawaban: C.

No. 12 Kunci: D

Konsep: tekanan hidrostatis $p = \rho g h$ bertambah dengan tinggi kolom zat cair; cairan mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.

Analisis opsi:

- A ✗ – tekanan hidrostatis tidak bergantung pada luas wadah.
- B ✗ – yang mendorong cairan adalah tekanan kolom cairan, bukan "keringanan" cairan.
- C ✗ – tinggi botol tidak mengubah aliran darah pasien.
- D ✓ – p = ρgh harus melebihi tekanan darah; bila h kecil, tekanan cairan kalah.
- E ✗ – gravitasi tetap ada; yang berkurang adalah tinggi kolom cairan.

Jawaban: D.

No. 13 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: benda terapung: $F_A = W$, dan bagian tercelup $\dfrac{V_{\text{celup}}}{V} = \dfrac{\rho_{\text{benda}}}{\rho_{\text{cair}}}$.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – massa jenis balok (600) lebih kecil daripada minyak (800), jadi balok terapung.
- 2 ✓ – $\dfrac{600}{1.000} = 60\ \%$.
- 3 ✗ – keduanya terapung, jadi gaya apung sama dengan berat balok yang sama.
- 4 ✓ – $\dfrac{600}{800} = 75\ \%$.
- 5 ✓ – syarat terapung setimbang.

Jawaban: pernyataan 2, 4 dan 5.

No. 14 Kunci: E

Konsep: debit $Q = Av$ dengan $A = \pi r^2$; waktu mengisi $t = \dfrac{V}{Q}$.

Langkah – $A = 3{,}14 \times 0{,}02^2 = 1{,}26 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$; $Q = 2{,}51 \times 10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s}$.

$$t = \frac{1}{2{,}51 \times 10^{-3}} \approx 398\ \text{s} \approx 6{,}6\ \text{menit}.$$

Analisis opsi:

- A (1,7 menit) ✗ – diameter dipakai sebagai jari-jari.
- B (5,2 menit) ✗ – luas dihitung d^2 tanpa π/4.

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

- C (66 menit) ✗ – 1.000 L dianggap 10 m^3.
- D (0,7 menit) ✗ – debit dikalikan 4 tanpa alasan.
- E (6,6 menit) ✓ – $Q = \pi(0{,}02)^2 \times 2 \approx 2{,}5 \times 10^{-3}$ m^3/s; $t = 1\ m^3 \div Q \approx 398$ s.

Jawaban: E.

No. 15 Kunci: A

Konsep: gelombang transversal: arah getar tegak lurus arah rambat (bukit dan lembah); longitudinal: sejajar (rapatan dan renggangan).

Analisis opsi:
- A ✓ – tali bergetar naik-turun, gelombang merambat mendatar.
- B ✗ – arah getar tegak lurus adalah ciri transversal.
- C ✗ – memerlukan medium adalah ciri gelombang mekanik, bukan pembeda transversal.
- D ✗ – tali yang digetarkan naik-turun membentuk bukit dan lembah.
- E ✗ – gelombang tali adalah gelombang mekanik.

Jawaban: A.

No. 16 Kunci: B

Konsep: intensitas bunyi dari sumber titik $I = \dfrac{P}{4\pi r^2}$: energi yang sama tersebar ke permukaan bola yang makin luas.

Analisis opsi:
- A ✗ – frekuensi tidak berubah (pengamat berjalan pelan); yang berubah intensitasnya.
- B ✓ – $I = P/(4\pi r^2)$: luas makin besar → intensitas makin kecil.
- C ✗ – cepat rambat bunyi di udara tetap.
- D ✗ – panjang gelombang tidak bergantung pada jarak.
- E ✗ – penyerapan udara kecil; penyebab utamanya penyebaran energi.

Jawaban: B.

No. 17 Kunci: C

Konsep: lensa cekung: f negatif; untuk benda nyata selalu terbentuk bayangan maya, tegak, diperkecil di depan lensa.

Langkah – $\dfrac{1}{s'} = \dfrac{1}{-15} - \dfrac{1}{30} = -\dfrac{3}{30} \rightarrow s' = -10$ cm (maya, di depan lensa); $M = \dfrac{10}{30} = \dfrac{1}{3}$.

Analisis opsi:
- A ✗ – itu hasil lensa cembung dengan benda di 2F.
- B ✗ – tanda s′ dibaca terbalik; bayangan nyata tidak mungkin tegak.
- C ✓ – $1/s' = -1/15 - 1/30 \rightarrow s' = -10$ cm; $M = 1/3$.
- D ✗ – memakai f positif dengan rumus keliru.
- E ✗ – bayangan dianggap selalu di titik fokus.

Jawaban: C.

No. 18 Kunci: A, B, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: mikroskop: f_{ob} kecil, $M = M_{ob} \times M_{ok}$; teropong bintang: f_{ob} besar, $M = f_{ob}/f_{ok}$, $d = f_{ob} + f_{ok}$ (mata santai).

Analisis pernyataan:
- 1 ✓ – benda diletakkan sedikit di luar fokus objektif agar bayangannya nyata dan sangat diperbesar.
- 2 ✓ – perbesaran teropong f_{ob}/f_{ok} besar bila f_{ob} panjang.

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

- 3 ✗ – perbesaran total adalah hasil kali, bukan jumlah.
- 4 ✗ – panjangnya $f_{ob} + f_{ok}$.
- 5 ✓ – objektif membalik bayangan; okuler membentuk bayangan maya dari bayangan itu.

Jawaban: pernyataan 1, 2 dan 5.

No. 19 Kunci: D

Konsep: perubahan wujud pada suhu tetap: $Q = mL$.

Langkah – $Q = 0{,}2 \times 2{,}26 \times 10^6 = 4{,}52 \times 10^5$ J $= 452$ kJ.

Analisis opsi:

- A (84 kJ) ✗ – memakai mcΔT dengan ΔT = 100 °C.
- B (452 J) ✗ – massa tidak diubah dan satuan keliru.
- C (4.520 kJ) ✗ – massa 200 g dianggap 2 kg.
- D (452 kJ) ✓ – Q = mL = 0,2 × 2,26 × 10^6.
- E (11,3 MJ) ✗ – kalor uap dibagi massa.

Jawaban: D.

No. 20 Kunci: E

Konsep: kesimpulan harus sesuai cakupan data: data rata-rata global jangka panjang tidak dapat dipakai untuk menyimpulkan bahwa setiap tempat pasti lebih panas setiap tahun.

Analisis opsi:

- A ✗ – tren jangka panjang tidak menjamin setiap tahun di setiap tempat lebih panas.
- B ✗ – perbedaan kota–desa tidak berkaitan dengan pernyataan "setiap tahun".
- C ✗ – CO_2 adalah gas rumah kaca; kaitannya didukung mekanisme fisika.
- D ✗ – suhu lokal juga dipengaruhi pemanasan global, tetapi berfluktuasi.
- E ✓ – tren rata-rata global jangka panjang tidak menjamin kenaikan setiap tahun di setiap tempat; kesimpulan melampaui data.

Jawaban: E.

No. 21 Kunci: A

Konsep: suhu tetap dan jumlah gas tetap → hukum Boyle $P_1V_1 = P_2V_2$.

Analisis opsi:

- A (2 kali) ✓ – $P_1V_1 = P_2V_2 \rightarrow V_2 = V_1 \times 200/100$.
- B (½ kali) ✗ – perbandingan tekanan dibalik.
- C (tetap) ✗ – tekanan berubah, jadi volume ikut berubah.
- D (4 kali) ✗ – perbandingan tekanan dikuadratkan.
- E ($\sqrt{2}$ kali) ✗ – akar perbandingan diambil tanpa alasan.

