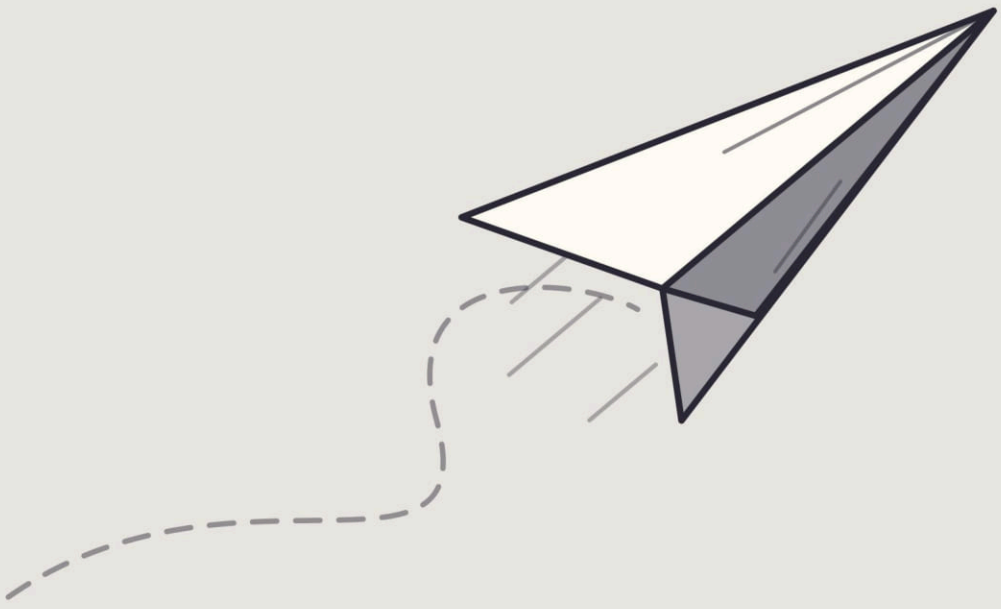
TKA SMK

# TEKNIK KIMIA INDUSTRI

Materi, Strategi, dan Simulasi



**Handaka Lumu**
by Next Level Study Indonesia

2026/2027 · SMKTKI

# TKA SMK TEKNIK KIMIA INDUSTRI

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 SMK Teknik Kimia Industri: 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 SMKTKI



© 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:** Belum ada soal asli TKA untuk mapel ini; bentuk soal mengikuti soal asli TKA SMK 2025 Projek Kreatif dan Kewirausahaan (Pusat Asesmen Pendidikan, Kemendikdasmen).

**Acuan kisi-kisi:** https://pusmendik.kemendikdasmen.go.id/tka/tka/view/mata-pelajaran-pilihan/sma/teknik-kimia-industri-smk-mak

# Kata Pengantar

Kamu yang sedang bersiap,

Terima kasih sudah membuka buku ini. Sabun yang kamu pakai pagi tadi, cuka di dapur, pupuk di sawah, air minum dalam kemasan, bahkan obat dan bahan bakar: semuanya lahir dari ruang kerja yang sama, yaitu industri kimia. Di balik setiap botol yang rapi ada orang yang menimbang dengan teliti, menitrasi dengan sabar, memakai alat pelindung dengan disiplin, dan mencatat hasil dengan jujur. Kelak, salah satu dari mereka bisa jadi kamu.

Buku ini lahir dari satu kenyataan. Soal TKA Teknik Kimia Industri jarang bertanya "apa nama alat ini". Soal-soalnya bercerita tentang analis yang menyiapkan larutan standar, operator yang memilih cara memisahkan campuran, siswa yang mewarnai bakteri, atau pabrik asam sulfat yang gas buangnya berbau. Lalu kamu diminta menentukan langkah yang tepat, menghitung nilai yang benar, atau menilai apakah sebuah data layak dipercaya. Karena itu yang kamu butuhkan bukan hafalan, melainkan pemahaman.

Isinya mengikuti kisi-kisi resmi Pusmendik dalam lima bab: wawasan kerja bidang teknik kimia industri; kecakapan kerja dasar, K3LH, dan budaya kerja; dasar kimia; dasar mikrobiologi; serta teknik dasar pekerjaan laboratorium. Setiap sub bab menjelaskan materinya sampai tuntas, lengkap dengan gambar dan contoh yang diselesaikan langkah demi langkah, baru kemudian strategi dan jebakan. Di akhir setiap bab ada kuis, dan di akhir buku ada simulasi TKA berwaktu. Belum ada soal asli TKA untuk mapel ini, jadi saya tidak menjanjikan angka apa pun. Yang bisa saya janjikan hanyalah penjelasan yang jujur dan latihan yang terarah.

Bacalah berurutan dengan pensil dan kalkulator di tangan: hitung ulang setiap contoh, gambar ulang skema alatnya. Bila skor kuismu belum memuaskan, kembalilah ke sub bab yang ditunjuk tabel anjuran. Latihan dan kuis yang sama juga tersedia di LMS NLS lewat kode QR.

Dalam kimia industri, satu angka yang salah atau satu langkah yang dilewati bisa mengubah mutu produk, bahkan keselamatan banyak orang. Belajarlah dengan sikap yang sama: berjanjilah pada dirimu untuk teliti saat lelah dan jujur saat keliru. Persembahkan kesungguhanmu untuk orang tua yang menunggu kabar baik, untuk guru yang sabar membimbingmu, dan untuk negeri yang membutuhkan tangan-tangan terampil dan bertanggung jawab. Belajarlah dengan sepenuh jiwa dan raga, karena ilmu yang kamu kumpulkan hari ini adalah baktimu esok hari.

Selamat belajar. Saya percaya kamu bisa.

Oktober 2026

**Handaka Lumu**



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

# Panduan Memakai Buku

Buku ini dipakai berurutan: kenali ujiannya (Bagian A), pelajari 5 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: 3 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

SMKTKI-1.2 = sub bab 1.2;  SMKTKI-KB1 = kuis akhir bab 1;  SMKTKI-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-smktki



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 Teknik Kimia Industri ..... 1
Bagian B · Materi ..... 8
Bab 1 · Wawasan Kerja Bidang Teknik Kimia Industri ..... 8
Sub bab 1.1 · Proses bisnis manufaktur kimia dan contoh produksi industri kimia ..... 9
Sub bab 1.2 · Pemanasan global dan dampak industri kimia terhadap iklim ..... 24
Sub bab 1.3 · Industri 4.0 di kimia industri ..... 36
Sub bab 1.4 · Pengembangan produk dan siklus hidup produk ..... 48
Sub bab 1.5 · Profil profesi, peluang usaha, dan technopreneurship ..... 59
Kuis Akhir Bab 1 ..... 73
Bab 2 · Kecakapan Kerja Dasar, K3LH, dan Budaya Kerja ..... 86
Sub bab 2.1 · Teknik dasar proses industri kimia ..... 87
Sub bab 2.2 · Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium ..... 104
Sub bab 2.3 · Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R ..... 117
Sub bab 2.4 · Simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 ..... 133
Kuis Akhir Bab 2 ..... 150
Bab 3 · Dasar Kimia ..... 165
Sub bab 3.1 · Hidrokarbon: struktur, tata nama, dan sifat ..... 166
Sub bab 3.2 · Gugus fungsi alkohol dan penerapannya di industri ..... 181
Sub bab 3.3 · Persamaan reaksi dan konsep mol ..... 195
Sub bab 3.4 · Stoikiometri dan konversi satuan larutan standar ..... 209
Sub bab 3.5 · Laju reaksi dan kesetimbangan kimia ..... 221
Sub bab 3.6 · Sifat koligatif larutan ..... 240
Sub bab 3.7 · Reaksi redoks dan elektrokimia: sel volta dan elektrolisis ..... 253
Kuis Akhir Bab 3 ..... 271
Bab 4 · Dasar Mikrobiologi ..... 282
Sub bab 4.1 · Konsep dasar mikrobiologi ..... 283
Sub bab 4.2 · Media pertumbuhan skala laboratorium ..... 296
Sub bab 4.3 · Teknik sterilisasi basah dan kering ..... 307
Sub bab 4.4 · Isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba (ALT/TPC) ..... 318
Sub bab 4.5 · Pewarnaan bakteri dasar ..... 334
Kuis Akhir Bab 4 ..... 345
Bab 5 · Teknik Dasar Pekerjaan Laboratorium ..... 358
Sub bab 5.1 · Peralatan gelas laboratorium sesuai SOP ..... 359
Sub bab 5.2 · Peralatan non-gelas: neraca dan pH meter ..... 374
Sub bab 5.3 · Prosedur analisis titrimetri konvensional ..... 387
Sub bab 5.4 · Prosedur analisis gravimetri konvensional ..... 402
Sub bab 5.5 · Analisis data hasil uji untuk memastikan validitas ..... 415
Kuis Akhir Bab 5 ..... 430



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

Bagian C · Simulasi TKA ..... 444
Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026 ..... 445
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026 ..... 459
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026 ..... 472
Bagian D · Kunci dan Pembahasan ..... 486
Penutup ..... 581
Lampiran ..... 582

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

# Bagian A · Mengenal TKA Teknik Kimia Industri

## Apa itu TKA SMK Teknik Kimia Industri

Tes Kemampuan Akademik (TKA) untuk jenjang SMK/MAK memiliki mata pelajaran **pilihan** sesuai bidang keahlian. **Teknik Kimia Industri (TKI)** adalah salah satunya. Menurut halaman kisi-kisi Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik) Kemendikdasmen, TKA TKI mengukur penguasaan keilmuan dasar murid dalam memahami, menerapkan, dan menganalisis konsep dasar teknik kimia industri. Cakupannya meliputi wawasan kerja bidang teknik kimia industri, proses produksi industri kimia, K3LH (keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup), serta ilmu kimia dan mikrobiologi. Acuan kisi-kisi buku ini: halaman Pusmendik `https://pusmendik.kemendikdasmen.go.id/tka/tka/view/mata-pelajaran-pilihan/sma/teknik-kimia-industri-smk-mak` (diakses 18 Oktober 2026).

Ada dua hal yang perlu kamu ketahui sejak awal, dan keduanya jujur apa adanya.

> **Jumlah soal dan waktu.** Halaman kisi-kisi Pusmendik tidak mencantumkan jumlah soal dan durasi. Buku ini memakai bentuk yang sama dengan mapel pilihan lain: **25 soal dalam 60 menit**, atau rata-rata sekitar **2,4 menit** untuk setiap soal. Pastikan ketentuan resminya lewat pengumuman Pusmendik dan sekolahmu menjelang ujian.

> **Soal asli.** Untuk mapel TKI **belum ada soal asli TKA** yang dapat dimuat. Satu-satunya soal asli TKA SMK 2025 yang tersedia adalah mapel Projek Kreatif dan Kewirausahaan. Karena itu, bentuk dan kesulitan soal di buku ini mengikuti soal asli tersebut dan enam contoh soal resmi TKI di halaman Pusmendik, sedangkan **isinya** mengikuti kisi-kisi TKI. Buku ini tidak memuat angka "persentase benar nasional" untuk TKI karena datanya memang belum ada, dan angka seperti itu tidak boleh dikarang.

## Apa yang diuji: lima elemen

Kisi-kisi resmi membagi muatan TKA TKI menjadi **lima elemen**, dan buku ini memakainya sebagai lima bab. Kolom terakhir memuat sebaran soal pada paket latihan buku ini (rata-rata tiap paket 25 soal), supaya kamu tahu bab mana yang paling banyak keluar.



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

| Elemen kisi-kisi | Isi menurut kisi-kisi | Bab di buku ini | Soal per 25 |
|---|---|---|---|
| Wawasan kerja bidang Teknik Kimia Industri | proses bisnis industri kimia; perkembangan teknologi dan isu global (perubahan iklim, Industri 4.0, siklus hidup produk); profesi, kewirausahaan, dan peluang usaha | Bab 1 | 4,5 |
| Kecakapan kerja dasar, K3, budaya kerja | teknik dasar proses industri kimia dan pembuatan larutan; prosedur K3, APD, budaya 5R, simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 | Bab 2 | 7,2 |
| Dasar kimia | hidrokarbon dan alkohol; persamaan reaksi, konsep mol, larutan standar; laju reaksi dan kesetimbangan; sifat koligatif; redoks dan elektrokimia | Bab 3 | 5,7 |
| Dasar mikrobiologi | konsep dasar dan media pertumbuhan; sterilisasi basah dan kering; isolasi, inokulasi, ALT/TPC; pewarnaan bakteri | Bab 4 | 3,3 |
| Teknik dasar pekerjaan laboratorium | peralatan gelas dan non-gelas (neraca, pH meter); titrimetri dan gravimetri konvensional; analisis data hasil uji | Bab 5 | 4,3 |

Bab 2 memuat soal paling banyak, sekitar 29 % paket, sebab K3LH, pembuatan larutan, dan teknik pemisahan muncul hampir di setiap paket. Bab 4 paling sedikit, tetapi jangan dilewati: soal-soalnya teliti dan sering memakai hitungan (massa media, jumlah koloni). Tidak ada bab yang boleh diabaikan.

Kisi-kisi memuat **sembilan sub-elemen**, sedangkan Peta Topik Bank Soal NLS memecahnya menjadi **31 subtopik**. Agar setiap sub bab cukup utuh untuk dipelajari, buku ini memakai **26 sub bab**: sebagian besar subtopik berdiri sendiri, kecuali lima pasang yang digabung karena isinya saling melengkapi (proses bisnis dengan contoh produksi; profesi dengan peluang usaha; K3 dan APD dengan budaya 5R; simbol bahaya dan SDS dengan pengelolaan limbah; isolasi dan inokulasi dengan perhitungan ALT). Tabel silang di Lampiran menunjukkan kaitan sub bab, subtopik, dan soal.

## Tiga tingkat kemampuan

| Tingkat | Yang diminta | Contoh bentuknya |
|---|---|---|
| Pengetahuan dan pemahaman | menjelaskan, mengidentifikasi, memberi contoh | menjelaskan alur proses bisnis sebuah pabrik; mengenali simbol bahaya pada label |
| Aplikasi | menerapkan, mengklasifikasikan, menghitung | menghitung massa zat untuk larutan standar; memilih metode sterilisasi; memilah limbah B3 dan non-B3 |
| Penalaran | menganalisis, mengevaluasi, merancang/memprediksi | menilai apakah data titrasi sah; mengevaluasi strategi produk dari hasil analisis daur hidup; memprediksi akibat perubahan suhu pada kesetimbangan |



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

Pada paket latihan buku ini, 44 % soal tergolong sulit. Soal sulit paling banyak ada di **Bab 2** dan **Bab 3** (masing-masing 18 dari 150 soal pada enam paket), sedangkan proporsi tertinggi ada di **Bab 3** (53 %). Soal sulit di sini jarang berarti "konsepnya sangat tinggi". Biasanya soal itu sulit karena kamu harus **teliti**: satu satuan yang tidak disamakan, satu koefisien reaksi yang terlewat, atau satu tahap prosedur yang tertukar sudah mengubah jawaban.

## Konteks soal: kasus di pabrik dan laboratorium

Hampir setiap soal berbentuk **kasus**. Tokohnya operator, analis quality control (QC), siswa praktik kerja lapangan (PKL), atau pengusaha kecil. Latarnya pabrik sabun, cuka, pupuk, minuman, atau laboratorium mikrobiologi dan kimia analisis. Contoh resmi Pusmendik memperlihatkan hal yang sama: urutan proses produksi amonia, strategi produk dari hasil analisis daur hidup, media dan sterilisasi untuk bakteri, atau pemurnian tembaga dengan elektrolisis.

| Konteks | Contoh yang akan kamu temui |
|---|---|
| Wawasan kerja | alur pabrik gula atau minyak goreng; emisi metana dari kolam limbah; sensor tangki yang macet; harga jual produk usaha kecil |
| Kecakapan dasar dan K3LH | neraca massa pengeringan; pembuatan larutan baku; memindahkan asam pekat; label bahaya; penyimpanan bahan; wadah limbah |
| Dasar kimia | distilasi hidrokarbon; massa pereaksi dan produk; titik didih sirup; penyepuhan logam; reaktor asam sulfat |
| Dasar mikrobiologi | media agar; autoklaf dan oven; metode tuang dan gores; cawan petri berisi koloni; pewarnaan Gram |
| Teknik laboratorium | pemilihan pipet dan labu takar; pH meter yang dikalibrasi; titrasi cuka; kadar air dengan oven; data ulangan tiga analis |

Cerita pembukanya bisa cukup panjang. Sebagian besar hanya latar, tetapi **petunjuk penting sering diselipkan di dalamnya**: kadar, volume titran, jumlah koloni, atau batas yang ditetapkan SOP. **Baca kalimat pertanyaannya dulu**, lalu kembali ke cerita untuk mencari petunjuk yang dibutuhkan.

Satu hal lagi: sebagian istilah memakai bahasa Inggris atau Latin, karena begitulah buku petunjuk alat dan dunia laboratorium menulisnya. Buku ini menjelaskan setiap istilah itu saat pertama muncul dan menyediakan glosarium di Lampiran. Angka dalam soal, seperti kadar bahan, suhu tangki, atau batas penerimaan, adalah **angka latihan yang disusun fiktif** dan harus dibaca "menurut SOP pada soal itu", bukan sebagai data pabrik tertentu.

## Bentuk soal dan cara menjawabnya

Kisi-kisi resmi menyebut tiga bentuk soal.



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

| Bentuk | Cara menjawab |
|---|---|
| Pilihan ganda (PG) | pilih **satu** jawaban dari lima pilihan A–E |
| PG kompleks kategori (Benar/Salah) | tentukan **setiap** pernyataan Benar atau Salah |
| PG kompleks MCMA (pilih lebih dari satu) | pilih **semua** pilihan yang benar; jumlahnya tidak disebutkan |

Tiga contoh berikut sengaja dibuat sendiri dan bukan bagian dari paket latihan mana pun. Tujuannya memperlihatkan bentuk soal dan cara berpikir menghadapinya. Semua tokoh dan angkanya fiktif.

## Contoh 1: pilihan ganda dengan hitungan

> Pada 2027, Sari, siswa PKL di laboratorium QC sebuah pabrik pupuk, diminta menyiapkan **200 mL** larutan asam sulfat **0,9 M** dari larutan stok **18 M**. Volume larutan stok yang harus diambil adalah ....
>
> A. 190 mL
> B. 1,0 mL
> C. 10 mL
> D. 20 mL
> E. 180 mL

*Cara berpikir.* Pengenceran tidak mengubah jumlah zat terlarut, sehingga $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$. Maka $18 \times V_1 = 0{,}9 \times 200$, sehingga $V_1 = 180 \div 18 =$ **10 mL**. Jawaban: **C**. Pilihan A adalah volume air yang ditambahkan (200 − 10). Pilihan B salah menggeser koma. Pilihan D memakai faktor pengenceran 10, padahal 18 ÷ 0,9 = 20 sehingga 200 ÷ 20 = 10. Pilihan E lupa membagi 180 dengan 18. Satu catatan keselamatan yang juga sering ditanyakan: asam pekat selalu **dituang ke air**, bukan sebaliknya. Bab 2.2 membahas ini dengan lengkap.

## Contoh 2: Benar/Salah

> Dalam pelatihan operator pabrik amonia skala kecil (2027), instruktur menuliskan reaksi sintesis amonia: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, dengan perubahan entalpi negatif (reaksi eksoterm). Instruktur meminta Bayu menjelaskan pengaruh perubahan kondisi pada reaktor setelah kesetimbangan tercapai.
>
> Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.
>
> 1. Menaikkan tekanan menggeser kesetimbangan ke arah $NH_3$ karena jumlah mol gas di sisi produk lebih sedikit.
>
> 2. Menaikkan suhu selalu menambah jumlah $NH_3$ pada keadaan kesetimbangan karena molekul bergerak lebih cepat.
>
> 3. Penambahan katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan tanpa mengubah jumlah $NH_3$ pada keadaan kesetimbangan.



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

*Cara berpikir.* Pernyataan 1 **Benar**: sisi pereaksi memiliki 1 + 3 = 4 mol gas, sisi produk 2 mol; kenaikan tekanan menggeser kesetimbangan ke sisi yang jumlah mol gasnya lebih sedikit. Pernyataan 2 **Salah**: untuk reaksi eksoterm, kenaikan suhu menggeser kesetimbangan ke kiri sehingga $NH_3$ berkurang; suhu yang lebih tinggi hanya mempercepat lajunya. Pernyataan 3 **Benar**: katalis menurunkan energi aktivasi untuk reaksi maju dan balik sama besar, sehingga hanya waktunya yang berubah. Pengecoh seperti pernyataan 2 sering muncul: alasannya terdengar masuk akal, tetapi mencampur "lebih cepat" dengan "lebih banyak hasil". Bab 3.5 membahas ini.

### Contoh 3: pilih lebih dari satu (MCMA)

> Dalam kunjungan industri ke kilang minyak mini (2027), Rudi mencatat proses distilasi bertingkat minyak mentah. Minyak dipanaskan lalu uapnya naik melewati menara yang suhunya makin rendah ke atas, dan hidrokarbon dikumpulkan sebagai fraksi di beberapa tingkat. Pernyataan yang benar tentang proses itu adalah (pilih **semua** yang benar) ....
>
> A. fraksi di bagian paling atas menara berisi hidrokarbon dengan titik didih paling rendah
> B. makin panjang rantai karbon, makin kuat gaya tarik antarmolekul sehingga titik didih makin tinggi
> C. residu di dasar menara berisi hidrokarbon dengan rantai karbon paling pendek
> D. pemisahan terjadi karena fraksi dengan massa jenis berbeda mengendap pada tingkat yang berbeda
> E. fraksi bensin dikumpulkan pada tingkat yang lebih atas daripada fraksi minyak tanah

*Cara berpikir.* Nilai pilihan satu per satu. A **benar**: uap yang paling mudah menguap naik paling tinggi sebelum mengembun. B **benar**: molekul berantai panjang punya gaya antarmolekul lebih besar sehingga titik didihnya lebih tinggi. C salah: residu justru berisi molekul paling besar yang tidak menguap. D salah: pemisahan didasarkan pada titik didih, bukan pengendapan. E **benar**: bensin (rantai karbon lebih pendek) mengembun lebih atas daripada minyak tanah. Jawaban: **A, B, dan E**. Jangan menebak jumlahnya, dan jangan berhenti pada jawaban pertama yang kamu temukan. Bab 3.1 membahas ini.

### Ciri khas soal TKI

### 1. Hitungan sederhana tetapi teliti

Sekitar sepertiga soal memuat hitungan: massa zat dari mol, pengenceran, neraca massa, molaritas dari titrasi, jumlah koloni, atau kenaikan titik didih. Rumusnya sedikit dan angkanya dibuat sederhana, tanpa kalkulus. Yang menjatuhkan siswa biasanya bukan rumusnya, melainkan **satuan yang tidak disamakan** (mL dengan L, g dengan kg), **koefisien reaksi yang terlewat**, atau **massa molar yang salah** (misalnya lupa air hidrat).



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

### 2. Gambar yang berisi informasi

Sebagian soal memakai gambar alat, skema, label bahaya, atau cawan petri. Gambarnya **memuat informasi yang dibutuhkan untuk menjawab**: skala buret, posisi alat, jumlah koloni. Baca semua label sebelum membaca pilihan jawaban.

### 3. Tabel data analisis

Tabel memuat hasil ulangan titrasi, penimbangan berulang, jumlah koloni pada beberapa pengenceran, atau daftar limbah. Bacalah judul kolom dan satuannya dulu, lalu cari **baris yang ditanyakan**. Sering ada satu angka yang menyimpang dan kamu diminta mengambil keputusan.

### 4. Pilihan yang berupa keputusan

Pada soal kasus, pilihan jawabannya sering berupa tindakan: "apa yang paling tepat dilakukan?". Beberapa tindakan **benar tetapi bukan yang paling tepat**. Dalam kerja laboratorium dan pabrik, tindakan yang tepat hampir selalu berarti **mengikuti SOP, aturan keselamatan, dan kaidah aseptik atau analisis yang benar**, bukan mengandalkan kebiasaan atau "supaya cepat selesai".

## Dua keterampilan lintas bab

### Membaca satuan dan istilah teknis

Dalam kimia, satu angka tanpa satuan tidak punya arti. Biasakan menulis satuan di setiap angka yang kamu hitung dan mengonversinya bila perlu: mL ke L, g ke mol, mg/L ke M. Untuk istilah asing, ingat bahwa pada umumnya istilah itu menunjuk benda atau tindakan yang sudah kamu kenal: *autoclave* adalah pemanas uap bertekanan, *pour plate* adalah metode tuang pada cawan, *blank* adalah contoh tanpa zat yang dianalisis.

### Menuliskan langkah sebelum menghitung

Untuk soal hitungan, tulis dulu **apa yang diketahui dan apa yang ditanyakan**, lalu rumus atau persamaan reaksinya, baru angka. Untuk soal kasus prosedur, tulis urutan langkah dengan nomor 1, 2, 3. Catatan sepuluh detik ini mencegah dua kesalahan terbesar: melewatkan satu langkah dan menukar urutan.

### Strategi 60 menit

1. **Putaran pertama (±30 menit):** kerjakan soal kasus yang jawabannya langsung terlihat: wawasan kerja, K3LH, alat laboratorium, sterilisasi, dan konsep kimia. Tandai soal hitungan panjang dan soal MCMA yang masih ragu.
2. **Putaran kedua (±25 menit):** kerjakan soal yang ditandai. Untuk soal hitungan, tulis rumus dan satuan di setiap langkah. Untuk soal prosedur, nomori langkahnya. Untuk soal kasus, tulis dulu apa yang sebenarnya ditanyakan dengan satu kalimat pendek.
3. **Lima menit terakhir:** periksa ulang soal Benar/Salah dan MCMA baris demi baris, lalu pastikan tidak ada soal yang kosong.



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

4. **Periksa kewajaran hasil hitungan.** Volume stok yang diambil tidak mungkin lebih besar daripada volume larutan yang dibuat; massa produk tidak mungkin melebihi massa seluruh pereaksi. Bila hasilmu tidak masuk akal, ulangi langkahnya.

## Cara memakai buku ini untuk TKI

- **Ikuti urutan bab.** Bab 1 dan Bab 2 memperkenalkan cara kerja, satuan, dan istilah yang dipakai di semua bab berikutnya; Bab 3.3 menyiapkan Bab 3.4 dan Bab 5.3, dan Bab 4.3 menyiapkan Bab 4.4.
- **Kerjakan ulang setiap contoh hitungan dengan tanganmu sendiri**, lalu tutup jawabannya dan coba lagi tanpa melihat. Hitungan yang kamu kerjakan sendiri lebih awet daripada yang hanya dibaca.
- **Hubungkan dengan praktik.** Bila sekolahmu punya laboratorium, labu takar, buret, neraca analitik, atau autoklaf, coba langsung langkah-langkah yang dijelaskan, di bawah bimbingan gurumu dan dengan APD yang lengkap.
- **Prioritaskan sub bab bertanda ★.** Sub bab ini punya soal sulit yang banyak.
- **Kerjakan kuis akhir bab dalam 60 menit**, sama dengan waktu ujian, lalu ikuti tabel anjuran di bawahnya.
- **Simpan Simulasi TKA untuk akhir.** Tiga simulasi berisi soal yang belum pernah kamu temui di sub bab mana pun dan menjadi ukuran kesiapanmu yang sebenarnya.



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

# Bagian B · Materi

*Bagian ini memuat 5 bab. Tiap bab diakhiri kuis; kerjakan berurutan.*

# Bab 1 · Wawasan Kerja Bidang Teknik Kimia Industri

SMKTKI-B1

**Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:**

- menjelaskan proses bisnis manufaktur kimia dan contoh penerapan produksi industri kimia
- menganalisis dampak aktivitas industri kimia terhadap perubahan iklim serta pilihan mitigasinya
- menjelaskan teknologi Industri 4.0, tahapan pengembangan produk, dan siklus hidup produk
- memahami profil profesi dan peluang usaha sederhana di bidang kimia industri

## Peta bab

| Sub bab | Judul |
|---|---|
| 1.1 | Proses bisnis manufaktur kimia dan contoh produksi industri kimia |
| 1.2 | Pemanasan global dan dampak industri kimia terhadap iklim |
| 1.3 | Industri 4.0 di kimia industri |
| 1.4 | Pengembangan produk dan siklus hidup produk |
| 1.5 | Profil profesi, peluang usaha, dan technopreneurship |

**Bab 1 di LMS**

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

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



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

# Sub bab 1.1 · Proses bisnis manufaktur kimia dan contoh produksi industri kimia

SMKTKI-1.1

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 1, wawasan kerja bidang Teknik Kimia Industri) meminta kamu **menjelaskan proses bisnis manufaktur kimia secara umum**. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu diminta menyusun urutan tahap sebuah pabrik, membaca diagram alir, menentukan di tahap mana sebuah penyimpangan sebaiknya ditangkap, dan memahami apa fungsi tiap unit pada contoh produksi nyata. Contoh soal resmi Pusmendik menanyakan urutan alur proses bisnis produksi amonia.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menyusun urutan proses** dari catatan yang tidak berurutan, misalnya pada pabrik biodiesel; (2) **menilai fungsi tiap unit** pada diagram alir, misalnya minyak goreng atau air minum dalam kemasan; (3) **menentukan titik kendali mutu** yang paling tepat; (4) **menghitung neraca massa** sederhana pada pencampuran atau pengeringan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan tahap-tahap proses bisnis manufaktur kimia dan unit pendukungnya;
- membaca diagram blok dan diagram alir proses sederhana;
- membedakan proses batch dan proses kontinu serta memberi contohnya;
- menjelaskan alur produksi amonia, minyak goreng, gula, biodiesel, dan air minum dalam kemasan;
- menghitung neraca massa pencampuran sederhana dan menentukan titik kendali mutu.

Educational Institutions

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

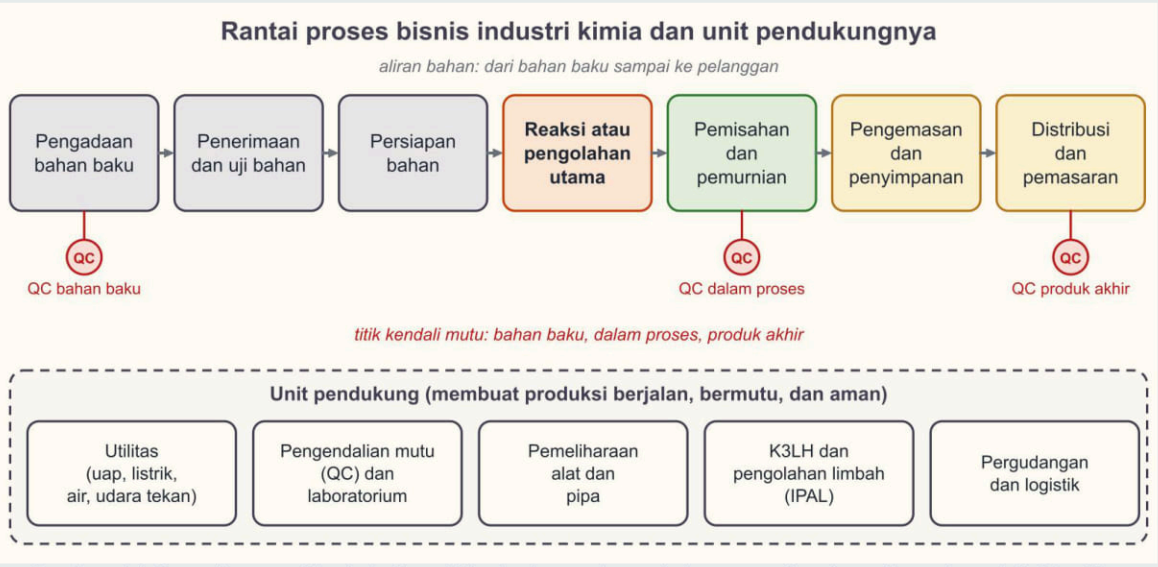
Sabun yang kamu pakai, cuka di meja makan, pupuk di sawah, sampai plastik pada botol minum: semuanya dibuat oleh **industri kimia**. Industri kimia adalah industri yang **mengubah bahan baku menjadi produk yang lebih bernilai** melalui perubahan fisika (dicampur, dipisahkan, dipanaskan, didinginkan) dan perubahan kimia (bahan baku bereaksi menjadi zat baru). Lulusan Teknik Kimia Industri bekerja di dalam rantai kerja ini, jadi hal pertama yang perlu kamu pahami adalah **peta besarnya**: dari mana bahan datang, apa yang terjadi di pabrik, dan ke mana produk pergi.

### 1. Proses bisnis manufaktur kimia

**Proses bisnis** adalah rangkaian kegiatan sebuah perusahaan dari menyiapkan bahan sampai produknya sampai ke pelanggan. Pada pabrik kimia, rangkaian itu secara umum seperti pada Gambar 1.1.



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




*Gambar 1.1 Rantai proses bisnis industri kimia dan unit pendukungnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Tahap-tahapnya:

1. **Pengadaan bahan baku.** Perusahaan memilih pemasok, memesan, dan menerima bahan. Bahan baku dapat berasal dari alam (gas alam, minyak mentah, tebu, kelapa sawit, air) atau dari industri lain (asam asetat pekat, soda api).
2. **Penerimaan dan uji bahan baku.** Setiap pengiriman diperiksa: kadar, kemurnian, dan keselamatannya. Bahan yang tidak memenuhi syarat ditolak.
3. **Persiapan bahan.** Bahan disaring, dilarutkan, dipanaskan, atau dicampur sampai siap bereaksi.
4. **Reaksi atau pengolahan utama.** Inilah inti proses: bahan baku bereaksi di dalam **reaktor** menjadi produk, atau diolah secara fisika (misalnya diperas atau diencerkan).
5. **Pemisahan dan pemurnian.** Hasil reaksi hampir selalu berupa campuran: produk, sisa pereaksi, dan hasil samping. Campuran dipisahkan dan dimurnikan sampai memenuhi spesifikasi.
6. **Pengemasan dan penyimpanan.** Produk dimasukkan ke wadah berlabel dan disimpan di gudang dengan kondisi yang sesuai.
7. **Distribusi dan pemasaran.** Produk dikirim ke distributor, toko, atau pabrik lain yang membutuhkan.

Perhatikan bahwa **tahap pemasaran berada di ujung rantai produksi**, sedangkan pengadaan bahan baku berada di awal. Pemasaran juga mempelajari kebutuhan pasar sebelum produk dirancang, tetapi urutan **produksi** selalu berjalan dari bahan baku ke produk jadi: persiapan bahan baku, reaksi, pemisahan/pemurnian, lalu penyimpanan dan distribusi. Urutan inilah yang ditanyakan pada contoh soal resmi tentang amonia.

### 2. Unit pendukung

Di bawah rantai utama pada Gambar 1.1 ada unit-unit yang tidak membuat produk tetapi membuat produksi **berjalan, bermutu, dan aman**:

- **Utilitas**: penyedia uap (*boiler*), listrik, air proses, udara tekan, dan pendingin.
- **Pengendalian mutu** (*quality control*, QC) dan laboratorium: menganalisis bahan baku, contoh dari proses, dan produk akhir.
- **Pemeliharaan**: merawat pompa, pipa, reaktor, dan alat ukur agar tidak rusak mendadak.
- **K3LH** (keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup) dan **pengolahan limbah (IPAL)**: menjaga pekerja dan lingkungan.
- **Pergudangan dan logistik**: menyimpan bahan dan produk serta mengatur pengirimannya.

### 3. Membaca diagram alir proses

Pabrik dipetakan dengan **diagram blok**: tiap kotak adalah satu tahap atau satu unit, tiap panah adalah aliran bahan. **Masukan** (*input*) masuk dari kiri atau atas, **keluaran** (*output*) keluar ke kanan atau bawah. Ada tiga jenis aliran yang perlu kamu kenali:

- **aliran produk**: yang akhirnya dijual;



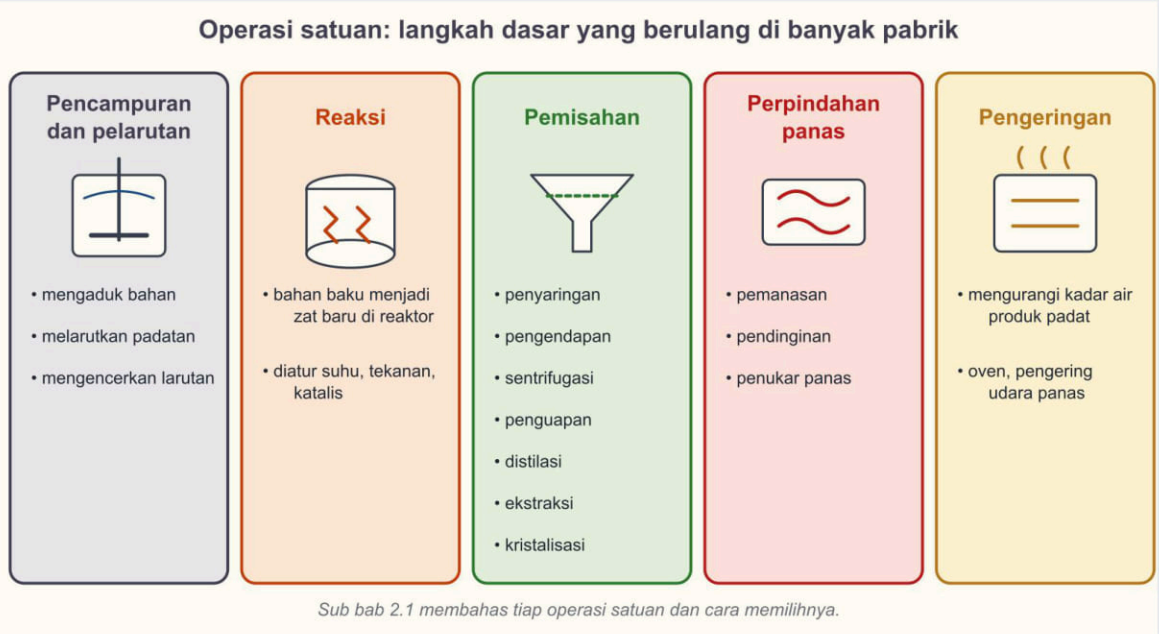
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **aliran buang** atau hasil samping: limbah, residu, atau produk sampingan yang bisa dijual lagi;
- **aliran daur ulang** (*recycle*): bahan yang belum bereaksi dikembalikan ke reaktor agar tidak terbuang.