Jawaban: A.

No. 22 Kunci: B

Konsep: mesin kalor: $Q_1 = W + Q_2$; efisiensi $\eta = \dfrac{W}{Q_1}$.

Analisis opsi:

- A (750 J dan 30 %) ✗ – kalor buang dianggap sama dengan usaha.
- B (1.750 J dan 30 %) ✓ – Q_2 = 2.500 − 750; η = 750/2.500.
- C (3.250 J dan 30 %) ✗ – usaha ditambahkan ke Q_1.
- D (1.750 J dan 70 %) ✗ – efisiensi dihitung Q_2/Q_1.
- E (1.750 J dan 43 %) ✗ – efisiensi dihitung W/Q_2.

Jawaban: B.

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

No. 23 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: bola konduktor bermuatan: muatan di permukaan luar; di dalam $E = 0$ dan V = potensial permukaan; di luar berperilaku seperti muatan titik di pusat.

Pernyataan 1. muatan konduktor berada di permukaan luar, sehingga medan di dalamnya nol → **Benar**.
Pernyataan 2. medan nol berarti tidak ada beda potensial di dalam bola → **Benar**.
Pernyataan 3. di luar bola, medan berkurang dengan $\frac{1}{r^2}$, jadi medan di permukaan lebih besar daripada di Q → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 24 Kunci: C

Konsep: hambatan kawat $R = \rho\dfrac{L}{A}$, dengan A dalam m² (1 mm² = 10^{-6} m²).

Langkah – $R = 1{,}7 \times 10^{-8} \times \dfrac{100}{10^{-6}} = 1{,}7\ \Omega$.

Analisis opsi:
- A (1,7 × 10^{-6} Ω) ✗ – luas 1 mm² tidak diubah ke m².
- B (0,017 Ω) ✗ – luas dianggap 10^{-4} m² (1 cm²).
- C (1,7 Ω) ✓ – R = ρL/A = 1,7 × 10^{-8} × 100 / 10^{-6}.
- D (170 Ω) ✗ – luas dianggap 10^{-8} m².
- E (1.700 Ω) ✗ – panjang dikalikan 1.000.

Jawaban: C.

No. 25 Kunci: D

Konsep: daya listrik $P = VI$, sehingga $I = \dfrac{P}{V}$.

Analisis opsi:
- A (0,5 A) ✗ – tegangan dibagi daya.
- B (220 A) ✗ – daya dikurangi tegangan.
- C (96.800 A) ✗ – daya dikalikan tegangan.
- D (2 A) ✓ – I = P/V = 440/220.
- E (660 A) ✗ – daya ditambah tegangan.

Jawaban: D.

Simulasi 4 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: A

Konsep: membaca skala: tentukan dulu nilai skala terkecil (selisih dua angka ÷ jumlah bagian), lalu hitung garis dari angka terdekat.

Langkah – Antara 3 dan 4 N ada 5 bagian → skala terkecil 0,2 N. Penunjuk berada 2 garis setelah 3 N → $3 + 2 \times 0{,}2 = 3{,}4$ N.

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

Analisis opsi:
- A (3,4 N) ✓ – skala terkecil 0,2 N; penunjuk berada 2 garis kecil setelah 3 N.
- B (3,2 N) ✗ – hanya satu garis kecil yang dihitung.
- C (3,7 N) ✗ – skala terkecil dianggap 0,1 N... garis dibaca 7.
- D (17 N) ✗ – jumlah garis kecil dibaca sebagai newton.
- E (4,0 N) ✗ – dibulatkan ke angka besar terdekat.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: B

Konsep: variabel bebas = besaran yang sengaja diubah; variabel terikat = besaran yang diukur sebagai akibatnya; variabel kontrol = yang dijaga sama.

Analisis opsi:
- A (periode getaran pegas) ✗ – itu variabel terikat yang diukur.
- B ✓ – besaran yang sengaja diubah-ubah oleh siswa.
- C (jenis pegas yang dipakai) ✗ – pegas dijaga sama (variabel kontrol).
- D ✗ – jumlah getaran dibuat tetap 10 (bagian prosedur).
- E ✗ – tidak diubah dalam percobaan.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: C

Konsep: resultan dua vektor berada di antara selisih dan jumlah besarnya: $|F_1 - F_2| \leq R \leq F_1 + F_2$.

Analisis opsi:
- A (2 N) ✗ – mungkin, saat kedua gaya berlawanan arah (θ = 180°).
- B (10 N) ✗ – mungkin, saat kedua gaya tegak lurus.
- C (15 N) ✓ – resultan terbesar hanya 6 + 8 = 14 N.
- D (14 N) ✗ – mungkin, saat kedua gaya searah.
- E (7 N) ✗ – mungkin, karena berada di antara 2 N dan 14 N.

Jawaban: C.

No. 4 Kunci: D

Konsep: luas di bawah grafik v–t: bagian di atas sumbu = perpindahan ke kanan, di bawah sumbu = perpindahan ke kiri; jarak = jumlah besar keduanya.

Langkah – Troli berhenti pada $t = 6$ s. Ke kanan: $\frac{1}{2} \times 6 \times 6 = 18$ m. Ke kiri: $\frac{1}{2} \times 4 \times 4 = 8$ m. Jarak $= 26$ m (perpindahan 10 m ke kanan).

Analisis opsi:
- A (10 m) ✗ – itu perpindahan (18 – 8), bukan jarak.
- B (18 m) ✗ – bagian ketika troli bergerak ke kiri terlupa.
- C (50 m) ✗ – luas dihitung sebagai persegi panjang.
- D (26 m) ✓ – luas segitiga di atas (18 m) ditambah luas segitiga di bawah (8 m).
- E (8 m) ✗ – hanya bagian negatif yang dihitung.

Jawaban: D.

No. 5 Kunci: E

Konsep: jatuh bebas: $h = \frac{1}{2}gt^2$; jarak selama satu selang = selisih jarak total di ujung-ujung selang.

Langkah – $h(3) = 45$ m, $h(2) = 20$ m → selama detik ketiga $= 25$ m.

Analisis opsi:
- A (45 m) ✗ – itu jarak total selama 3 s.

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

- B (30 m) ✗ – kecepatan pada t = 3 s dianggap jarak.
- C (20 m) ✗ – itu jarak total selama 2 s.
- D (10 m) ✗ – percepatan dianggap jarak per sekon.
- E (25 m) ✓ – 45 m – 20 m.

Jawaban: E.

No. 6 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: gerak mendatar dan vertikal saling bebas; waktu jatuh ditentukan oleh tinggi dan gerak vertikal saja.

Pernyataan 1. gerak vertikal keduanya sama: mulai dengan kecepatan vertikal nol dan percepatan g → **Benar**.
Pernyataan 2. komponen vertikal sama, tetapi P masih memiliki komponen mendatar → **Benar**.
Pernyataan 3. waktu jatuh hanya ditentukan ketinggian, bukan panjang lintasan → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 7 Kunci: A

Konsep: percepatan sentripetal $a = \dfrac{v^2}{r}$ mengarah ke pusat lingkaran.

Langkah – $a = \dfrac{200^2}{2.000} = 20$ m/s² (sekitar 2 kali percepatan gravitasi).

Analisis opsi:
- A (20 m/s²) ✓ – a = v²/r = 40.000/2.000.
- B (0,1 m/s²) ✗ – kelajuan tidak dikuadratkan.
- C (10 m/s²) ✗ – diameter 4 km dipakai sebagai jari-jari.
- D (20.000 m/s²) ✗ – jari-jari 2 km dianggap 2 m.
- E (0 m/s²) ✗ – kelajuan tetap tidak berarti percepatan nol pada gerak melingkar.

Jawaban: A.

No. 8 Kunci: B

Konsep: hukum I Newton: benda bergerak dengan kecepatan tetap bila resultan gaya padanya nol.

Analisis opsi:
- A ✗ – bila berat lebih besar, penerjun dipercepat, bukan berkecepatan tetap.
- B ✓ – kecepatan tetap → resultan nol (hukum I Newton).
- C ✗ – bila hambatan lebih besar, penerjun diperlambat.
- D ✗ – berat dan hambatan tetap bekerja, hanya saling meniadakan.
- E ✗ – berat (mg) tidak bergantung pada parasut.

Jawaban: B.

No. 9 Kunci: C

Konsep: energi mekanik yang hilang karena gesekan = energi mekanik awal − energi mekanik akhir.

Langkah – $E_p = 30 \times 10 \times 5 = 1.500$ J; $E_k = \frac{1}{2} \times 30 \times 64 = 960$ J. Hilang $1.500 - 960 = 540$ J.

Analisis opsi:
- A (1.500 J) ✗ – itu energi potensial awal.
- B (960 J) ✗ – itu energi kinetik di bawah.
- C (540 J) ✓ – 1.500 J – 960 J.
- D (0 J) ✗ – bila tanpa gesekan, kelajuan di bawah 10 m/s, bukan 8 m/s.
- E (2.460 J) ✗ – energi potensial dan kinetik dijumlahkan.

Jawaban: C.

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

No. 10 Kunci: D

Konsep: kekekalan momentum: momentum total mula-mula nol, sehingga momentum peluru = momentum senapan (berlawanan arah).

Langkah – $0{,}02 \times 400 = 4 \times v \rightarrow v = 2$ m/s ke belakang.

Analisis opsi:

- A (400 m/s) ✗ – kelajuan peluru dianggap sama dengan senapan.
- B (2.000 m/s) ✗ – massa peluru 20 g tidak diubah ke kilogram.
- C (0,5 m/s) ✗ – perbandingan massa dibagi dua.
- D (2 m/s) ✓ – 0,02 × 400 = 4 × v.
- E (20 m/s) ✗ – massa peluru 20 g dianggap 0,2 kg.

Jawaban: D.

No. 11 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: kesetimbangan: $\Sigma\tau = 0$ terhadap titik gantung dan $\Sigma F = 0$.

Analisis pernyataan:

- 1 ✗ – momen kedua beban tidak sama bila jaraknya sama.
- 2 ✓ – $2 \times 40 = 4 \times 20$.
- 3 ✓ – tali menahan seluruh berat: $2 + 4 = 6$ N.
- 4 ✗ – kedua berat sama-sama ke bawah, jadi dijumlahkan.
- 5 ✓ – beban sama → lengan sama.

Jawaban: pernyataan 2, 3 dan 5.

No. 12 Kunci: E

Konsep: hukum Pascal: tekanan yang diberikan pada zat cair di ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah.

Analisis opsi:

- A ✗ – air memancar ke segala arah.
- B ✗ – pancaran sama kuat menunjukkan tekanan tambahan sama.
- C ✗ – zat cair hampir tidak dapat dimampatkan.
- D ✗ – yang diteruskan sama besar adalah tekanan, bukan gaya.
- E ✓ – itulah hukum Pascal (zat cair di ruang tertutup).

Jawaban: E.

No. 13 Kunci: A

Konsep: benda terapung: tambahan berat muatan = tambahan gaya apung = $\rho g \Delta V$.

Langkah – $\Delta V = 50 \times 0{,}2 = 10$ m³. Massa muatan $= \rho\,\Delta V = 1.000 \times 10 = 10.000$ kg.

Analisis opsi:

- A (10.000 kg) ✓ – tambahan air yang dipindahkan: 1.000 × 50 × 0,2.
- B (1.000 kg) ✗ – luas dasar dianggap 5 m².
- C (250 kg) ✗ – luas dibagi kedalaman.
- D (100.000 kg) ✗ – kedalaman tambahan dianggap 2 m.
- E (10 kg) ✗ – massa jenis air tidak dikalikan.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: B

Konsep: Bernoulli: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h$ tetap; diameter sama → kelajuan sama (kontinuitas).

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

Langkah – $p_B = p_A - \rho g h = 250.000 - 1.000 \times 10 \times 5 = 200.000$ Pa $= 200$ kPa.

Analisis opsi:

- A (300 kPa) ✗ – tekanan dianggap naik ketika air naik.
- B (200 kPa) ✓ – kecepatan sama (diameter sama), jadi p_B = 250 − ρgh = 200 kPa.
- C (250 kPa) ✗ – perbedaan ketinggian diabaikan.
- D (245 kPa) ✗ – ρgh dihitung 5 kPa (g atau ρ terlupa).
- E (150 kPa) ✗ – ρgh dihitung dua kali.

Jawaban: B.

No. 15 Kunci: C

Konsep: cepat rambat gelombang $v = \dfrac{\lambda}{T}$; waktu tempuh $t = \dfrac{s}{v}$.

Langkah – $v = \dfrac{20}{4} = 5$ m/s; $t = \dfrac{100}{5} = 20$ s.

Analisis opsi:

- A (5 s) ✗ – jarak dibagi panjang gelombang tanpa memakai periode.
- B (500 s) ✗ – kecepatan dihitung T/λ (terbalik), yaitu 0,2 m/s.
- C (20 s) ✓ – v = 20/4 = 5 m/s; t = 100/5.
- D (400 s) ✗ – jarak dikalikan periode.
- E (25 s) ✗ – jarak dibagi periode.

Jawaban: C.

No. 16 Kunci: D

Konsep: pipa organa tertutup, nada dasar: $L = \frac{1}{4}\lambda$, $f = \dfrac{v}{4L}$.

Langkah – $\lambda = \dfrac{340}{680} = 0{,}5$ m; $L = \dfrac{0{,}5}{4} = 0{,}125$ m $= 12{,}5$ cm.

Analisis opsi:

- A (25 cm) ✗ – memakai rumus pipa terbuka (L = ½λ).
- B (50 cm) ✗ – L dianggap sama dengan λ.
- C (37,5 cm) ✗ – memakai L = ¾λ (nada atas pertama).
- D (12,5 cm) ✓ – L = ¼λ = 340/(4 × 680).
- E (6,25 cm) ✗ – L dibagi dua lagi tanpa alasan.

Jawaban: D.

No. 17 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: dispersi: indeks bias bahan sedikit berbeda untuk tiap panjang gelombang, sehingga tiap warna dibelokkan berbeda.

Pernyataan 1. cahaya putih terurai karena tiap warna dibiaskan berbeda → **Benar**.
Pernyataan 2. indeks bias kaca terbesar untuk ungu, sehingga belokannya paling besar → **Benar**.
Pernyataan 3. indeks bias berbeda berarti kelajuan di dalam kaca berbeda ($v = c/n$) → **Salah**.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 18 Kunci: E

Konsep: akomodasi: untuk melihat benda dekat, otot siliaris menegang dan lensa mata menebal sehingga jarak fokusnya memendek.

Analisis opsi:

- A ✗ – itu terjadi saat melihat benda jauh.
- B ✗ – jarak lensa–retina pada mata tetap.

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

- C ✗ – pupil mengatur banyaknya cahaya, bukan fokus.
- D ✗ – retina tidak bergeser.
- E ✓ – daya akomodasi untuk benda dekat.