Untuk membaca diagram, ikuti panah dari bahan baku, tuliskan fungsi tiap kotak dengan satu kalimat ("memisahkan ...", "membuang ..."), lalu periksa ke mana aliran sisa pergi.

### 4. Operasi satuan

Walaupun produk kimia sangat beragam, alat-alat di pabrik sebenarnya berasal dari beberapa **operasi satuan**, yaitu langkah dasar yang berulang di banyak pabrik (Gambar 1.2): **pencampuran** dan pelarutan; **reaksi**; **pemisahan** (penyaringan, pengendapan, sentrifugasi, penguapan, distilasi, ekstraksi, kristalisasi); **perpindahan panas** (pemanasan dan pendinginan); serta **pengeringan**. Pabrik gula, pabrik minyak goreng, dan pabrik air minum memakai kumpulan operasi satuan yang berbeda, tetapi alat dasarnya sama. Sub bab 2.1 membahas setiap operasi satuan beserta cara memilihnya.



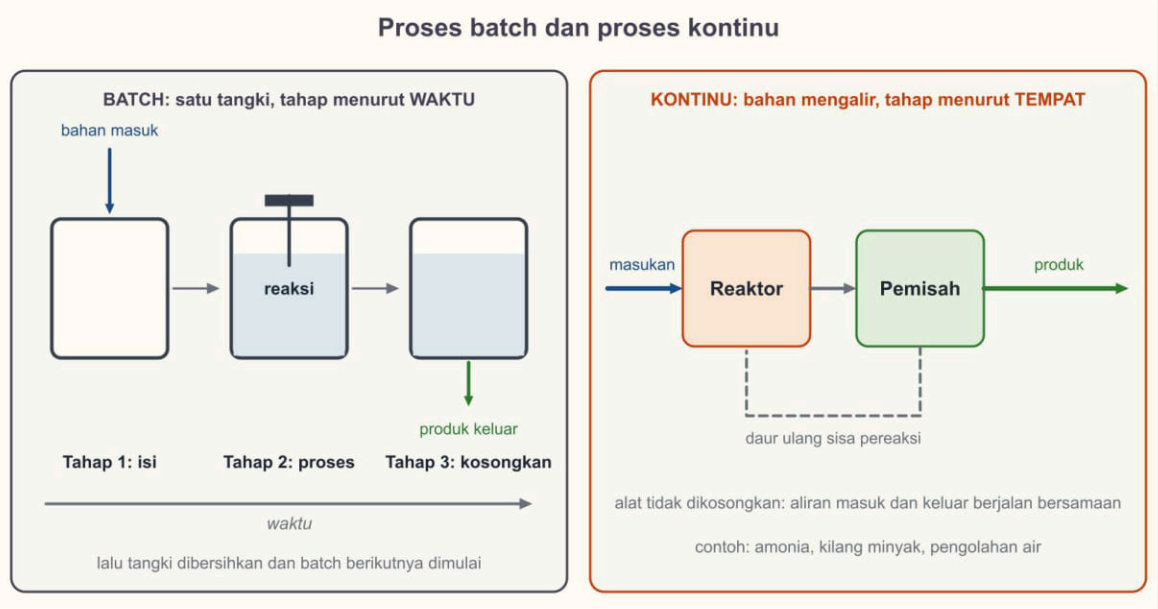

*Gambar 1.2 Operasi satuan yang membentuk hampir semua pabrik kimia. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

## 5. Batch dan kontinu

Ada dua cara menjalankan proses (Gambar 1.3).




*Gambar 1.3 Proses batch (satu tangki, tahap berurutan menurut waktu) dan proses kontinu (bahan mengalir terus, tahap berurutan menurut tempat). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- Pada **proses batch** (bertahap), seluruh bahan dimasukkan ke satu tangki, diproses sampai selesai, lalu dikeluarkan sekaligus. Setelah itu tangki dibersihkan dan diisi lagi. Cara ini fleksibel: tangki yang sama bisa membuat beberapa produk berbeda, dan setiap batch punya nomor sendiri sehingga mudah dilacak. Cocok untuk produk bervolume kecil dan beragam: sabun cair, kosmetik, cuka, cat, pupuk cair. Kekurangannya, ada waktu menganggur dan mutu antarbatch bisa berbeda sedikit.
- Pada **proses kontinu**, bahan baku mengalir terus-menerus melewati rangkaian alat, dan produk keluar terus-menerus. Cocok untuk produk bervolume sangat besar dengan satu jenis produk: amonia, kilang minyak, pengolahan air. Kelebihannya mutu stabil dan tenaga kerja efisien; kekurangannya investasi besar dan sulit dihentikan.

Ada juga **semi-batch**, misalnya satu pereaksi dimasukkan sekaligus dan pereaksi lain ditambahkan perlahan sambil proses berlangsung.

## 6. Contoh penerapan produksi industri kimia

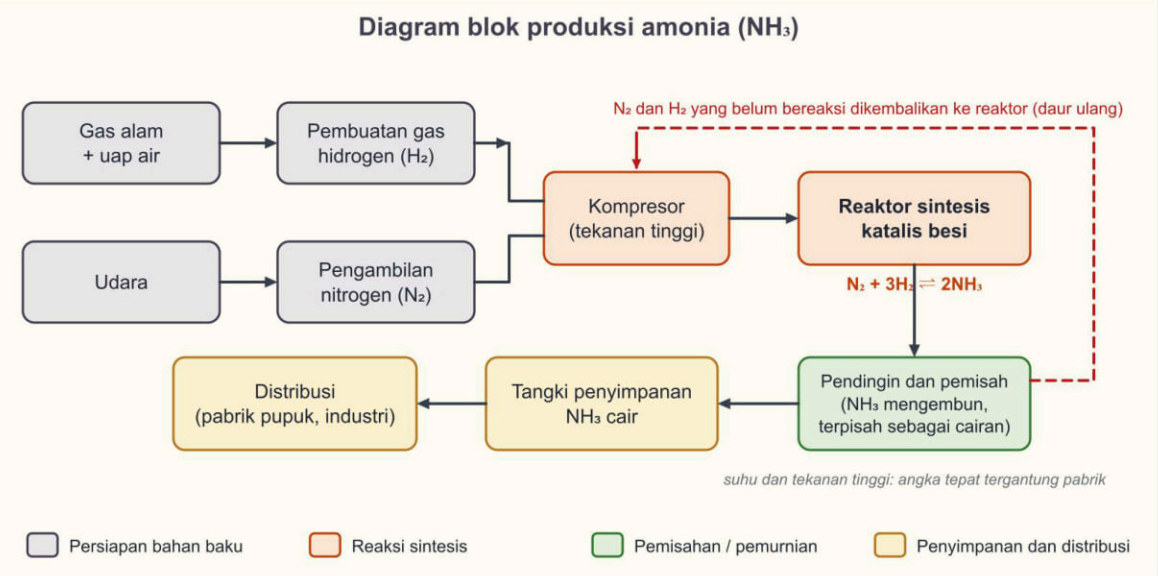
Contoh berikut menunjukkan bahwa pola umum di atas muncul dalam produk yang berbeda. Urutan tahap pada contoh-contoh ini mengikuti diagram yang dipakai pada soal latihan buku ini.

**a. Amonia ($NH_3$).** Amonia adalah bahan dasar pupuk (urea, ZA) dan banyak produk kimia lain. Bahan bakunya **gas alam dan uap air** (sumber hidrogen) serta **udara** (sumber nitrogen). Alurnya (Gambar 1.4): gas alam dibersihkan lalu direaksikan dengan uap air pada suhu tinggi sehingga menghasilkan gas hidrogen; nitrogen diambil dari udara; campuran nitrogen dan hidrogen ditekan lalu dialirkan ke reaktor sintesis yang berisi katalis besi pada suhu dan tekanan tinggi, tempat terjadi $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$. Reaksi ini bolak-balik sehingga



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

hanya sebagian pereaksi yang menjadi amonia dalam sekali lewat. Gas keluar reaktor didinginkan sampai amonia mengembun menjadi cairan yang dipisahkan, sedangkan nitrogen dan hidrogen yang belum bereaksi **didaur ulang** ke reaktor. Amonia cair disimpan di tangki bertekanan atau didinginkan, lalu didistribusikan. Susunan "persiapan bahan baku → reaksi sintesis → pemisahan/pemurnian → penyimpanan dan distribusi" adalah jawaban pola umum pada contoh resmi. Pengaruh suhu dan tekanan pada reaksi ini dibahas di sub bab 3.5.




*Gambar 1.4 Diagram blok produksi amonia. Angka suhu dan tekanan hanya gambaran umum. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**b. Minyak goreng dari minyak sawit mentah (*crude palm oil*, CPO).** CPO mengandung getah (gum, fosfolipid), asam lemak bebas, zat warna, dan senyawa berbau. Pemurniannya (Gambar 1.5) berurutan: **degumming** (ditambah asam fosfat untuk menggumpalkan getah, yang dibuang), **netralisasi** (ditambah larutan NaOH agar asam lemak bebas menjadi sabun yang dibuang), **pemucatan** (tanah pemucat menyerap zat warna, lalu disaring), **deodorisasi** (uap panas dalam ruang vakum membuang senyawa berbau), dan **fraksinasi** (didinginkan lalu disaring untuk memisahkan olein yang tetap cair dari stearin yang membeku). Olein itulah minyak goreng. Bila stearin terbawa, minyak menjadi keruh dan membeku pada suhu dingin, lalu jernih lagi saat dihangatkan. Di pabrik nyata, urutan tahap dan jumlah tahap dapat berbeda; yang penting setiap tahap punya **tujuan membuang satu jenis pengotor**.



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




*Gambar 1.5 Pemurnian CPO menjadi minyak goreng: tiap tahap membuang satu jenis pengotor. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**c. Gula.** Batang tebu diperah menjadi **nira**. Nira ditambah **susu kapur** (kalsium hidroksida) lalu diendapkan: kotoran menggumpal dan mengendap sehingga nira menjadi jernih. Nira jernih diuapkan dalam **evaporator bertekanan rendah** (vakum). Tekanan rendah **menurunkan titik didih** air, sehingga air menguap pada suhu lebih rendah dan gula tidak hangus. Nira kental dikristalkan, lalu campuran kristal dan cairan diputar dalam **sentrifugal**: kristal tertahan di saringan, cairan sisa yang disebut **tetes** (molase) terlempar keluar. Kristal dikeringkan sebagai gula. Molase tidak dibuang: ia bahan baku fermentasi untuk bioetanol dan penyedap rasa.

**d. Biodiesel dari minyak jelantah.** Urutannya: **penyaringan** kotoran padat (agar tidak menyumbat pemanas); **penguapan air** (air dalam minyak membuat katalis NaOH berubah menjadi sabun); **reaksi** minyak dengan metanol yang dibantu katalis NaOH, menghasilkan biodiesel dan gliserol; **pemisahan gliserol** (lebih berat, mengendap di bawah); **pencucian** biodiesel dengan air hangat untuk membuang sisa katalis; **pengeringan**. Perhatikan pola umumnya: persiapan → reaksi → pemisahan → pemurnian.

**e. Air minum dalam kemasan (AMDK).** Air baku (misalnya air pegunungan) melewati **filter pasir** (menahan partikel kasar), **filter karbon aktif** (menyerap bau, rasa, dan sisa klorin), **mikrofilter** (menahan partikel halus), lalu **desinfeksi** dengan ozon atau sinar UV tepat sebelum **pengisian** ke botol. Desinfeksi dilakukan di bagian akhir, karena karbon aktif akan menguraikan ozon dan menghilangkan sisa klorin sehingga desinfeksi lebih awal tidak bertahan sampai air dikemas.

**f. Asam sulfat.** Asam sulfat adalah bahan kimia industri yang paling banyak dipakai. Belerang dibakar menjadi $SO_2$, $SO_2$ dioksidasi menjadi $SO_3$ dengan katalis $V_2O_5$ (**proses kontak**), lalu $SO_3$ diserap ke dalam $H_2SO_4$ pekat, kemudian diencerkan sampai kadar yang diinginkan. Reaksinya dibahas di sub bab 3.5, dan dampak gas buangnya di sub bab 1.2.



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

### 7. Titik kendali mutu

Kesalahan di pabrik paling murah diperbaiki **selama produk masih berada di dalam proses**. Karena itu pemeriksaan mutu (QC) dipasang di tiga tempat:

1. **bahan baku**, saat diterima, untuk menolak bahan yang tidak sesuai;
2. **dalam proses** (*in-process*), misalnya mengukur kadar di tangki pencampur, untuk memperbaiki penyimpangan sebelum produk dikemas;
3. **produk akhir**, sebelum dikirim, untuk memastikan produk memenuhi spesifikasi.

Pertanyaan kunci: **di tahap mana penyimpangan ini masih bisa diperbaiki?** Titik pemeriksaan yang paling tepat adalah yang tepat sebelum langkah yang tidak bisa diulang, misalnya sebelum pengisian botol.

### 8. Neraca massa sederhana

Hukum kekekalan massa berlaku di pabrik: **massa yang masuk sama dengan massa yang keluar** (ditambah yang menumpuk di dalam alat, bila ada). Untuk proses yang tidak melibatkan reaksi, neraca massa total dan neraca tiap komponen (misalnya gula atau air) dihitung dengan cara sama. Langkahnya: (1) gambar diagram blok dan beri nama aliran; (2) tulis massa dan kadar yang diketahui; (3) ubah kadar menjadi massa komponen (massa × kadar); (4) jumlahkan yang masuk dan samakan dengan yang keluar. Contoh perhitungannya ada di bawah; neraca pengeringan dan pengenceran dibahas lagi di sub bab 2.1.

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: menyusun urutan proses

Pada 2027, Wulan, siswa PKL di pabrik sirup buah skala kecil, menerima catatan proses yang tidak berurutan: pengisian sirup panas ke botol, pemerasan buah, penyaringan sari buah, pencucian dan penyortiran buah, penambahan gula dan pemanasan (pasteurisasi), pendinginan dan penyimpanan botol. Susunlah urutannya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Persiapan bahan baku.** Buah harus dicuci dan disortir lebih dulu, karena buah rusak dan kotor menurunkan mutu semua langkah sesudahnya.
2. **Pengolahan utama.** Buah diperas menjadi sari, lalu sari disaring untuk membuang ampas dan biji.
3. **Pemurnian dan pengawetan.** Gula ditambahkan dan campuran dipanaskan (pasteurisasi) supaya mikroba mati dan sirup awet.
4. **Pengemasan.** Sirup yang masih panas diisi ke botol agar botol ikut steril.
5. **Penyimpanan.** Botol didinginkan, lalu disimpan.

Jawaban: pencucian/penyortiran → pemerasan → penyaringan → penambahan gula dan pasteurisasi → pengisian botol → pendinginan dan penyimpanan. Cek akal sehat: pola "persiapan → pengolahan → pemurnian → pengemasan → penyimpanan" sama dengan rantai umum pada Gambar 1.1.



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

### Contoh 2: neraca massa pencampuran

Pada 2027, unit pangan sebuah SMK mencampur 300 kg larutan gula berkadar 20 % dengan 200 kg larutan gula berkadar 45 % di sebuah tangki. Berapa kadar gula campurannya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa gula masuk.** Larutan pertama: 0,20 × 300 kg = 60 kg. Larutan kedua: 0,45 × 200 kg = 90 kg.
2. **Jumlah gula.** 60 + 90 = 150 kg (gula tidak berubah karena hanya dicampur).
3. **Massa campuran.** 300 + 200 = 500 kg.
4. **Kadar campuran.** 150 ÷ 500 × 100 % = 30 %.

Jawaban: 30 %. Cek akal sehat: kadar campuran harus berada di antara 20 % dan 45 %, dan lebih dekat ke 20 % karena larutan 20 % lebih banyak. Hasil 30 % masuk akal; hasil rata-rata sederhana (20 + 45) ÷ 2 = 32,5 % keliru karena mengabaikan massa kedua larutan yang berbeda.

### Contoh 3: menemukan titik kendali mutu yang tepat

Pada 2027, pabrik sabun cuci piring "Bersih Ria" menerapkan urutan: mencampur bahan aktif, air, dan pewangi di tangki → mengisi botol → menutup dan memberi label → menguji pH → menyimpan di gudang. Pada satu batch, pH ternyata 10,5 padahal spesifikasinya 7 sampai 8. Di tahap mana uji pH sebaiknya dipindahkan, dan mengapa? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Cari tahap penyebab.** Penyimpangan pH terjadi pada pencampuran bahan di tangki.
2. **Cari kapan masih bisa diperbaiki.** Selama sabun masih berada di tangki, pH dapat diperbaiki dengan menambah bahan penyesuai.
3. **Cari langkah yang tidak bisa diulang.** Setelah dibotolkan, sabun harus dibuka lagi dan dituang kembali, sehingga mahal dan berisiko.
4. **Tentukan titik pemeriksaan.** Uji pH harus dilakukan di tangki pencampur, **sebelum pengisian botol**.

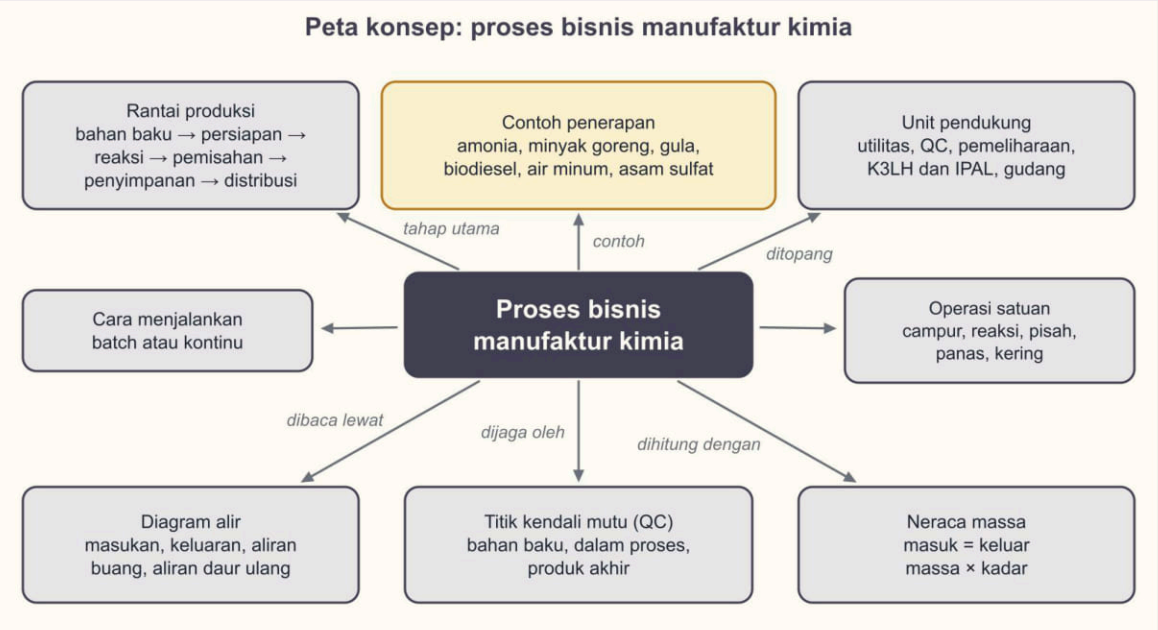
Jawaban: pindahkan uji pH ke tahap sesudah pencampuran dan sebelum pengisian botol (uji produk akhir tetap dilakukan sebagai pemeriksaan penutup). Cek akal sehat: memperketat uji bahan baku atau mengganti pemasok tidak menyelesaikan masalah yang terjadi di tahap pencampuran.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 1.6 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 1.6 Peta konsep proses bisnis manufaktur kimia. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Urutan produksi:** persiapan bahan baku → reaksi → pemisahan dan pemurnian → pengemasan, penyimpanan, distribusi. Pemasaran berada di ujung rantai.
- **Unit pendukung** (utilitas, QC, pemeliharaan, K3LH dan IPAL, gudang) membuat produksi berjalan, bermutu, dan aman.
- **Batch** untuk produk kecil dan beragam; **kontinu** untuk produk besar dan seragam.
- **Aliran daur ulang** mengembalikan pereaksi sisa; hasil samping seperti molase dapat dijual.
- **QC** dipasang di bahan baku, dalam proses, dan produk akhir; pilih titik sebelum langkah yang tidak bisa diulang.
- **Neraca massa:** massa masuk = massa keluar; hitung komponen dengan massa × kadar.

**Istilah penting:** proses bisnis (rangkaian kegiatan dari bahan baku sampai pelanggan); operasi satuan (langkah dasar yang berulang di banyak pabrik); reaktor (alat tempat reaksi); batch (proses bertahap); kontinu (proses mengalir terus); *recycle* (aliran daur ulang); QC (pengendalian mutu); utilitas (penyedia uap, listrik, air); degumming (pembuangan getah); fraksinasi (pemisahan olein dan stearin); molase (tetes tebu).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal proses produksi:

1. **Tandai bahan masuk dan produk akhir.** Dari situ tentukan fungsi tiap tahap: ia membuang apa atau mengubah apa?
2. **Urutkan menurut alasan, bukan hafalan.** Kotoran padat dibuang dulu; air dibuang sebelum reaksi yang peka air; pemisahan setelah reaksi; pemurnian paling akhir.
3. **Untuk soal mutu, cari kapan penyimpangan masih bisa diperbaiki** lalu pilih titik pemeriksaan tepat sebelum langkah yang tidak bisa diulang.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Pemasaran atau penjualan ditaruh di awal urutan produksi.**
- **Pemurnian ditaruh sebelum reaksi** atau gliserol dipisahkan sebelum reaksi biodiesel berlangsung.
- **Tekanan rendah pada evaporator dikira menaikkan titik didih**; yang benar, tekanan rendah menurunkan titik didih.
- **Desinfeksi ozon ditaruh sebelum filter karbon aktif.**
- **Pemeriksaan di tahap yang salah**, misalnya memperketat uji bahan baku padahal penyimpangan terjadi di tahap pencampuran.
- **Rata-rata sederhana dipakai untuk kadar campuran** tanpa memperhitungkan massa tiap larutan.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa "pemasaran → pengadaan bahan baku → reaksi → pengemasan" adalah alur produksi amonia karena "pabrik harus tahu pasarnya dulu". Pemasaran memang mempelajari pasar, tetapi dalam urutan **proses produksi** langkah pertama adalah menyiapkan bahan baku; produk baru dipasarkan setelah selesai dibuat.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan menentukan titik kendali mutu pada alur produksi: cari tahap penyebab, lalu cari titik pemeriksaan yang masih memungkinkan perbaikan. Pakai bagian 7 (titik kendali mutu).



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

►. CV Tirta Asri memproduksi cuka makan 25% (2027). Alurnya: asam asetat pekat diterima dan diuji kadarnya → diencerkan dengan air di tangki pencampur → langsung diisi ke botol → disimpan di gudang → dikirim ke toko. Bulan lalu satu batch berkadar 21% sampai ke pelanggan karena meteran air di tangki macet sehingga air yang masuk berlebih. Kadar masih dapat dikoreksi selama cairan berada di tangki, tetapi tidak setelah dibotolkan. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Perbaikan alur yang paling tepat adalah ....

A. Memperketat uji kadar asam asetat pekat saat penerimaan dari pemasok
B. Menguji kadar cairan di tangki pencampur sebelum pengisian ke botol
C. Mengambil contoh botol di gudang secara acak sebelum dikirim ke toko
D. Mengalibrasi meteran air setiap akhir tahun oleh teknisi pemeliharaan
E. Mengganti pemasok asam asetat dengan pemasok yang bersertifikat mutu

**Pembahasan** **Kunci: B**

**Konsep:** Dalam proses bisnis manufaktur kimia, titik pemeriksaan mutu (QC) ditempatkan di tahap yang mampu menangkap penyimpangan sebelum produk tidak dapat diperbaiki lagi: bahan baku, proses (in-process), dan produk akhir.

**Langkah:**
1. Sumber masalah: tahap pengenceran (meteran air macet), bukan bahan baku.
2. Kadar hanya bisa dikoreksi selama cairan di tangki.
3. Maka pemeriksaan harus dilakukan di tangki sebelum pengisian botol.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: uji bahan baku sudah ada dan bahan baku tidak bermasalah; penyimpangan terjadi saat pengenceran.
• **B.** ✓ Penyimpangan tertangkap ketika kadar masih bisa dikoreksi dengan menambah asam pekat.
• **C.** ✗ Jebakan: produk menyimpang memang tertangkap, tetapi sudah dibotolkan sehingga tidak dapat dikoreksi dan harus dibuang atau dikemas ulang.
• **D.** ✗ Kalibrasi tahunan tidak menangkap meteran yang macet tiba-tiba di tengah tahun.
• **E.** ✗ Pemasok tidak terkait dengan penyebab masalah.

**Jawaban: B.**

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tandai dulu fungsi setiap tahap atau unit, lalu urutkan atau nilai dengan alasan.

**1.** Koperasi di Sidoarjo mengolah minyak jelantah menjadi biodiesel (2027). Catatan teknisnya (tidak berurutan): biodiesel dicuci air hangat untuk membuang sisa katalis, lalu dipanaskan agar kering; reaksi minyak dengan metanol menghasilkan biodiesel dan gliserol yang lebih berat; air dalam minyak membuat katalis NaOH berubah menjadi sabun; air pencuci tidak boleh mengenai lapisan gliserol; kotoran padat dapat menyumbat pemanas. Putri diminta menulis urutan proses untuk papan SOP.



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan yang tepat adalah ....

A. Penyaringan → reaksi dengan metanol → penguapan air → pemisahan gliserol → pencucian dan pengeringan
B. Penguapan air → penyaringan → reaksi dengan metanol → pencucian → pemisahan gliserol dan pengeringan
C. Penyaringan → penguapan air → reaksi dengan metanol → pencucian → pemisahan gliserol dan pengeringan
D. Penyaringan → penguapan air → reaksi dengan metanol → pemisahan gliserol → pencucian dan pengeringan
E. Penyaringan → penguapan air → pemisahan gliserol → reaksi dengan metanol → pencucian dan pengeringan

**2.** Siswa PKL di pabrik gula skala menengah mencatat alur proses (2027): nira hasil pemerahan tebu ditambah susu kapur lalu diendapkan; nira jernih diuapkan dalam evaporator bertekanan rendah sampai kental; nira kental dikristalkan; campuran kristal dan cairan diputar dalam sentrifugal; kristal dikeringkan; cairan sisa (tetes atau molase) ditampung. Pembimbing meminta mereka menilai pernyataan teman-temannya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Susu kapur dan pengendapan membantu memisahkan kotoran dari nira sebelum nira diuapkan.
☐ B. Evaporator bertekanan rendah dipakai agar titik didih nira lebih tinggi sehingga air lebih cepat habis.
☐ C. Kristal gula dipisahkan dari molase dengan penyaringan pasir karena kristal lebih besar.
☐ D. Molase sisa sentrifugasi dapat dijual sebagai bahan baku fermentasi bioetanol.
☐ E. Pengeringan kristal dilakukan sebelum sentrifugasi agar kristal tidak lengket di saringan.



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

**3.** Ningsih, operator di pabrik minyak goreng skala menengah, menerima laporan dari distributor (2027). Minyak goreng kemasan menjadi keruh dan sebagian membeku bila disimpan di ruangan ber-AC sekitar 20 °C, lalu jernih kembali setelah dibiarkan di suhu ruang biasa. Warna dan baunya normal. Diagram alir pabrik terlihat pada gambar. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Unit yang paling perlu diperiksa Ningsih adalah ....




A. Unit degumming
B. Unit fraksinasi
C. Unit pemucatan
D. Unit deodorisasi
E. Unit netralisasi

**4.** Pabrik air minum dalam kemasan mengolah air pegunungan dengan urutan: filter pasir → filter karbon aktif → mikrofilter 1 µm → tangki produk yang diberi ozon → pengisian botol (2027). Air baku sebelumnya diberi sedikit klorin di bak penampung. Putra, siswa PKL, membuat ringkasan fungsi unit untuk presentasi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Filter karbon aktif menyerap bau, rasa, dan sisa klorin dari bak penampung. | ○ | ○ |
| Mikrofilter 1 µm menahan partikel halus yang lolos dari filter pasir sebelum air masuk tangki produk. | ○ | ○ |
| Ozon diberikan sekali saja sebelum filter karbon aktif, tidak perlu lagi di tangki produk, agar kontak air dengan ozon lebih lama. | ○ | ○ |

**Kunci singkat:** 1. D 2. A, D 3. B 4. 1B 2B 3S



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pemasaran berada di ujung rantai produksi, padahal perusahaan memikirkan pasar sejak awal?
- Mengapa penyimpangan kadar paling tepat ditangkap sebelum produk dibotolkan?
- **Yang harus kuingat:** urutan produksi persiapan → reaksi → pemisahan/pemurnian → penyimpanan/distribusi; batch vs kontinu; aliran daur ulang; tiga titik QC; neraca massa: masuk = keluar.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 1.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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



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

# Sub bab 1.2 · Pemanasan global dan dampak industri kimia terhadap iklim

SMKTKI-1.2

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 1, sub-elemen perkembangan teknologi dan isu global) meminta kamu **menganalisis dampak industri kimia terhadap perubahan iklim**: memahami pemanasan global, mengenali dari mana gas rumah kaca keluar di sebuah pabrik, lalu menilai tindakan mana yang benar-benar menurunkan emisi. Levelnya penalaran. Contoh soal resmi Pusmendik mengenai asam sulfat juga menyinggung dampak gas buang pabrik pada lingkungan (hujan asam dan korosi).

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih usulan penurunan emisi** untuk sebuah pabrik, misalnya yang limbah organiknya menghasilkan metana; (2) **membandingkan beberapa proyek** dengan anggaran terbatas lalu memilih kombinasi yang menurunkan emisi paling besar; (3) **membandingkan emisi per satuan produk** dari beberapa pilihan, misalnya jenis kemasan; (4) **menghubungkan gas buang dengan akibatnya**, misalnya $SO_2$ dengan hujan asam. Soal jenis ini termasuk yang paling sulit di mapel ini: pilihan yang tampak "ramah lingkungan" sering gugur setelah dihitung.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan efek rumah kaca, pemanasan global, dan peran gas rumah kaca;
- mengenali sumber emisi di pabrik kimia dan membedakan $CO_2$, metana, dan $N_2O$;
- menghitung emisi $CO_2$ dari pembakaran dengan stoikiometri sederhana serta memakai $CO_2$ ekuivalen;
- menilai usulan mitigasi dengan hierarki penurunan emisi, anggaran, dan emisi per satuan produk;
- menjelaskan terjadinya hujan asam dan cara menanggulanginya.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pabrik kimia membuat banyak hal yang kita butuhkan, tetapi juga menghasilkan gas buang. Ada dua pertanyaan yang perlu kamu jawab di sub bab ini: **gas apa yang keluar dan mengapa membahayakan iklim**, dan **apa yang dapat dilakukan operator, teknisi, dan perusahaan**.

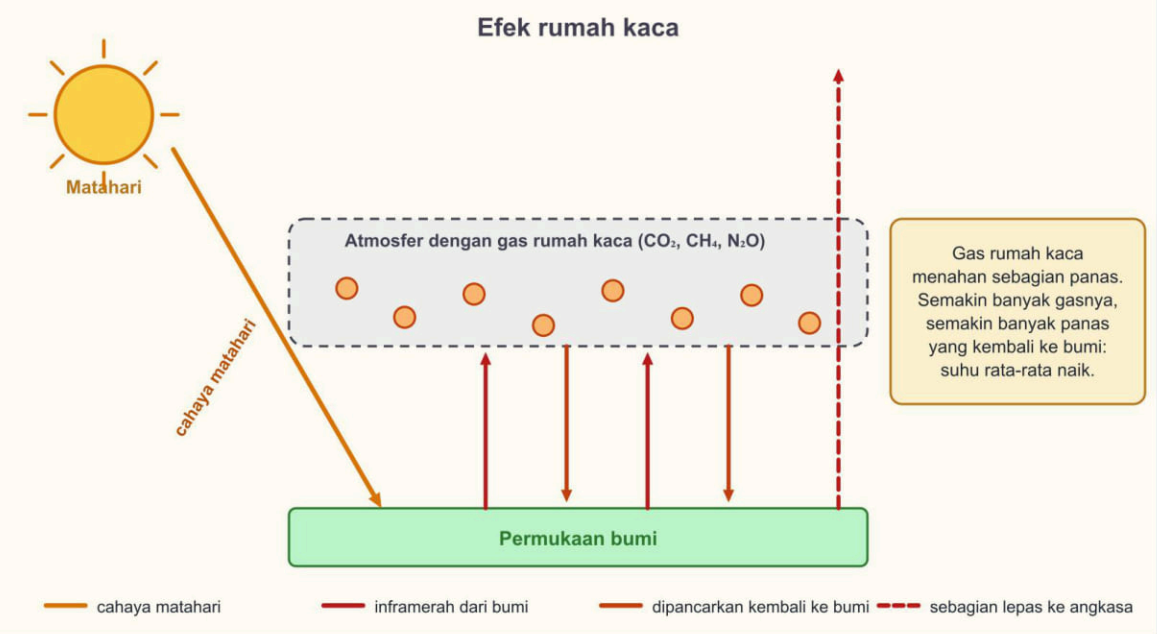
### 1. Efek rumah kaca dan pemanasan global

Matahari memancarkan cahaya yang menembus atmosfer dan memanaskan permukaan bumi. Permukaan yang hangat memancarkan kembali panas dalam bentuk **sinar inframerah**. Sebagian panas itu diserap oleh gas-gas tertentu di atmosfer dan dipancarkan lagi ke segala arah, termasuk kembali ke bumi (Gambar 1.7). Peristiwa alami ini disebut **efek rumah kaca**,



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

dan gas penyerapnya disebut **gas rumah kaca** (GRK). Tanpa efek ini bumi akan jauh lebih dingin dan sulit dihuni; efek rumah kaca yang wajar menjaga suhu rata-rata bumi tetap hangat.




*Gambar 1.7 Efek rumah kaca: sebagian sinar inframerah diserap gas rumah kaca dan dipancarkan kembali ke bumi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Masalah muncul ketika **jumlah gas rumah kaca di atmosfer bertambah** karena kegiatan manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil, pembukaan hutan, pertanian, dan industri. Makin banyak gas penyerap, makin banyak panas yang tertahan, sehingga suhu rata-rata bumi naik. Kenaikan suhu rata-rata akibat penambahan gas rumah kaca inilah yang disebut **pemanasan global**, dan perubahan pola cuaca jangka panjang yang menyertainya disebut **perubahan iklim**. Akibat yang dikhawatirkan antara lain naiknya permukaan laut, bergesernya musim hujan dan kemarau, cuaca ekstrem yang lebih sering, dan terganggunya hasil pertanian.

## 2. Gas rumah kaca utama dan daya pemanasnya

Empat kelompok gas rumah kaca perlu kamu kenal. Sumber dan dampaknya berbeda, jadi cara menurunkannya pun berbeda.

| Gas | Sumber utama | Catatan |
|---|---|---|
| Karbon dioksida ($CO_2$) | pembakaran batu bara, minyak, dan gas alam; reaksi pembuatan semen dan kapur; pembakaran limbah | paling banyak jumlahnya, sehingga dampak totalnya terbesar |
| Metana ($CH_4$) | penguraian limbah organik tanpa oksigen (kolam limbah, tempat pembuangan sampah), peternakan, sawah, kebocoran gas alam | jauh lebih kuat per kilogram daripada $CO_2$ |
| Dinitrogen oksida ($N_2O$) | pupuk nitrogen di pertanian, proses industri tertentu, pembakaran, pengolahan air limbah | sangat kuat per kilogram |
| Gas berfluorinasi (HFC, $SF_6$, dan lain-lain) | pendingin (AC, lemari es), peralatan listrik, proses industri | jumlahnya kecil, tetapi sangat kuat dan lama bertahan |



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

Untuk membandingkan gas-gas itu dipakai **potensi pemanasan global** (*global warming potential*, GWP), yaitu berapa kali lebih kuat 1 kilogram gas itu dibandingkan 1 kilogram $CO_2$ dalam jangka waktu tertentu (biasanya 100 tahun). Menurut laporan IPCC keenam (AR6), yang dirangkum Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA), GWP 100 tahun $CO_2$ = 1, metana sekitar 27–30, dan $N_2O$ sekitar 273. Dari sinilah satuan **$CO_2$ ekuivalen** ($CO_2e$) berasal:

**massa $CO_2e$ = massa gas × GWP**

Satu ton metana, dengan GWP 28 sebagai nilai tengah, setara dengan sekitar 28 ton $CO_2e$. Satuan ini memungkinkan kamu menjumlahkan gas yang berbeda dan membandingkan proyek penurunan emisi. Pada soal, nilai GWP biasanya diberikan atau tidak diperlukan; yang penting kamu mengerti bahwa **metana jauh lebih "kuat" daripada $CO_2$, tetapi saat dibakar menjadi $CO_2$ dampaknya turun drastis**.