Jawaban: E.

No. 19 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: pemuaian panjang $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$; dua logam ber-α berbeda yang disatukan melengkung karena perbedaan pertambahan panjangnya.

Analisis pernyataan:
- 1 ✓ – kuningan memuai lebih panjang sehingga berada di sisi luar lengkungan.
- 2 ✗ – koefisien muainya berbeda.
- 3 ✓ – lengkungan bimetal memisahkan kontak listrik.
- 4 ✗ – pelengkungan disebabkan perbedaan pemuaian, bukan berat.
- 5 ✓ – kuningan menyusut lebih banyak sehingga berada di sisi dalam lengkungan.

Jawaban: pernyataan 1, 3 dan 5.

No. 20 Kunci: A

Konsep: emisi sebanding dengan bahan bakar yang dibakar; bandingkan total bahan bakar seluruh perjalanan.

Langkah – Mobil: $40 \times 0{,}1 \times 20 = 80$ L. Bus: $0{,}4 \times 20 = 8$ L. Bus menghasilkan emisi 10 kali lebih sedikit.

Analisis opsi:
- A (10 kali lebih sedikit) ✓ – bus 8 L, mobil total 80 L.
- B (4 kali lebih banyak) ✗ – konsumsi per km bus dibandingkan dengan satu mobil saja.
- C (sama banyak) ✗ – jumlah mobil (40) diabaikan.
- D (40 kali lebih sedikit) ✗ – konsumsi bus yang lebih besar per km terlupa.
- E (2 kali lebih sedikit) ✗ – perbandingan dihitung dengan jumlah karyawan dibagi 20.

Jawaban: A.

No. 21 Kunci: B

Konsep: gas pada volume tetap: grafik P–T berupa garis lurus melalui titik asal, sehingga $\frac{P}{T}$ tetap dengan T dalam kelvin.

Langkah – $P_2 = 150 \times \frac{450}{300} = 225$ kPa.

Analisis opsi:
- A (984 kPa) ✗ – memakai suhu celsius (150 × 177/27).
- B (225 kPa) ✓ – P/T tetap: 150 × 450/300.
- C (100 kPa) ✗ – perbandingan suhu dibalik.
- D (150 kPa) ✗ – tekanan dianggap tetap.
- E (300 kPa) ✗ – kenaikan 150 °C dianggap menggandakan tekanan.

Jawaban: B.

No. 22 Kunci: C

Konsep: hukum II termodinamika: tidak ada mesin kalor yang mengubah seluruh kalor menjadi usaha; sebagian kalor selalu dibuang ke reservoir dingin.

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

Analisis opsi:
• A ✗ – mesin Carnot tanpa gesekan pun tetap membuang kalor.
• B ✗ – kekekalan energi tidak melarang, tetapi hukum II melarangnya.
• C ✓ – tidak ada mesin kalor yang efisiensinya 100 %; selalu ada kalor yang dibuang.
• D ✗ – bila kedua suhu sama, mesin justru tidak menghasilkan usaha.
• E ✗ – klaim itu tidak melanggar kekekalan energi; yang dilanggar hukum II.

Jawaban: C.

No. 23 Kunci: D

Konsep: medan oleh muatan titik $E = k\dfrac{|Q|}{r^2}$, menjauhi muatan positif; dua medan tegak lurus dijumlahkan dengan Pythagoras.

Langkah – $E_1 = \dfrac{9 imes 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{0{,}09} = 2 \times 10^5$ N/C (ke timur); $E_2 = 1{,}5 \times 10^5$ N/C (ke utara). $E = \sqrt{2^2 + 1{,}5^2} \times 10^5 = 2{,}5 \times 10^5$ N/C.

Analisis opsi:
• A (3,5 × 10^5 N/C) ✗ – kedua medan dijumlahkan seolah-olah searah.
• B (0,5 × 10^5 N/C) ✗ – kedua medan dikurangkan.
• C (7,5 × 10^4 N/C) ✗ – jarak tidak dikuadratkan.
• D (2,5 × 10^5 N/C) ✓ – E_1 = 2 × 10^5 (timur) dan E_2 = 1,5 × 10^5 (utara) tegak lurus.
• E ✗ – medan dua muatan sejenis hanya saling meniadakan bila arahnya berlawanan; di sini tegak lurus.

Jawaban: D.

No. 24 Kunci: E

Konsep: hukum II Kirchhoff pada satu loop: $\sum \varepsilon = I \sum R$; ggl yang berlawanan arah dikurangkan.

Langkah – $I = \dfrac{12 - 3}{2 + 4 + 3} = 1$ A; $V_{4\Omega} = 1 \times 4 = 4$ V.

Analisis opsi:
• A (6,7 V) ✗ – kedua ggl dijumlahkan seolah-olah searah (15/9 A).
• B (5,3 V) ✗ – sumber 3 V diabaikan (12/9 A).
• C (3 V) ✗ – ggl sumber kedua dianggap tegangan resistor.
• D (12 V) ✗ – seluruh ggl dianggap jatuh pada resistor 4 Ω.
• E (4 V) ✓ – I = (12 − 3)/9 = 1 A; V = 1 × 4.

Jawaban: E.

No. 25 Kunci: A, B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: energi listrik $W = Pt$; 1 kWh = $3{,}6 \times 10^6$ J.

Analisis pernyataan:
• 1 ✓ – $1.000\ \text{W} \times 3.600$ s.
• 2 ✓ – $2 \times 0{,}5 = 1$ kWh.
• 3 ✗ – $0{,}02 \times 50 = 1$ kWh; 100 kWh diperoleh bila watt tidak diubah ke kilowatt.
• 4 ✓ – keduanya 1 kWh.
• 5 ✗ – energi bergantung juga pada lama pemakaian.

Jawaban: pernyataan 1, 2 dan 4.

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

Penutup

Kamu sudah sampai di halaman terakhir. Itu bukan hal kecil. Sebelum menutup buku ini, simpan lima kebiasaan yang paling sering menentukan benar atau salahnya jawaban di TKA Fisika.

1. **Gambar dulu, hitung kemudian.** Arah gaya, arah medan, letak titik, sinar cahaya, atau arah arus. Sketsa sederhana sering langsung menyingkirkan dua pilihan. Banyak soal dengan persentase benar rendah di TKA 2025 sebenarnya sudah terjawab oleh gambar yang benar.
2. **Ubah satuan sebelum memasukkan angka.** cm ke m, °C ke K, μC ke C, W ke kW, menit ke jam. Hampir setiap pengecoh soal hitungan lahir dari satu satuan yang terlewat.
3. **Perhatikan pangkat.** Diameter pada hidrolik dikuadratkan, jarak pada hukum Coulomb dikuadratkan, suhu pada radiasi dipangkatkan empat, dan tegangan pada daya dikuadratkan. Sebelum memilih jawaban, tanyakan: pangkat berapa hubungan ini?
4. **Baca yang ditanya, bukan yang dihitung.** Perubahan atau nilai akhir? Yang keluar atau yang tersisa? Persen dari nilai awal atau dari nilai akhir? Banyak pengecoh adalah hasil hitungan yang benar, tetapi bukan besaran yang ditanyakan.
5. **Nilai setiap pernyataan secara terpisah.** Pada soal Benar/Salah dan "jawaban benar lebih dari satu", setiap baris adalah soal kecil. Waspadai kalimat yang memakai istilah ilmiah tetapi kesimpulannya terbalik.

Sepekan sebelum ujian. Jangan memulai materi baru. Kerjakan ulang soal yang pernah kamu salah, terutama di sub bab yang ditunjuk tabel skormu. Kerjakan satu simulasi TKA dengan waktu penuh untuk membiasakan irama sekitar dua setengah menit per soal. Pada hari-hari terakhir, kurangi jam belajar dan cukupkan tidur. Pikiran yang segar lebih teliti daripada pikiran yang lelah. Siapkan perlengkapan ujian sehari sebelumnya.

Teruslah berlatih. Kuis setiap bab dan latihan di buku ini juga tersedia di LMS Next Level Study melalui kode QR di setiap bab. Di sana kamu dapat mengerjakannya ulang dan melihat perkembanganmu.

Fisika mengajarkan bahwa tidak ada yang bergerak tanpa gaya, dan tidak ada energi yang hilang begitu saja; energi hanya berubah bentuk. Begitu pula usahamu: setiap jam belajar tersimpan dan suatu hari akan berubah menjadi kemampuan. Pegang janjimu untuk terus belajar, persembahkan usahamu bagi orang-orang yang kamu sayangi, dan suatu hari abdikan ilmumu untuk negeri ini.

Terima kasih telah belajar bersama buku ini. Selamat berjuang.

Handaka Lumu

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

Lampiran

Lampiran 1. Rumus ringkas

Rumus di bawah ini **bukan untuk dihafal tanpa makna**. Setiap baris menunjuk sub bab tempat rumus itu dijelaskan dan dipakai dalam contoh. Bila lupa cara memakainya, kembalilah ke sub bab tersebut.

Kinematika

Rumus	Kegunaan	Sub bab
jangka sorong: skala utama + nonius × 0,1 mm; mikrometer: skala utama + putar × 0,01 mm	membaca alat ukur panjang	1.1
$\vec{v}_{\text{benda/tanah}} = \vec{v}_{\text{benda/medium}} + \vec{v}_{\text{medium/tanah}}$	gerak relatif (perahu–arus, pesawat–angin)	1.3
$v = v_0 + at$; $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$; $v^2 = v_0^2 + 2as$	GLBB dan gerak vertikal	1.4
luas di bawah grafik v–t = perpindahan; kemiringan = percepatan	membaca grafik	1.4
$v_x = v_0 \cos\theta$; $v_y = v_0 \sin\theta - gt$; $t_{\text{puncak}} = \dfrac{v_0 \sin\theta}{g}$	gerak parabola	1.5
$v = \omega R$; $a_s = \dfrac{v^2}{R} = \omega^2 R$; sepusat: ω sama; bersinggungan/rantai: v sama	gerak melingkar beraturan	1.6

Dinamika

Rumus	Kegunaan	Sub bab
$\Sigma F = ma$	hukum II Newton	2.1
$f_s \le \mu_s N$; $f_k = \mu_k N$; bidang miring: $N = mg\cos\theta$	gaya gesek, bidang miring	2.2
$I = F\,\Delta t = \Delta p$; $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$; $e = -\dfrac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1}$	impuls, momentum, tumbukan	2.3
$\tau = rF\sin\theta$; $\Sigma\tau = I\alpha$; batang di pusat $\frac{1}{12}mL^2$, di ujung $\frac{1}{3}mL^2$	dinamika rotasi	2.4

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

Fluida

Rumus	Kegunaan	Sub bab
$p_h = \rho g h$; $p_{\text{mutlak}} = p_{\text{udara}} + \rho g h$	tekanan hidrostatis	3.1
$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$; $A \propto d^2$	hukum Pascal	3.1
$F_A = \rho_{\text{cair}}\, g\, V_{\text{tercelup}}$; terapung: $\frac{V_{\text{celup}}}{V} = \frac{\rho_{\text{benda}}}{\rho_{\text{cair}}}$	hukum Archimedes	3.2
$Q = Av$; $A_1 v_1 = A_2 v_2$	debit, kontinuitas	3.3
$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h$ = tetap; $v = \sqrt{2gh}$ (Torricelli)	hukum Bernoulli	3.3

Gelombang, Bunyi, dan Cahaya

Rumus	Kegunaan	Sub bab
$v = \lambda f$; gema $s = \frac{vt}{2}$	gelombang dan bunyi	4.1
$f_p = f_s \frac{v \pm v_p}{v \mp v_s}$ (mendekat → frekuensi naik)	efek Doppler	4.1
dawai dan pipa terbuka $f_n = \frac{nv}{2L}$; pipa tertutup $f_n = \frac{(2n-1)v}{4L}$; dawai $v = \sqrt{F/\mu}$	sumber bunyi	4.2
$TI_n = TI_1 + 10 \log n$; $TI_2 = TI_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1}$	taraf intensitas	4.2
$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$; $\sin\theta_k = \frac{n_2}{n_1}$	pembiasan, pemantulan sempurna	4.3
$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$; $M = \left\lvert \frac{s'}{s} \right\rvert$; cermin $f = \frac{1}{2}R$	cermin dan lensa	4.3
miopi $P = -\frac{100}{PR}$; hipermetropi $P = \frac{100}{25} - \frac{100}{PP}$	kacamata	4.4
lup $M = \frac{s_n}{f}$ (+1 bila berakomodasi maksimum); teropong $M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$, $d = f_{ob} + f_{ok}$	alat optik	4.4

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

Kalor dan Termodinamika

Rumus	Kegunaan	Sub bab
$Q = mc\Delta T;\ Q = mL;\ Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$	kalor dan Asas Black	5.1
$\Delta L = L_0\alpha\Delta T;\ \beta = 2\alpha;\ \gamma = 3\alpha$	pemuaian	5.1
$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{d};\ P = e\sigma AT^4;\ \lambda_{\max}T = 2{,}898 \times 10^{-3}\ \text{m·K}$	konduksi, radiasi	5.1
$PV = nRT = NkT;\ \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$	gas ideal	5.3
$\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT;\ v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$	teori kinetik gas	5.3
$Q = \Delta U + W$; isobarik $W = P\Delta V$; monoatomik $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$	hukum I termodinamika	5.4
$\eta = \frac{W}{Q_1};\ \eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_2}{T_1};\ \text{COP} = \frac{Q_2}{W}$	mesin kalor dan pendingin	5.4

Kelistrikan

Rumus	Kegunaan	Sub bab
$F = k\frac{q_1q_2}{r^2};\ E = k\frac{Q}{r^2};\ V = k\frac{Q}{r};\ k = 9 \times 10^9\ \text{N·m}^2/\text{C}^2$	listrik statis	6.1
keping sejajar $E = \frac{V}{d}$; usaha $W = qV$	medan homogen	6.1
$V = IR;\ R = \rho\frac{L}{A}$; seri $R = R_1 + R_2$; paralel $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	rangkaian	6.2
$I = \frac{\varepsilon}{R + r};\ V_{\text{jepit}} = \varepsilon - Ir;\ \Sigma I_{\text{masuk}} = \Sigma I_{\text{keluar}};\ \Sigma\varepsilon = \Sigma IR$	ggl, hukum Kirchhoff	6.2
$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R};\ W = Pt;\ 1\ \text{kWh} = 3{,}6 \times 10^6\ \text{J}$	energi dan daya listrik	6.3
$P_{\text{hilang}} = \left(\frac{P}{V}\right)^2 R$	penyaluran listrik	6.3

Lampiran 2. Glosarium

Istilah	Arti dalam buku ini
Adiabatik	proses tanpa pertukaran kalor ($Q = 0$)
Akomodasi	kemampuan lensa mata mengubah kelengkungannya untuk memfokuskan bayangan
Amplitudo	simpangan terbesar dari posisi setimbang