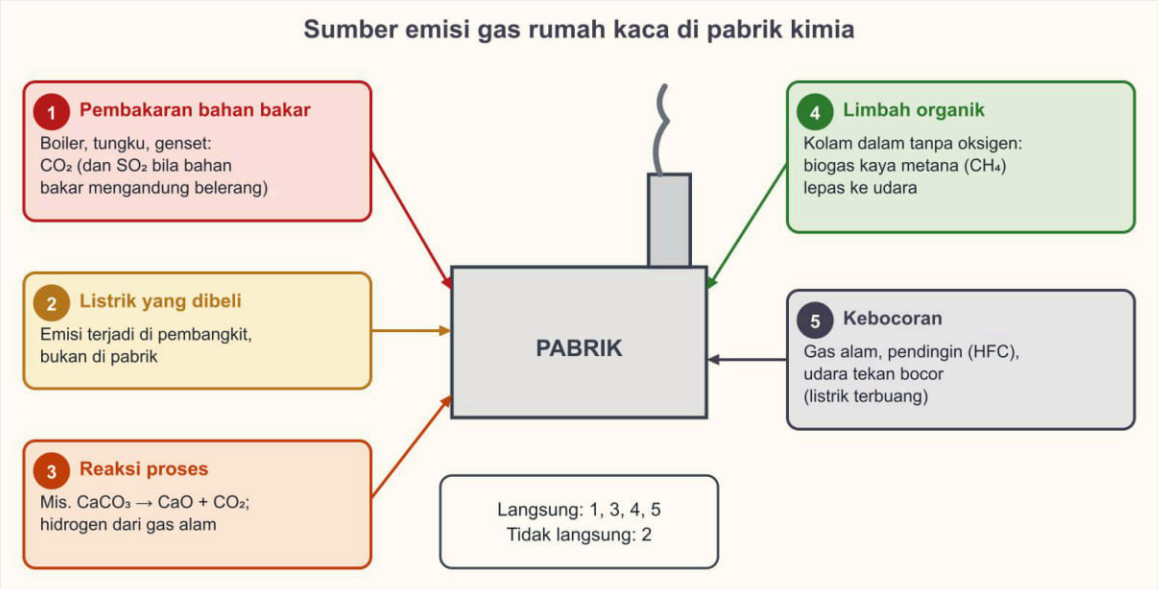
### 3. Dari mana emisi pabrik kimia berasal

Emisi sebuah pabrik dapat dilacak dari lima sumber (Gambar 1.8):

1. **Pembakaran bahan bakar** di boiler, tungku, dan genset. Boiler batu bara menghasilkan $CO_2$ dalam jumlah besar, dan juga $SO_2$ bila batu baranya mengandung belerang.
2. **Listrik yang dibeli.** Pabrik tidak membakar apa pun di sini, tetapi pembangkit listriknya yang menghasilkan emisi. Menghemat listrik di pabrik berarti mengurangi emisi di pembangkit.
3. **Reaksi proses itu sendiri.** Beberapa reaksi menghasilkan $CO_2$ sebagai hasil, misalnya pemanasan batu kapur: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Pembuatan hidrogen untuk amonia dari gas alam juga menghasilkan $CO_2$.
4. **Penguraian limbah organik tanpa oksigen.** Limbah cair pabrik tapioka, gula, atau tahu penuh bahan organik. Di dasar kolam yang dalam dan terbuka tidak ada oksigen, bakteri pengurai tanpa oksigen bekerja, dan hasilnya adalah **biogas** yang kaya metana. Bila dibiarkan lepas ke udara, metana ini menjadi sumber emisi besar.
5. **Kebocoran dan penguapan**: kebocoran gas alam, pendingin bocor, dan udara tekan yang bocor (yang membuat kompresor bekerja lebih lama dan memakai lebih banyak listrik).



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




*Gambar 1.8 Sumber emisi gas rumah kaca di sebuah pabrik kimia. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Para ahli juga membedakan emisi **langsung** (dari bahan bakar yang dibakar dan reaksi di dalam pabrik) dan emisi **tidak langsung** (dari listrik yang dibeli dan dari rantai pasok seperti pengangkutan bahan baku). Menghitung keduanya memberi gambaran jejak karbon yang utuh.

### 4. Menghitung emisi $CO_2$ dari pembakaran

Setiap atom karbon dalam bahan bakar akan menjadi satu molekul $CO_2$ ketika terbakar sempurna. Reaksi dasarnya, $C + O_2 \rightarrow CO_2$, memberi perbandingan 1 mol C : 1 mol $CO_2$. Karena Ar C = 12 dan Mr $CO_2$ = 44, **setiap 12 kg karbon menghasilkan 44 kg $CO_2$**, atau setiap 1 kg karbon menghasilkan sekitar 3,67 kg $CO_2$. Untuk metana: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$. Mr $CH_4$ = 16, jadi **16 kg metana yang terbakar menghasilkan 44 kg $CO_2$.** Cara menghitungnya sama dengan stoikiometri di sub bab 3.3: ubah massa ke mol, pakai perbandingan koefisien, lalu ubah kembali ke massa.

Rumus praktis di industri: **emisi = jumlah bahan bakar × faktor emisi**, dengan faktor emisi (kg $CO_2$ per kg atau per liter bahan bakar) diambil dari tabel resmi. Pada soal, faktor itu diberikan.

### 5. Cara menurunkan emisi: urutan prioritas

Penurunan emisi tidak boleh asal. Ada urutan prioritas (Gambar 1.9) yang mirip hierarki pengendalian bahaya di K3:

1. **Kurangi kebutuhan dan efisienkan.** Lebih murah dan cepat: mengganti lampu dengan LED, mengisolasi pipa uap dan dinding tungku, memperbaiki kebocoran udara tekan, menyetel boiler agar pembakarannya sempurna, memanfaatkan kembali panas buangan (penukar panas).
2. **Ganti sumber energi dan bahan.** Mengganti sebagian batu bara dengan biomassa (misalnya sekam padi) atau biogas, memasang panel surya, memilih bahan baku yang lebih rendah emisi.



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

3. **Tangkap dan manfaatkan emisi yang tak terhindarkan.** Menutup kolam limbah dan menampung biogasnya untuk bahan bakar; membakar kelebihan biogas di obor (*flare*) sehingga metana berubah menjadi $CO_2$ yang daya pemanasnya jauh lebih kecil.
4. **Daur ulang dan ekonomi sirkular.** Memakai ulang kemasan dan bahan, menjual hasil samping sebagai bahan baku industri lain.
5. **Penyeimbang (*offset*) dan penghijauan** hanya melengkapi, tidak menggantikan langkah 1–3.




*Gambar 1.9 Urutan prioritas penurunan emisi gas rumah kaca di pabrik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

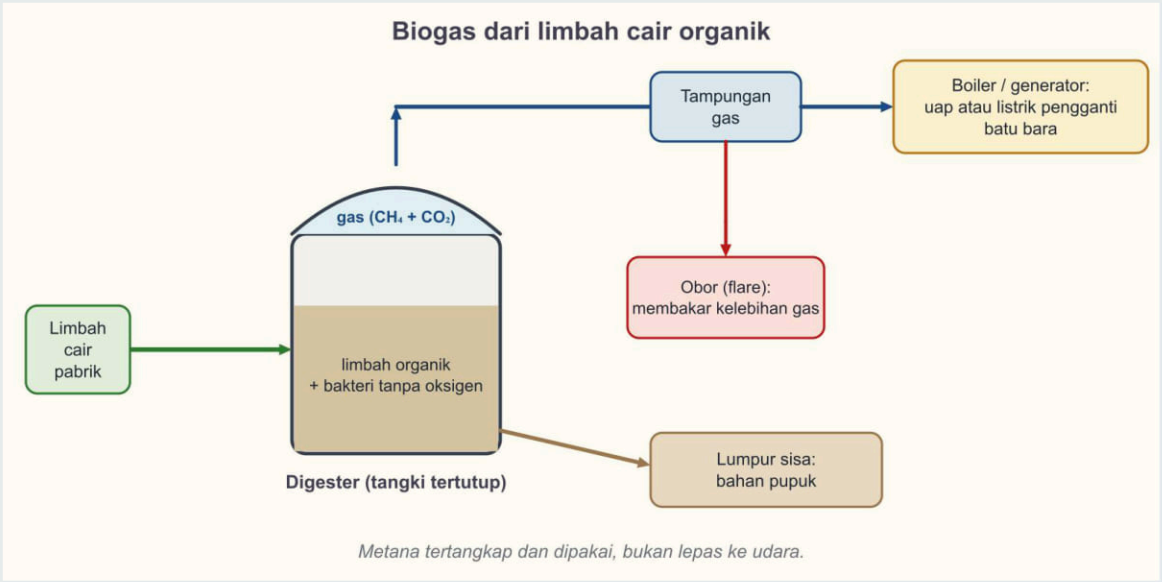
Contoh nyata: pabrik tapioka mengolah limbah cairnya di kolam terbuka yang dalam. Penguraian tanpa oksigen menghasilkan metana yang lepas ke udara, sementara boiler memakai batu bara. Usulan yang tepat: menutup kolam dengan membran kedap gas dan menampung biogasnya (langkah 3), lalu memakai biogas itu sebagai bahan bakar boiler (langkah 2), dan membakar kelebihannya di *flare*. Perhatikan bahwa **menambah kolam terbuka** justru menambah metana, dan **mengencerkan limbah dengan air sungai** hanya memindahkan masalah dan memboroskan air.

## 6. Biogas dari limbah organik

Biogas adalah campuran gas, terutama metana dan karbon dioksida, hasil penguraian bahan organik oleh bakteri tanpa oksigen di dalam tangki tertutup yang disebut **digester** (Gambar 1.10). Limbah organik dimasukkan ke digester; setelah beberapa hari, gas yang terkumpul di bagian atas dialirkan ke boiler, kompor, atau mesin pembangkit listrik. Lumpur sisanya dapat dipakai sebagai pupuk. Keuntungannya ganda: **metana tidak lepas ke atmosfer**, dan **energi dari limbah menggantikan bahan bakar fosil**. Saat biogas dibakar, karbon di dalamnya kembali ke atmosfer sebagai $CO_2$, tetapi karbon itu berasal dari bahan tanaman yang baru saja tumbuh, sehingga dianggap tidak menambah karbon fosil ke atmosfer.



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




*Gambar 1.10 Pemanfaatan biogas dari limbah cair organik: digester tertutup, tampungan gas, boiler, dan obor. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

### 7. Membandingkan pilihan: anggaran dan emisi per satuan

Dua jenis perbandingan sering dipakai pada soal.

**Proyek dengan anggaran terbatas.** Dari beberapa proyek, kamu harus memilih kombinasi yang biayanya tidak melebihi anggaran dan penurunan emisinya paling besar. Cara mengerjakannya: (a) jumlahkan biaya setiap kombinasi yang mungkin; (b) coret kombinasi yang melewati anggaran; (c) bandingkan penurunan emisi kombinasi yang tersisa. Proyek dengan penurunan terbesar belum tentu menjadi bagian dari kombinasi terbaik, dan **menghabiskan seluruh anggaran bukan tujuan**.

**Emisi per satuan fungsi.** Untuk membandingkan, misalnya, kemasan sekali pakai dan kemasan yang dipakai ulang, hitung emisi **per liter produk** dari pembuatan, pengiriman, sampai pembuangan. Emisi pembuatan botol yang dipakai ulang 10 kali **dibagi 10**, karena satu botol melayani 10 pengisian; tetapi setiap pengisian ulang menambah emisi pencucian dan pengiriman. Barang yang emisi pembuatannya besar dapat menjadi yang terendah per liter bila dipakai berulang kali. Cara berpikir ini dipelajari lebih lanjut sebagai kajian siklus hidup di sub bab 1.4.

### 8. Hujan asam dan pencemaran udara lain

Pembakaran bahan bakar yang mengandung belerang (batu bara, minyak berat) menghasilkan **sulfur dioksida ($SO_2$)**, dan pembakaran suhu tinggi menghasilkan **oksida nitrogen ($NO_x$)**. Pabrik asam sulfat yang penyerapan $SO_3$-nya tidak sempurna, atau yang reaktornya sedang tidak efisien, juga melepas $SO_2$. Di atmosfer gas-gas ini bereaksi dengan uap air membentuk asam sulfat dan asam nitrat sehingga air hujan menjadi lebih asam daripada air hujan alami. **Hujan asam** merusak tanaman dan perairan, melarutkan kapur pada bangunan, dan **mempercepat korosi logam** seperti seng pada atap. Bau $SO_2$ yang menyengat di sekitar pabrik adalah tanda bahwa gas itu lolos. Sulfur dioksida berbeda dari gas rumah kaca: ia tidak menyebabkan pemanasan global, tetapi menyebabkan hujan asam. Penanggulangannya antara lain memakai bahan bakar rendah belerang, memasang **penyerap gas buang** (*scrubber*) yang menangkap $SO_2$ dengan larutan kapur, dan menjaga reaktor pabrik asam sulfat tetap efisien (sub bab 3.5).

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: menghitung $CO_2$ dari pembakaran batu bara

Pada 2027, boiler pabrik kertas "Sinar Lestari" membakar 2.000 kg batu bara per jam. Batu bara itu mengandung karbon 60 % (massa). Anggap seluruh karbon terbakar sempurna menjadi $CO_2$ (Ar C = 12, Mr $CO_2$ = 44). Berapa kilogram $CO_2$ yang dilepas per jam? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa karbon.** 60 % × 2.000 kg = 1.200 kg.
2. **Mol karbon.** 1.200 kg ÷ 12 kg/kmol = 100 kmol.
3. **Perbandingan koefisien.** C + $O_2$ → $CO_2$, jadi 1 kmol C menghasilkan 1 kmol $CO_2$: 100 kmol $CO_2$.
4. **Massa $CO_2$.** 100 kmol × 44 kg/kmol = 4.400 kg.



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

Jawaban: 4.400 kg $CO_2$ per jam. Cek akal sehat: massa $CO_2$ harus lebih besar daripada massa karbonnya karena menyerap oksigen: 4.400 kg > 1.200 kg, perbandingannya 44 : 12 ≈ 3,67.

### Contoh 2: metana di kolam limbah dan pengaruh pembakarannya

Pada 2027, kolam tertutup pabrik tahu "Sari Kedelai" menampung 500 kg metana per bulan yang sebelumnya lepas ke udara. Gunakan GWP metana = 28 dan $CO_2$ = 1. (a) Berapa $CO_2$e emisi bulanan bila metana itu dilepas? (b) Berapa $CO_2$e bila seluruhnya dibakar sempurna di *flare* (Mr $CH_4$ = 16, $CO_2$ = 44)? (c) Berapa penurunannya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Dilepas.** $CO_2$e = 500 kg × 28 = 14.000 kg $CO_2$e.
2. **Dibakar.** $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$. 500 kg $CH_4$ ÷ 16 = 31,25 kmol; menghasilkan 31,25 kmol $CO_2$; massanya 31,25 × 44 = 1.375 kg $CO_2$ (GWP 1, jadi 1.375 kg $CO_2$e).
3. **Penurunan.** 14.000 − 1.375 = 12.625 kg $CO_2$e; persentasenya 12.625 ÷ 14.000 × 100 % ≈ 90 %.

Jawaban: 14.000 kg $CO_2$e, 1.375 kg $CO_2$e, turun 12.625 kg $CO_2$e (±90 %). Cek akal sehat: pembakaran tetap menghasilkan $CO_2$, jadi emisi tidak menjadi nol, tetapi jauh lebih kecil karena $CO_2$ per kilogram jauh lebih lemah daripada metana. Bila biogas dipakai menggantikan batu bara, penurunannya lebih besar lagi.

### Contoh 3: memilih proyek dalam batas anggaran

Pada 2027, pabrik pewarna "Warna Bangsa" menganggarkan paling banyak Rp200 juta untuk menurunkan emisi $CO_2$. Pilihan proyek: A (kontrol suhu boiler; Rp40 juta; turun 120 ton $CO_2$/tahun), B (motor listrik hemat energi; Rp90 juta; 160 ton), C (digester biogas; Rp150 juta; 300 ton), D (isolasi pipa uap; Rp60 juta; 100 ton). Proyek boleh dipilih lebih dari satu. Kombinasi mana yang paling tepat? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Daftar kombinasi dan biayanya.** A + B = 130; A + C = 190; A + D = 100; B + C = 240; B + D = 150; C + D = 210; A + B + D = 190; A + B + C = 280; dan seterusnya (juta rupiah).
2. **Coret yang melebihi Rp200 juta.** B + C (240), C + D (210), A + B + C (280), dan semua kombinasi yang lebih mahal gugur.
3. **Hitung penurunan sisanya.** A + C: 120 + 300 = 420 ton; A + B + D: 120 + 160 + 100 = 380 ton; B + D: 260 ton; A + B: 280 ton; A + D: 220 ton; C sendiri: 300 ton.
4. **Pilih yang terbesar.** A + C menurunkan 420 ton dengan biaya Rp190 juta.

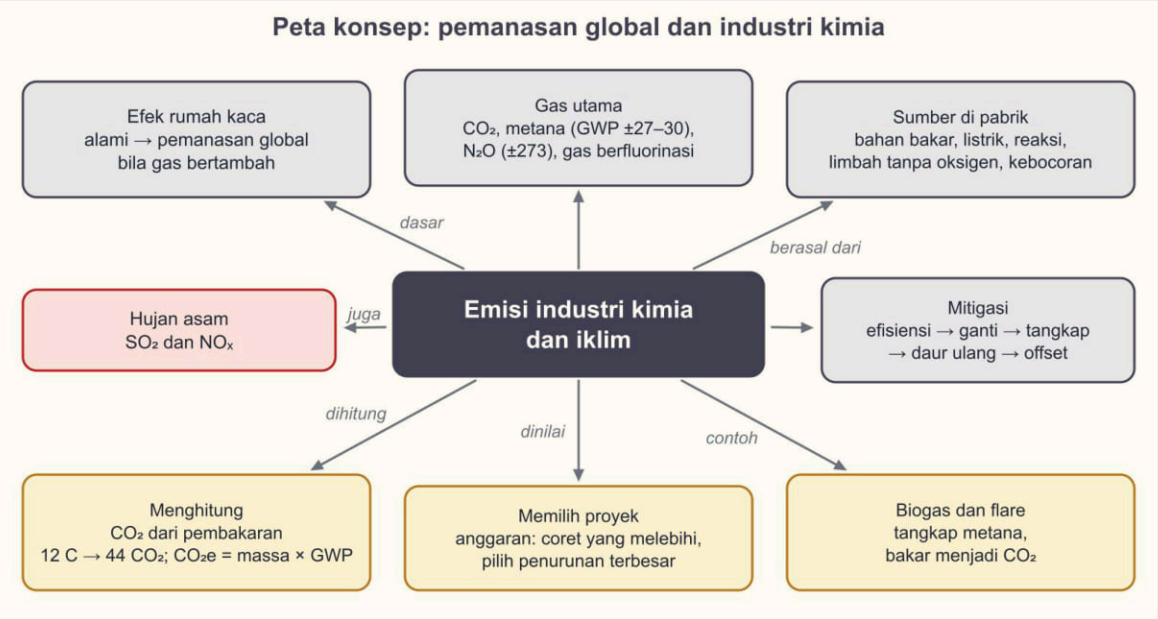
Jawaban: proyek A dan C. Cek akal sehat: C memberi penurunan terbesar tunggal dan masih menyisakan Rp50 juta, yang cukup untuk A, proyek paling murah.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 1.11 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 1.11 Peta konsep pemanasan global dan dampak industri kimia. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Efek rumah kaca** alami; **pemanasan global** terjadi karena gas rumah kaca bertambah akibat kegiatan manusia.
- **$CO_2$** paling banyak; **metana** jauh lebih kuat per kilogram (GWP ±27–30); **$N_2O$** lebih kuat lagi (±273). $CO_2e$ = massa × GWP.
- **Sumber di pabrik:** pembakaran bahan bakar, listrik yang dibeli, reaksi proses, penguraian limbah tanpa oksigen (metana), kebocoran.
- **Stoikiometri:** 12 kg C → 44 kg $CO_2$; 16 kg $CH_4$ → 44 kg $CO_2$.
- **Urutan prioritas:** efisiensi → ganti sumber → tangkap → daur ulang → *offset*.
- **Biogas:** tangkap metana, jadikan bahan bakar; membakar metana menurunkan dampaknya.
- **Anggaran:** daftar kombinasi, coret yang melebihi anggaran, pilih penurunan terbesar. **Per satuan:** bagi emisi pembuatan dengan jumlah pemakaian.
- **Hujan asam** berasal dari $SO_2$ dan $NO_x$, bukan dari pemanasan global.

**Istilah penting:** efek rumah kaca (penyerapan inframerah oleh gas di atmosfer); pemanasan global (kenaikan suhu rata-rata bumi akibat bertambahnya gas rumah kaca); GWP (potensi pemanasan global relatif terhadap $CO_2$); $CO_2e$ ($CO_2$ ekuivalen); biogas (gas hasil penguraian tanpa oksigen, kaya metana); digester (tangki tempat penguraian tanpa oksigen); *flare* (obor pembakar gas berlebih); jejak karbon (total emisi akibat suatu kegiatan atau produk); mitigasi (upaya menurunkan emisi); hujan asam (hujan dengan asam dari $SO_2$ dan $NO_x$); *scrubber* (penyerap gas buang); ekonomi sirkular (bahan dipakai ulang, bukan dibuang).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal emisi:

1. **Tandai sumber emisi utama** pada kasus: bahan bakar apa, listrik, reaksi, atau limbah organik tanpa oksigen?
2. **Cocokkan usulan dengan sumber itu.** Usulan yang tidak menyentuh sumber utama hampir pasti pengecoh.
3. **Hitung bila ada angka**: jumlahkan biaya tiap kombinasi, coret yang melewati anggaran, baru bandingkan penurunan; untuk kemasan, hitung per liter.
4. **Periksa efek samping**: usulan yang memindahkan masalah (membuang ke sungai) bukan penurunan emisi.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Menambah kolam terbuka** dianggap menurunkan emisi, padahal menambah penguraian tanpa oksigen dan metana.
- **Mengencerkan limbah** dianggap menyelesaikan masalah, padahal jumlah bahan organiknya tetap.
- **$CO_2$ dianggap satu-satunya gas rumah kaca**, sehingga metana diabaikan.
- **Proyek dengan penurunan terbesar dipilih tanpa memeriksa anggaran**, atau seluruh anggaran dihabiskan padahal kombinasi lain lebih baik.
- **Emisi pembuatan dibandingkan tanpa dibagi jumlah pemakaian**, sehingga kemasan yang dipakai ulang tampak boros.
- **Hujan asam dikaitkan dengan pemanasan global**; yang benar, $SO_2$ penyebab hujan asam, sedangkan $CO_2$ dan metana penyebab pemanasan global.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa memilih "kantong isi ulang plastik" sebagai kemasan paling rendah emisi karena emisi pembuatannya paling kecil (45 g per kantong). Setelah emisi pembuangan (25 g) ditambahkan, kantong itu menjadi 70 g per liter, sedangkan botol kaca yang dipakai ulang 10 kali hanya 60 g per liter. Yang dibandingkan harus **emisi total per liter**, bukan satu tahap saja.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan mengenali sumber emisi utama (metana dari penguraian limbah tanpa oksigen) dan memilih usulan yang benar-benar menurunkan emisi. Pakai bagian 3, 5, dan 6.

►. Pabrik tapioka milik Pak Darmawan mengolah limbah cair di empat kolam terbuka yang dalam (2027). Di dasar kolam terjadi penguraian tanpa oksigen yang menghasilkan biogas kaya metana; gas itu langsung lepas ke udara. Boiler pabrik masih memakai batu bara. Pak Darmawan meminta Rina, operator utilitas, mengusulkan tindakan yang menurunkan emisi gas rumah kaca pabrik tanpa membuang limbah ke sungai.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*



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

Usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Menambah jumlah kolam terbuka agar limbah lebih lama tertahan sebelum dialirkan keluar.
☐ B. Menutup kolam dengan membran kedap gas lalu menampung biogas yang terbentuk.
☐ C. Memakai biogas tampungan sebagai bahan bakar boiler untuk mengurangi pemakaian batu bara.
☐ D. Mengencerkan limbah cair dengan air sungai agar kadar bahan organiknya turun.
☐ E. Membakar kelebihan biogas di obor (flare) bila boiler tidak dapat memakai semuanya.

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

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

**Konsep:** Metana ($CH_4$) adalah gas rumah kaca yang jauh lebih kuat daripada $CO_2$. Limbah organik yang terurai tanpa oksigen menghasilkan metana. Menangkap biogas, memanfaatkannya sebagai pengganti bahan bakar fosil, atau membakarnya menurunkan dampak pemanasan global.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: kolam terbuka yang lebih banyak justru memperbesar penguraian tanpa oksigen sehingga metana yang lepas ke udara bertambah.
• **Pernyataan 2 ✓** Metana tidak lagi lepas bebas ke udara dan dapat dimanfaatkan.
• **Pernyataan 3 ✓** Biogas menggantikan sebagian batu bara (bahan bakar fosil) sehingga emisi $CO_2$ fosil turun.
• **Pernyataan 4 ✗** Jumlah bahan organik yang terurai tidak berubah, dan pengenceran memboroskan air serta tidak menyelesaikan sumber metana.
• **Pernyataan 5 ✓** Pembakaran mengubah metana menjadi $CO_2$ yang daya pemanasannya jauh lebih kecil daripada metana.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.**

## ✎ LATIHAN

Paket latihan hanya memuat satu soal untuk sub bab ini, dan soal itu sudah kamu bedah di atas. Untuk melatih perhitungan anggaran dan emisi per liter, kerjakan ulang Contoh 3 dan Contoh 2 tanpa melihat jawabannya, lalu uji dirimu pada soal sub bab ini di Kuis Akhir Bab 1.



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa membakar metana yang tertangkap tetap menurunkan dampak pemanasan global, padahal menghasilkan $CO_2$?
- Mengapa botol kaca yang dipakai ulang dapat memiliki emisi per liter lebih rendah daripada kantong plastik yang emisi pembuatannya lebih kecil?
- **Yang harus kuingat:** $CO_2e$ = massa × GWP; sumber emisi pabrik (bahan bakar, listrik, reaksi, limbah tanpa oksigen, kebocoran); urutan prioritas efisiensi → ganti → tangkap → daur ulang; pilih kombinasi proyek dalam anggaran; hujan asam dari $SO_2/NO_x$.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 1.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

# Sub bab 1.3 · Industri 4.0 di kimia industri

SMKTKI-1.3

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 1, sub-elemen perkembangan teknologi dan isu global) menyebut **Industri 4.0** sebagai salah satu topik yang perlu dipahami. Di soal, topik ini hampir tidak pernah berupa "apa kepanjangan IoT". Yang diuji adalah **cara membaca dan menyikapi data digital di sebuah pabrik**: apakah data sensor masih dapat dipercaya, tindakan mana yang harus didahulukan ketika beberapa alarm berbunyi, dan teknologi mana yang benar-benar mencegah masalah. Levelnya aplikasi sampai penalaran.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memvalidasi data sensor** dengan neraca bahan, misalnya level tangki yang "stabil" padahal aliran masuk lebih besar daripada aliran keluar; (2) **menentukan prioritas** dari data beberapa tangki atau fermentor pada satu layar; (3) **memilih teknologi yang tepat** untuk mencegah penyimpangan, bukan sekadar mencatatnya; (4) **menilai pernyataan** tentang sensor, alarm, dan cadangan manual. Soal-soal ini tergolong sulit karena angka di layar tampak meyakinkan, padahal pertanyaannya: **apakah angka itu benar?**

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan perkembangan revolusi industri dan ciri Industri 4.0 di pabrik kimia;
- menjelaskan loop kendali sensor–pengendali–aktuator serta peran SCADA/DCS/PLC;
- memvalidasi data sensor dengan neraca bahan dan data pembanding;
- menentukan prioritas tindakan dari beberapa alarm berdasarkan risiko dan waktu;
- memilih teknologi Industri 4.0 yang mencegah, bukan hanya mencatat, serta menjelaskan batasnya.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

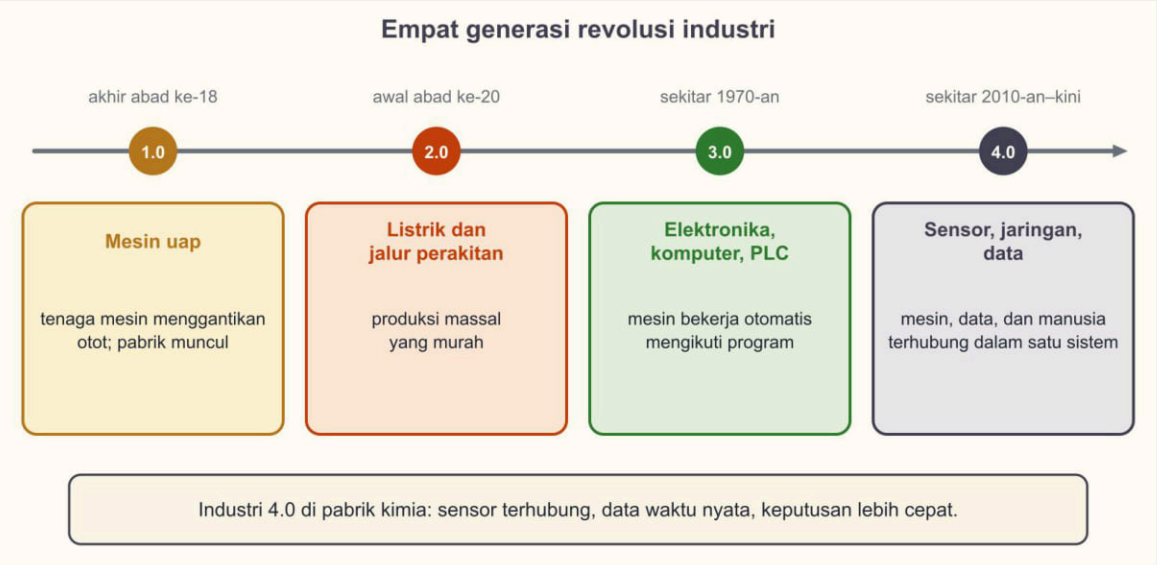
Pabrik kimia sudah lama memakai alat ukur. Yang baru pada Industri 4.0 adalah **sensor yang banyak, saling terhubung, dan datanya langsung dipakai untuk mengambil keputusan**. Agar kamu paham tempat Industri 4.0 dalam sejarah, mari mulai dari gambaran besarnya.

### 1. Empat generasi revolusi industri

Gambar 1.12 memperlihatkan empat gelombang perubahan cara manusia membuat barang.



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




*Gambar 1.12 Empat generasi revolusi industri. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Industri 1.0** (sekitar akhir abad ke-18): mesin uap menggantikan tenaga otot sehingga barang dibuat di pabrik, bukan di rumah.
2. **Industri 2.0** (sekitar awal abad ke-20): listrik dan jalur perakitan membuat produksi massal murah.
3. **Industri 3.0** (sekitar 1970-an): elektronika, komputer, dan **PLC** (pengendali yang dapat diprogram) membuat mesin bekerja otomatis mengikuti program.
4. **Industri 4.0** (sekitar 2010-an sampai sekarang): sensor murah, jaringan internet, penyimpanan data, dan kecerdasan buatan menghubungkan mesin, data, dan manusia dalam satu sistem.

Pemerintah Indonesia meluncurkan peta jalan *Making Indonesia 4.0* pada April 2018, dan industri kimia termasuk satu dari lima sektor prioritasnya (bersama makanan dan minuman, tekstil dan pakaian, otomotif, dan elektronika). Jadi lulusan Teknik Kimia Industri memang akan bekerja dengan sistem digital.

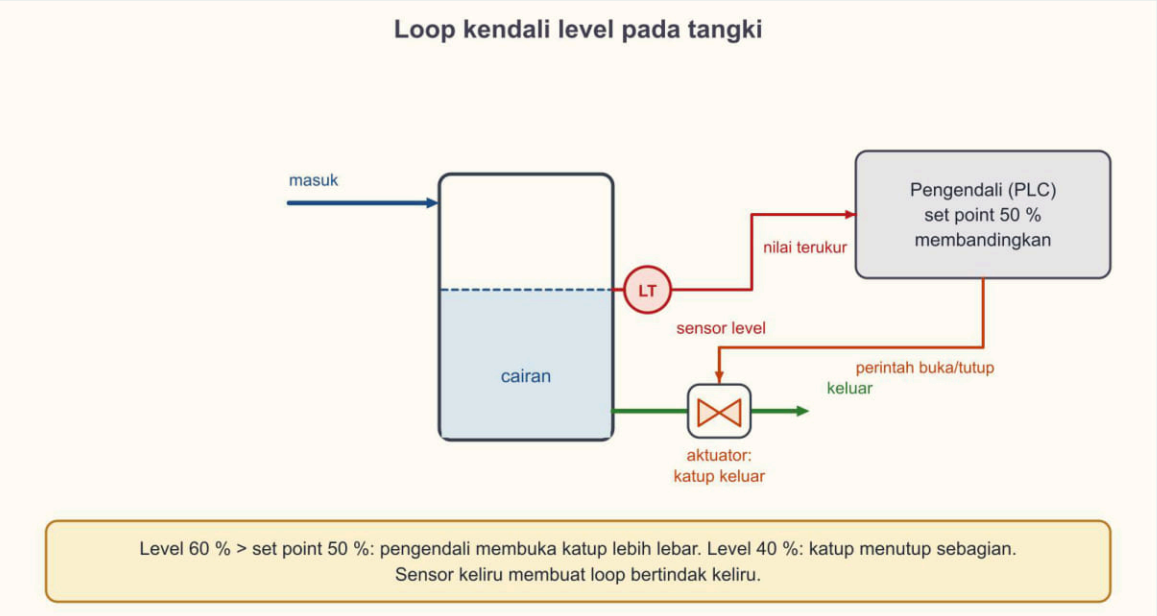
### 2. Loop kendali: sensor, pengendali, aktuator

Hampir semua otomasi pabrik berpola sama, yang disebut **loop kendali** (Gambar 1.13):

- **sensor** mengukur besaran (suhu, tekanan, level, pH, aliran);
- **pengendali** (misalnya PLC) membandingkan nilai terukur dengan **nilai yang diinginkan** (*set point*);
- **aktuator** (katup, pompa, pemanas) bergerak untuk mengurangi selisihnya;
- sensor mengukur lagi, dan putaran berulang.



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

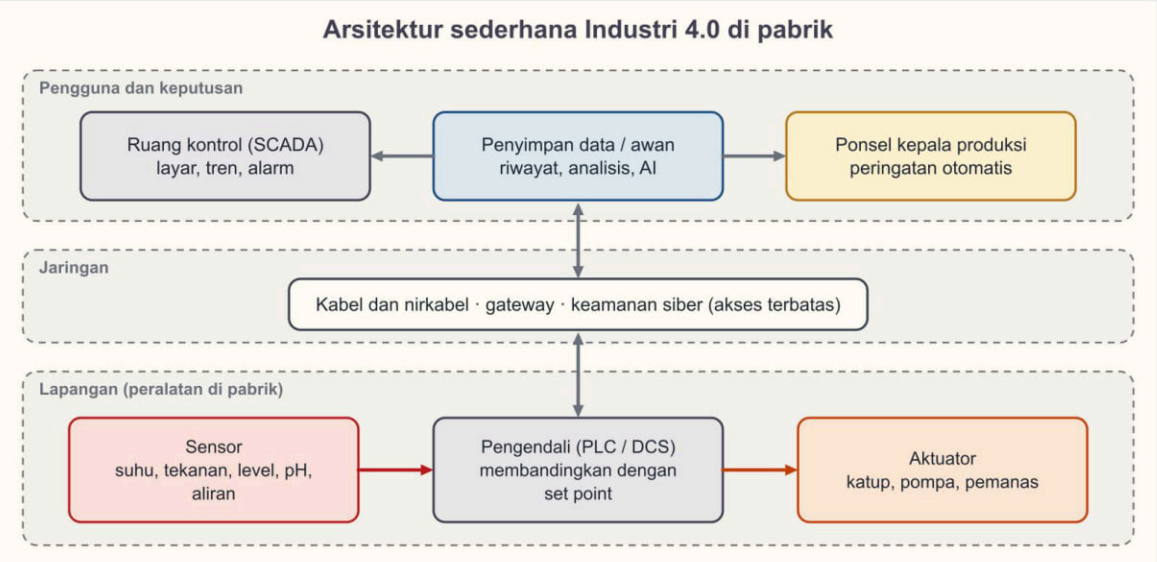



*Gambar 1.13 Loop kendali level tangki: sensor mengukur, pengendali membandingkan dengan set point, katup bergerak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Contohnya tangki dengan level yang dijaga 50 %. Bila sensor membaca 60 %, pengendali memerintahkan katup keluar membuka lebih lebar; bila 40 %, katup menutup sebagian. Bagian terpenting loop ini adalah **sensor**: pengendali dan aktuator hanya bertindak berdasarkan apa yang dibaca sensor. **Sensor yang keliru membuat seluruh loop bertindak keliru**, dan itulah sumber banyak soal di bab ini.

### 3. Sistem Industri 4.0 di pabrik

Pada Industri 4.0, sensor-sensor itu terhubung dalam jaringan (Gambar 1.14).




*Gambar 1.14 Arsitektur sederhana Industri 4.0: sensor, jaringan, ruang kontrol atau awan, dan peringatan ke operator. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Istilah yang sering muncul:

- **IoT** (*Internet of Things*, internet untuk benda): sensor dan alat dilengkapi sambungan jaringan sehingga datanya dapat dikirim dan dipantau dari jauh, misalnya di ponsel kepala produksi.
- **SCADA** (*Supervisory Control and Data Acquisition*): sistem pemantauan yang menampilkan data banyak titik di satu layar ruang kontrol dan merekam riwayatnya. **DCS** (*Distributed Control System*) mengendalikan proses besar yang kontinu, dengan banyak pengendali yang tersebar. **PLC** mengendalikan mesin atau proses yang lebih kecil.
- **Pemantauan waktu nyata** (*real time*): data diperbarui terus-menerus, bukan sekali dalam beberapa jam.
- **Alarm:** peringatan otomatis ketika nilai keluar batas.
- **Pemeliharaan prediktif:** data getaran, suhu, atau arus pompa dipakai untuk memperkirakan kapan alat akan rusak, sehingga alat diperbaiki sebelum macet.
- **Data besar dan kecerdasan buatan:** data yang menumpuk dianalisis untuk mencari pola, misalnya kondisi yang menyebabkan produk cacat.
- **Pelacakan** (*traceability*): kode batang atau QR pada produk mencatat bahan, batch, dan tujuan pengirimannya, sehingga produk yang bermasalah mudah ditarik.
- **Kembaran digital** (*digital twin*): model komputer sebuah alat atau pabrik untuk mencoba pengaturan sebelum diterapkan.

Manfaat Industri 4.0 di pabrik kimia: penyimpangan terdeteksi **lebih cepat**, mutu lebih seragam, energi lebih hemat, dan pekerja tidak harus terus-menerus berada di tempat berbahaya.

### 4. Mencegah atau hanya mencatat?

Tidak semua teknologi menyelesaikan masalah yang sama. Bila sebuah pabrik pernah mengirim produk bermasalah karena penyimpangan terjadi **di sela pengujian manual**, kamu perlu bertanya apa yang sebenarnya hilang: **pengukuran yang terus-menerus dan tindakan yang langsung**.

| Teknologi | Apa yang dilakukan | Mencegah masalah? |
|---|---|---|
| Sensor daring + alarm + kendali pompa/katup otomatis | mengukur terus-menerus dan langsung mengoreksi | **ya**, celah waktu hampir tertutup |
| Pengingat otomatis untuk uji manual | memastikan uji tidak terlewat | sebagian; celah di antara dua uji tetap ada |
| Mencatat hasil uji manual secara digital | data mudah dilihat banyak orang | tidak; hanya merekam |
| Kode batang/QR pada produk | melacak batch dan tujuan | tidak; membantu menarik produk setelah kejadian |
| Menambah frekuensi uji manual | mempersempit celah | sebagian; celah tetap ada dan biaya naik |



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

Pelajaran umumnya: **teknologi yang menutup celah pengukuran dan langsung bertindak mencegah masalah; teknologi yang hanya mencatat atau melacak membantu belakangan.**

### 5. Memvalidasi data sensor dengan neraca bahan

Data sensor harus dibandingkan dengan sesuatu yang lain, salah satunya **neraca bahan**. Untuk tangki, perubahan isi sama dengan selisih aliran masuk dan keluar:

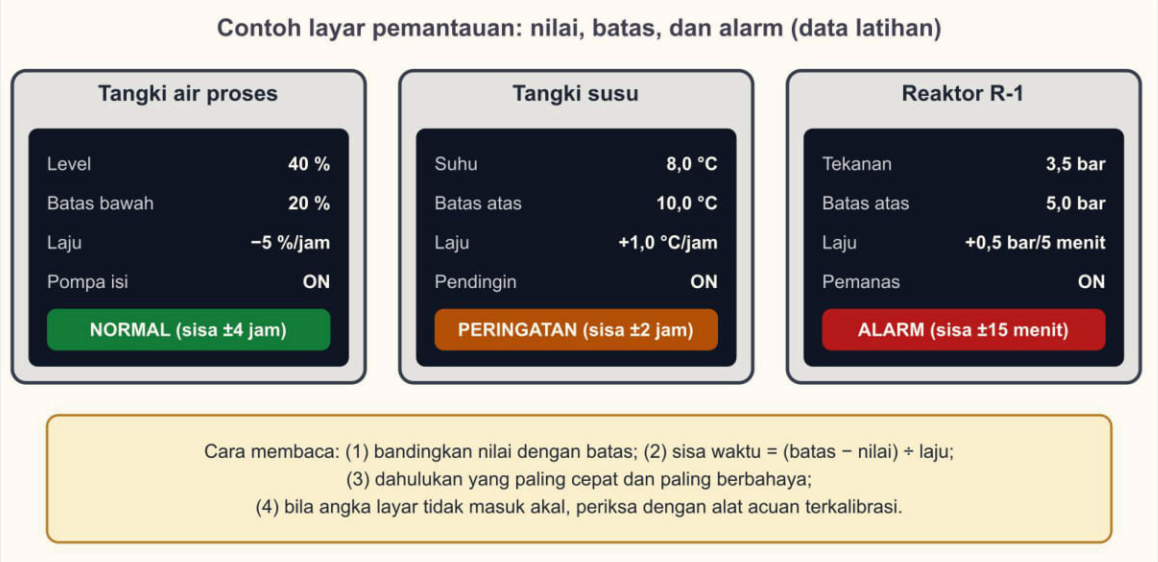
**perubahan volume per jam = aliran masuk − aliran keluar perubahan level (%) per jam = perubahan volume ÷ kapasitas tangki × 100 %**

Jika masuk 2,0 $m^3$/jam dan keluar 1,0 $m^3$/jam pada tangki 10 $m^3$, tangki bertambah 1,0 $m^3$ tiap jam atau 10 % per jam. Bila layar menunjukkan level mendatar sepanjang waktu, padahal neraca menunjukkan level seharusnya naik, ada tiga kemungkinan: sensor level macet, flowmeter salah, atau ada kebocoran. Cara memilih penyebab: periksa apa yang **baru dikalibrasi** dan apa yang **bisa dilihat langsung** (genangan di sekitar tangki). Bila flowmeter baru dikalibrasi dan tidak ada genangan, yang paling dicurigai adalah sensor level. Tindakannya: periksa level secara manual (misalnya dengan tongkat ukur atau kaca duga) dan kurangi aliran masuk lebih dulu bila ada risiko meluap, baru memperbaiki sensor.

Cara lain memvalidasi: **membandingkan dengan pengukuran acuan** yang terkalibrasi (pH meter laboratorium, termometer acuan). Bila bacaan sensor dan alat acuan berbeda jauh dan alat acuan terkalibrasi, **sensor yang dicurigai**. Karena itu sensor daring tetap harus **dikalibrasi berkala**: sensor dapat bergeser, kotor, atau rusak, seperti sensor pH yang tertutup kerak.

### 6. Membaca beberapa alarm sekaligus: prioritas

Layar ruang kontrol sering menampilkan beberapa penyimpangan sekaligus (Gambar 1.15), sedangkan operator hanya dapat menangani satu per satu.




*Gambar 1.15 Contoh layar pemantauan: nilai terukur, batas, dan penanda alarm. Angka latihan fiktif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Cara memprioritaskan:

1. **Bandingkan tiap nilai dengan batasnya** (merah bila di luar batas, kuning bila mendekati).
2. **Perkirakan sisa waktu** sebelum melewati batas: sisa waktu = (batas − nilai sekarang) ÷ laju perubahan.
3. **Nilai akibatnya**: keselamatan manusia dan peralatan didahulukan daripada mutu produk, mutu produk didahulukan daripada hal yang hanya menurunkan efisiensi.
4. **Tangani yang paling cepat dan paling berbahaya dulu**, dan jangan menenangkan alarm sekadar membuatnya berhenti berbunyi.

### 7. Batas teknologi: alarm, cadangan manual, dan keamanan

- **Alarm yang terlalu sensitif** (batas sangat sempit) membuat alarm palsu banyak. Operator terbiasa mengabaikannya (*alarm fatigue*), sehingga alarm yang penting ikut terlewat. Batas alarm harus sesuai batas proses yang sebenarnya.
- **Cadangan manual** tetap perlu: koneksi bisa putus, sensor bisa rusak, listrik bisa padam. Pabrik tetap memerlukan prosedur pemantauan manual dan operator yang paham prosesnya.
- **Keamanan siber:** sistem yang terhubung jaringan bisa diserang atau disusupi. Akses perlu dibatasi, sandi dijaga, dan pembaruan diatur supaya peralatan tidak diubah sembarang orang.
- **Peran manusia berubah, bukan hilang.** Operator tidak lagi hanya memutar katup, tetapi membaca data, memvalidasinya, dan mengambil keputusan.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: memvalidasi level tangki dari neraca bahan

Pada 2027, tangki penampung larutan pupuk T-05 berkapasitas 12 $m^3$ dipantau lewat layar. Aliran masuk 3,0 $m^3$/jam dan aliran keluar 1,8 $m^3$/jam, keduanya terkalibrasi. Level di layar pukul 08.00 adalah 25 %, dan tetap 25 % pada pukul 10.00 serta 11.00. Apakah data level dapat dipercaya? Apa yang harus dilakukan? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung selisih aliran.** 3,0 − 1,8 = 1,2 $m^3$/jam (masuk lebih besar daripada keluar).
2. **Ubah ke persen.** 1,2 ÷ 12 × 100 % = 10 % per jam.
3. **Perkiraan level seharusnya.** Pukul 10.00: 25 % + 2 × 10 % = 45 %. Pukul 11.00: 55 %.
4. **Bandingkan dengan layar.** Layar masih 25 %, berarti tidak sesuai neraca.
5. **Simpulkan dan bertindak.** Karena aliran terkalibrasi, sensor level yang diduga macet. Periksa level manual dan kurangi aliran masuk bila hampir penuh, lalu perbaiki dan kalibrasi sensor.

Jawaban: data level tidak dapat dipercaya; periksa manual dan kurangi aliran masuk. Cek akal sehat: selisih aliran 1,2 $m^3$/jam berarti tangki 12 $m^3$ penuh dalam 10 jam, sehingga level yang mendatar tidak mungkin.



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

### Contoh 2: menentukan prioritas dari tiga alarm

Pada 2027, ruang kontrol pabrik minuman berbunyi tiga alarm bersamaan; operator hanya dapat menangani satu per satu. Data: (A) tekanan reaktor 3,5 bar, batas atas 5,0 bar, naik 0,5 bar tiap 5 menit; (B) suhu tangki susu 8 °C, batas atas 10 °C, naik 1 °C tiap jam; (C) level tangki air proses 40 %, batas bawah 20 %, turun 5 % tiap jam. Urutkan penanganannya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Sisa waktu A.** (5,0 − 3,5) ÷ 0,5 = 3 selang × 5 menit = 15 menit.
2. **Sisa waktu B.** (10 − 8) ÷ 1 = 2 jam.
3. **Sisa waktu C.** (40 − 20) ÷ 5 = 4 jam.
4. **Nilai akibat.** Tekanan reaktor melewati batas berisiko keselamatan (ledakan atau kebocoran), jauh lebih berat daripada mutu susu atau kekurangan air.
5. **Urutkan.** A (sisa 15 menit dan berbahaya), lalu B (sisa 2 jam), lalu C (sisa 4 jam).

Jawaban: A → B → C. Cek akal sehat: urutan sama dengan urutan sisa waktu dan juga urutan tingkat bahaya, jadi tidak ada konflik.

### Contoh 3: sensor dan alat acuan berbeda

Pada 2027, layar pasteurizer sirup "Segar Nusantara" menampilkan suhu 87 °C, padahal syarat pasteurisasi minimal 85 °C. Namun termometer acuan yang baru dikalibrasi menunjukkan 79 °C pada titik yang sama. Batch sirup sudah dialirkan ke tangki pengisian. Tindakan yang tepat? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Bandingkan.** Sensor 87 °C, acuan terkalibrasi 79 °C: selisih 8 °C, terlalu besar untuk dianggap wajar.
2. **Pilih yang dipercaya.** Alat acuan yang baru dikalibrasi, sehingga sensor layar yang dicurigai bergeser atau kotor.
3. **Nilai akibat.** Suhu sebenarnya 79 °C, di bawah syarat 85 °C: sirup mungkin belum aman dan belum awet.
4. **Tindakan.** Tahan batch itu (jangan diisi dan dikirim sebelum diuji ulang), hentikan pemakaian sensor itu sebagai dasar keputusan, bersihkan dan kalibrasi ulang, lalu proses ulang batch bila perlu.

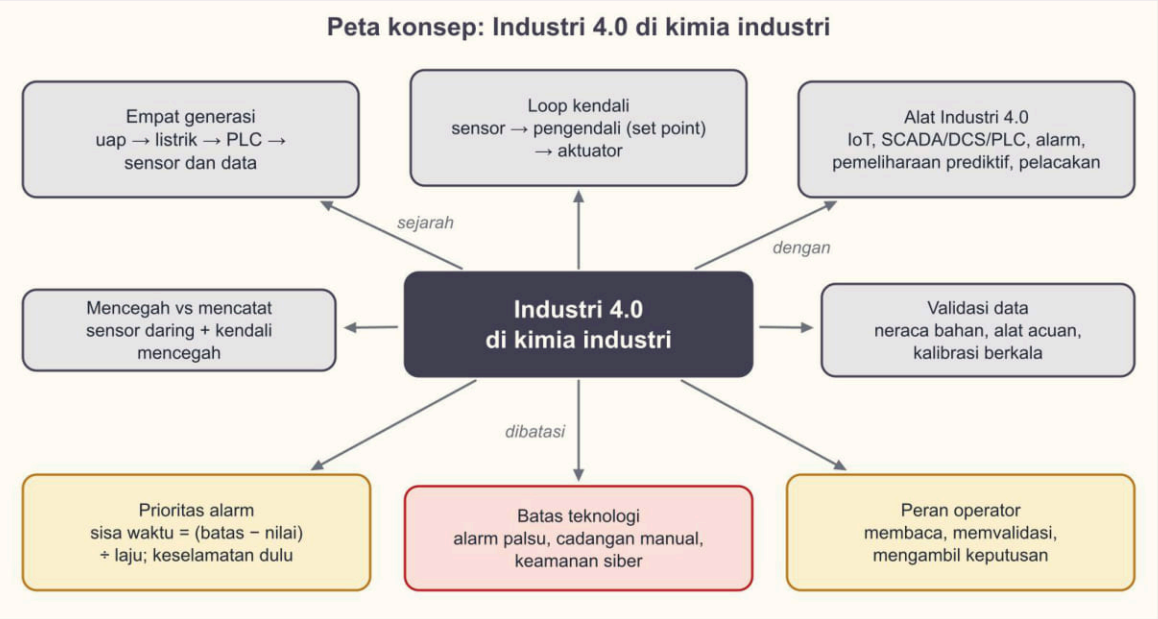
Jawaban: tahan batch, periksa dan kalibrasi sensor, proses ulang bila hasil uji tidak memenuhi syarat. Cek akal sehat: menunggu jadwal kalibrasi bulanan tidak tepat karena produk sudah berjalan dan bisa sampai ke konsumen.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 1.16 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 1.16 Peta konsep Industri 4.0 di kimia industri. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Empat generasi:** mesin uap → listrik dan jalur perakitan → elektronika dan PLC → sensor, jaringan, data (Industri 4.0).
- **Loop kendali:** sensor → pengendali (bandingkan dengan *set point*) → aktuator → sensor lagi. Sensor yang keliru membuat loop keliru.
- **IoT, SCADA/DCS/PLC, waktu nyata, alarm, pemeliharaan prediktif, pelacakan** adalah alat Industri 4.0.
- **Mencegah vs mencatat:** sensor daring + alarm + kendali otomatis mencegah; pencatatan dan pelacakan membantu belakangan.
- **Validasi data:** neraca bahan (masuk − keluar) dan alat acuan terkalibrasi; kalibrasi berkala.
- **Prioritas alarm:** sisa waktu = (batas − nilai) ÷ laju; keselamatan dulu.
- **Batas:** alarm terlalu sempit melahirkan alarm palsu; tetap perlu cadangan manual dan keamanan siber.

**Istilah penting:** Industri 4.0 (hubungan mesin, data, dan manusia melalui jaringan dan sensor); sensor (alat pengukur); *set point* (nilai yang diinginkan); aktuator (katup, pompa, pemanas yang bergerak); loop kendali (putaran sensor–pengendali–aktuator); PLC (pengendali yang dapat diprogram); SCADA (sistem pemantauan terpusat); DCS (sistem kendali tersebar); IoT (benda terhubung internet); *real time* (data diperbarui terus); pemeliharaan prediktif (memperkirakan kerusakan dari data); kalibrasi (mencocokkan alat dengan acuan); *alarm fatigue* (alarm diabaikan karena terlalu sering).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal data digital:

1. **Hitung dulu apa yang seharusnya terjadi** (neraca bahan, sisa waktu), baru bandingkan dengan yang tampil di layar.
2. **Cari bagian yang janggal** dan apa yang sudah terbukti benar (baru dikalibrasi, terlihat langsung).
3. **Pilih tindakan yang mengurangi risiko paling cepat**, lalu memperbaiki penyebabnya.
4. **Untuk soal teknologi, tanya: apakah ini mengukur dan bertindak terus-menerus, atau hanya mencatat?**

Jebakan yang sering dipasang:

- **Level yang "stabil" dianggap normal** padahal aliran masuk tidak sama dengan aliran keluar.
- **Peralatan yang baru dikalibrasi dicurigai**, bukan sensor yang janggal.
- **Alarm yang paling dulu bunyi atau paling dekat ditangani lebih dulu**, bukan yang paling cepat dan paling berbahaya.
- **Teknologi yang hanya mencatat atau melacak dianggap mencegah.**
- **Batas alarm dibuat sesempit mungkin** supaya "aman".
- **Menunggu jadwal kalibrasi** padahal data sudah bertentangan dengan alat acuan.
- **Menganggap sistem digital tidak perlu cadangan manual.**

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa memilih "menambah uji manual menjadi tiap 2 jam oleh dua analis" untuk mencegah kegagalan dosis desinfektan di sela uji. Celah 2 jam tetap ada dan biayanya naik; sensor daring yang memicu alarm dan mengatur pompa menutup celah itu.

NEXT LEVEL STUDY

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan memvalidasi data sensor dengan neraca bahan, lalu memilih tindakan yang mengurangi risiko paling cepat. Pakai bagian 5 (memvalidasi data) dan bagian 6 (prioritas).



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

►. Tangki penampung sirup T-02 (10 $m^3$; level 10% = 1 $m^3$) dipantau lewat layar SCADA di ruang kontrol (2027). Flowmeter masuk dan keluar baru dikalibrasi minggu lalu, dan tidak ada genangan di sekitar tangki. Data yang terekam:

| Jam | Aliran masuk ($m^3$/jam) | Aliran keluar ($m^3$/jam) | Level di layar |
|---|---|---|---|
| 08.00 | 2,0 | 1,0 | 40% |
| 09.00 | 2,0 | 1,0 | 50% |
| 10.00 | 2,0 | 1,0 | 60% |
| 11.00 | 2,0 | 1,0 | 60% |
| 12.00 | 2,0 | 1,0 | 60% |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Tindakan operator yang paling tepat pada pukul 12.00 adalah ....

A. Melanjutkan operasi karena level sudah stabil di angka 60% sejak pukul 10.00
B. Memeriksa level secara manual dan mengurangi aliran masuk karena sensor diduga macet
C. Mengganti flowmeter keluar karena data alirannya tidak cocok dengan data level di layar
D. Mematikan pompa keluar karena tangki diduga bocor sehingga level di layar tidak naik
E. Mencatat dugaan sensor level macet lalu menunggu jadwal kalibrasi bulanan berikutnya

**Pembahasan** **Kunci: B**

**Konsep:** Pada sistem pemantauan digital (SCADA/IoT), data sensor harus divalidasi dengan neraca bahan dan data lain. Sensor yang macet dapat menampilkan nilai tetap padahal kondisi berubah.

**Langkah:**
1. Selisih aliran = 2,0 − 1,0 = 1,0 $m^3$/jam → level seharusnya naik 10% per jam.
2. Pukul 12.00 seharusnya sekitar 80%, bukan 60% (dan terus naik).
3. Flowmeter baru dikalibrasi dan tidak ada genangan → yang janggal adalah sensor level.
4. Risiko meluap → cek manual dan kurangi aliran masuk sekarang.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: level "stabil" tidak mungkin terjadi bila aliran masuk lebih besar daripada keluar.
• **B.** ✓ Sensor diduga macet; level nyata diperiksa dan risiko meluap dikurangi.
• **C.** ✗ Flowmeter baru dikalibrasi; data alirannya konsisten.
• **D.** ✗ Tidak ada genangan sehingga dugaan bocor lemah, dan mematikan pompa keluar justru mempercepat tangki penuh.
• **E.** ✗ Jebakan: dugaan penyebabnya benar, tetapi menunggu berhari-hari membiarkan tangki berisiko meluap.

**Jawaban: B.**



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

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu apa yang seharusnya terjadi menurut hitunganmu, lalu bandingkan dengan data atau pilihan yang tersedia.

**1.** Galuh, operator unit yogurt, memantau tiga fermentor dari layar digital (2027). Aturan proses: fermentasi selesai bila pH ≤ 4,50 dan produk harus mulai didinginkan paling lambat 30 menit setelahnya; suhu di atas 48 °C mematikan bakteri starter dalam beberapa menit. F-3 mencapai pH 4,50 pukul 10.05. Galuh hanya dapat menangani satu fermentor dalam satu waktu. Data terbaru tampak pada gambar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling tepat adalah ....




A. Mendinginkan F-3 lebih dulu karena pH-nya sudah melewati batas fermentasi selesai
B. Menunggu F-1 mencapai pH 4,50, lalu mendinginkan F-1 dan F-3 bersama-sama
C. Mematikan pengaduk F-2 lebih dulu karena pengadukan ikut menaikkan suhu cairan
D. Menurunkan rentang suhu semua fermentor agar pemanas tidak menyala berlebihan
E. Mematikan pemanas F-2 dan menurunkan suhunya ke 42–44 °C, lalu menangani F-3

**2.** Pabrik air minum isi ulang skala besar pernah mengirim produk dengan kadar desinfektan terlalu rendah karena pompa dosis tersumbat di sela pengujian manual tiap 4 jam (2027). Pemilik ingin memakai teknologi industri 4.0 agar kejadian itu tidak terulang dan meminta usulan dari Fajar, teknisi proses.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Memasang pengingat otomatis di ponsel analis agar uji manual tidak terlewat
B. Memasang kode batang pada galon agar setiap galon dapat dilacak tujuannya
C. Mencatat hasil uji manual tiap 4 jam di spreadsheet daring agar mudah dipantau semua staf
D. Menambah frekuensi uji manual menjadi tiap 2 jam oleh dua orang analis
E. Memasang sensor desinfektan daring yang memicu alarm dan mengatur pompa dosis

**Kunci singkat:** 1. E 2. E



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa level tangki yang "stabil" tidak bisa dipercaya bila aliran masuk lebih besar daripada aliran keluar?
- Mengapa sensor daring tetap perlu dikalibrasi dan pabrik tetap perlu cadangan manual?
- **Yang harus kuingat:** loop kendali sensor–pengendali–aktuator; validasi data dengan neraca bahan dan alat acuan; prioritas alarm menurut sisa waktu dan bahaya; teknologi yang mencegah (mengukur dan bertindak terus-menerus) berbeda dari yang hanya mencatat.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 1.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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



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

# Sub bab 1.4 · Pengembangan produk dan siklus hidup produk

SMKTKI-1.4

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 1, sub-elemen perkembangan teknologi dan isu global) menyebut ***product life cycle*** (siklus hidup produk), dan contoh soal resmi Pusmendik menanyakan **strategi pengembangan produk** dari hasil *life cycle assessment* (kajian daur hidup) sebuah kemasan polimer. Levelnya penerapan sampai penalaran: kamu diminta menentukan **tahap** sebuah produk dari ceritanya, memilih **strategi yang sesuai tahap itu**, menilai **langkah berikutnya dalam pengembangan produk**, dan membaca **di mana emisi terbesar sebuah produk**.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menentukan tahap siklus hidup** dari cerita penjualan lalu memilih strategi yang cocok; (2) **menentukan langkah pengembangan berikutnya** ketika hasil di laboratorium bagus tetapi uji skala pilot bermasalah, atau ketika pemasaran mendesak peluncuran; (3) **memilih strategi dari hasil kajian daur hidup**. Kesalahan paling umum bukan di konsepnya, melainkan pada **pilihan yang tampak masuk akal tetapi tidak cocok dengan tahap produknya**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan tahap-tahap pengembangan produk kimia dari ide sampai peluncuran;
- menjelaskan mengapa hasil laboratorium belum tentu berhasil di skala besar;
- menentukan tahap siklus hidup produk dari cerita dan memilih strategi yang sesuai;
- menjelaskan kajian daur hidup (LCA) dan menentukan sumber emisi terbesar sebuah produk;
- menilai usulan pengembangan produk yang mempertimbangkan keberlanjutan.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Setiap produk yang kamu temukan di rak toko pernah menjadi sebuah ide, lalu melewati banyak percobaan sebelum dibuat dalam jumlah besar. Setelah beredar, produk itu juga tidak abadi: ada masa ia baru dikenal, masa laris, masa jenuh, dan masa ditinggalkan. Sub bab ini membahas dua perjalanan itu, **dari ide menjadi produk** dan **dari produk baru menjadi produk lama**, serta satu cara menilai dampak lingkungan sebuah produk dari awal sampai akhir.

### 1. Tahap-tahap pengembangan produk

Perusahaan kimia tidak langsung membuat produk dalam jumlah besar. Pengembangan berjalan bertahap (Gambar 1.17), dan setiap tahap menjawab satu pertanyaan.



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




*Gambar 1.17 Tahap pengembangan produk kimia, dari ide sampai peluncuran. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Ide dan kajian kebutuhan.** Apa masalah pelanggan? Apa yang sudah ada di pasar? Contoh: petani butuh pupuk cair yang murah dan ramah lingkungan.
2. **Formulasi di laboratorium.** Tim R&D (*research and development*, penelitian dan pengembangan) mencari komposisi dan cara membuat dalam jumlah kecil, misalnya 1 kg atau 2 liter.
3. **Uji kinerja, keamanan, dan stabilitas.** Apakah produk bekerja? Apakah aman dipakai? Apakah tetap baik selama disimpan (tidak memisah, berjamur, atau berubah warna)? Karena penyimpanan berlangsung berbulan-bulan, uji stabilitas memakan waktu dan **tidak boleh dilewati**, termasuk untuk bahan alami yang justru mudah terurai atau berjamur.
4. **Uji skala pilot.** Pembuatan dalam jumlah menengah (misalnya 50 kg atau 200 liter) dengan alat yang mendekati alat pabrik.
5. **Uji lapangan atau uji pasar.** Produk dicoba oleh calon pemakai di kondisi nyata, misalnya petani mitra, dan umpan baliknya dipakai untuk memperbaiki formula. Kemasan dan merek ikut diuji karena memengaruhi penerimaan dan keawetan.
6. **Analisis biaya dan kelayakan.** Berapa biaya per liter? Berapa harga jual? Apakah menguntungkan? (cara menghitungnya dibahas di sub bab 1.5).
7. **Izin dan peraturan.** Produk tertentu memerlukan izin sebelum dijual, sehingga perlu disiapkan sejak awal.
8. **Produksi dan peluncuran**, lalu **evaluasi** keluhan dan penjualan.

Prinsip pentingnya: **setiap tahap harus lulus sebelum naik ke tahap berikutnya**. Produk yang belum stabil tidak boleh naik ke produksi, dan masukan dari uji lapangan dipakai untuk memperbaiki sebelum produksi besar, bukan sesudahnya.

### 2. Mengapa hasil laboratorium belum tentu berhasil di skala besar

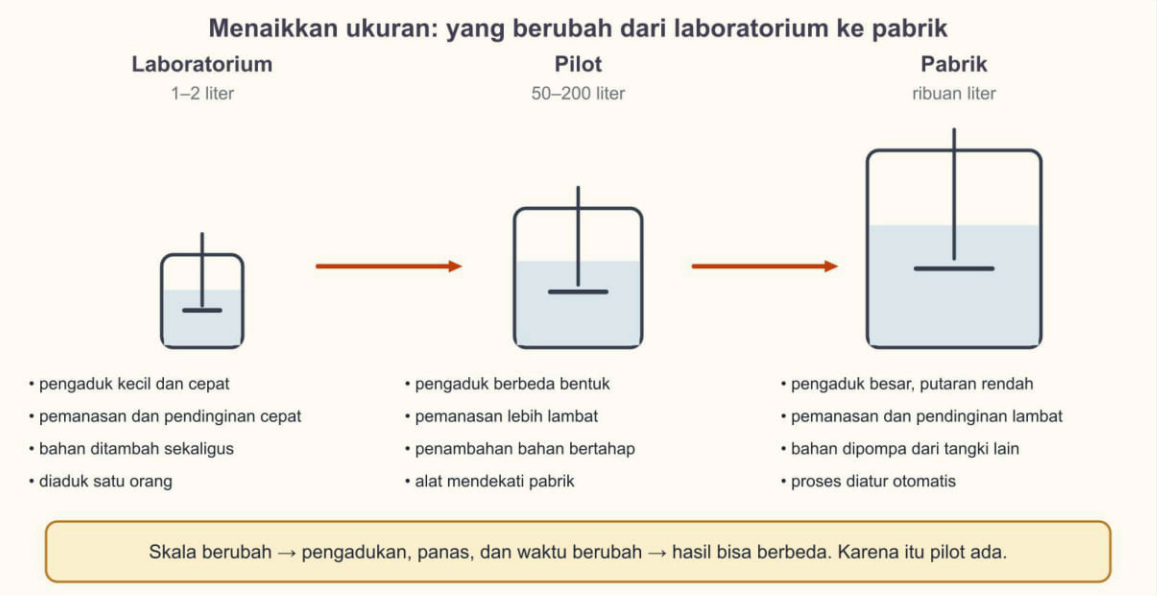
Cara membuat 1 kilogram losion di laboratorium dengan pengaduk kecil tidak sama dengan membuat 50 atau 500 kilogram di tangki besar. Bila ukuran dinaikkan (*scale-up*), hal-hal berikut



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

berubah (Gambar 1.18):

- **Pengadukan:** bentuk pengaduk, kecepatan, dan lama mengaduk berbeda, sehingga emulsi atau campuran bisa tidak tercampur dengan cara yang sama.
- **Pemanasan dan pendinginan:** tangki besar memanas dan mendingin jauh lebih lambat, sehingga waktu produk berada pada suhu tertentu lebih lama.
- **Waktu penambahan bahan:** menuang 20 gram dalam satu menit berbeda dengan menuang 20 kilogram.
- **Alat dan bahan:** pompa, pipa, bahan tangki, bahkan pemasok bahan bisa berbeda.




*Gambar 1.18 Tiga skala pembuatan dan hal yang berubah ketika ukuran dinaikkan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Karena itu **skala pilot** ada: ia menunjukkan masalah sebelum biaya besar dikeluarkan. Bila pilot gagal, tindakan yang tepat adalah **menemukan penyebabnya** (membandingkan cara pengadukan, suhu, dan waktu dengan laboratorium), memperbaiki, lalu **mengulang uji stabilitas pada produk hasil pilot**. Meluncurkan produk yang bermasalah dengan label "kocok dahulu" hanya menutupi masalah dan membahayakan nama perusahaan; produksi penuh "karena laboratorium sudah lolos" mengabaikan alasan adanya uji pilot.

### 3. Siklus hidup produk

Setelah beredar, produk melewati empat tahap (Gambar 1.19). Tahap ditentukan dari **bentuk grafik penjualan dan keadaan pasar**.



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




*Gambar 1.19 Kurva siklus hidup produk dan strategi tiap tahap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



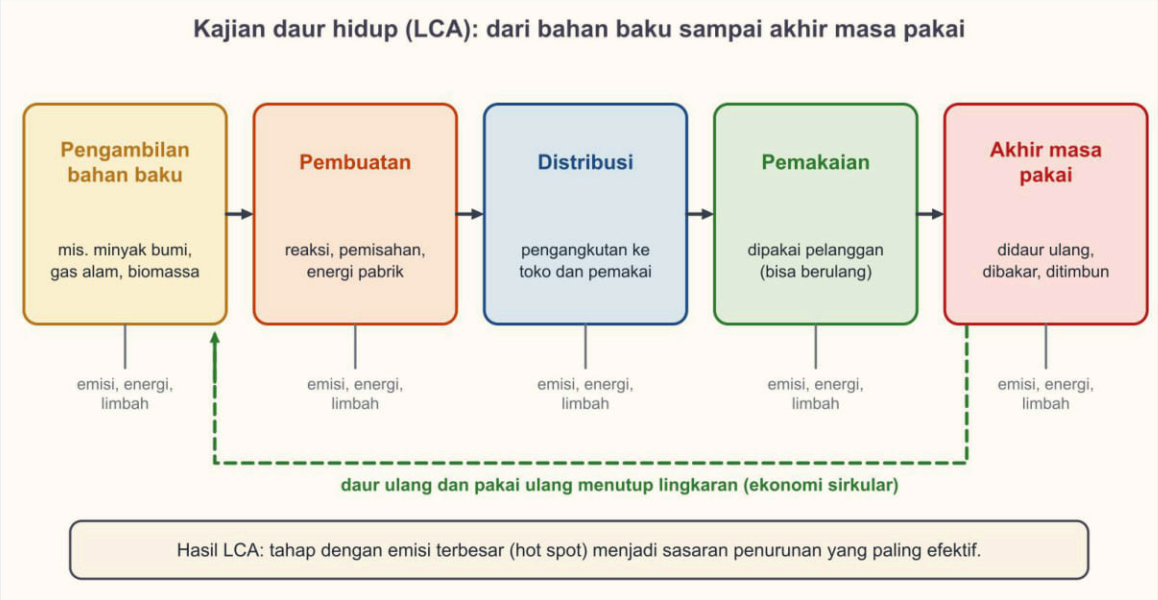
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

| Tahap | Ciri penjualan dan pasar | Strategi yang sesuai |
|---|---|---|
| **Perkenalan** (*introduction*) | penjualan rendah, produk belum dikenal, biaya promosi tinggi, belum untung | memperkenalkan produk, promosi, distribusi awal, memperbaiki berdasarkan keluhan |
| **Pertumbuhan** (*growth*) | penjualan naik cepat, pesaing mulai masuk, keuntungan naik | menambah kapasitas produksi, memperluas distribusi, menjaga mutu |
| **Kedewasaan** (*maturity*) | penjualan stabil (tidak naik, tidak turun), pesaing banyak, perang harga, hampir tidak ada pembeli baru | mempertahankan pangsa pasar: varian baru, kemasan baru, efisiensi biaya |
| **Penurunan** (*decline*) | penjualan terus turun walau harga diturunkan; pembeli beralih ke produk lain | mengurangi produk lama dan mengembangkan produk baru sesuai kebutuhan pasar |

Perhatikan bahwa **strategi yang cocok di satu tahap salah di tahap lain**. Memangkas biaya dan promosi adalah strategi tahap penurunan; menambah kapasitas besar-besaran dan membuka gerai baru adalah strategi tahap pertumbuhan; di tahap kedewasaan, justru perlu membedakan produk dari pesaing. Pada tahap penurunan, menurunkan harga lagi tidak menolong bila yang berubah adalah **kebutuhan pembeli**. Saat itu perusahaan perlu memakai sumber daya yang ada (misalnya mesin lama) untuk produk baru yang sesuai tren.

### 4. Kajian daur hidup (*life cycle assessment*, LCA)

**Daur hidup** sebuah produk meliputi semua tahap dari bahan bakunya diambil sampai produk itu dibuang (Gambar 1.20). **LCA** menghitung dampak lingkungan, misalnya emisi gas rumah kaca, pada setiap tahap itu.