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

Angka penting	angka hasil pengukuran yang pasti ditambah satu angka taksiran
Asas Black	kalor yang dilepas zat panas sama dengan kalor yang diterima zat dingin
Debit	volume fluida yang mengalir per satuan waktu
Efek Doppler	perubahan frekuensi yang terdengar karena sumber atau pendengar bergerak
Efek rumah kaca	pemanasan permukaan Bumi karena gas di atmosfer menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah
Efisiensi	perbandingan energi berguna dengan energi yang masuk
Energi dalam	jumlah energi partikel gas; pada gas ideal hanya bergantung pada suhu
Gaya apung	gaya ke atas oleh fluida pada benda yang tercelup
Gelombang elektromagnetik	gelombang yang dapat merambat tanpa medium, misalnya cahaya dan gelombang radio
Ggl	gaya gerak listrik; beda potensial sumber saat tidak ada arus
Hambatan dalam	hambatan di dalam sumber tegangan
Impuls	hasil kali gaya dan selang waktu; sama dengan perubahan momentum
Isobarik, isokhorik, isotermal	proses pada tekanan tetap, volume tetap, dan suhu tetap
Kalor laten	kalor untuk mengubah wujud zat tanpa mengubah suhunya
Koefisien kinerja (COP)	perbandingan kalor yang dipindahkan mesin pendingin dengan usaha yang dipakainya
Koreksi ujung	jarak perut gelombang di atas mulut pipa organa
Momen gaya (torsi)	kemampuan gaya memutar benda; $\tau = rF\sin\theta$
Momen inersia	ukuran kelembaman benda untuk berputar
Nonius	skala geser pada jangka sorong untuk membaca bagian kecil milimeter
Pemantulan sempurna	pemantulan seluruh cahaya saat bergerak dari medium rapat ke kurang rapat dengan sudut datang lebih besar daripada sudut kritis
Perpindahan	perubahan posisi beserta arahnya (berbeda dengan jarak tempuh)
Potensial listrik	energi potensial listrik per satuan muatan; besaran skalar
Resonansi	ikut bergetarnya benda karena frekuensi dari luar sama dengan frekuensi alaminya
Taraf intensitas	ukuran kenyaringan bunyi dalam desibel (dB)
Tegangan jepit	beda potensial di antara kutub sumber saat ada arus
Titik dekat, titik jauh	jarak terdekat dan terjauh yang masih dapat dilihat jelas oleh mata
Variabel bebas, terikat, kontrol	yang sengaja diubah, yang diukur, dan yang dijaga tetap dalam percobaan

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

Lampiran 3. Sumber data nyata

Soal kuis akhir bab dan soal prediksi (latihan dan Simulasi 2–4) pada edisi ini mengikuti bentuk soal asli TKA Fisika 2025: soal berupa situasi, gambar, grafik, atau percobaan yang angkanya disusun untuk latihan, bukan data statistik dari lembaga tertentu. Angka yang bersifat kira-kira, seperti faktor emisi bahan bakar, faktor emisi listrik, atau tarif listrik, selalu ditulis "misalkan" atau "angka contoh untuk latihan" di soalnya dan tidak boleh dikutip sebagai data resmi.

Data nyata yang dipakai dalam materi:

Bagian	Sumber	Data yang dipakai
Sub bab 5.2, Gambar 5.9	NOAA Global Monitoring Laboratory, rata-rata tahunan kadar CO_2 observatorium Mauna Loa (gml.noaa.gov)	kadar CO_2 tahun 1960, 1970, ..., 2020, dan 2023
Simulasi 1 dan bedah soal asli	Soal Asli TKA SMA 2025 Fisika (Pusmendik Kemendikdasmen)	soal dan persentase peserta menjawab benar

Sumber gambar materi tercantum pada daftar sumber gambar di bagian akhir lampiran ini.

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. Soal asli TKA 2025 dimuat dengan keterangan sumber untuk keperluan belajar. Soal kuis akhir bab, latihan, dan simulasi prediksi buku ini tersimpan di Bank Soal NLS (kuis akhir bab TKA-FIS-KB1B sampai TKA-FIS-KB6B, latihan dan simulasi TKA-FIS-P07 sampai TKA-FIS-P12) dan dapat dikerjakan ulang di LMS Next Level Study. Masukan dan laporan kesalahan dapat disampaikan melalui LMS Next Level Study.