*Gambar 1.20 Tahap-tahap yang dihitung dalam kajian daur hidup. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Tahapnya: **pengambilan bahan baku → pembuatan → distribusi → pemakaian → akhir**



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

**masa pakai** (didaur ulang, dibakar, atau ditimbun). Hasil LCA memperlihatkan **titik terbesar** (*hot spot*), yaitu tahap yang menyumbang dampak paling banyak. Usaha penurunan dampak paling efektif bila mengarah ke titik itu. Contohnya pada kemasan plastik dengan emisi terbesar di tahap ekstraksi bahan baku fosil dan pembakaran sampah di akhir masa pakai: pengurangan terbesar datang dari **mengganti bahan baku fosil dengan bahan berbasis biomassa dan merancang kemasan yang dapat didaur ulang**, bukan dari menambah volume produksi atau menunda masalah.

Dua gagasan pelengkap:

- **Satuan fungsi** (*functional unit*): perbandingan harus adil. Kemasan dibandingkan per liter produk yang dilayani, bukan per kemasan, supaya kemasan yang dipakai berulang tidak tampak lebih boros (sub bab 1.2).
- **Ekonomi sirkular:** produk dirancang agar bahan dapat dipakai lagi (daur ulang, pakai ulang, isi ulang), sehingga aliran "ambil–buat–buang" berubah menjadi lingkaran.

Karena itu pada pengembangan produk modern, ada pertimbangan tambahan di setiap tahap: apakah bahan bakunya dapat diganti dengan yang lebih ramah lingkungan, apakah produksinya hemat energi, apakah kemasannya dapat didaur ulang.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: menentukan tahap dan strategi dari data penjualan

Pada 2027, pembersih kaca "Jernih" dijual pabrik "Kimia Sejahtera". Penjualan per tahun (ribu botol): tahun 1: 2; tahun 2: 9; tahun 3: 24; tahun 4: 31; tahun 5: 31,5; tahun 6: 31; tahun 7: 30,8. Belasan merek sejenis beredar dan beberapa menurunkan harga. Tentukan tahap produk dan strategi yang cocok. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Lihat bentuk datanya.** Tahun 1–4 naik cepat (2 → 31), lalu tahun 4–7 hampir mendatar (31 → 30,8).
2. **Cocokkan dengan ciri tahap.** Penjualan stabil + pesaing banyak + perang harga = **kedewasaan**.
3. **Pilih strategi tahap itu.** Pertahankan pangsa dengan diferensiasi (varian, kemasan isi ulang) dan efisiensi biaya.
4. **Singkirkan strategi tahap lain.** Menambah kapasitas besar-besaran (pertumbuhan) tidak cocok karena penjualan tidak naik; menghentikan produksi (penurunan) belum tepat karena penjualan masih stabil.

Jawaban: tahap kedewasaan; strategi diferensiasi dan efisiensi. Cek akal sehat: penurunan 31 ke 30,8 hanya 0,6 %, jadi belum disebut tahap penurunan.

### Contoh 2: menafsirkan uji skala pilot

Pada 2027, tim R&D pabrik sampo "Rambut Sehat" membuat sampo 2 liter di laboratorium dengan kekentalan 4.000 mPa·s (syarat 3.500–4.500 mPa·s) dan stabil 4 minggu. Pada uji pilot



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

200 liter dengan pengaduk berbeda, kekentalan hanya 2.500 mPa·s. Bagian pemasaran meminta peluncuran bulan depan. Apa langkah yang tepat? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Bandingkan dengan syarat.** 2.500 < 3.500 mPa·s sehingga produk pilot tidak memenuhi syarat.
2. **Cari yang berubah.** Ukuran (2 L → 200 L) dan pengaduk, sedangkan formulanya sama: dugaan penyebab adalah pengadukan, suhu, atau urutan dan waktu penambahan bahan.
3. **Bandingkan satu per satu** pengadukan dan suhu pilot dengan laboratorium, lalu sesuaikan.
4. **Ulangi uji pilot dan uji stabilitas** pada produk hasil perbaikan; peluncuran menunggu hasilnya.

Jawaban: tunda peluncuran, selidiki dan perbaiki penyebab pada skala pilot, lalu ulangi uji. Cek akal sehat: memproduksi penuh karena hasil laboratorium bagus akan menghasilkan ribuan botol di bawah syarat.

### Contoh 3: mencari titik terbesar dari LCA

Pada 2027, kajian LCA sebuah kemasan plastik menghasilkan emisi per kemasan (g $CO_2$e): pengambilan bahan baku 55; pembuatan 20; distribusi 10; akhir masa pakai (pembakaran) 35. Usulan A: mengganti bahan baku fosil dengan bahan berbasis biomassa sehingga emisi bahan baku turun menjadi 30 g. Usulan B: menghemat energi distribusi sehingga turun menjadi 5 g. Mana yang lebih besar manfaatnya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Total saat ini.** 55 + 20 + 10 + 35 = 120 g $CO_2$e.
2. **Titik terbesar.** Bahan baku 55 ÷ 120 = 45,8 %; akhir masa pakai 35 ÷ 120 = 29,2 %.
3. **Usulan A.** Total baru = 30 + 20 + 10 + 35 = 95 g; turun 25 g atau 25 ÷ 120 = 20,8 %.
4. **Usulan B.** Total baru = 55 + 20 + 5 + 35 = 115 g; turun 5 g atau 4,2 %.

Jawaban: usulan A, karena mengarah ke titik terbesar. Cek akal sehat: penurunan 25 g jauh lebih besar daripada 5 g karena tahap bahan baku memang yang paling besar; menambahkan desain yang dapat didaur ulang menurunkan tahap akhir masa pakai lagi.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 1.21 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 1.21 Peta konsep pengembangan produk dan siklus hidup produk. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Tahap pengembangan:** ide → formulasi lab → uji kinerja, keamanan, stabilitas → uji pilot → uji lapangan/pasar → biaya dan kelayakan → izin → produksi → evaluasi. Setiap tahap lulus dulu.
- **Skala besar berbeda dari skala kecil** (pengadukan, pemanasan, waktu, alat); pilot ada untuk menemukan masalah itu.
- **Siklus hidup:** perkenalan → pertumbuhan → kedewasaan → penurunan; strategi harus cocok dengan tahap.
- **LCA:** bahan baku → pembuatan → distribusi → pemakaian → akhir masa pakai; usahakan penurunan di titik terbesar.
- **Bandingkan per satuan fungsi**; **ekonomi sirkular** merancang bahan agar dapat dipakai lagi.

**Istilah penting:** R&D (penelitian dan pengembangan); formulasi (komposisi dan cara membuat); uji stabilitas (uji ketahanan produk selama disimpan); skala pilot (pembuatan menengah sebelum pabrik); *scale-up* (menaikkan ukuran produksi); siklus hidup produk (perkenalan, pertumbuhan, kedewasaan, penurunan); diferensiasi (membedakan produk dari pesaing); LCA (kajian daur hidup); *hot spot* (tahap berdampak terbesar); satuan fungsi (dasar perbandingan yang adil); ekonomi sirkular (bahan dipakai ulang); jejak karbon (total emisi sebuah produk).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pengembangan dan siklus hidup produk:

1. **Tentukan tahapnya dulu** dari cerita (grafik naik, mendatar, turun; baru dikenal atau sudah banyak pesaing; hasil lab atau pilot).
2. **Cocokkan strategi dengan tahap itu**, bukan dengan yang "tampak ramah" atau "tampak ambisius".
3. **Pada pengembangan, pilih langkah yang menunjukkan atau memperbaiki masalah sebelum biaya besar keluar**: uji pilot, uji lapangan, uji stabilitas.
4. **Pada LCA, arahkan ke titik terbesar** dan bandingkan per satuan fungsi.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Strategi tahap penurunan dipakai di tahap kedewasaan** (memangkas promosi dan biaya karena pelanggan setia).
- **Strategi tahap pertumbuhan dipakai di tahap kedewasaan** (menambah kapasitas, membuka gerai baru).
- **"Hasil laboratorium sudah bagus, langsung produksi penuh."**
- **Uji stabilitas dilakukan bersamaan dengan penjualan**, atau bahan alami dianggap pasti awet.
- **Kemasan dan merek dianggap tidak perlu diuji.**
- **Menurunkan harga lagi atau menambah pewangi** pada produk yang pembelinya berpindah karena kebutuhan.
- **Menambah volume produksi atau menghentikan pengembangan** ketika LCA menunjukkan masalah di bahan baku dan akhir masa pakai.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa sabun yang penjualannya mendatar selama dua tahun berada di tahap pertumbuhan "karena penjualannya tidak turun". Pertumbuhan ditandai penjualan yang **naik cepat**; penjualan mendatar dengan banyak pesaing adalah ciri **kedewasaan**.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan menentukan tahap siklus hidup dari cerita penjualan dan memilih strategi yang sesuai. Pakai bagian 3 (siklus hidup produk).



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

►. Sabun cuci piring "Kilau" buatan teaching factory SMK Kimia Mandiri sudah dijual enam tahun (2027). Dua tahun terakhir penjualannya stabil, tidak naik dan tidak turun. Di pasar ada belasan merek sejenis dan beberapa pesaing menurunkan harga. Pelanggan lama tetap setia, tetapi hampir tidak ada pembeli baru.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Strategi yang paling sesuai dengan tahap produk "Kilau" saat ini adalah ....

A. Membuat varian aroma baru dan kemasan isi ulang yang lebih hemat
B. Mengurangi promosi dan biaya karena pelanggan lama sudah setia membeli
C. Menambah kapasitas produksi besar-besaran untuk mengejar permintaan yang naik
D. Menghentikan produksi dan menghabiskan stok dengan potongan harga
E. Membuka gerai baru di banyak kota karena permintaan sedang meningkat

**Pembahasan** **Kunci: A**

**Konsep:** Siklus hidup produk: perkenalan (penjualan rendah, belum dikenal), pertumbuhan (penjualan naik cepat), kedewasaan (penjualan stabil, pesaing banyak, perang harga), penurunan (penjualan terus turun). Pada tahap kedewasaan, produk dipertahankan dengan diferensiasi: varian, kemasan, efisiensi.

**Langkah:**
1. Penjualan stabil, pesaing banyak, perang harga → tahap kedewasaan.
2. Strategi kedewasaan: diferensiasi dan efisiensi agar pangsa tetap terjaga.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Diferensiasi (varian, kemasan isi ulang) sesuai tahap kedewasaan.
• **B.** ✗ Jebakan: memangkas promosi adalah strategi tahap penurunan; pada tahap kedewasaan, pesaing yang agresif akan merebut pelanggan.
• **C.** ✗ Jebakan: strategi tahap pertumbuhan; penjualan "Kilau" tidak naik.
• **D.** ✗ Jebakan: strategi tahap penurunan; penjualan stabil dan pelanggan lama tetap setia.
• **E.** ✗ Strategi tahap pertumbuhan; permintaan "Kilau" tidak sedang meningkat.

**Jawaban: A.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal yang menanyakan langkah pengembangan, tulis dulu tahap mana yang sedang dijalani dan apa yang sudah serta belum terbukti.



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

**1.** Tim R&D pabrik kosmetik rumahan mengembangkan losion tangan (2027). Formula 1 kg di laboratorium stabil selama uji 4 minggu. Saat uji skala pilot 50 kg dengan mesin pengaduk berbeda, losion terpisah menjadi dua lapisan setelah seminggu. Pemasaran mendesak agar produk diluncurkan bulan depan. Kepala R&D meminta usulan langkah berikutnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

- ☐ A. Menunda peluncuran sampai penyebab pemisahan pada skala pilot ditemukan dan diperbaiki.
- ☐ B. Langsung memproduksi skala penuh karena formula sudah lolos uji stabilitas di laboratorium.
- ☐ C. Membandingkan kecepatan dan lama pengadukan mesin pilot dengan cara pengadukan di laboratorium.
- ☐ D. Mengulang uji stabilitas pada produk skala pilot setelah perbaikan dilakukan.
- ☐ E. Meluncurkan produk dengan label "kocok dahulu" agar sesuai jadwal pemasaran.

**Kunci singkat:** 1. A, C, D

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa strategi memangkas promosi cocok untuk tahap penurunan tetapi tidak untuk tahap kedewasaan?
- Mengapa uji skala pilot diperlukan walau formula sudah lolos uji di laboratorium?
- **Yang harus kuingat:** tahap pengembangan (setiap tahap lulus dulu); pilot menunjukkan masalah skala; empat tahap siklus hidup dan strateginya; LCA dari bahan baku sampai akhir masa pakai dan mengarahkan usaha ke titik terbesar.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 1.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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



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

# Sub bab 1.5 · Profil profesi, peluang usaha, dan technopreneurship

SMKTKI-1.5

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 1, sub-elemen profesi, kewirausahaan, dan peluang usaha) meminta kamu **memahami dan menganalisis profil pekerjaan (*job profile*) dan peluang usaha sederhana (*technopreneurship*)** di bidang teknik kimia industri. Levelnya pemahaman sampai penalaran. Ada dua keterampilan yang diuji: **mengenali profesi dari uraian tugasnya**, dan **menghitung serta menilai usaha kecil berbasis kimia** (harga pokok, harga jual, titik impas, memilih ide usaha).

Pola soal yang sering muncul: (1) **mencocokkan uraian tugas dengan profesi**: analis QC, staf QA, operator, R&D, HSE, teknisi pemeliharaan; (2) **menghitung harga jual** dari rincian biaya dan target laba, kadang dengan diskon untuk penjual perantara; (3) **menghitung titik impas**; (4) **memilih ide usaha** yang memakai bahan, alat, dan modal yang tersedia untuk kebutuhan pasar yang jelas. Soal hitungannya sederhana, tetapi hampir semua pengecohnya berasal dari **satu langkah yang terlewat**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan profesi utama di pabrik kimia berdasarkan tugasnya;
- menjelaskan jalur karier dan peran sertifikasi kompetensi;
- menghitung harga pokok, harga jual dengan laba, dan harga eceran dengan diskon perantara;
- menghitung titik impas dan menafsirkannya;
- menilai ide usaha kimia sederhana dari bahan, alat, modal, dan pasar.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Lulusan Teknik Kimia Industri punya dua jalan: **bekerja** di pabrik atau laboratorium, atau **berwirausaha** membuat produk sendiri. Sub bab ini membahas keduanya: apa saja pekerjaan di pabrik kimia dan bagaimana menghitung sebuah usaha kecil.

### 1. Profesi di pabrik kimia

Di pabrik, setiap orang punya peran yang berbeda dan saling bergantung (Gambar 1.22).



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




*Gambar 1.22 Struktur peran di sebuah pabrik kimia kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

| Profesi | Tugas utama | Ciri untuk mengenalinya |
|---|---|---|
| **Operator proses produksi** | menjalankan dan mengawasi alat produksi sesuai SOP; operator ruang kontrol mengatur dari layar (DCS/SCADA) | mengatur katup, pompa, suhu; menanggapi alarm; mengisi catatan shift |
| **Analis pengendalian mutu (QC)** | mengambil dan menguji contoh bahan baku, produk antara, dan produk akhir, lalu membandingkan dengan spesifikasi | bekerja di laboratorium; pH, kadar, kekentalan; lembar analisis |
| **Staf penjaminan mutu (QA)** | mengelola **sistem** mutu: menyusun dan memperbarui SOP, audit internal, dokumen batch, **keputusan pelepasan batch** | dokumen, audit, prosedur; tidak menguji contoh harian |
| **Peneliti dan pengembang (R&D)** | merancang formula atau produk baru, mengujinya di skala laboratorium dan pilot | formulasi, uji stabilitas, percobaan |
| **Petugas HSE/K3LH** | memeriksa pemakaian APD, izin kerja, menyelidiki kecelakaan, mengelola limbah | keselamatan dan lingkungan |
| **Teknisi pemeliharaan** | merawat dan memperbaiki pompa, mesin, dan pipa (mekanik); **teknisi instrumentasi** memperbaiki dan mengalibrasi sensor dan alat kendali | mengganti bantalan, melumasi, mengalibrasi |
| **Supervisor/penyelia** | memimpin satu bagian atau shift, mengatur jadwal dan pekerjaan | koordinasi dan keputusan harian |

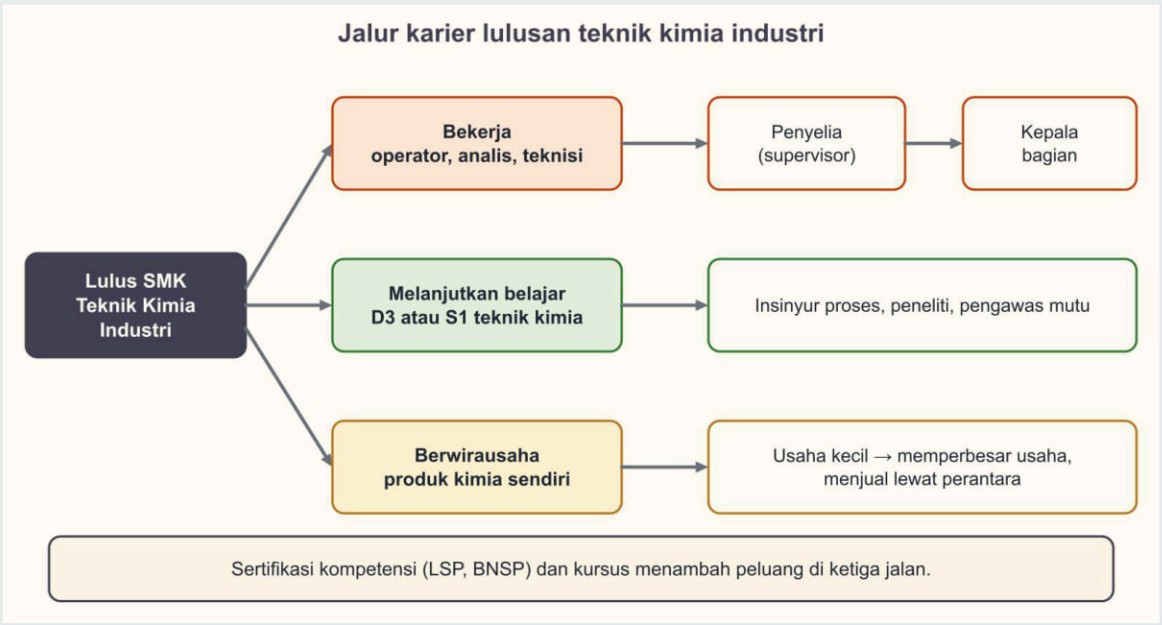
Jangan menyamakan QC dengan QA. **QC** adalah pekerjaan *menguji* (produk dan bahan), sedangkan **QA** adalah pekerjaan *menjaga sistem* agar mutu terjamin. Keputusan akhir "batch ini boleh dilepas" ada pada QA setelah meninjau seluruh dokumen produksi dan hasil uji QC, bukan pada analis yang menguji contohnya. Operator menjalankan proses; ia tidak memperbaiki mesin dan tidak menganalisis contoh di laboratorium.

## 2. Jalur karier dan sertifikasi

Lulusan SMK biasanya memulai sebagai operator, analis muda, atau teknisi. Dengan pengalaman, kursus, dan pendidikan lanjutan, jalurnya dapat menuju penyelia, pengawas mutu, atau kepala bagian (Gambar 1.23). Kemampuan bekerja diakui lewat **sertifikasi kompetensi**, yaitu pengakuan resmi bahwa seseorang menguasai suatu pekerjaan sesuai standar. Di Indonesia sertifikasi dilakukan oleh lembaga sertifikasi profesi (LSP) di bawah Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP). Sertifikat itu menambah kepercayaan perusahaan dan membuka peluang kerja.



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




*Gambar 1.23 Contoh jalur karier lulusan teknik kimia industri: bekerja, melanjutkan belajar, atau berwirausaha. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

### 3. Wirausaha dan *technopreneurship*

**Technopreneurship** (*technology* + *entrepreneurship*) adalah berwirausaha dengan memanfaatkan ilmu dan teknologi untuk membuat produk atau jasa yang bernilai. Lulusan teknik kimia punya modal ilmu yang jarang dimiliki pengusaha lain: tahu cara membuat larutan, memisahkan campuran, mengendalikan mutu, dan bekerja aman.

Menilai ide usaha dapat dilakukan dengan empat pertanyaan:

1. **Apa kebutuhan pasarnya?** Siapa yang membeli dan untuk apa? (Misalnya laundry membutuhkan pewangi, petani membutuhkan pupuk, kantin membutuhkan sabun murah.)
2. **Apa sumber daya yang kita punya?** Bahan baku (apalagi bila gratis atau murah), alat (alat distilasi di sekolah), modal, dan keterampilan.
3. **Berapa nilai tambahnya?** Bahan yang sama bisa menjadi produk yang nilai jualnya jauh berbeda. Minyak atsiri dari kulit jeruk, misalnya, bernilai jual per kilogram bahan lebih tinggi daripada kompos kulit jeruk.
4. **Apakah layak dan boleh dijual?** Perlu izin edar atau standar untuk produk tertentu (misalnya kosmetik dan pangan memerlukan izin dari lembaga berwenang), kemasan dan label yang benar, dan keselamatan produk.

Ide terbaik adalah yang **memakai sumber daya yang ada untuk kebutuhan pasar yang jelas**. Ide yang bagus tetapi membutuhkan izin rumit, kemurnian tinggi, atau modal besar belum tentu cocok untuk usaha kecil.

### 4. Menghitung harga pokok dan harga jual

Setiap usaha perlu tahu biayanya sebelum menentukan harga (Gambar 1.24). Biaya dibagi dua:

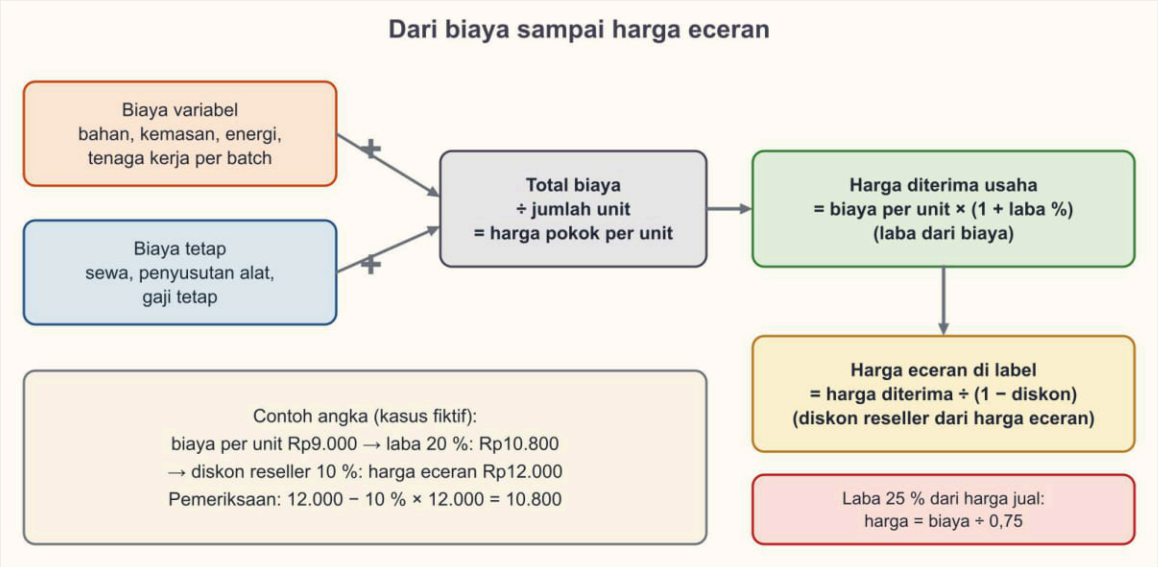
- **Biaya tetap:** besarnya tidak bergantung jumlah produk dalam jangka pendek, misalnya sewa tempat, penyusutan alat, gaji tetap.
- **Biaya variabel:** naik bila produk bertambah, misalnya bahan kimia, botol, label, dan energi per batch.

Langkah menghitung harga jual dari satu batch:

1. **Total biaya batch** = jumlahkan semua komponen biaya (bahan, kemasan, tenaga kerja, listrik, dan seterusnya).
2. **Biaya per unit (harga pokok)** = total biaya ÷ jumlah unit.
3. **Harga jual** = biaya per unit + laba. Bila laba dinyatakan **persen dari biaya**, harga jual = biaya per unit × (1 + persen laba).



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




*Gambar 1.24 Dari biaya sampai harga eceran. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

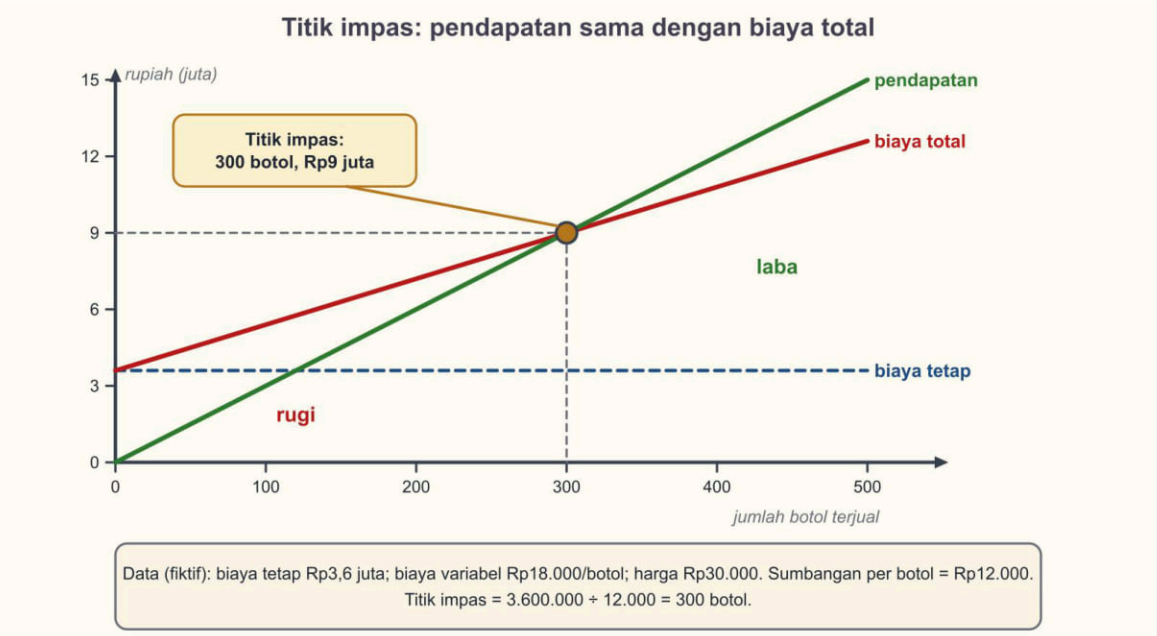
Dua hal membuat siswa sering keliru:

- **Laba dari biaya atau dari harga jual?** Laba 25 % dari biaya berarti harga jual = biaya × 1,25. Laba 25 % **dari harga jual** berarti biaya adalah 75 % dari harga, sehingga harga = biaya ÷ 0,75. Keduanya menghasilkan harga berbeda. Baca kalimat soalnya dengan teliti.
- **Diskon untuk perantara (reseller) dihitung dari harga eceran**, bukan dari harga yang diterima usaha. Bila usaha harus menerima Rp15.000 per botol dan reseller mendapat diskon 20 % dari harga yang tercetak di label, maka harga eceran × (1 − 0,20) = 15.000, sehingga harga eceran = 15.000 ÷ 0,80 = Rp18.750. Menaikkan Rp15.000 sebesar 20 % (menjadi Rp18.000) salah, karena 20 % dari Rp18.000 yang diberikan sebagai diskon adalah Rp3.600, bukan Rp3.000.

Ada juga kebiasaan menghitung hanya sebagian biaya (misalnya lupa listrik) atau menghitung per batch padahal yang ditanyakan per botol; selalu cek **satuan** hasil.

### 5. Titik impas

**Titik impas** (*break-even point*) adalah jumlah penjualan yang membuat usaha **tidak untung dan tidak rugi**: pendapatan sama dengan biaya total (Gambar 1.25). Pada titik itu setiap botol tambahan mulai menghasilkan laba.




*Gambar 1.25 Titik impas: garis pendapatan memotong garis biaya total. Angka latihan fiktif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Dari kondisi pendapatan = biaya total:

harga × jumlah = biaya tetap + biaya variabel per unit × jumlah

sehingga **titik impas (unit) = biaya tetap ÷ (harga jual per unit − biaya variabel per unit)**.

Selisih harga dan biaya variabel per unit disebut **sumbangan per unit**: ia "membayar" biaya tetap sedikit demi sedikit. Bila ingin mencapai laba target tertentu, tambahkan target itu ke biaya tetap: jumlah unit = (biaya tetap + laba target) ÷ sumbangan per unit. Kesalahan yang



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

sering terjadi adalah membagi biaya tetap dengan harga jual, atau dengan biaya variabel, tanpa menghitung selisihnya.

### 6. Mengambil keputusan sebagai pengusaha kecil

Beberapa kebiasaan baik pengusaha kimia pemula: (1) mulai dengan skala kecil dan uji produk pada beberapa calon pelanggan; (2) memeriksa mutu di setiap batch seperti di pabrik besar, sebab satu produk yang buruk merusak kepercayaan pelanggan; (3) mencatat biaya dengan rapi; (4) mematuhi aturan keselamatan dan label; (5) merawat hubungan dengan pemasok dan pelanggan. Pengetahuan teknis yang kamu pelajari di sub bab-sub bab lain, seperti pembuatan larutan, K3, dan pengendalian mutu, adalah modal yang membuat usahamu lebih aman dan lebih konsisten.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: harga pokok dan harga jual

Pada 2027, kelompok usaha siswa SMK "Kimia Mandiri" membuat 60 botol pembersih lantai @500 mL dalam satu batch. Biaya satu batch: bahan kimia Rp240.000; botol dan label Rp150.000; tenaga kerja Rp60.000; listrik dan air Rp30.000. Mereka menginginkan laba 30 % dari biaya per botol. Berapa harga jual per botol? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Total biaya.** 240.000 + 150.000 + 60.000 + 30.000 = Rp480.000.
2. **Biaya per botol.** 480.000 ÷ 60 = Rp8.000.
3. **Laba per botol.** 30 % × 8.000 = Rp2.400.
4. **Harga jual.** 8.000 + 2.400 = Rp10.400.

Jawaban: Rp10.400 per botol. Cek akal sehat: hasil harus lebih besar dari biaya Rp8.000 dan hanya 30 % lebih besar, bukan dua kali lipat. Bila laba 30 % dihitung dari harga jual, harganya Rp8.000 ÷ 0,7 ≈ Rp11.429; itu rumus berbeda yang hanya benar bila soal menyebut "dari harga jual".

### Contoh 2: harga eceran dengan diskon reseller

Pada 2027, usaha pengharum mobil "Segar Jalan" mempunyai biaya Rp9.000 per botol dan ingin laba 20 % dari biaya. Reseller memperoleh diskon 10 % dari harga eceran yang tercetak. Berapa harga eceran yang harus dicetak agar usaha tetap memperoleh laba 20 %? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Harga yang diterima usaha.** 9.000 × 1,20 = Rp10.800.
2. **Hubungan dengan harga eceran.** Harga eceran × (1 − 0,10) = 10.800.
3. **Harga eceran.** 10.800 ÷ 0,90 = Rp12.000.
4. **Pemeriksaan.** Diskon 10 % dari 12.000 = 1.200; 12.000 − 1.200 = 10.800 ✓.

Jawaban: Rp12.000. Cek akal sehat: menaikkan 10.800 sebesar 10 % menghasilkan Rp11.880; bila itu dicetak, diskon 10 % hanya menyisakan Rp10.692 sehingga laba kurang dari 20 %.



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

### Contoh 3: titik impas dan laba target

Pada 2027, usaha pewangi ruangan gel "Wangi Nusantara" memiliki biaya tetap Rp3.600.000 per bulan (sewa, penyusutan alat, gaji). Biaya bahan dan kemasan Rp18.000 per botol, harga jual Rp30.000 per botol. (a) Berapa botol minimal agar tidak rugi? (b) Berapa botol agar laba Rp1.200.000 per bulan? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Sumbangan per botol.** 30.000 − 18.000 = Rp12.000.
2. **(a) Titik impas.** 3.600.000 ÷ 12.000 = 300 botol.
3. **(b) Dengan laba target.** (3.600.000 + 1.200.000) ÷ 12.000 = 4.800.000 ÷ 12.000 = 400 botol.
4. **Pemeriksaan (a).** Pendapatan 300 × 30.000 = 9.000.000; biaya total 3.600.000 + 300 × 18.000 = 9.000.000: sama.

Jawaban: (a) 300 botol; (b) 400 botol. Cek akal sehat: titik impas harus lebih besar daripada nol dan laba baru muncul setelah botol ke-300; membagi 3.600.000 dengan harga jual (120 botol) mengabaikan biaya bahan dan kemasan.

### Contoh 4: mencocokkan tugas dengan profesi

Pada 2027, pabrik cat "Warna Sentosa" mendaftar empat pekerjaan: (1) menguji viskositas dan pH contoh cat dari tangki tiap jam; (2) memutuskan batch cat boleh dikirim setelah meninjau semua dokumen produksi dan hasil uji; (3) mengatur kecepatan pengaduk dan bukaan katup dari layar kontrol; (4) mencoba formula warna baru di laboratorium dan menguji kestabilannya. Tentukan profesi tiap pekerjaan. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Pekerjaan 1** menguji contoh: **analis QC**.
2. **Pekerjaan 2** memutuskan pelepasan batch dari tinjauan dokumen: **staf QA**.
3. **Pekerjaan 3** mengatur proses dari layar: **operator ruang kontrol**.
4. **Pekerjaan 4** merancang dan menguji formula baru: **R&D**.

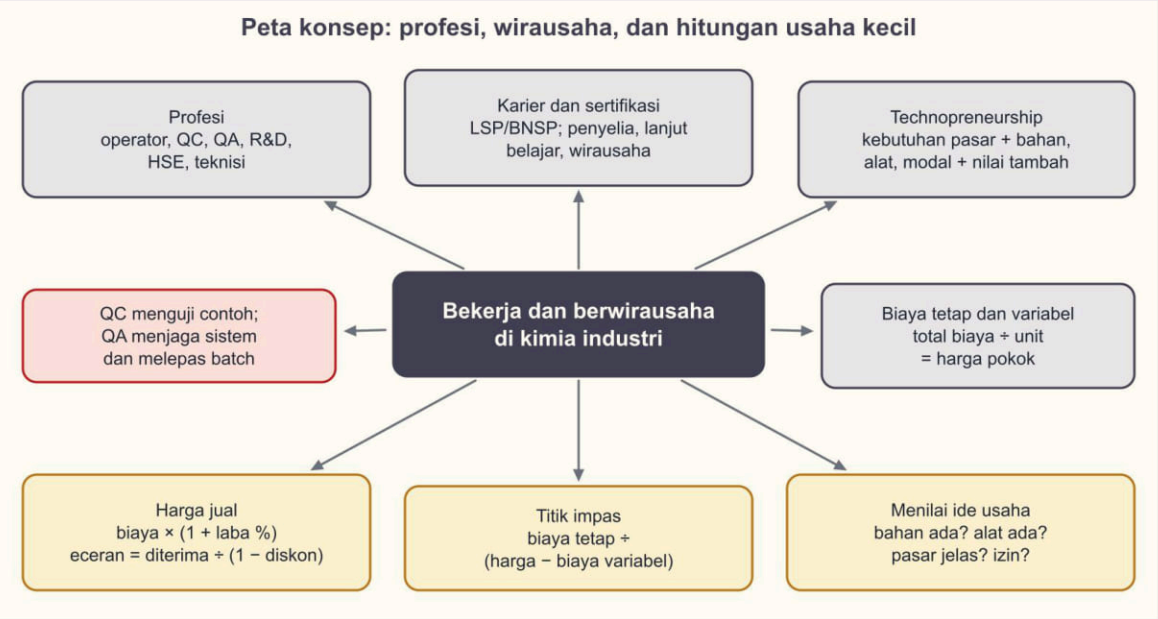
Jawaban: 1 QC, 2 QA, 3 operator ruang kontrol, 4 R&D. Cek akal sehat: tiap profesi muncul sekali dan tidak ada tugas yang menyuruh seorang analis memperbaiki mesin atau seorang operator menganalisis contoh.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 1.26 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 1.26 Peta konsep profesi, wirausaha, dan hitungan usaha kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Profesi:** operator (menjalankan proses), analis QC (menguji contoh), QA (sistem mutu dan pelepasan batch), R&D (formula baru), HSE (keselamatan), teknisi pemeliharaan (merawat alat).
- **Sertifikasi kompetensi** (LSP, BNSP) membuktikan kemampuan; karier dapat naik atau berwirausaha.
- **Technopreneurship:** kebutuhan pasar + sumber daya (bahan, alat, modal) + nilai tambah + kelayakan.
- **Harga pokok per unit** = total biaya ÷ jumlah unit; **harga jual** = biaya per unit × (1 + laba %), bila laba dari biaya.
- **Diskon perantara** dari harga eceran: harga eceran = harga diterima ÷ (1 − diskon).
- **Titik impas** = biaya tetap ÷ (harga − biaya variabel per unit).

**Istilah penting:** QC (pengendalian mutu, menguji); QA (penjaminan mutu, sistem dan dokumen); R&D (penelitian dan pengembangan); HSE (keselamatan, kesehatan, lingkungan); SOP (prosedur operasi standar); sertifikasi kompetensi (pengakuan resmi atas keterampilan); *technopreneurship* (kewirausahaan berbasis teknologi); biaya tetap (tidak bergantung jumlah produk); biaya variabel (naik bersama jumlah produk); harga pokok (biaya per unit); titik impas (jumlah penjualan tanpa untung dan tanpa rugi); *reseller* (penjual perantara).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal profesi dan usaha:

1. **Untuk profesi:** garisbawahi kata kerja dalam cerita (menguji, mengaudit, menjalankan, merancang, memperbaiki), lalu cocokkan dengan tabel profesi.
2. **Untuk harga:** tulis daftar biaya, jumlahkan semuanya, bagi dengan jumlah unit yang tepat, baru tambahkan laba; cek apakah laba dari biaya atau dari harga jual, dan apakah ada diskon.
3. **Untuk titik impas:** hitung dulu sumbangan per unit (harga − biaya variabel); jangan membagi biaya tetap dengan harga saja.
4. **Untuk ide usaha:** centang tiga hal: memakai bahan yang ada, memakai alat yang ada, memenuhi kebutuhan pasar yang disebut.

Jebakan yang sering dipasang:

- **QA tertukar dengan QC**, atau keputusan pelepasan batch diberikan kepada analis.
- **Teknisi pemeliharaan atau operator** diberi tugas analisis laboratorium atau sebaliknya.
- **Harga jual belum ditambah laba**, atau laba dihitung dari sebagian biaya saja.
- **Satu komponen biaya terlupa** (listrik, gas, tenaga kerja).
- **Laba dari harga jual** padahal soal meminta dari biaya (dan sebaliknya).
- **Diskon reseller ditambahkan ke harga yang diterima usaha** (dikali 1,2), bukan membagi dengan (1 − diskon).
- **Titik impas dihitung dari biaya tetap ÷ harga jual** atau biaya tetap ÷ biaya variabel.
- **Ide usaha dipilih karena "ada pasarnya"** padahal tidak memakai bahan atau alat yang tersedia, atau butuh izin dan skala besar.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung titik impas usaha dengan biaya tetap Rp4.500.000, biaya bahan Rp16.000, dan harga Rp25.000 sebagai 4.500.000 ÷ 25.000 = 180 botol. Seharusnya selisih harga dan biaya variabel dipakai: 25.000 − 16.000 = 9.000 per botol, sehingga 4.500.000 ÷ 9.000 = 500 botol. Dengan 180 botol, usaha justru masih rugi.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji perhitungan harga jual dari rincian biaya dengan laba persen dari biaya. Pakai bagian 4 (menghitung harga pokok dan harga jual).



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

►. Sinta dan dua temannya merintis usaha sabun cuci tangan cair (2027). Satu batch menghasilkan 40 botol @250 mL. Rincian biaya satu batch:

| Komponen biaya | Jumlah (Rp) |
|---|---|
| Bahan kimia (surfaktan, pengental, pewangi, pengawet) | 180.000 |
| Air murni dan pewarna | 20.000 |
| Botol pompa dan label | 160.000 |
| Listrik dan gas | 40.000 |

Mereka ingin laba 25% dari biaya produksi per botol.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Harga jual per botol yang tepat adalah ....

A. Rp10.000
B. Rp11.000
C. Rp11.250
D. Rp12.500
E. Rp13.333

**Pembahasan** **Kunci: D**

**Konsep:** Biaya per unit = total biaya ÷ jumlah unit. Harga jual = biaya per unit + (persen laba × biaya per unit).

**Langkah:**
1. Total biaya = 180.000 + 20.000 + 160.000 + 40.000 = Rp400.000.
2. Biaya per botol = 400.000 ÷ 40 = Rp10.000.
3. Harga jual = 10.000 + 25% × 10.000 = Rp12.500.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: baru biaya per botol, laba belum ditambahkan.
• **B.** ✗ Laba 25% hanya dihitung dari biaya botol dan label (160.000 ÷ 40 = 4.000 → 1.000).
• **C.** ✗ Jebakan: lupa biaya listrik dan gas → (360.000 ÷ 40) × 1,25 = Rp11.250.
• **D.** ✓ Rp10.000 × 1,25 = Rp12.500.
• **E.** ✗ Jebakan: laba 25% dihitung dari harga jual (10.000 ÷ 0,75), padahal diminta dari biaya produksi.

**Jawaban: D.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal profesi, garisbawahi kata kerjanya; untuk soal hitungan, tulis biaya dan satuannya baris demi baris.

**1.** Setiap pagi Melati mengambil contoh pupuk cair dari tangki produksi dan dari kemasan siap kirim di pabrik pupuk tempatnya bekerja (2027). Di laboratorium ia mengukur pH, kadar nitrogen, dan berat jenis contoh itu, mencatat hasilnya di lembar analisis, lalu



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

membandingkannya dengan spesifikasi produk. Bila ada hasil di luar spesifikasi, ia melapor kepada atasannya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Profesi Melati adalah ....

A. Analis pengendalian mutu (QC)
B. Staf penjaminan mutu (QA)
C. Operator proses produksi
D. Peneliti pengembangan produk (R&D)
E. Teknisi pemeliharaan peralatan

**2.** Pabrik pembersih kaca yang baru berdiri menyusun pembagian tugas (2027). Manajer pabrik membuat daftar tugas beserta jabatan yang akan mengerjakannya, lalu meminta Asri dari bagian personalia memeriksa kecocokannya sebelum lowongan diumumkan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pasangan tugas dan jabatan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Menyusun dan memperbarui SOP serta melakukan audit internal sistem mutu → staf QA.
☐ B. Mengganti bantalan pompa yang aus dan melumasi mesin pengisi → operator proses.
☐ C. Merancang formula baru dan mengujinya di skala laboratorium → staf R&D.
☐ D. Memeriksa pemakaian APD dan menyelidiki kecelakaan kerja → petugas HSE.
☐ E. Memutuskan pelepasan batch berdasarkan tinjauan seluruh dokumen produksi → analis QC.

**Kunci singkat:** 1. A 2. A, C, D



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa analis QC tidak berwenang memutuskan pelepasan batch, padahal ia yang menguji contohnya?
- Mengapa harga eceran dengan diskon 20 % tidak sama dengan harga yang diterima usaha ditambah 20 %?
- **Yang harus kuingat:** QC menguji, QA menjaga sistem dan melepas batch; harga jual = biaya per unit × (1 + laba %); harga eceran = harga diterima ÷ (1 − diskon); titik impas = biaya tetap ÷ (harga − biaya variabel); ide usaha harus memakai bahan, alat, dan modal yang ada untuk pasar yang jelas.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 1.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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



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

# Kuis Akhir Bab 1

SMKTKI-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-smktki&node=SMKTKI-KB1

**1.** Pabrik kecap manis "Legit Nusantara" di Tegal menyusun papan SOP untuk karyawan baru (2027). Catatan teknisnya belum berurutan: kapang (ragi) hanya tumbuh baik pada kedelai yang sudah matang dan lunak; hasil fermentasi direndam dalam larutan garam beberapa minggu; air rendaman disaring untuk memisahkan ampas; air saringan dimasak bersama gula merah dan bumbu sampai kental; kecap yang masih panas diisi ke botol bersih.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan proses yang tepat adalah ....

A. Perebusan kedelai → fermentasi → perendaman garam → penyaringan → pemasakan dengan gula → pengisian botol
B. Perebusan kedelai → perendaman garam → fermentasi → penyaringan → pemasakan dengan gula → pengisian botol
C. Fermentasi → perebusan kedelai → perendaman garam → penyaringan → pemasakan dengan gula → pengisian botol
D. Perebusan kedelai → fermentasi → perendaman garam → pemasakan dengan gula → penyaringan → pengisian botol
E. Perebusan kedelai → fermentasi → perendaman garam → penyaringan → pengisian botol → pemasakan dengan gula



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

**2.** Pabrik sabun cuci "Bersih Kinclong" menerima kiriman 2 ton soda api (NaOH) padat dari pemasok baru pada 2027. Sopir meminta kiriman langsung diturunkan ke gudang karena truk harus segera berangkat. Surat jalan menyebut kadar NaOH 98%, tetapi dua karung di tumpukan terluar tampak robek dan sebagian butirannya lembap menggumpal.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Langkah yang paling tepat sesuai alur proses bisnis pabrik adalah ....

A. Menurunkan semua kiriman ke gudang dan menguji kadarnya setelah produksi berjalan
B. Menolak semua kiriman karena dua karung robek, walaupun surat jalan menyebut kadar 98%
C. Memakai kiriman pada produksi hari itu karena kadar sudah tercantum di surat jalan
D. Memeriksa kemasan, menguji kadar contoh, dan menahan kiriman di karantina sampai lolos uji
E. Menjual dua karung yang robek kepada pihak lain dan menyimpan sisanya tanpa pengujian

**3.** Pabrik pakan ikan "Mina Tumbuh" di Indramayu menyusun uraian tugas unit pendukung untuk karyawan baru (2027). Draf uraian itu diperiksa Hendra, supervisor produksi, sebelum dicetak.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat dalam draf itu adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Unit pengendalian mutu memutuskan jadwal pengiriman produk jadi ke pelanggan
☐ B. Unit utilitas menyediakan uap, listrik, dan air yang dibutuhkan alat produksi
☐ C. Unit pemeliharaan menguji kadar protein produk akhir sebelum produk dikemas
☐ D. Unit pengolahan limbah mengolah air buangan pabrik sebelum dilepas ke lingkungan
☐ E. Gudang menyimpan bahan baku dan produk sesuai sifat dan kondisi penyimpanannya



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

**4.** Dalam pelatihan di unit amonia mini sebuah politeknik kimia (2027), instruktur memperlihatkan bahwa gas yang keluar dari reaktor sintesis hanya mengandung sekitar 15% amonia, sedangkan sisanya masih nitrogen dan hidrogen. Peserta bernama Yudi bertanya mengapa sisa gas itu tidak dibuang saja.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penjelasan instruktur yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Nitrogen dan hidrogen yang belum bereaksi dikembalikan ke reaktor agar bahan baku tidak terbuang
☐ B. Amonia dipisahkan dengan mendinginkan gas sampai amonia mengembun menjadi cairan
☐ C. Pemasaran dan distribusi harus dilakukan lebih dulu agar amonia cepat terjual ke pelanggan
☐ D. Amonia dipisahkan sebelum gas masuk ke reaktor agar katalis tidak terkena produk reaksi
☐ E. Reaksi sintesis bersifat bolak-balik sehingga hanya sebagian gas menjadi amonia tiap lintasan

**5.** Pabrik garam industri "Kristal Laut" menguapkan air dari larutan garam di evaporator pada 2027. Umpan evaporator 1.000 kg per jam larutan berkadar garam 20% (massa). Larutan pekat yang keluar berkadar garam 40% (massa), dan seluruh garam tetap berada di dalam larutan pekat.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa air yang diuapkan setiap jam adalah ....

A. 200 kg
B. 400 kg
C. 600 kg
D. 800 kg
E. 500 kg



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

**6.** Pabrik kerupuk "Renyah Jaya" memasak adonan dengan boiler berbahan bakar solar (2027). Audit energi menemukan pipa uap sepanjang 120 m belum diisolasi, beberapa katup uap bocor, dan gas buang boiler yang panas langsung keluar lewat cerobong. Manajer meminta Ardi, teknisi utilitas, mengusulkan langkah yang benar-benar menurunkan emisi gas rumah kaca pabrik.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengisolasi pipa uap dan memperbaiki katup yang bocor agar panas tidak terbuang
☐ B. Meninggikan cerobong agar asap tersebar jauh dari area pabrik dan permukiman
☐ C. Mengganti sebagian solar dengan cangkang sawit sebagai bahan bakar boiler
☐ D. Membeli bibit pohon untuk ditanam sebagai pengganti seluruh perbaikan teknis
☐ E. Memasang penukar panas untuk memanaskan air umpan boiler dengan gas buang

**7.** Digester biogas sebuah peternakan sapi di Boyolali menghasilkan 600 kg metana ($CH_4$) setiap hari pada 2027. Seluruh metana itu dibakar sempurna di obor (flare) karena belum ada mesin yang memakainya. Reaksi pembakaran: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ (Ar C = 12, H = 1, O = 16).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa $CO_2$ yang dilepas dari pembakaran itu setiap hari adalah ....

A. 600 kg
B. 825 kg
C. 1.200 kg
D. 1.650 kg
E. 3.300 kg

**8.** Pabrik minuman "Sejuk Tirta" membandingkan tiga kemasan air minum 1 liter dari sisi emisi gas rumah kaca (2027). Data per kemasan (g $CO_2$e):

| Kemasan | Emisi pembuatan | Emisi pembuangan akhir | Keterangan |
|---|---|---|---|
| P: botol plastik sekali pakai | 90 | 10 | dipakai satu kali |
| Q: botol kaca isi ulang | 300 | 15 | dipakai 5 kali; tiap pengisian (termasuk yang pertama) menambah 25 untuk pencucian dan pengiriman |
| R: kantong isi ulang plastik | 40 | 20 | dipakai satu kali |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Kantong R memiliki emisi per liter terendah di antara ketiga kemasan pada tabel
☐ B. Botol Q memiliki emisi per liter lebih tinggi daripada botol P karena emisi pembuatannya paling besar
☐ C. Bila botol Q dipakai 10 kali, emisinya sekitar 56,5 g per liter dan lebih rendah daripada kantong R
☐ D. Botol P memiliki emisi per liter tertinggi, yaitu 100 g, di antara ketiga kemasan
☐ E. Menambah jumlah pemakaian botol Q tidak mengubah emisinya per liter karena emisi pembuatan tetap

**9.** Tangki penampung larutan bahan T-09 berkapasitas 8 $m^3$ di pabrik cat dipantau lewat layar ruang kontrol (2027). Flowmeter masuk menunjukkan 2,4 $m^3$/jam dan flowmeter keluar 1,6 $m^3$/jam; keduanya baru dikalibrasi seminggu lalu. Level di layar hanya naik 5% setiap jam. Pagi ini operator Rama menemukan genangan cairan di lantai di bawah tangki dan sambungan pipa keluarannya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menghentikan pengisian, memeriksa kebocoran tangki dan pipa, lalu mengamankan genangan
B. Menaikkan aliran keluar agar level di layar naik sesuai dengan hasil hitungan neraca
C. Mengganti flowmeter masuk karena dianggap membaca terlalu besar dibandingkan level
D. Mengabaikan selisih karena level tetap naik dan tangki masih jauh dari penuh
E. Mengalibrasi ulang sensor level karena angkanya lebih kecil daripada hitungan neraca

**10.** Pabrik cat "Warna Karya" memproduksi belasan jenis cat dalam jumlah kecil, sedangkan pabrik amonia di kota yang sama membuat satu jenis produk dalam jumlah sangat besar (2027). Nanda, siswa PKL, diminta membandingkan cara menjalankan proses kedua pabrik.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Proses kontinu paling cocok untuk produk yang bervariasi dan dibuat dalam jumlah kecil. | ○ | ○ |
| Pada proses batch, tangki yang sama dapat dipakai bergantian untuk membuat beberapa jenis produk. | ○ | ○ |
| Pada proses batch, tiap batch diberi nomor sehingga produk yang bermasalah mudah dilacak. | ○ | ○ |



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

**11.** Pompa P-12 di pabrik sirup dipantau sensor getaran yang datanya tampil di ruang kontrol (2027). Alarm berbunyi dan pompa otomatis berhenti bila getaran mencapai 7,1 mm/s. Pabrik punya pompa cadangan P-13 yang siap dipakai, sedangkan penghentian pabrik terjadwal berikutnya jatuh pada minggu ke-8. Sensor baru dikalibrasi bulan lalu dan getaran pompa lain stabil. Data P-12 pekan ini (minggu ke-4) ditampilkan pada tabel.

| Minggu | Getaran P-12 (mm/s) |
|---|---|
| 1 | 2,0 |
| 2 | 2,6 |
| 3 | 3,4 |
| 4 | 4,5 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menunggu alarm 7,1 mm/s berbunyi karena nilai sekarang masih di bawah batas alarm
B. Menaikkan batas alarm menjadi 9,0 mm/s agar pompa tidak berhenti secara mendadak
C. Beralih ke pompa cadangan lalu memperbaiki bantalan P-12 sebelum batas tercapai
D. Menunggu penghentian pabrik terjadwal pada minggu ke-8 untuk memeriksa bantalan
E. Mengganti sensor getaran dengan yang baru karena kenaikan bertahap tidak wajar

**12.** Pabrik pupuk cair "Subur Makmur" baru memasang sensor suhu, pH, dan level yang terhubung ke ruang kontrol dan ke ponsel kepala produksi (2027). Dalam rapat evaluasi, beberapa usulan diajukan untuk mengelola sistem baru itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Sensor tetap dikalibrasi berkala dan dibandingkan dengan alat ukur acuan terkalibrasi
☐ B. Batas alarm disesuaikan dengan batas proses sebenarnya agar alarm penting tidak diabaikan
☐ C. Pemantauan manual dihentikan karena semua data sudah tampil otomatis di layar dan ponsel
☐ D. Akses ke sistem kendali dibatasi dan sandi dijaga agar pengaturan tidak diubah sembarang orang
☐ E. Alarm yang sering berbunyi sebaiknya dimatikan supaya operator tidak terganggu saat bekerja

**13.** Pabrik tahu "Putih Murni" memproduksi tahu dengan alur seperti pada gambar (2027). Pelanggan mengeluh tahu terlalu lembek, mudah hancur, dan basah saat dipotong. Hasil



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

pemeriksaan Dewi, kepala produksi: sari kedelai pekat dan jernih, ampas terpisah bersih, gumpalan (curd) terbentuk padat dengan air gumpalan (whey) jernih, dan pisau pemotong tajam.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Unit yang paling perlu diperiksa lebih lanjut adalah ....

**Diagram alir produksi tahu**




Sari kedelai disaring dari ampas, lalu digumpalkan menjadi curd dan air gumpalan (whey).

A. Unit penggilingan
B. Unit pengepresan
C. Unit penyaringan
D. Unit pemasakan
E. Unit perendaman

**14.** Setiap pagi Ratih, pegawai pabrik minuman, memeriksa sensor pH dan flowmeter pada tangki produksi, mengalibrasinya dengan larutan standar dan alat acuan, mengganti sensor yang rusak, lalu mencatat hasilnya di buku harian alat (2027).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Profesi Ratih adalah ....

A. Operator ruang kontrol
B. Analis pengendalian mutu (QC)
C. Staf penjaminan mutu (QA)
D. Petugas keselamatan kerja (HSE)
E. Teknisi instrumentasi



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

**15.** Usaha lilin aromaterapi "Nyala Harum" membuat 40 gelas lilin per batch (2027). Biaya satu batch: bahan lilin dan pewangi Rp180.000; gelas dan label Rp120.000; tenaga kerja Rp40.000; listrik dan lain-lain Rp20.000. Laba yang diinginkan 25% dari biaya per gelas, dan reseller memperoleh diskon 10% dari harga eceran yang tercetak.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Harga eceran yang dicetak adalah Rp12.375 karena harga yang diterima usaha dinaikkan 10%
☐ B. Biaya per gelas lilin dari satu batch tersebut adalah Rp9.000 (Rp360.000 dibagi 40)
☐ C. Harga yang harus diterima usaha per gelas agar laba 25% dari biaya tercapai adalah Rp11.250
☐ D. Harga yang harus diterima usaha adalah Rp12.000 karena laba 25% dihitung dari harga jual
☐ E. Harga eceran yang harus dicetak agar usaha menerima Rp11.250 per gelas adalah Rp12.500

**16.** Kajian daur hidup sebuah kemasan plastik produsen "Kemas Bersama" (2027) menghasilkan emisi per kemasan (g $CO_2$e) pada tabel berikut. Tersedia empat usulan perbaikan; tiap usulan menurunkan emisi pada satu tahap, dan perusahaan hanya dapat melaksanakan dua usulan.

| Tahap | Emisi saat ini |
|---|---|
| Pengambilan bahan baku | 60 |
| Pembuatan | 25 |
| Distribusi | 15 |
| Akhir masa pakai | 40 |

Usulan: P, bahan baku daur ulang (tahap bahan baku turun menjadi 35); Q, mesin hemat energi (pembuatan turun menjadi 15); R, truk lebih efisien (distribusi turun menjadi 10); S, desain mudah didaur ulang (akhir masa pakai turun menjadi 25).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Dua usulan dengan penurunan total terbesar adalah ....

A. P dan Q
B. Q dan S
C. P dan R
D. R dan S
E. P dan S

**17.** Pada pukul 10.00 tahun 2027, layar ruang kontrol pabrik gas industri "Gas Nusantara" menampilkan tiga peringatan seperti pada gambar. Operator Salma hanya dapat



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

menangani satu peringatan pada satu waktu. Akibat tekanan berlebih pada tangki gas adalah kebocoran atau ledakan, suhu pendingin yang tinggi menurunkan mutu produk, dan level bahan baku yang terlalu rendah menghentikan produksi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan penanganan yang paling tepat adalah ....




A. PD-2 → G-1 → T-04
B. PD-2 → T-04 → G-1
C. T-04 → G-1 → PD-2
D. G-1 → T-04 → PD-2
E. G-1 → PD-2 → T-04

**18.** Di unit penampungan sirup sebuah pabrik minuman, level tangki dijaga oleh loop kendali dengan pengendali PLC (2027). Operator Anisa menetapkan set point level 60%. Sensor level membaca 72%, dan pengendali dapat membuka katup keluar tangki lebih lebar atau menutupnya sebagian.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang akan dilakukan pengendali adalah ....

A. Menutup katup keluar sebagian agar level naik mendekati 60%
B. Membuka katup keluar lebih lebar agar level turun mendekati 60%
C. Menaikkan set point menjadi 72% mengikuti pembacaan sensor
D. Mematikan alarm level lalu membiarkan level naik sampai penuh
E. Menunggu perintah operator sebelum mengubah bukaan katup apa pun



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

**19.** Usaha pewangi ruangan gel "Wangi Santun" milik alumni SMK kimia memiliki biaya tetap Rp2.400.000 per bulan (sewa dan penyusutan alat) pada 2027. Biaya bahan dan kemasan Rp12.000 per botol dan harga jual Rp20.000 per botol. Mereka menargetkan laba Rp1.600.000 per bulan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Jumlah botol yang harus terjual setiap bulan agar target tercapai adalah ....

A. 500 botol
B. 200 botol
C. 300 botol
D. 334 botol
E. 400 botol

**20.** Kelompok siswa SMK kimia di Palembang mendapat minyak jelantah gratis tiap minggu dari pedagang gorengan di dekat sekolah (2027). Sekolah menyediakan pemanas, cetakan, NaOH, dan pengawasan guru, sedangkan modal kelompok Rp2 juta. Survei mereka: tetangga mencari sabun cuci murah, bengkel mencari pelumas murah, dan warung mencari minyak goreng murah. Guru meminta satu ide usaha yang memakai bahan dan alat yang ada, memenuhi kebutuhan pasar, dan aman bagi pembeli.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Ide usaha yang paling tepat adalah ....

A. Menyaring minyak jelantah lalu menjualnya kembali sebagai minyak goreng murah untuk warung
B. Membuat sabun cuci padat dari minyak jelantah dan NaOH lalu menjualnya kepada tetangga
C. Mengolah minyak jelantah menjadi biodiesel untuk dijual kepada pemilik kendaraan umum
D. Menjadikan minyak jelantah sebagai pelumas mesin dan menjualnya kepada bengkel sekitar
E. Mengumpulkan minyak jelantah lalu menjualnya mentah kepada pabrik di luar kota

**21.** Usaha sabun cuci tangan cair "Bersih Harapan" milik alumni SMK kimia memproduksi 300 botol per bulan (2027). Biaya per bulan ditampilkan pada tabel.

| Komponen biaya | Jumlah |
|---|---|
| Biaya variabel (bahan, botol, label) | Rp6.000 per botol |
| Biaya tetap (sewa dan penyusutan alat) | Rp900.000 per bulan |



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

Harga pokok per botol adalah biaya variabel ditambah biaya tetap yang dibagi rata ke seluruh botol. Mereka menginginkan laba 30% dari harga pokok per botol. Distributor mendapat diskon 10% dari harga eceran yang tercetak di label.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Harga eceran yang harus dicetak di label adalah ....

A. Rp11.700
B. Rp12.870
C. Rp13.000
D. Rp14.286
E. Rp8.667

**22.** Sabun cuci piring "Kelapa Bersih" buatan koperasi siswa SMK kimia baru dijual enam bulan pada 2027. Penjualannya baru 200 botol per bulan, belum ada pesaing langsung di sekitar sekolah, dan banyak calon pembeli yang belum mengetahui produk itu. Ketua koperasi, Wawan, meminta usulan strategi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Strategi yang paling sesuai dengan tahap produk saat ini adalah ....

A. Menambah kapasitas produksi sampai dua kali lipat sebelum pesanan benar-benar bertambah
B. Menghentikan semua promosi untuk menghemat biaya karena produk sudah mulai dikenal
C. Membagikan contoh gratis, beriklan, dan mencatat keluhan pembeli untuk perbaikan
D. Membuka cabang penjualan di banyak kota untuk mengejar pesanan dari pelanggan baru
E. Menurunkan harga di bawah biaya produksi agar calon pesaing tidak berani masuk

**23.** Pupuk cair organik "Tumbuh Subur" diluncurkan CV Agro Mandiri tiga tahun lalu (2027). Penjualannya per tahun: 5.000 liter, 12.000 liter, dan 30.000 liter. Beberapa pesaing mulai menjual produk serupa, dan gudang pabrik sering kehabisan stok. Direktur meminta Maya, staf pemasaran, menilai keadaan produk itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Produk berada pada tahap pertumbuhan karena penjualannya naik cepat dan pesaing mulai masuk. | ○ | ○ |
| Menambah kapasitas produksi dan memperluas jaringan distribusi sesuai dengan tahap produk ini. | ○ | ○ |
| Biaya promosi sebaiknya dipangkas karena penjualan sudah naik dengan sendirinya. | ○ | ○ |



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

**24.** Pabrik cat "Warna Sentosa" yang baru berdiri menyusun pembagian tugas, dan Kepala SDM, Lestari, memeriksa kecocokan tugas dan jabatan dalam daftar sebelum lowongan diumumkan (2027).

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Pasangan tugas dan jabatan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengalibrasi sensor pH dan flowmeter di ruang kontrol → analis QC

☐ B. Mengaudit catatan batch dan menyusun SOP baru → staf QA

☐ C. Mengatur bukaan katup dari layar DCS → operator ruang kontrol

☐ D. Menyelidiki kecelakaan kerja dan memeriksa izin kerja → petugas HSE

☐ E. Menguji viskositas contoh cat dari tangki → staf R&D

**25.** Pewangi pakaian cair "Harum Segar" milik CV Aroma Bersih lolos uji stabilitas di laboratorium dan uji skala pilot (2027). Pada uji pasar terhadap sejumlah rumah tangga, hampir semua peserta menyukai aromanya, tetapi banyak yang mengeluh tutup botol bocor ketika botol dibawa dalam tas belanja. Direktur ingin produk diluncurkan bulan depan.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

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

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Kebocoran tutup perlu diperbaiki dan diuji ulang sebelum produk diproduksi massal. | ○ | ○ |
| Keluhan kebocoran dapat diabaikan karena aroma produk sudah disukai pelanggan. | ○ | ○ |
| Uji pasar berguna karena menemukan masalah yang tidak terlihat dalam uji laboratorium. | ○ | ○ |



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 · Proses bisnis manufaktur kimia dan contoh produksi industri kimia | 1, 2, 3, 4, 5, 10, 13 | ___ / 7 | Ulangi hlm. 9 |
| Sub bab 1.2 · Pemanasan global dan dampak industri kimia terhadap iklim | 6, 7, 8 | ___ / 3 | Ulangi hlm. 24 |
| Sub bab 1.3 · Industri 4.0 di kimia industri | 9, 11, 12, 17, 18 | ___ / 5 | Ulangi hlm. 36 |
| Sub bab 1.4 · Pengembangan produk dan siklus hidup produk | 16, 22, 23, 25 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 48 |
| Sub bab 1.5 · Profil profesi, peluang usaha, dan technopreneurship | 14, 15, 19, 20, 21, 24 | ___ / 6 | Ulangi hlm. 59 |

*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 2 · Kecakapan Kerja Dasar, K3LH, dan Budaya Kerja

SMKTKI-B2

**Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:**

- menerapkan teknik dasar proses industri kimia dan menghitung neraca massa sederhana
- membuat larutan dengan konsentrasi yang tepat memakai teknik dasar laboratorium
- menerapkan prosedur K3, memilih APD, dan menjalankan budaya kerja 5R
- mengidentifikasi simbol bahaya dan SDS serta mengklasifikasikan limbah B3 dan non-B3

## Peta bab

| Sub bab | Judul |
|---|---|
| 2.1 | Teknik dasar proses industri kimia |
| 2.2 | Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium |
| 2.3 | Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R |
| 2.4 | Simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 |

### Bab 2 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

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



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

# Sub bab 2.1 · Teknik dasar proses industri kimia

SMKTKI-2.1

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, kecakapan kerja dasar) meminta kamu menguasai **teknik dasar proses industri kimia**, yaitu cara dasar pabrik mencampur, memisahkan, memanaskan, dan menghitung bahan yang mengalir di dalamnya. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta memilih alat atau metode dari sifat campuran, menilai catatan cara kerja operator, dan menghitung neraca massa.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih metode pemisahan** dari sifat campuran, misalnya garam yang bercampur kotoran atau kristal yang harus dimurnikan; (2) **menilai kecocokan alat** pada satu daftar kebutuhan; (3) **neraca massa** pada pengeringan, pengenceran, pencampuran, penyaringan, dan distilasi, termasuk diagram alir dengan beberapa aliran masuk dan keluar; (4) **menilai cara kerja** pencampuran, pengayakan, dan penukar panas.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan prinsip pencampuran, pelarutan, penyaringan, pengendapan, sentrifugasi, penguapan, pengeringan, distilasi, ekstraksi, kristalisasi, dan adsorpsi;
- memilih metode pemisahan yang cocok dari sifat campuran;
- menilai cara kerja yang benar pada pencampuran, pengayakan, dan penukar panas;
- menghitung neraca massa total dan neraca komponen, termasuk pada diagram alir dengan beberapa aliran.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Saat kamu menyaring teh, memeras santan, atau menjemur ikan asin, kamu sebenarnya melakukan pekerjaan pabrik kimia dalam ukuran kecil: mencampur, memisahkan, atau mengeringkan. Pabrik hanya melakukannya dalam jumlah besar, dengan alat yang dirancang agar hasilnya stabil. Sub bab ini menjelaskan satu per satu langkah dasar itu, lalu menutupnya dengan cara menghitung bahan yang masuk dan keluar.

### 1. Operasi satuan: langkah dasar yang berulang

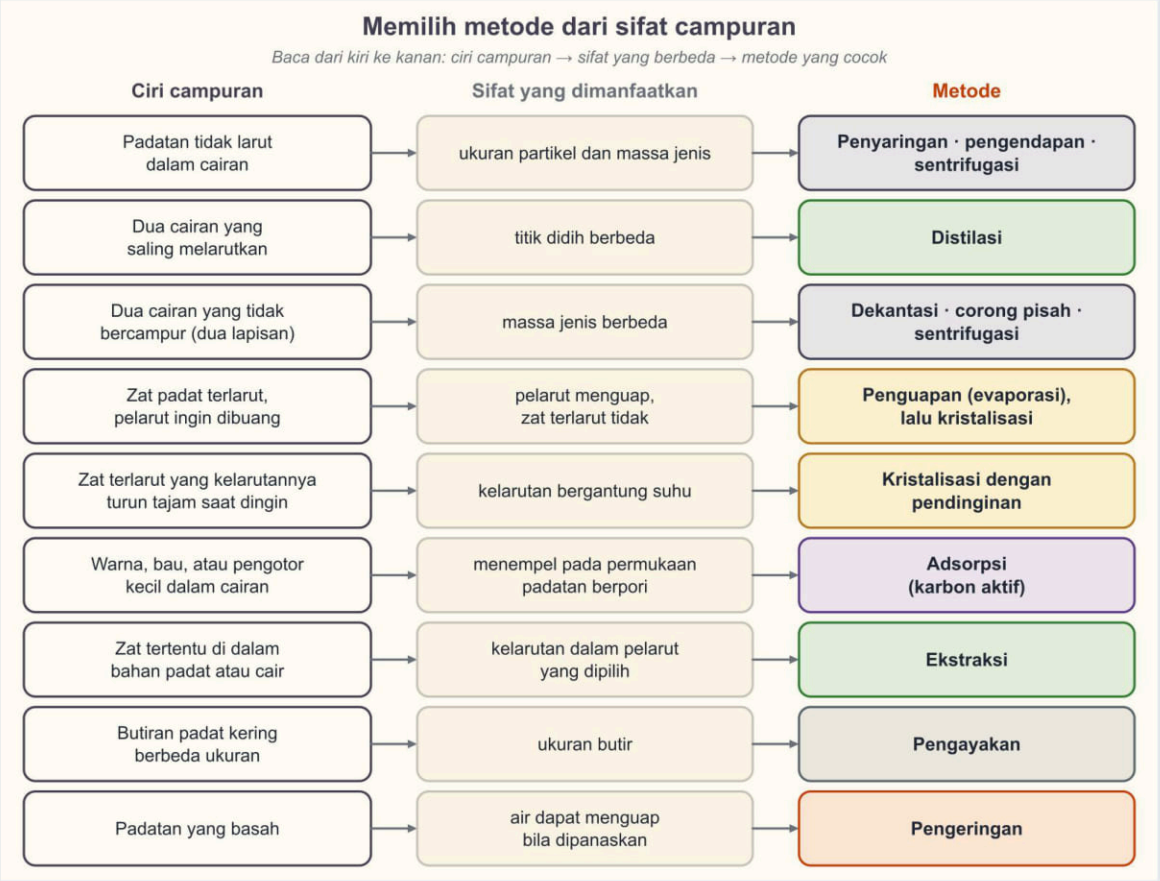
Pada sub bab 1.1 kamu sudah mengenal **operasi satuan**, yaitu langkah fisik dasar yang berulang di banyak pabrik. Pabrik gula, pabrik sabun, dan pabrik air minum menghasilkan barang yang berbeda, tetapi alatnya berasal dari kumpulan langkah yang sama. Pada langkah fisik, **tidak ada zat baru yang terbentuk**; bahan hanya dicampur, dipisah, dipanaskan, atau diubah ukurannya.

Kunci semua pemisahan adalah satu gagasan: **pisahkan campuran dengan memanfaatkan sifat yang berbeda antar komponennya**. Sifat itu bisa ukuran partikel, massa jenis, titik didih,



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

kelarutan, atau kemampuan menempel pada permukaan. Gambar 2.1 merangkum pasangan "ciri campuran, sifat pembeda, metode" yang akan kita bahas. Baca sekilas dulu; di bagian 9 kamu akan memakainya untuk memilih metode.




*Gambar 2.1 Memilih metode pemisahan dari ciri campuran dan sifat yang berbeda. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## 2. Pencampuran dan pelarutan

**Pencampuran** bertujuan membuat bahan yang berbeda menjadi merata (homogen). **Pelarutan** adalah pencampuran padatan atau cairan ke dalam pelarut sampai larut. Alat yang umum adalah **tangki berpengaduk**, kadang dilengkapi pemanas atau selubung pendingin.