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	Bagian-bagian jangka sorong	Santeri Viinamäki	CC BY-SA 4.0; diubah: dipotong, label bahasa Indonesia ditambahkan	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vernier_caliper_2016.jpg
Gambar 1.2	Membaca jangka sorong	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.3	Bagian-bagian mikrometer sekrup	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.4	Membaca mikrometer sekrup	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 1.5	Neraca tiga lengan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.6	Penampang pipa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.7	Akurasi dan presisi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.8	Data diameter kelereng	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.9	Siklus kerja ilmiah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.10	Percobaan es di dua gelas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.11	Percobaan parasut kertas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.12	Percobaan bandul sederhana	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.13	Grafik data troli	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.14	Lintasan kurir	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.15	Menjumlahkan dan menguraikan vektor	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.16	Pesawat dan angin	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.17	Dua strategi menyeberang sungai	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.18	Perahu ke hilir dan ke hulu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.19	Grafik GLB dan GLBB	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.20	Penurunan persamaan GLBB	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 1.21	Grafik v–t bus	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.22	Motor P dan sepeda Q	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.23	Truk dan mobil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.24	Ketinggian dua bola	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.25	Bola dilempar dari atap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.26	Bola dijatuhkan dan dilempar mendatar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.27	Komponen kecepatan sepanjang lintasan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.28	Lintasan pada sudut 53° dan 37°	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.29	Lintasan bola dan pagar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.30	Kotak bantuan dijatuhkan dari pesawat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.31	Besaran gerak melingkar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.32	Koin di atas meja putar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.33	Dua titik pada baling-baling	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.34	Tiga hubungan roda	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.35	Rangkaian roda A, B, dan C	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.36	Sistem gir sepeda	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	Kelembaman penumpang bus	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.2	Diagram gaya bebas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.3	Kecepatan perahu setelah didorong angin	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.4	Siswa di dalam lift	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.5	Gaya seimbang dan pasangan aksi–reaksi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.6	Dua balok bersentuhan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.7	Roket air	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.8	Uraian berat di bidang miring	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.9	Peti meluncur di papan miring	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.10	Gaya gesek terhadap gaya dorong	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.11	Balok di bidang miring dan beban gantung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.12	Balok di meja dan beban tergantung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.13	Dua grafik gaya terhadap waktu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.14	Pesenam mendarat di matras dan di lantai keras	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.15	Tolakan dua pemain sepatu roda	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.16	Tumbukan dua mobil yang menyatu	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 2.17	Bola memantul berulang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.18	Momen gaya pada kunci pas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.19	Kunci roda dengan gaya miring	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.20	Momen inersia beberapa benda	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.21	Beban pada katrol bermassa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.22	Papan pada dua penyangga	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.23	Tangga bersandar pada dinding	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.1	Kolom zat cair	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.2	Penyelam di kedalaman 15 m	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.3	Bejana berhubungan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.4	Pipa U berisi air dan raksa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.5	Tekanan air pada dinding bendungan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.6	Mesin press hidrolik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.7	Asal gaya apung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.8	Terapung, melayang, dan tenggelam	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.9	Ponton di air tawar	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 3.10	Cincin ditimbang di udara dan di air	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.11	Kapal selam dan tangki ballast	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.12	Gaya pada balon cuaca	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.13	Kapal di laut dan di sungai	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.14	Persamaan kontinuitas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.15	Selang yang ujungnya dipencet	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.16	Garis arus di sekitar sayap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.17	Gaya angkat pada layang-layang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.18	Pipa air naik ke lantai 3	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.19	Venturimeter	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.20	Tangki bocor	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.1	Gelombang transversal dan longitudinal	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.2	Pelampung di permukaan danau	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.3	Grafik simpangan–posisi dan simpangan–waktu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.4	Bentuk tali pada t = 0	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.5	Gema dari tebing	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 4.6	Muka gelombang dari sumber yang bergerak	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.7	Pola gelombang berdiri pada dawai	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.8	Dawai biola bergetar dengan nada dasar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.9	Pipa organa terbuka dan tertutup	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.10	Tabung resonansi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.11	Intensitas bunyi menyebar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.12	Taraf intensitas mesin bor	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.13	Spektrum gelombang elektromagnetik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.14	Pembiasan dari udara ke kaca	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.15	Sudut kritis dan pemantulan sempurna	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.16	Pembiasan pada fatamorgana	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.17	Lukisan sinar pada cermin cekung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.18	Lukisan sinar pada cermin cembung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.19	Lukisan sinar pada lensa cembung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.20	Bagian mata dan pembentukan bayangan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.21	Kacamata untuk hipermetropi	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 4.22	Kacamata untuk miopi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.23	Lup	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.24	Jalannya sinar pada mikroskop	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.25	Jalannya sinar pada teropong bintang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.1	Grafik suhu terhadap kalor dari es sampai uap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.2	Asas Black pada air mandi bayi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.3	Membandingkan kalor sebelum memakai Asas Black	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.4	Pemuaian panjang pipa tembaga	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.5	Tiga cara perpindahan kalor	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.6	Angin laut dan angin darat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.7	Profil suhu pada dinding dua lapis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.8	Aliran energi pada efek rumah kaca	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.9	Kadar karbon dioksida di Mauna Loa	Tim Next Level Study Indonesia (data: NOAA Global Monitoring Laboratory)	digambar sendiri dari data domain publik NOAA; diubah: rata-rata tahunan dipilih per dekade + 2023	https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html
Gambar 5.10	Menghitung emisi dari pemakaian listrik	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 5.11	Energi kinetik rata-rata sebanding dengan suhu mutlak	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.12	Pohon mendinginkan lewat penguapan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.13	Bagan sebab, dampak, dan penanganan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.14	Model partikel gas di dalam silinder berpengisap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.15	Grafik tiga hukum gas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.16	Udara di dalam suntikan dimampatkan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.17	Balon memuai ketika dipanaskan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.18	Tekanan ban naik ketika suhunya naik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.19	Udara keluar dari kamar yang dipanaskan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.20	Gas menerima kalor dan melakukan usaha	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.21	Empat proses termodinamika pada grafik P–V	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.22	Usaha pada proses isobarik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.23	Usaha bersih pada siklus	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.24	Aliran energi mesin kalor	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.25	Aliran energi mesin pendingin	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 6.1	Penggaris bermuatan menarik potongan kertas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.2	Gaya pada muatan di antara dua muatan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.3	Garis medan dua muatan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.4	Letak titik bermedan nol	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.5	Potensial dan medan di titik tengah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.6	Elektron dipercepat di antara keping sejajar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.7	Simbol komponen rangkaian listrik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.8	Arus dan tegangan pada rangkaian seri dan paralel	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.9	Rangkaian campuran disederhanakan bertahap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.10	Aki dengan hambatan dalam	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.11	Pemasangan amperemeter dan voltmeter	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.12	Rangkaian dua loop dengan dua sumber	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.13	Lampu ditambah secara paralel	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.14	Label daya pada alat listrik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.15	Daya dan energi kulkas serta oven	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 6.16	Lampu pada tegangan 220 V dan 110 V	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.17	Dua lampu berbeda daya dirangkai seri	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.18	Jalur penyaluran listrik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 6.19	Daya hilang pada dua tegangan penyaluran	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Tabel silang sub bab dan soal

Sub bab	Soal
1.1 · Pengukuran: alat ukur presisi dan angka penting	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 4; Bedah Prediksi 07 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; Simulasi 1 no. 4; Simulasi 2 no. 1; Simulasi 3 no. 1; Simulasi 4 no. 1
1.2 · Keterampilan proses sains: variabel, prosedur, dan data	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 19; Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 20; Bedah Prediksi 07 no. 2; Latihan 1.2 no. 1; Latihan 1.2 no. 2; Kuis Bab 1 no. 5; Kuis Bab 1 no. 6; Kuis Bab 1 no. 7; Kuis Bab 1 no. 8; Simulasi 1 no. 19; Simulasi 1 no. 20; Simulasi 2 no. 2; Simulasi 3 no. 2; Simulasi 4 no. 2
1.3 · Konsep gerak dan gerak relatif	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 1; Bedah Prediksi 07 no. 3; Latihan 1.3 no. 1; Latihan 1.3 no. 2; Kuis Bab 1 no. 9; Kuis Bab 1 no. 10; Kuis Bab 1 no. 11; Kuis Bab 1 no. 12; Simulasi 1 no. 1; Simulasi 2 no. 3; Simulasi 3 no. 3; Simulasi 4 no. 3
1.4 · GLB, GLBB, grafik gerak, dan gerak vertikal	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 2; Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 3; Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 5; Bedah Prediksi 07 no. 4; Latihan 1.4 no. 1; Latihan 1.4 no. 2; Latihan 1.4 no. 3; Latihan 1.4 no. 4; Latihan 1.4 no. 5; 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. 2; Simulasi 1 no. 3; Simulasi 1 no. 5; Simulasi 2 no. 4; Simulasi 2 no. 5; Simulasi 3 no. 4; Simulasi 3 no. 5; Simulasi 4 no. 4; Simulasi 4 no. 5
1.5 · Gerak parabola	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 6; Bedah Prediksi 07 no. 6; Latihan 1.5 no. 1; Latihan 1.5 no. 2; Kuis Bab 1 no. 19; Kuis Bab 1 no. 20; Kuis Bab 1 no. 21; Kuis Bab 1 no. 22; Simulasi 1 no. 6; Simulasi 2 no. 6; Simulasi 3 no. 6; Simulasi 4 no. 6
1.6 · Gerak melingkar beraturan	Bedah Prediksi 07 no. 7; Latihan 1.6 no. 1; Latihan 1.6 no. 2; Kuis Bab 1 no. 23; Kuis Bab 1 no. 24; Kuis Bab 1 no. 25; Simulasi 2 no. 7; Simulasi 3 no. 7; Simulasi 4 no. 7