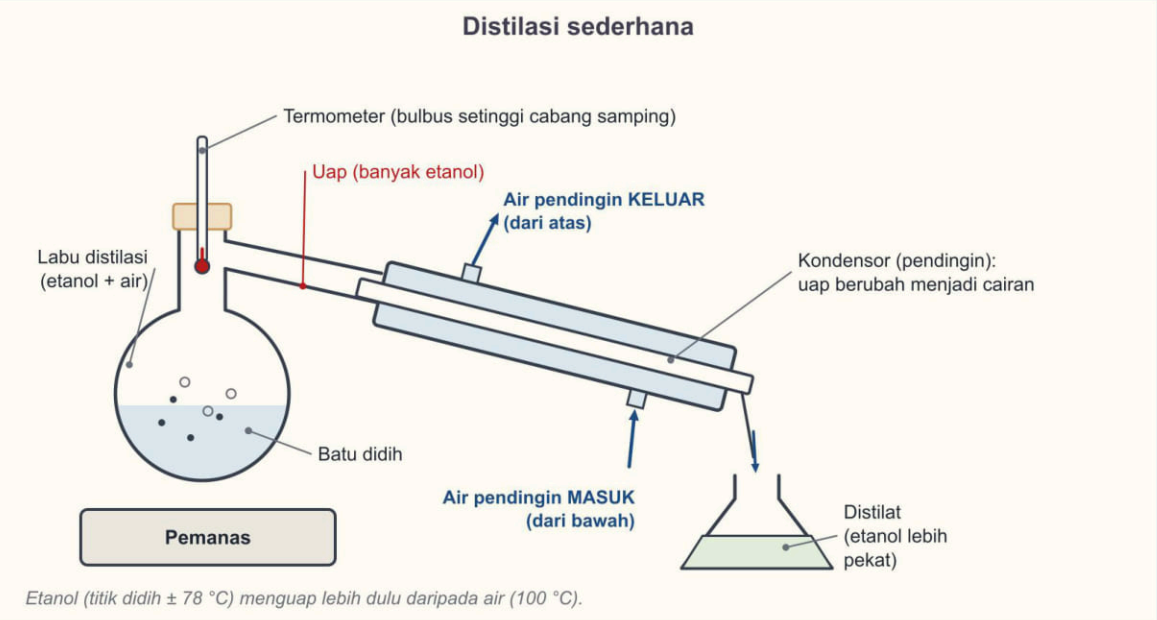
Pelarutan berjalan lebih cepat bila butir padatan lebih halus, suhu dinaikkan (untuk kebanyakan zat), dan larutan diaduk. Walaupun begitu, ada beberapa kebiasaan kerja yang benar:

1. **Ikuti urutan bahan dalam formula.** Urutan memengaruhi kelarutan dan kekentalan. Misalnya, garam pengental pada cairan pencuci ditambahkan setelah bahan aktifnya larut.
2. **Taburkan serbuk perlahan ke cairan yang sedang diaduk.** Serbuk yang dituang sekaligus membentuk gumpalan yang bagian dalamnya kering dan sukar larut.
3. **Atur kecepatan aduk sesuai bahan.** Cairan bersurfaktan (zat pembusa) yang diaduk terlalu kencang menjadi berbusa dan terperangkap udara.
4. **Masukkan bahan yang mudah menguap setelah campuran dingin.** Pewangi yang ditambahkan saat campuran masih panas akan menguap dan berkurang.
5. **Periksa kemerataan.** Ambil contoh dari beberapa titik di tangki (atas, tengah, bawah). Bila hasil ujinya sama, campuran sudah merata.

**Pengenceran** adalah pencampuran larutan pekat dengan pelarut. Selama pengenceran, jumlah zat terlarut **tidak berubah**; yang bertambah hanya pelarutnya. Gagasan inilah yang dipakai pada hitungan neraca massa (bagian 10) dan pembuatan larutan (sub bab 2.2).

## 3. Distilasi

**Distilasi** memisahkan dua cairan atau lebih yang **saling melarutkan** dengan memanfaatkan perbedaan **titik didih**. Alatnya sederhana (Gambar 2.2): labu distilasi tempat campuran, pemanas, termometer, kondensor (pendingin), dan wadah penampung.




*Gambar 2.2 Rangkaian distilasi sederhana untuk campuran etanol dan air. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Urutan kejadiannya:

1. Campuran dipanaskan. Batu didih dimasukkan agar pendidihan tenang dan tidak meletup.
2. Komponen yang titik didihnya lebih rendah lebih mudah menguap, sehingga uapnya **lebih kaya** akan komponen itu. Etanol mendidih pada sekitar 78 °C, air pada 100 °C, jadi uap pertama banyak mengandung etanol.
3. Uap naik ke cabang samping. Bulbus termometer dipasang setinggi cabang itu supaya mengukur suhu uap yang akan masuk kondensor.
4. Di kondensor, uap bersentuhan dengan dinding yang didinginkan air lalu mengembun. Air pendingin masuk dari **bawah** dan keluar dari **atas** agar selubung kondensor selalu penuh air.
5. Cairan hasil pengembunan, yaitu **distilat**, menetes ke penampung. Yang tertinggal di labu disebut **residu**.

Distilasi sekali jalan tidak menghasilkan komponen yang murni sempurna, karena uap masih mengandung sedikit komponen lain. Di pabrik, **kolom distilasi bertingkat** mengulang proses penguapan dan pengembunan berkali-kali di dalam satu menara, sehingga pemisahan jauh lebih baik. Untuk etanol dari hasil fermentasi, distilasi biasa tidak dapat melampaui kadar sekitar 96 %, karena pada kadar itu campuran etanol dan air menguap dengan komposisi yang sama dengan cairannya. Menara distilasi bertingkat untuk minyak bumi dibahas di sub bab 3.1.

Ukuran keberhasilan distilasi adalah **perolehan** (*recovery*), yaitu berapa persen komponen yang diinginkan di umpan berhasil terambil di distilat, dan **kadar residu**, yaitu berapa persen komponen itu yang masih tertinggal. Hitungannya ada di bagian 10.

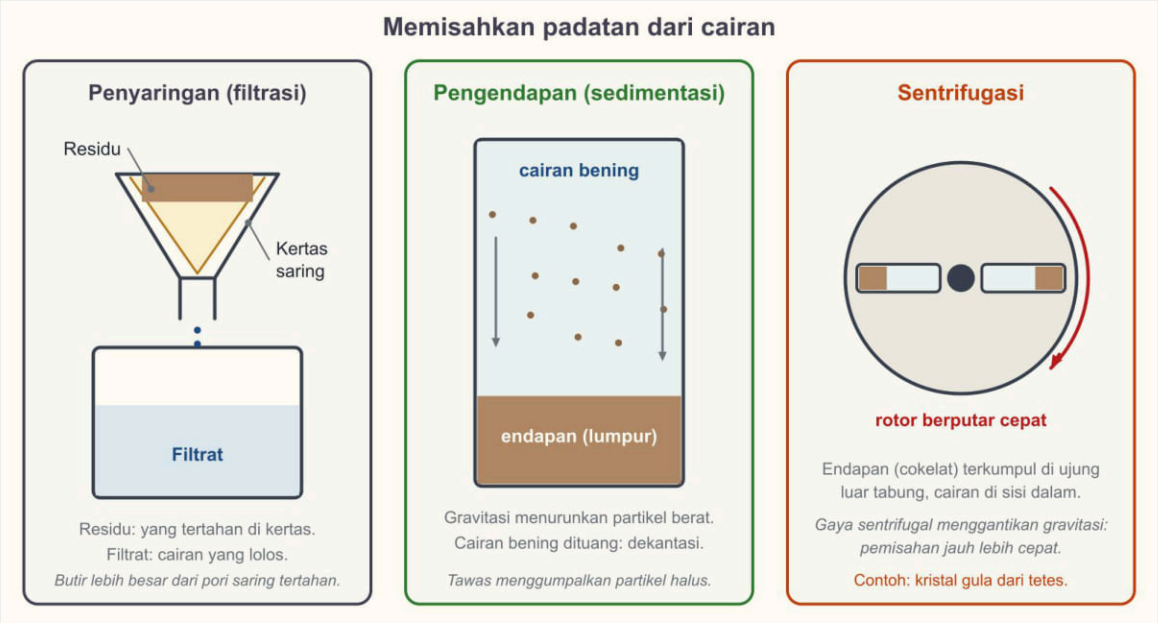
Ingat pula bahwa distilasi **tidak** dipakai untuk memisahkan padatan yang tidak larut, seperti pasir dari air. Padatan itu dipisahkan secara mekanis (bagian 4).

### 4. Penyaringan, pengendapan, sentrifugasi, dan filter press

Keempatnya memisahkan **padatan yang tidak larut** dari cairan (Gambar 2.3).



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




*Gambar 2.3 Tiga cara memisahkan padatan dari cairan: penyaringan, pengendapan, dan sentrifugasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Penyaringan (filtrasi).** Campuran dialirkan melalui bahan berpori seperti kertas saring, kain, atau lapisan pasir. Cairan yang lolos disebut **filtrat**; padatan yang tertahan disebut **residu**. Partikel yang lebih kecil daripada pori ikut lolos, jadi pemilihan saringan menyesuaikan ukuran partikel. Pada **filter press**, bubur ditekan di antara pelat-pelat berkain saring sehingga terbentuk **ampas** (kue saring) yang masih basah dan filtrat yang jernih.
- **Pengendapan (sedimentasi).** Partikel yang lebih berat daripada cairannya turun oleh gravitasi dan menumpuk di dasar. Cairan bening di atas dapat dituang, cara yang disebut **dekantasi**. Partikel yang sangat halus lambat turun, sehingga di pengolahan air ditambahkan **tawas** (koagulan) untuk menggumpalkannya menjadi gumpalan besar yang cepat mengendap.
- **Sentrifugasi.** Campuran diputar sangat cepat sehingga gaya sentrifugal mendorong komponen yang lebih berat ke bagian luar. Prinsipnya sama dengan pengendapan, tetapi **jauh lebih cepat**. Contohnya, kristal gula dipisahkan dari larutan induknya yang kental, dan krim dipisahkan dari susu.

Perhatikan syarat penggunaannya. Penyaringan, pengendapan, dan sentrifugasi hanya bekerja bila ada **dua fase yang terpisah** (padat dan cair, atau dua cairan berbeda massa jenis yang tidak bercampur). Etanol yang larut dalam air tidak membentuk dua fase, sehingga tidak bisa dipisahkan dengan sentrifugasi. Pada urutan kerja, pengendapan biasanya dilakukan dahulu untuk mengurangi beban saringan.

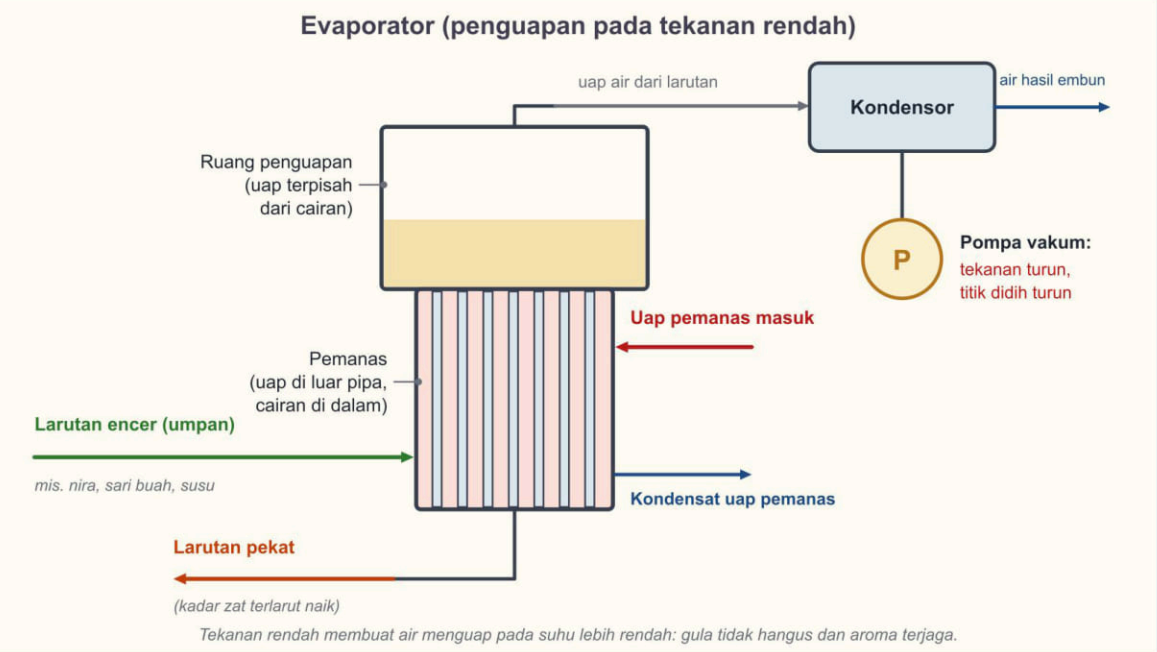
### 5. Penguapan dan pengeringan

**Penguapan (evaporasi)** membuang sebagian pelarut dari larutan yang zat terlarutnya tidak menguap, sehingga larutan menjadi lebih **pekat**. Di pabrik, alatnya adalah **evaporator** (Gambar 2.4): larutan mengalir di dalam pipa yang dipanasi uap di bagian luarnya, uap air dari larutan



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

naik ke ruang penguapan lalu dialirkan ke kondensor.




*Gambar 2.4 Evaporator vakum sederhana: pemanas, ruang penguapan, kondensor, dan pompa vakum. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Banyak evaporator bekerja pada **tekanan rendah (vakum)**. Pompa vakum menurunkan tekanan di dalam alat, dan tekanan yang rendah **menurunkan titik didih**, sehingga air menguap pada suhu yang lebih rendah. Itulah sebabnya nira, sari buah, dan susu dipekatkan dengan evaporator vakum: gula tidak hangus dan aroma tidak rusak. Bedakan dua aliran uap pada Gambar 2.4. *Uap pemanas* hanya melepas panas di luar pipa lalu keluar sebagai kondensat dan tidak bercampur dengan larutan. *Uap air dari larutan* adalah pelarut yang dibuang.

Evaporasi berbeda dari distilasi. Pada evaporasi, pelarut dibuang dan yang dikejar adalah larutan pekat. Pada distilasi, kedua komponen sama-sama berharga dan dikumpulkan terpisah.

**Pengeringan** membuang air dari **padatan basah**. Di pabrik kecil, bahan dihamparkan di atas baki lalu dialiri udara panas atau dimasukkan ke oven. Untuk cairan yang ingin dijadikan bubuk, dipakai **pengering semprot**: cairan disemprotkan menjadi tetesan sangat halus ke dalam udara panas sehingga airnya cepat menguap dan jatuh sebagai bubuk, seperti pada pembuatan susu bubuk dan kopi instan. **Kadar air** dihitung terhadap **seluruh massa bahan**:

$$\text{kadar air} = \frac{\text{massa air}}{\text{massa bahan seluruhnya}} \times 100\,\%$$

Pada pengeringan hanya air yang pergi. **Massa padatan kering tidak berubah**, dan inilah dasar hitungan pada bagian 10.

### 6. Ekstraksi, kristalisasi, dan adsorpsi

**Ekstraksi** mengambil zat tertentu dari bahan memakai **pelarut yang dipilih** karena hanya zat itu yang larut di dalamnya. Menyeduh teh adalah ekstraksi padat–cair: air panas melarutkan zat warna dan rasa dari daun. Di pabrik, minyak diekstraksi dari biji dengan pelarut organik, lalu pelarutnya dipulihkan dengan distilasi. Pada ekstraksi cair–cair, dipakai pelarut yang tidak



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

bercampur dengan cairan awal; di laboratorium, dua lapisan itu dipisahkan dengan corong pisah.

**Kristalisasi** memperoleh zat padat murni dari larutannya. Zat membentuk kristal saat larutan menjadi lewat jenuh. Ada dua cara, dan pilihan cara bergantung pada **bagaimana kelarutan zat berubah terhadap suhu**:

- **Pendinginan.** Cocok untuk zat yang kelarutannya turun tajam saat suhu turun, seperti tawas dan kalium nitrat. Larutan panas yang jenuh didinginkan, dan sebagian besar zat mengkristal.
- **Penguapan pelarut.** Cocok untuk zat yang kelarutannya hampir tidak berubah terhadap suhu, seperti garam dapur. Pendinginan hanya menghasilkan sedikit kristal, jadi airnya harus diuapkan.

Setelah kristal terbentuk, kristal dipisahkan dari **larutan induk** (cairan yang tertinggal dan membawa pengotor terlarut) dengan penyaringan atau sentrifugasi, lalu dibilas sedikit dengan pelarut dingin. Pembilasan dengan banyak air panas akan melarutkan kembali kristal.

**Adsorpsi** menangkap zat pengotor dengan **permukaan padatan berpori**. Karbon aktif memiliki permukaan dalam yang sangat luas sehingga molekul zat warna, bau, dan sisa klorin menempel padanya. Adsorpsi cocok untuk pengotor dalam jumlah kecil. Setelah penuh, karbon aktif harus diganti atau diolah ulang.

### 7. Pengecilan ukuran dan pengayakan

Pabrik pupuk, semen, dan pakan mengecilkan ukuran butir dengan **penggilingan**, lalu menyeragamkannya dengan **pengayakan**. Keduanya operasi fisik: susunan kimia bahannya tidak berubah, hanya ukurannya.

Pada pengayakan, bahan dialirkan di atas ayakan berlubang. Butiran yang **lolos** adalah fraksi halus dan menjadi produk. Butiran yang **tertahan** adalah fraksi kasar dan dikembalikan ke mesin giling. Agar hasilnya benar, ayakan harus utuh (ayakan sobek meloloskan butiran kasar), bahan harus kering (bahan lembap menggumpal dan menyumbat lubang), dan muatan tidak boleh berlebihan (butiran halus tidak sempat mencapai lubang).

### 8. Penukar panas

**Penukar panas** memindahkan panas dari fluida panas ke fluida dingin **tanpa keduanya bercampur**, karena dipisahkan dinding logam. Contohnya pemanas pelat pada pasteurisasi susu: susu dingin mengalir di satu sisi pelat dan air panas di sisi lain. Beberapa hal memengaruhi hasil perpindahan panas:

- **Kebersihan permukaan.** Kerak dan endapan membentuk lapisan yang menghambat panas, sehingga pelat atau pipa harus dibersihkan berkala.
- **Laju alir.** Bila fluida dialirkan terlalu cepat, waktu kontaknya dengan dinding menjadi singkat sehingga suhu keluarnya tidak mencapai target.
- **Arah aliran.** Aliran **berlawanan arah** menjaga selisih suhu di sepanjang alat, sehingga perpindahan panas lebih besar daripada aliran searah.



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

- **Pemanasan langsung dengan api** tidak membuat pemanasan lebih merata; justru bagian tertentu terlalu panas sehingga bahan hangus.

### 9. Memilih metode dari sifat campuran

Tabel berikut merangkum pilihan metode (lihat juga Gambar 2.1).

| Campuran | Sifat yang dimanfaatkan | Metode |
|---|---|---|
| Padatan tidak larut dalam cairan | ukuran partikel, massa jenis | penyaringan, pengendapan, sentrifugasi |
| Dua cairan saling melarutkan | titik didih | distilasi |
| Dua cairan tidak bercampur | massa jenis | dekantasi, corong pisah |
| Zat padat terlarut, pelarut dibuang | zat terlarut tidak menguap | penguapan, lalu kristalisasi |
| Zat terlarut dengan kelarutan sangat dipengaruhi suhu | kelarutan turun saat dingin | kristalisasi dengan pendinginan |
| Warna atau bau dalam cairan | menempel pada permukaan | adsorpsi |
| Butiran padat berbeda ukuran | ukuran butir | pengayakan |

Bila campurannya berlapis-lapis, urutkan dari yang paling mudah dan murah ke yang paling boros energi. Padatan kasar disingkirkan lebih dulu (disaring atau diendapkan), pengotor halus berikutnya, dan penguapan atau distilasi paling akhir karena membutuhkan panas. Menguapkan air limbah supaya lumpurnya terpisah memboroskan energi, padahal lumpur cukup diendapkan.

### 10. Neraca massa

**Hukum kekekalan massa** menyatakan bahwa dalam proses tanpa reaksi, **massa yang masuk sama dengan massa yang keluar** pada keadaan tunak (laju aliran tetap, tidak ada yang menumpuk). Ini berlaku untuk **massa total** dan juga untuk **tiap komponen**, selama tidak ada reaksi. Inilah **neraca massa**. Langkah-langkahnya:

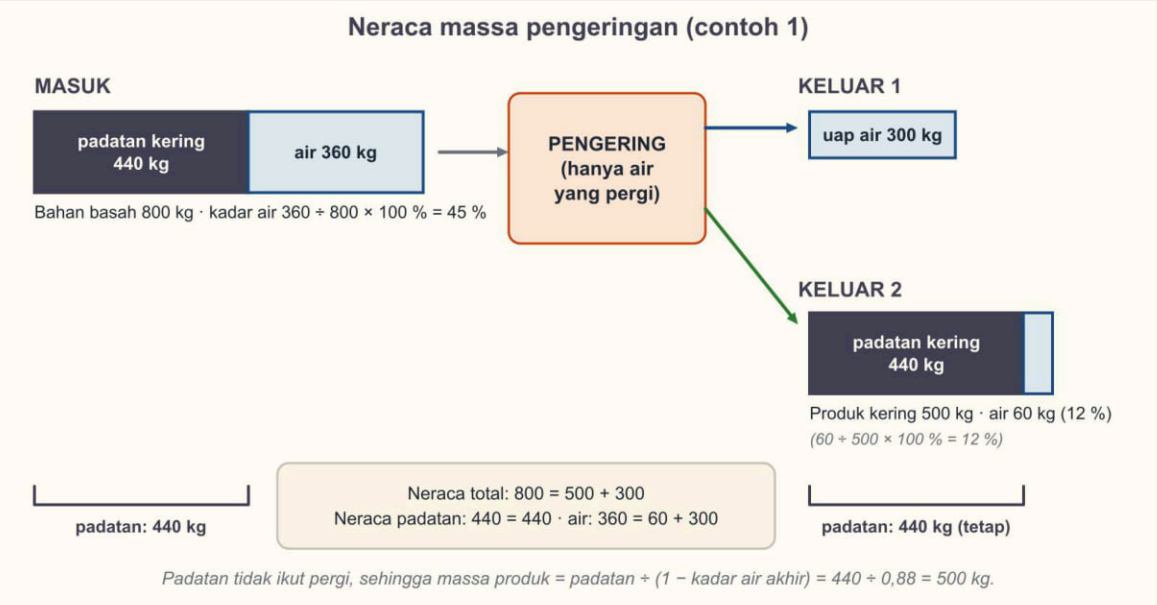
1. Gambar diagram blok dan beri nama **semua** aliran masuk dan keluar.
2. Tulis massa dan kadar yang diketahui.
3. Ubah kadar menjadi massa komponen: massa komponen = massa aliran × kadar.
4. Tulis neraca total: jumlah semua yang masuk = jumlah semua yang keluar.
5. Tulis neraca komponen yang kadarnya diketahui.
6. Selesaikan dan periksa dengan neraca yang belum dipakai.

Beberapa pola yang paling sering muncul:

- **Pengeringan.** Hanya air yang hilang, jadi massa padatan kering tetap. Massa produk = massa padatan ÷ (1 − kadar air akhir). Gambar 2.5 memperlihatkan polanya.



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




*Gambar 2.5 Diagram balok neraca massa pengeringan: padatan kering tetap, hanya air yang pergi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Pengenceran dan penguapan.** Zat terlarut tetap. Massa zat = massa larutan awal × kadar awal = massa larutan akhir × kadar akhir. Air yang ditambahkan (pengenceran) atau diuapkan (pemekatan) adalah selisih massa larutan.
- **Pencampuran dua larutan.** Dua persamaan sekaligus: massa total ($m_1 + m_2 = M$) dan massa komponen ($\text{kadar}_1 \times m_1 + \text{kadar}_2 \times m_2 = \text{kadar campuran} \times M$).
- **Beberapa aliran masuk dan keluar.** Prinsipnya sama: jumlahkan **semua** aliran masuk, jumlahkan **semua** aliran keluar yang diketahui, lalu aliran yang tidak diketahui adalah selisihnya. Aliran kecil (larutan pereaksi, air cuci) juga ikut dihitung, karena masing-masing membawa massa.
- **Penyaringan.** Padatan umpan sama dengan padatan di ampas, sedangkan ampas masih mengandung cairan. Bila ampas berkadar padatan 50 %, massa ampas = massa padatan ÷ 0,50, dan filtrat (dianggap bebas padatan) = massa umpan − massa ampas.
- **Perolehan pada pemisahan.** Perolehan = massa komponen di produk ÷ massa komponen di umpan × 100 %. Kadar komponen di sebuah aliran dibagi dengan **massa aliran itu**, bukan dengan massa komponen di umpan.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: neraca massa pengeringan

Pada 2027, unit pangan sebuah SMK mengeringkan 800 kg singkong parut (bahan basah) berkadar air 45 % menjadi tepung berkadar air 12 %. Berapa massa tepung kering yang dihasilkan, dan berapa kilogram air yang menguap? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa padatan.** Padatan = (100 % − 45 %) × 800 kg = 0,55 × 800 = 440 kg. Padatan tidak ikut menguap, sehingga massanya tetap.



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

2. **Fraksi padatan produk.** Produk berkadar air 12 %, jadi padatannya 88 % dari massa produk.
3. **Massa produk.** 440 ÷ 0,88 = 500 kg.
4. **Air yang menguap.** 800 − 500 = 300 kg (air awal 360 kg, air akhir 60 kg, selisih 300 kg).

Jawaban: produk 500 kg dan air yang menguap 300 kg. Cek akal sehat: air akhir = 12 % × 500 = 60 kg dan 440 + 60 = 500 kg. Hasil yang keliru adalah mengurangkan persen langsung (45 % − 12 % = 33 %, lalu 33 % × 800 = 264 kg), karena kedua kadar air dihitung terhadap massa yang berbeda.

### Contoh 2: pengenceran konsentrat

Pada 2027, sebuah usaha cairan pembersih punya 120 kg konsentrat berkadar bahan aktif 30 % (b/b). Produk jual harus berkadar 8 % (b/b). Berapa kilogram air yang harus ditambahkan agar seluruh konsentrat menjadi produk jual? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa bahan aktif.** 30 % × 120 kg = 36 kg. Bahan aktif tidak berubah selama pengenceran.
2. **Massa produk.** Produk berkadar 8 %, maka massanya 36 ÷ 0,08 = 450 kg.
3. **Air yang ditambahkan.** 450 − 120 = 330 kg.

Jawaban: 330 kg air. Cek akal sehat: 8 % × 450 kg = 36 kg, sama dengan bahan aktif awal. Kadar turun dari 30 % menjadi 8 % (sekitar 3,75 kali), dan massa naik dari 120 kg menjadi 450 kg (3,75 kali): sebanding.

### Contoh 3: pencampuran dua larutan

Pada 2027, unit sirup membutuhkan 400 kg larutan gula 35 % dari persediaan larutan gula 50 % dan larutan gula 10 %, tanpa menambah gula atau air lain. Berapa kilogram masing-masing larutan yang dicampurkan? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tulis neraca total.** Misalkan $m_1$ massa larutan 50 % dan $m_2$ massa larutan 10 %: $m_1 + m_2 = 400$.
2. **Tulis neraca gula.** $0{,}50\ m_1 + 0{,}10\ m_2 = 0{,}35 \times 400 = 140$ kg.
3. **Substitusi.** $m_2 = 400 - m_1$, sehingga $0{,}50\ m_1 + 0{,}10\ (400 - m_1) = 140$. Bagian kiri menjadi $0{,}40\ m_1 + 40 = 140$.
4. **Selesaikan.** $0{,}40\ m_1 = 100$, jadi $m_1 = 250$ kg dan $m_2 = 150$ kg.

Jawaban: 250 kg larutan 50 % dan 150 kg larutan 10 %. Cek akal sehat: gula = 0,50 × 250 + 0,10 × 150 = 125 + 15 = 140 kg dalam 400 kg, yaitu 35 %. Karena 35 % lebih dekat ke 50 % daripada ke 10 %, wajar bila larutan 50 % lebih banyak.

### Contoh 4: neraca massa dengan beberapa aliran

Pada 2027, unit penjernihan nira sebuah pabrik gula mencatat aliran rata-rata per jam. Masuk: nira kotor 2,0 ton, air pencuci 0,5 ton, dan susu kapur 0,1 ton. Keluar selain nira jernih: endapan kotoran 0,4 ton dan air kotor bekas pencucian 0,5 ton. Target nira jernih adalah 14 ton per shift 8 jam. Apakah target tercapai? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Jumlahkan semua yang masuk.** 2,0 + 0,5 + 0,1 = 2,6 ton per jam.
2. **Jumlahkan aliran keluar yang diketahui.** 0,4 + 0,5 = 0,9 ton per jam.



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

3. **Hitung nira jernih.** Nira jernih = masuk − keluar lain = 2,6 − 0,9 = 1,7 ton per jam.
4. **Hitung per shift.** 1,7 × 8 = 13,6 ton.
5. **Bandingkan dengan target.** 13,6 < 14, sehingga kurang 0,4 ton.

Jawaban: nira jernih 13,6 ton per shift; target 14 ton belum tercapai (kurang 0,4 ton). Cek akal sehat: masuk 2,6 ton per jam sama dengan keluar total 1,7 + 0,4 + 0,5 = 2,6 ton per jam. Bila air pencuci dan air kotor hanya dihitung salah satu, hasilnya meleset, karena keduanya membawa massa.

### Contoh 5: perolehan pada distilasi

Pada 2027, sebuah kolom distilasi dikendalikan agar perolehan etanol di distilat paling sedikit 80 %. Umpan 800 kg berkadar etanol 12 %; distilat yang terkumpul 100 kg berkadar etanol 80 %. Berapa perolehannya, dan berapa kadar etanol di residu? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Etanol di umpan.** 12 % × 800 = 96 kg.
2. **Etanol di distilat.** 80 % × 100 = 80 kg.
3. **Perolehan.** 80 ÷ 96 × 100 % = 83,3 %.
4. **Massa residu.** 800 − 100 = 700 kg.
5. **Etanol di residu.** 96 − 80 = 16 kg, sehingga kadarnya 16 ÷ 700 × 100 % = 2,3 %.

Jawaban: perolehan 83,3 % (memenuhi syarat 80 %); kadar etanol di residu 2,3 %. Cek akal sehat: 80 kg + 16 kg = 96 kg etanol awal. Hasil yang keliru adalah membagi etanol distilat dengan massa umpan (80 ÷ 800 = 10 %), padahal pembaginya massa etanol di umpan.

### Contoh 6: menyusun urutan pemisahan

Pada 2027, limbah cair pencelupan kain dari sentra batik mengandung potongan lilin padat yang mengapung, serat kain, lumpur halus, dan zat warna yang larut. Bagaimana urutan pengolahan yang paling masuk akal sebelum air dibuang? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Sisihkan yang kasar dan mengapung lebih dulu.** Lilin dan serat disendok atau disaring kasar, karena murah dan mencegah sumbatan pada alat berikutnya.
2. **Endapkan lumpur.** Air dialirkan ke bak pengendap; lumpur halus turun oleh gravitasi, dan tawas dapat membantu menggumpalkannya.
3. **Saring air jernih.** Filtrasi halus membuang sisa partikel yang tidak mengendap.
4. **Serap zat warna.** Zat warna terlarut tidak tersaring, sehingga air dilewatkan karbon aktif (adsorpsi).

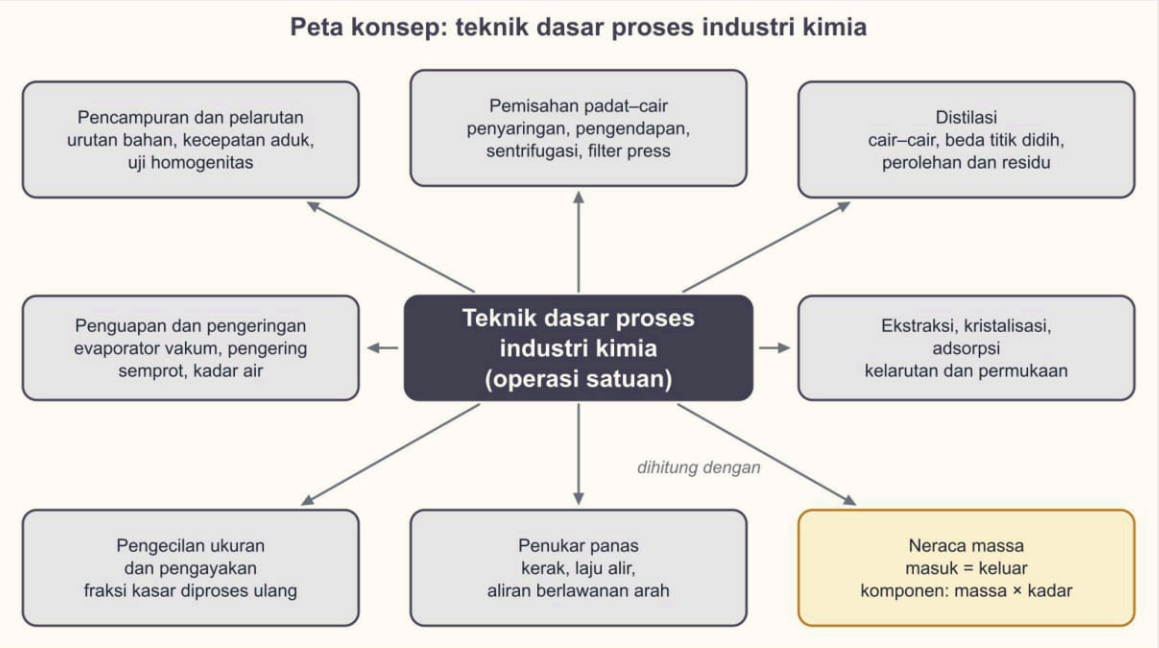
Jawaban: penyaringan kasar → pengendapan → penyaringan halus → adsorpsi karbon aktif. Cek akal sehat: urutannya bergerak dari yang kasar ke yang halus dan dari yang paling murah ke yang lebih mahal. Menguapkan seluruh air limbah memang memisahkan zat warna, tetapi memboroskan energi dan tidak diperlukan.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 2.6 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 2.6 Peta konsep teknik dasar proses industri kimia. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Operasi satuan** bersifat fisik; pemisahan memanfaatkan **sifat yang berbeda** (ukuran, massa jenis, titik didih, kelarutan, permukaan).
- **Padat–cair:** penyaringan, pengendapan, sentrifugasi, filter press. **Cair–cair larut:** distilasi. **Pelarut dibuang:** penguapan. **Padatan basah:** pengeringan.
- **Evaporator vakum** menurunkan titik didih sehingga bahan peka panas tidak rusak.
- **Kristalisasi:** pendinginan untuk zat yang kelarutannya sangat dipengaruhi suhu; penguapan untuk garam dapur.
- **Neraca massa:** masuk = keluar, total dan tiap komponen; jumlahkan semua aliran; massa padatan kering tetap pada pengeringan.

**Istilah penting:** operasi satuan (langkah fisik dasar pabrik); filtrat (cairan yang lolos saringan); residu (padatan yang tertahan); sedimentasi (pengendapan oleh gravitasi); dekantasi (menuang cairan bening dari endapan); sentrifugasi (pemisahan dengan gaya putar); evaporasi (penguapan pelarut untuk memekatkan larutan); distilasi (pemisahan cairan menurut titik didih); distilat (cairan hasil pengembunan); kristalisasi (pembentukan kristal dari larutan jenuh); adsorpsi (penempelan zat pada permukaan padatan); ekstraksi (pengambilan zat dengan pelarut pilihan); neraca massa (perhitungan massa masuk dan keluar); perolehan (persen komponen di umpan yang terambil).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal proses:

1. **Tentukan wujud dan sifat campuran dulu.** Tanyakan: apa yang berbeda antar komponen? Dari situ metode terpilih, bukan dari nama alat yang terdengar canggih.
2. **Untuk hitungan, gambar diagram blok.** Beri nama setiap aliran, tulis angka, lalu pilih neraca yang kadarnya diketahui.
3. **Cari komponen yang tidak berubah** (padatan pada pengeringan, zat aktif pada pengenceran, garam pada pencampuran) lalu jadikan itu neraca utama.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Kadar air dihitung dari massa padatan** padahal dihitung dari massa bahan seluruhnya.
- **Selisih kadar langsung dikalikan massa awal** (misalnya 50 % − 20 % = 30 %), padahal kadar dihitung terhadap massa yang berbeda.
- **Distilasi atau sentrifugasi dipakai pada campuran yang tidak cocok**: distilasi tidak memisahkan padatan tidak larut, dan sentrifugasi tidak memisahkan etanol dari air.
- **Garam dapur didinginkan** padahal kelarutannya hampir tidak berubah terhadap suhu.
- **Aliran kecil tidak dihitung** pada diagram dengan beberapa aliran, misalnya larutan pereaksi atau air cuci.
- **Perolehan dibagi massa umpan total**, bukan massa komponen di umpan.
- **Menaikkan laju alir dikira menaikkan suhu keluar** pada penukar panas, padahal waktu kontak yang pendek justru menurunkannya.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung kadar air produk kering dari 100 kg bahan berkadar air 50 % yang dikeringkan sampai 20 % dengan cara 100 − (50 − 20) = 70 kg. Cara ini salah karena 50 % dan 20 % dihitung terhadap massa yang berbeda. Cara yang benar: padatan = 50 kg, produk = 50 ÷ 0,80 = 62,5 kg.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

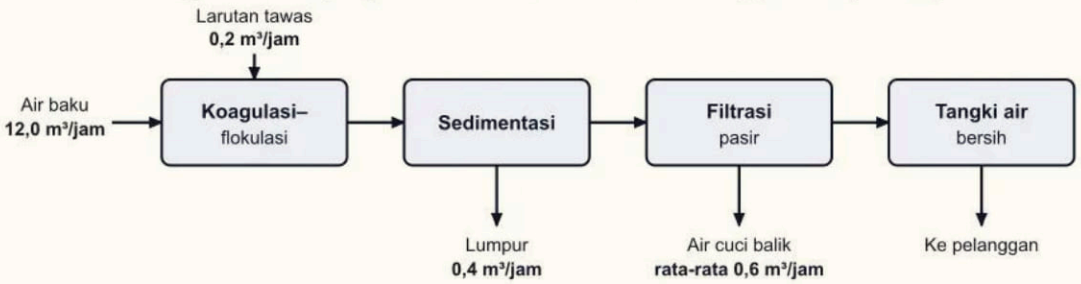
Soal berikut menguji neraca massa dengan **beberapa aliran** masuk dan keluar pada diagram alir. Jumlahkan semua aliran, hitung selisihnya, lalu ubah satuan jam menjadi hari. Pakai bagian 10 (neraca massa).