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

Sub bab	Soal
2.1 · Hukum Newton dan jenis-jenis gaya	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 7; Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 8; Bedah Prediksi 07 no. 8; Latihan 2.1 no. 1; Latihan 2.1 no. 2; 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; Simulasi 1 no. 7; Simulasi 1 no. 8; Simulasi 2 no. 8; Simulasi 3 no. 8; Simulasi 4 no. 8
2.2 · Hukum Newton pada bidang datar, bidang miring, dan katrol	Bedah Prediksi 07 no. 9; Latihan 2.2 no. 1; Latihan 2.2 no. 2; Kuis Bab 2 no. 8; 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; Simulasi 2 no. 9; Simulasi 3 no. 9; Simulasi 4 no. 9
2.3 · Momentum, impuls, dan tumbukan	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 11; Bedah Prediksi 07 no. 10; Latihan 2.3 no. 1; Latihan 2.3 no. 2; Kuis Bab 2 no. 14; Kuis Bab 2 no. 15; Kuis Bab 2 no. 16; Kuis Bab 2 no. 17; Kuis Bab 2 no. 18; Kuis Bab 2 no. 19; Simulasi 1 no. 11; Simulasi 2 no. 10; Simulasi 3 no. 10; Simulasi 4 no. 10
2.4 · Dinamika rotasi: momen gaya, momen inersia, dan kesetimbangan	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 10; Bedah Prediksi 07 no. 11; Latihan 2.4 no. 1; Latihan 2.4 no. 2; 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. 10; Simulasi 2 no. 11; Simulasi 3 no. 11; Simulasi 4 no. 11
3.1 · Tekanan hidrostatis dan hukum Pascal	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 9; Bedah Prediksi 07 no. 12; Latihan 3.1 no. 1; Latihan 3.1 no. 2; 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; Kuis Bab 3 no. 6; Kuis Bab 3 no. 7; Kuis Bab 3 no. 8; Simulasi 1 no. 9; Simulasi 2 no. 12; Simulasi 3 no. 12; Simulasi 4 no. 12
3.2 · Hukum Archimedes: terapung, melayang, dan tenggelam	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 13; Bedah Prediksi 07 no. 13; Latihan 3.2 no. 1; Latihan 3.2 no. 2; Kuis Bab 3 no. 9; Kuis Bab 3 no. 10; Kuis Bab 3 no. 11; Kuis Bab 3 no. 12; Kuis Bab 3 no. 13; Kuis Bab 3 no. 14; Kuis Bab 3 no. 15; Kuis Bab 3 no. 16; Simulasi 1 no. 13; Simulasi 2 no. 13; Simulasi 3 no. 13; Simulasi 4 no. 13
3.3 · Fluida dinamis: kontinuitas dan hukum Bernoulli	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 14; Bedah Prediksi 07 no. 14; Latihan 3.3 no. 1; Latihan 3.3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 17; Kuis Bab 3 no. 18; Kuis Bab 3 no. 19; Kuis Bab 3 no. 20; Kuis Bab 3 no. 21; Kuis Bab 3 no. 22; Kuis Bab 3 no. 23; Kuis Bab 3 no. 24; Kuis Bab 3 no. 25; Simulasi 1 no. 14; Simulasi 2 no. 14; Simulasi 3 no. 14; Simulasi 4 no. 14
4.1 · Gelombang mekanik dan sifat bunyi	Bedah Prediksi 07 no. 15; 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; Simulasi 2 no. 15; Simulasi 3 no. 15; Simulasi 4 no. 15
4.2 · Sumber bunyi dan intensitas bunyi	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 12; Bedah Prediksi 07 no. 16; Latihan 4.2 no. 1; Latihan 4.2 no. 2; Kuis Bab 4 no. 7; 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; Simulasi 1 no. 12; Simulasi 2 no. 16; Simulasi 3 no. 16; Simulasi 4 no. 16

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

Sub bab	Soal
4.3 · Sifat cahaya, cermin, dan lensa	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 16; Bedah Prediksi 07 no. 17; Latihan 4.3 no. 1; Latihan 4.3 no. 2; Kuis Bab 4 no. 13; 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; Simulasi 1 no. 16; Simulasi 2 no. 17; Simulasi 3 no. 17; Simulasi 4 no. 17
4.4 · Alat optik	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 15; Bedah Prediksi 07 no. 18; Latihan 4.4 no. 1; Latihan 4.4 no. 2; Kuis Bab 4 no. 20; 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. 15; Simulasi 2 no. 18; Simulasi 3 no. 18; Simulasi 4 no. 18
5.1 · Kalor dan perpindahannya	Bedah Prediksi 07 no. 19; Latihan 5.1 no. 1; Latihan 5.1 no. 2; Kuis Bab 5 no. 1; Kuis Bab 5 no. 2; Kuis Bab 5 no. 3; Kuis Bab 5 no. 4; Kuis Bab 5 no. 5; Kuis Bab 5 no. 6; Kuis Bab 5 no. 7; Simulasi 2 no. 19; Simulasi 3 no. 19; Simulasi 4 no. 19
5.2 · Pemanasan global	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 17; Bedah Prediksi 07 no. 20; Latihan 5.2 no. 1; Latihan 5.2 no. 2; Kuis Bab 5 no. 8; Kuis Bab 5 no. 9; Kuis Bab 5 no. 10; Kuis Bab 5 no. 11; Kuis Bab 5 no. 12; Simulasi 1 no. 17; Simulasi 2 no. 20; Simulasi 3 no. 20; Simulasi 4 no. 20
5.3 · Gas ideal	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 18; Bedah Prediksi 07 no. 21; Latihan 5.3 no. 1; Latihan 5.3 no. 2; Kuis Bab 5 no. 13; Kuis Bab 5 no. 14; Kuis Bab 5 no. 15; Kuis Bab 5 no. 16; Kuis Bab 5 no. 17; Kuis Bab 5 no. 18; Simulasi 1 no. 18; Simulasi 2 no. 21; Simulasi 3 no. 21; Simulasi 4 no. 21
5.4 · Termodinamika dan mesin kalor	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 21; Bedah Prediksi 07 no. 22; Latihan 5.4 no. 1; Latihan 5.4 no. 2; Kuis Bab 5 no. 19; Kuis Bab 5 no. 20; Kuis Bab 5 no. 21; Kuis Bab 5 no. 22; Kuis Bab 5 no. 23; Kuis Bab 5 no. 24; Kuis Bab 5 no. 25; Simulasi 1 no. 21; Simulasi 2 no. 22; Simulasi 3 no. 22; Simulasi 4 no. 22
6.1 · Listrik statis	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 22; Bedah Prediksi 07 no. 23; Latihan 6.1 no. 1; Latihan 6.1 no. 2; Kuis Bab 6 no. 1; Kuis Bab 6 no. 2; Kuis Bab 6 no. 3; Kuis Bab 6 no. 4; Kuis Bab 6 no. 5; Kuis Bab 6 no. 6; Kuis Bab 6 no. 7; Kuis Bab 6 no. 8; Simulasi 1 no. 22; Simulasi 2 no. 23; Simulasi 3 no. 23; Simulasi 4 no. 23
6.2 · Rangkaian arus searah	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 24; Bedah Prediksi 07 no. 24; Latihan 6.2 no. 1; Latihan 6.2 no. 2; Kuis Bab 6 no. 9; Kuis Bab 6 no. 10; Kuis Bab 6 no. 11; Kuis Bab 6 no. 12; Kuis Bab 6 no. 13; Kuis Bab 6 no. 14; Kuis Bab 6 no. 15; Kuis Bab 6 no. 16; Kuis Bab 6 no. 17; Kuis Bab 6 no. 18; Simulasi 1 no. 24; Simulasi 2 no. 24; Simulasi 3 no. 24; Simulasi 4 no. 24
6.3 · Energi dan daya listrik	Bedah Soal Asli TKA 2025 no. 23; Bedah Prediksi 07 no. 25; Latihan 6.3 no. 1; Latihan 6.3 no. 2; Kuis Bab 6 no. 19; Kuis Bab 6 no. 20; Kuis Bab 6 no. 21; Kuis Bab 6 no. 22; Kuis Bab 6 no. 23; Kuis Bab 6 no. 24; Kuis Bab 6 no. 25; Simulasi 1 no. 23; Simulasi 2 no. 25; Simulasi 3 no. 25; Simulasi 4 no. 25

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

NEXT LEVEL STUDY INDONESIA

Era Baru Pendidikan

TKA Fisika

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 Fisika: 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-fis

GRATIS · TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

FIS · Edisi 1 · Gratis untuk pelajar Indonesia · 2026/2027