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

►. Galih, operator unit pengolahan air bersih sebuah kawasan industri kecil, diminta memastikan apakah unitnya dapat memenuhi kebutuhan pelanggan sebesar 270 $m^3$ per hari (2027). Data aliran rata-rata unit tercantum pada diagram alir di atas. Kepala unit hanya akan menambah jam kerja pompa bila produksi tidak memenuhi kebutuhan. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kesimpulan Galih yang tepat adalah ....

**Diagram alir unit pengolahan air bersih kawasan industri (operasi 24 jam/hari)**




Air cuci balik dibuang ke kolam lumpur, tidak dikembalikan ke proses. Klorin ditambahkan dalam jumlah sangat kecil (abaikan).

A. Air bersih 259,2 $m^3$/hari; kurang 10,8 $m^3$ sehingga jam kerja pompa perlu ditambah
B. Air bersih 264,0 $m^3$/hari; kurang 6,0 $m^3$ sehingga jam kerja pompa perlu ditambah
C. Air bersih 268,8 $m^3$/hari; kurang 1,2 $m^3$ sehingga jam kerja pompa perlu ditambah
D. Air bersih 278,4 $m^3$/hari; lebih 8,4 $m^3$ sehingga jam kerja pompa tetap
E. Air bersih 283,2 $m^3$/hari; lebih 13,2 $m^3$ sehingga jam kerja pompa tetap

**Pembahasan** **Kunci: C**

**Konsep:** Neraca bahan keadaan tunak: total aliran masuk = total aliran keluar. Air bersih = (air baku + larutan tawas) − (lumpur + air cuci balik).

**Langkah:**
1. Masuk = 12,0 + 0,2 = 12,2 $m^3$/jam.
2. Keluar selain air bersih = 0,4 + 0,6 = 1,0 $m^3$/jam.
3. Air bersih = 12,2 − 1,0 = 11,2 $m^3$/jam → 11,2 × 24 = 268,8 $m^3$/hari.
4. Kebutuhan 270 $m^3$ → kurang 1,2 $m^3$; jam kerja pompa perlu ditambah.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: larutan tawas dianggap keluar sehingga dikurangkan (12,0 − 0,2 − 0,4 − 0,6 = 10,8 $m^3$/jam).
• **B.** ✗ Jebakan: larutan tawas yang masuk tidak dihitung (11,0 $m^3$/jam).
• **C.** ✓ Semua aliran masuk dan keluar sudah diperhitungkan.
• **D.** ✗ Jebakan: air cuci balik tidak dikurangkan (11,6 $m^3$/jam).
• **E.** ✗ Jebakan: lumpur tidak dikurangkan (11,8 $m^3$/jam).

**Jawaban: C.**



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

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tentukan dulu apa yang berbeda antar komponen (untuk soal metode) atau komponen apa yang tidak berubah (untuk soal hitungan), lalu hitung atau nilai dengan alasan.

**1.** Unit pengolahan pangan SMK mengeringkan 200 kg kerupuk mentah berkadar air 40% di ruang pengering (2027). Kerupuk boleh dikemas bila kadar airnya tinggal 10%. Dewi harus menyiapkan kantong kemasan @0,5 kg berdasarkan perkiraan massa kerupuk kering yang dihasilkan. Selama pengeringan hanya air yang hilang.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa kerupuk setelah dikeringkan yang tepat adalah ....

A. 120,0 kg
B. 132,0 kg
C. 133,3 kg
D. 140,0 kg
E. 180,0 kg

**2.** Unit produksi SMK membeli garam rakyat yang bercampur pasir halus dan serpihan kayu untuk diolah menjadi garam bersih (2027). Garam larut dalam air, sedangkan pasir dan kayu tidak larut. Fajar menyusun urutan proses: melarutkan garam dalam air hangat sambil diaduk, memisahkan larutan dari padatan, lalu memperoleh kembali kristal garam dari larutan jernih. Ia meminta teman satu timnya memeriksa rancangan itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat tentang rancangan Fajar adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Pengadukan dan air hangat dipakai agar garam lebih cepat larut sehingga pasir lebih mudah larut juga.
☐ B. Distilasi lebih tepat daripada penyaringan untuk memisahkan pasir dari larutan garam.
☐ C. Penyaringan memisahkan pasir dan serpihan kayu dari larutan garam.
☐ D. Kristal garam lebih tepat diperoleh dengan mendinginkan filtrat karena kelarutan garam dapur turun tajam saat didinginkan.
☐ E. Serpihan kayu yang mengapung dapat diambil lebih dulu sebelum larutan disaring.



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

**3.** Pabrik pupuk cair menyimpan 200 L konsentrat pupuk berkadar 30% (b/v) (2027). Produk jual harus berkadar 12% (b/v). Gita diminta menghitung volume air yang dialirkan ke tangki pencampur agar seluruh konsentrat menjadi produk jual. Anggap volume larutan sama dengan jumlah volume konsentrat dan air.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Volume air yang harus ditambahkan adalah ....

A. 36 L
B. 80 L
C. 120 L
D. 300 L
E. 500 L

**4.** Tim teknik sebuah kawasan industri pangan dan kimia menyusun usulan alat untuk beberapa kebutuhan proses (2027). Lia, teknisi muda, diminta memeriksa kecocokan usulan tersebut:

| No. | Kebutuhan | Alat usulan |
|---|---|---|
| 1 | Memisahkan kristal gula dari larutan induk yang kental | Sentrifugal |
| 2 | Memisahkan etanol dari cairan hasil fermentasi | Sentrifugal |
| 3 | Mengubah susu cair menjadi susu bubuk | Pengering semprot |
| 4 | Memekatkan sari buah tanpa merusak aroma | Evaporator vakum |
| 5 | Memisahkan lumpur kapur dari air limbah | Evaporator |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Usulan nomor 1 sesuai karena gaya putar memisahkan kristal dari cairan kental.
☐ B. Usulan nomor 2 sesuai karena gaya putar memisahkan cairan yang massa jenisnya berbeda.
☐ C. Usulan nomor 3 sesuai karena tetesan halus susu cepat kering oleh udara panas.
☐ D. Usulan nomor 4 sesuai karena air menguap pada suhu rendah sehingga aroma tidak rusak.
☐ E. Usulan nomor 5 sesuai karena menguapkan seluruh air limbah lebih cepat daripada mengendapkan lumpurnya.

**5.** Industri gula semut di Kulon Progo menguapkan 500 kg nira kelapa berkadar gula 15% sampai berkadar gula 60% sebelum dikristalkan (2027). Andi diminta memperkirakan jumlah air yang diuapkan setiap batch untuk menghitung kebutuhan kayu bakar. Selama penguapan hanya air yang hilang.



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa air yang diuapkan setiap batch adalah ....

A. 125 kg
B. 225 kg
C. 300 kg
D. 375 kg
E. 425 kg

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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pada pengeringan massa padatan kering tetap, dan bagaimana itu dipakai menghitung massa produk?
- Mengapa kristal garam dapur lebih tepat diperoleh dengan menguapkan air daripada mendinginkan larutan?
- **Yang harus kuingat:** metode pemisahan dipilih dari sifat yang berbeda; evaporator vakum menurunkan titik didih; neraca massa: masuk = keluar untuk total dan tiap komponen, dan semua aliran harus dijumlahkan.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 2.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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



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

# Sub bab 2.2 · Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium

SMKTKI-2.2

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, kecakapan kerja dasar) meminta kamu menguasai **pembuatan larutan** dan **teknik dasar laboratorium kimia**. Levelnya aplikasi: kamu diminta menghitung massa atau volume yang harus disiapkan, memilih alat yang tepat, dan menilai urutan kerja yang benar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menghitung massa zat** untuk larutan dengan satuan % b/b, % b/v, atau mg/L, termasuk bila bahan tidak murni 100 %; (2) **pengenceran** dari larutan pekat dengan rumus $M_1V_1 = M_2V_2$ dan urutan memasukkan bahan; (3) **memilih alat dan langkah** pembuatan larutan baku di labu takar; (4) **menilai cara kerja** pada penimbangan zat yang mudah menyerap air, pelabelan, dan perbandingan pengenceran.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan satuan konsentrasi % b/b, % b/v, % v/v, molar, dan ppm serta menghitung massa zat dari satuan itu;
- menyebutkan langkah membuat larutan dengan labu takar beserta alasan tiap langkah;
- menghitung volume larutan pekat untuk pengenceran dan menjelaskan urutan yang aman;
- memilih alat gelas sesuai ketelitian yang dibutuhkan dan membedakan larutan baku dari larutan kerja;
- menghitung massa kaporit atau bahan lain yang kemurnian atau kadar aktifnya kurang dari 100 %.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Hampir semua pekerjaan di laboratorium pabrik dimulai dari larutan: pereaksi untuk menganalisis bahan baku, larutan pembersih untuk mencuci tangki, larutan garam untuk mengencerkan contoh. Jika konsentrasinya meleset, hasil analisis ikut meleset, dan larutan sanitasi menjadi terlalu lemah atau terlalu keras. Karena itu pembuatan larutan adalah keterampilan dasar yang harus rapi, dihitung, dan dicatat.

### 1. Larutan dan komponennya

**Larutan** adalah campuran merata (homogen) dari dua komponen atau lebih (Gambar 2.7). Zat yang jumlahnya lebih sedikit dan "hilang" dalam campuran disebut **zat terlarut**, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak dan melarutkan disebut **pelarut**. Pelarut yang paling umum adalah air, dan larutannya disebut larutan berair.

Larutan disebut **encer** bila zat terlarutnya sedikit dan **pekat** bila banyak. Dua kata ini hanya

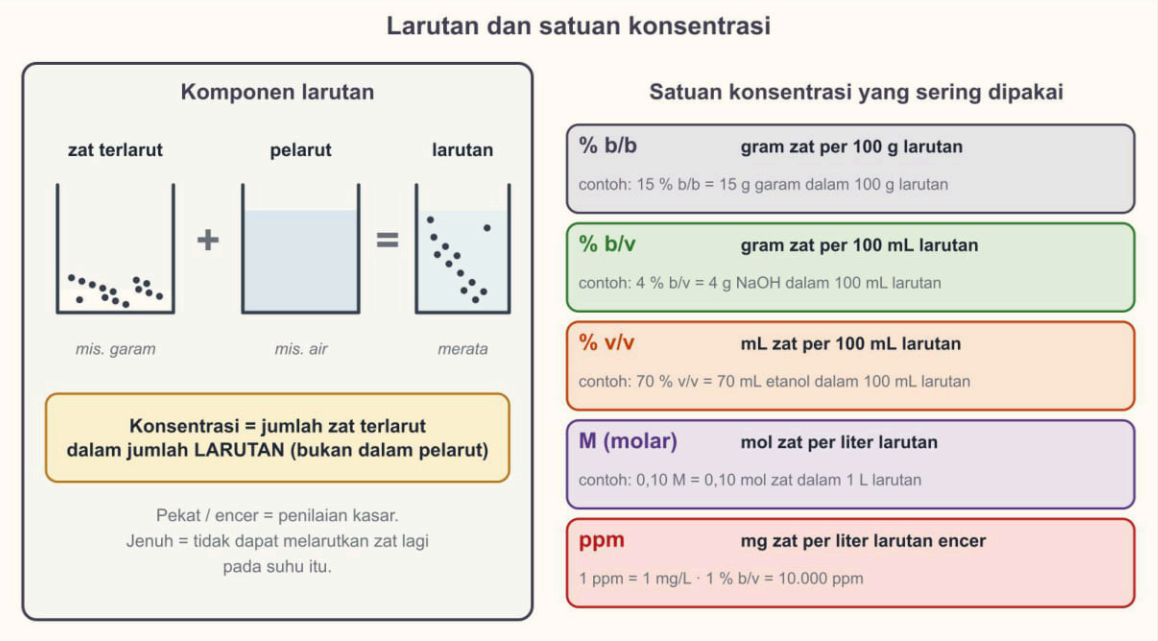


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

penilaian kasar. Untuk bekerja di pabrik dan laboratorium kita memerlukan angka, yaitu **konsentrasi**: jumlah zat terlarut dalam jumlah **larutan**. Perhatikan kata "larutan": pembaginya adalah larutan seluruhnya (zat terlarut ditambah pelarut), bukan pelarut saja. Larutan **jenuh** adalah larutan yang tidak dapat melarutkan lagi zat tersebut pada suhu itu.

## 2. Satuan konsentrasi

Gambar 2.7 menunjukkan lima satuan yang paling sering muncul.




*Gambar 2.7 Komponen larutan dan lima satuan konsentrasi yang sering dipakai. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Persen berat per berat (% b/b)**: gram zat terlarut dalam 100 gram larutan. Massa zat = % × massa larutan, dan massa pelarut = massa larutan − massa zat. Larutan garam 15 % b/b sebanyak 2 kg berisi 0,15 × 2.000 g = 300 g garam dan 1.700 g air. Jangan menambahkan 300 g garam ke 2.000 g air, karena total larutannya menjadi 2.300 g.
- **Persen berat per volume (% b/v)**: gram zat dalam 100 mL larutan. Larutan 4 % b/v artinya 4 g zat dalam 100 mL, sehingga untuk 500 mL diperlukan 4 × 5 = 20 g. Satuan ini lazim di laboratorium karena zat padat ditimbang dan hasilnya diukur volumenya.
- **Persen volume per volume (% v/v)**: mL zat cair dalam 100 mL larutan. Etanol 70 % v/v berarti 70 mL etanol dalam 100 mL larutan. Volume campuran tidak selalu sama dengan jumlah volume komponennya (campuran etanol dan air menyusut sedikit), sehingga cara yang benar adalah menaruh etanol di labu takar lalu menambah air sampai tanda tera.
- **Molaritas (M)**: mol zat terlarut dalam 1 liter larutan. Jumlah mol = massa ÷ Mr, sehingga massa zat untuk volume V (dalam liter) adalah **massa = M × V × Mr**. Contoh, NaCl memiliki Mr = 23 + 35,5 = 58,5. Larutan 0,10 M NaCl sebanyak 250 mL memerlukan 0,10 × 0,250 × 58,5 = 1,4625 g.
- **ppm (bagian per sejuta)**: miligram zat dalam satu kilogram larutan. Untuk larutan



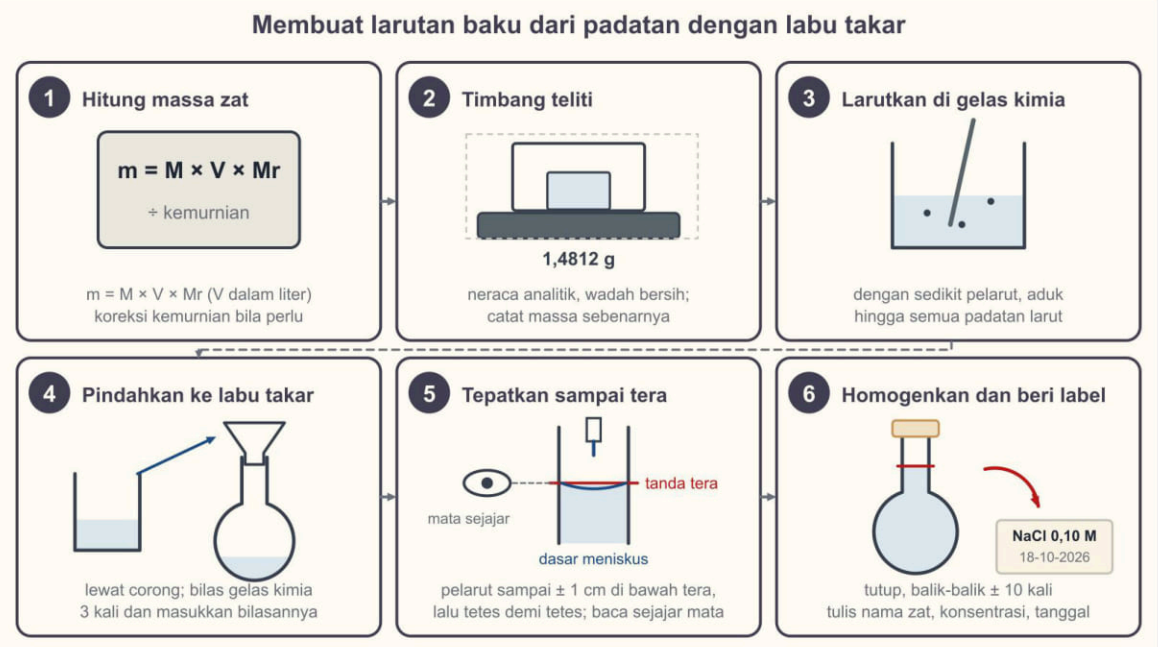
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

encer dalam air, 1 liter air massanya sekitar 1 kg, sehingga **1 ppm = 1 mg/L**. Mengingat 1 % b/v berarti 10 g per liter = 10.000 mg/L, maka **1 % = 10.000 ppm**.

Satuan perbandingan juga sering dipakai pada cairan pembersih: "encerkan 1 : 9" berarti **1 bagian konsentrat ditambah 9 bagian air**, sehingga total ada 10 bagian dan faktor pengencerannya 10 kali. Perbandingan 1 : 9 berbeda dari "sepersembilan dari total".

### 3. Menimbang, melarutkan, dan menera

Larutan yang konsentrasinya harus diketahui tepat (larutan baku) dibuat dengan **labu takar**, yaitu labu berleher panjang yang hanya memiliki satu garis tanda: **tanda tera**. Bila isi labu sampai tanda tera, volumenya tepat sesuai angka yang tertera pada labu. Urutan kerjanya (Gambar 2.8):




*Gambar 2.8 Enam langkah membuat larutan baku dari padatan dengan labu takar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Hitung massa zat**: massa = M × V × Mr, dibagi kemurnian bila zat tidak murni 100 %.
2. **Timbang dengan neraca analitik** di wadah bersih, lalu catat massa yang sebenarnya terbaca.
3. **Larutkan di gelas kimia** dengan sedikit pelarut. Zat dilarutkan lebih dulu di gelas kimia karena zat yang dituang langsung ke labu sempit sukar larut dan bisa menyumbat leher labu.
4. **Pindahkan ke labu takar** lewat corong, lalu **bilas gelas kimia dan corong beberapa kali** dengan sedikit pelarut dan masukkan bilasannya. Pembilasan membuat seluruh zat berpindah, sehingga jumlah zat tidak berkurang.
5. **Tepatkan sampai tanda tera.** Tambahkan pelarut sampai sekitar satu sentimeter di bawah tera, lalu teteskan tetes demi tetes dengan pipet tetes sampai **dasar meniskus** (permukaan cairan yang melengkung) tepat menyentuh tanda tera. Mata harus sejajar tanda tera; pandangan dari atas atau bawah menimbulkan galat paralaks.



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

6. **Tutup, balik-balikkan labu beberapa kali** supaya larutan merata, lalu **beri label**.

Dua kesalahan yang sering terjadi: mengisi labu sampai tanda tera lebih dulu baru memasukkan larutan (volume akhir melebihi tera), dan menambah pelarut terakhir dengan cepat dari gelas kimia (mudah melewati tera).

Beberapa zat memerlukan perlakuan khusus saat ditimbang. **Natrium hidroksida (NaOH)** butiran menyerap uap air dan karbon dioksida dari udara, sehingga massanya terus naik di neraca. Zat seperti ini ditimbang **cepat, dalam wadah tertutup**, dan jauh dari udara lembap. Saat dilarutkan, NaOH melepas panas dan larutannya korosif, jadi pakai kacamata goggle dan sarung tangan tahan bahan kimia (lihat sub bab 2.3).

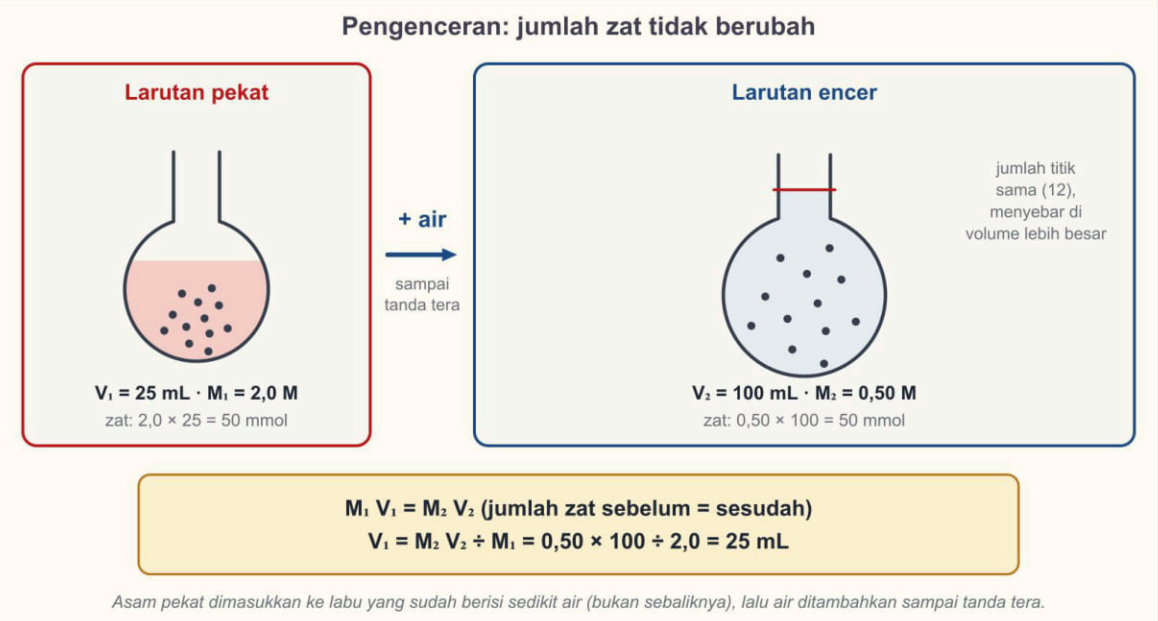
Bila zat tidak murni 100 %, massa yang ditimbang harus lebih besar: **massa bahan = massa zat murni ÷ kemurnian**. Kemurnian 99 % berarti dalam setiap 100 g bahan hanya 99 g zat yang diinginkan.

### 4. Pengenceran

**Pengenceran** membuat larutan encer dari larutan pekat dengan menambah pelarut. Zat terlarut tidak berubah jumlahnya, hanya pelarutnya yang bertambah, sehingga **jumlah mol sebelum sama dengan sesudah** (Gambar 2.9):

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$M_1$ dan $V_1$ adalah konsentrasi dan volume larutan pekat, $M_2$ dan $V_2$ adalah konsentrasi dan volume larutan encer yang diinginkan. Satuan V boleh mililiter atau liter, asal sama di kedua ruas. Rumus yang sama berlaku untuk satuan konsentrasi lain (% atau mg/L) selama dipakai konsisten. Volume larutan pekat yang diambil adalah $\mathbf{V_1 = M_2V_2 \div M_1}$.




*Gambar 2.9 Pengenceran: jumlah zat sama, volume bertambah, konsentrasi turun. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Konsentrasi larutan pekat di label sering ditulis sebagai persen dan massa jenis (ρ). Untuk mengubahnya menjadi molar, dalam 1 liter larutan ada 1.000 × ρ gram larutan, dan zat di



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

dalamnya ρ × % × 10 gram. Dibagi Mr:

$$M = \frac{10 \times \rho \times \%}{M_r}$$

(ρ dalam g/mL dan % b/b tanpa tanda persen, misalnya 37.) Contohnya ada di bagian contoh terselesaikan.

Urutan kerja pengenceran sama pentingnya dengan hitungannya. Masukkan **sedikit air ke dalam labu terlebih dahulu**, lalu tambahkan larutan pekat perlahan sambil digoyang, dan terakhir tambahkan air sampai tanda tera. Untuk asam pekat, selalu **asam ke air**: pengenceran asam pekat melepas panas, dan bila air dituang ke asam pekat, panas menumpuk di permukaan sehingga cairan bisa mendidih dan memercik. Jangan mengisi labu sampai tera dengan air lebih dulu, karena penambahan larutan pekat berikutnya membuat volume melebihi tera. Air yang ditambahkan di labu tidak boleh dihitung sebagai $V_2 - V_1$ lalu diukur terpisah, karena volume larutan tidak selalu persis jumlah volume komponennya; yang menentukan adalah tanda tera.

### 5. Alat gelas dan ketelitiannya

Tidak semua alat bertanda volume sama telitinya (Gambar 2.10). Pilih alat menurut ketelitian yang dibutuhkan:




*Gambar 2.10 Labu takar, pipet ukur, buret, dan gelas ukur. Sumber: foto Wikimedia Commons oleh Hans-Joachim Engelhardt (labu takar, CC BY-SA 4.0), Paweena.S (pipet ukur, CC BY-SA 4.0), Gemsgy (buret, CC BY-SA 4.0), dan Lilly_M (gelas ukur, CC BY-SA 3.0); dipotong dan diberi label bahasa Indonesia oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Labu takar**: satu volume tertentu dengan sangat teliti; dipakai menera larutan baku dan pengenceran yang teliti.
- **Pipet ukur** dan **pipet volumetrik**: mengambil volume cairan. Pipet volumetrik hanya mengambil satu volume tetap dengan sangat teliti; pipet ukur dapat mengambil



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

beberapa volume tetapi kurang teliti.

- **Buret**: mengeluarkan volume yang berubah dengan teliti, dipakai pada titrasi (sub bab 5.3).
- **Gelas ukur**: mengukur volume secara **kasar**. Pada gelas ukur 250 mL di Gambar 2.10 tertera toleransi ± 2 mL.
- **Gelas kimia dan erlenmeyer**: garis skalanya hanya perkiraan; dipakai untuk melarutkan, memanaskan, atau menampung, bukan untuk mengukur volume dengan teliti.

Dua kebiasaan penting: bilas alat dengan pelarut sebelum dipakai, dan baca volume di **dasar meniskus** dengan mata sejajar permukaan. Alat gelas volumetrik tidak dipanaskan karena suhu mengubah volumenya. Rincian alat gelas dan galatnya ada di sub bab 5.1.

### 6. Larutan baku dan larutan kerja

**Larutan baku (standar)** adalah larutan yang konsentrasinya diketahui tepat dan dipakai sebagai pembanding dalam analisis. **Larutan baku primer** dibuat langsung dari zat yang sangat murni, stabil, tidak menyerap air atau gas dari udara, dan mempunyai Mr besar sehingga galat penimbangan kecil. Zat itu ditimbang dengan neraca analitik, lalu ditera di labu takar. Contohnya natrium karbonat anhidrat dan asam oksalat dihidrat. NaOH tidak dapat dijadikan baku primer karena menyerap air dan karbon dioksida; larutan NaOH dibuat kira-kira lalu **distandardisasi** terhadap baku primer (sub bab 5.3).

**Larutan kerja** adalah larutan yang konsentrasinya tidak dipakai dalam perhitungan, misalnya larutan perendam alat gelas atau larutan pembersih. Cukup dibuat dengan neraca teknis dan gelas kimia bertanda volume. Prinsipnya: **ketelitian alat disesuaikan dengan tujuan larutan**. Memakai labu takar untuk larutan perendam adalah pemborosan, sedangkan membuat larutan baku di gelas kimia membuat seluruh analisis tidak dapat dipercaya.

Contoh larutan kerja di pabrik makanan dan minuman adalah **larutan sanitasi klorin**. Kaporit (kalsium hipoklorit) adalah serbuk pemutih yang **tidak 100 % klorin aktif**; kadar klorin aktifnya tertera pada label atau sertifikat dan berbeda antarproduk (contoh dalam sub bab ini memakai 60 %). Konsentrasi larutan sanitasi biasanya dinyatakan dalam mg/L atau ppm klorin aktif. Karena itu massa kaporit yang ditimbang = massa klorin aktif yang dibutuhkan ÷ kadar klorin aktif. Kaporit adalah pengoksidasi: simpan kering, jauh dari asam, dan jangan dicampur dengan asam karena melepas gas klorin (sub bab 2.4).

### 7. Label dan kebersihan

Setiap larutan yang dibuat harus diberi **label**: nama zat, konsentrasi, tanggal pembuatan, nama pembuat, dan tanda bahaya bila ada. Label mencegah salah pakai dan menunjukkan umur larutan. Alat gelas dibersihkan lebih dulu dan dibilas dengan air suling; larutan tidak dipipet langsung dari botol persediaan agar botol tidak tercemar; dan botol persediaan tidak boleh diisi kembali dengan sisa larutan yang sudah diambil.



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

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: larutan baku dari padatan

Pada 2027, Laras, analis di laboratorium pabrik makanan, harus menyiapkan 250 mL larutan NaCl 0,10 M. Garam yang tersedia berkemurnian 99,0 %. Berapa gram garam yang harus ditimbang, dan bagaimana langkahnya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung mol.** n = 0,10 mol/L × 0,250 L = 0,0250 mol.
2. **Hitung massa murni.** Mr NaCl = 58,5, sehingga massa murni = 0,0250 × 58,5 = 1,4625 g.
3. **Koreksi kemurnian.** Massa bahan = 1,4625 ÷ 0,990 = 1,477 g, jadi ditimbang sekitar 1,48 g.
4. **Kerjakan di laboratorium.** Timbang dengan neraca analitik dan catat massa sebenarnya. Larutkan dengan sedikit air suling di gelas kimia, pindahkan ke labu takar 250 mL lewat corong, bilas tiga kali, tepatkan sampai tanda tera, balik-balik, lalu beri label.

Jawaban: sekitar 1,48 g garam, ditimbang teliti lalu ditera di labu takar 250 mL. Cek akal sehat: bila neraca menunjukkan 1,4812 g, konsentrasi sebenarnya = 1,4812 × 0,990 ÷ 58,5 ÷ 0,250 = 0,1003 M, sangat dekat dengan 0,10 M. Jangan menimbang tepat 1,4625 g, sebab 1 % bahannya bukan NaCl.

### Contoh 2: mengencerkan asam klorida pekat

Pada 2027, laboratorium sebuah pabrik pupuk memiliki HCl pekat berkadar 37 % (b/b) dengan massa jenis 1,19 g/mL. Laboratorium membutuhkan 250 mL HCl 0,50 M. Berapa mL HCl pekat yang harus diambil, dan bagaimana urutannya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Ubah ke molaritas.** Mr HCl = 36,5. $M_1$ = 10 × 1,19 × 37 ÷ 36,5 = 12,06 M.
2. **Hitung volume pekat.** $V_1 = M_2V_2 \div M_1$ = 0,50 × 250 ÷ 12,06 = 10,4 mL.
3. **Urutan kerja.** Pakai APD dan lemari asam. Isi labu takar 250 mL dengan sekitar 100 mL air suling, tuang 10,4 mL HCl pekat perlahan sambil digoyang (asam ke air), dinginkan, lalu tambahkan air sampai tanda tera dan balik-balikkan.

Jawaban: 10,4 mL HCl pekat. Cek akal sehat: 10,4 mL × 12,06 M = 125 mmol, dan 250 mL × 0,50 M = 125 mmol; jumlah zat sama. Volume yang diambil harus jauh lebih kecil daripada 250 mL karena konsentrasinya 24 kali lebih pekat.

### Contoh 3: larutan sanitasi dari kaporit

Pada 2027, bagian produksi sebuah pabrik roti membersihkan lantai ruang pengemasan dengan larutan klorin 150 mg/L. Bagian ini membuat 25 L larutan setiap hari dari kaporit berkadar klorin aktif 60 %. Berapa gram kaporit yang harus ditimbang? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung klorin aktif.** 150 mg/L × 25 L = 3.750 mg = 3,75 g.
2. **Koreksi kadar klorin aktif.** Hanya 60 % kaporit yang klorin aktif, sehingga massa kaporit = 3,75 ÷ 0,60 = 6,25 g.
3. **Kerjakan.** Timbang 6,25 g (neraca teknis cukup, karena larutan kerja), larutkan, lalu cukupkan sampai 25 L.



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

Jawaban: 6,25 g kaporit. Cek akal sehat: 6,25 × 0,60 = 3,75 g klorin aktif, dan 3.750 mg ÷ 25 L = 150 mg/L. Hasil yang lebih kecil dari 3,75 g tidak mungkin, karena kaporit selalu lebih banyak daripada klorin aktif yang dikandungnya.

### Contoh 4: berbagai satuan konsentrasi

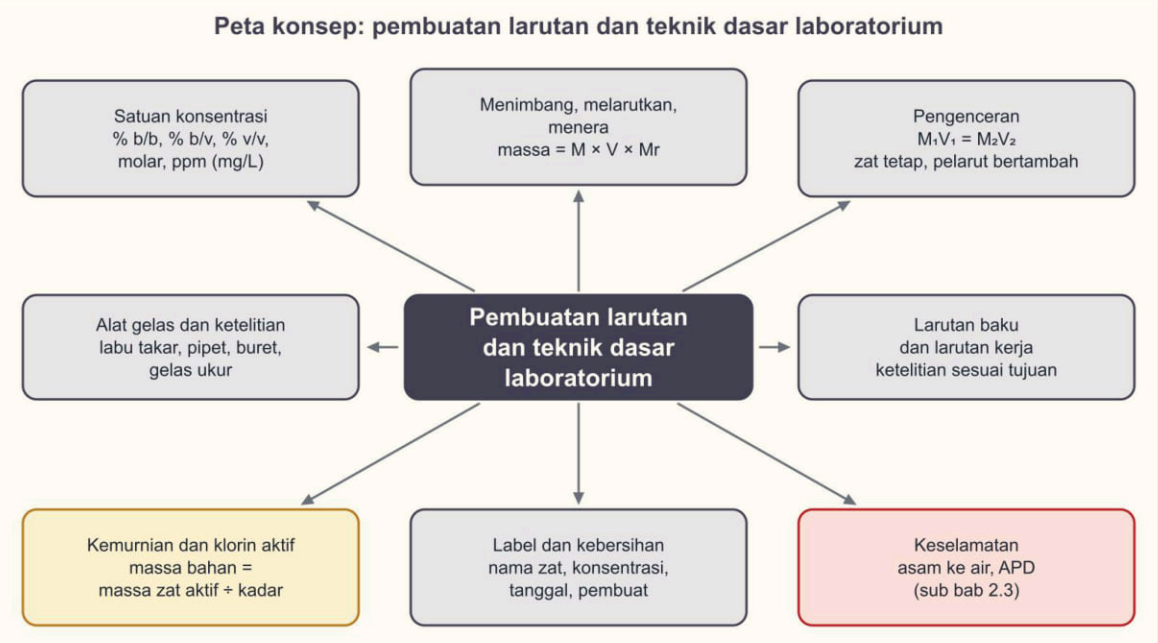
Pada 2027, seorang teknisi laboratorium mendapat tiga tugas: (a) membuat 500 mL larutan NaOH 4 % (b/v); (b) menyatakan larutan klorin 0,05 % (b/v) dalam ppm; (c) membuat 5 L larutan pembersih siap pakai dengan petunjuk "encerkan 1 : 9 (konsentrat : air)". Selesaikan ketiganya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **(a) Hitung massa NaOH.** 4 % b/v = 4 g per 100 mL, sehingga 500 mL memerlukan 4 × 5 = 20 g. Larutkan di gelas kimia (hati-hati, panas), lalu tera di labu takar 500 mL.
2. **(b) Ubah ke ppm.** 0,05 % b/v = 0,05 g per 100 mL = 0,5 g per liter = 500 mg/L = 500 ppm.
3. **(c) Hitung bagian.** 1 + 9 = 10 bagian sama dengan 5 L, jadi 1 bagian = 0,5 L. Konsentrat 0,5 L dan air 4,5 L.

Jawaban: (a) 20 g NaOH; (b) 500 ppm; (c) 0,5 L konsentrat dan 4,5 L air. Cek akal sehat: 20 g ÷ 0,5 L = 40 g/L = 4 % b/v. Pada (c), faktor pengenceran 10 kali, jadi konsentrat 0,5 L ÷ 5 L = 1/10 dari volume akhir.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 2.11 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 2.11 Peta konsep pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Satuan:** % b/b (g per 100 g larutan), % b/v (g per 100 mL), % v/v (mL per 100 mL), M (mol per liter), ppm (mg per liter untuk larutan encer); 1 % = 10.000 ppm.
- **Massa zat:** M × V(liter) × Mr; bagi dengan kemurnian atau kadar aktif bila bahan tidak murni 100 %.
- **Labu takar:** timbang, larutkan, pindahkan dan bilas, tepatkan tera dengan pipet tetes, balik-balik, beri label.
- **Pengenceran:** $M_1V_1 = M_2V_2$; zat tetap; asam ke air; air terakhir sampai tera.
- **Ketelitian alat** disesuaikan tujuan: larutan baku dengan neraca analitik dan labu takar, larutan kerja dengan alat biasa.

**Istilah penting:** larutan (campuran merata); zat terlarut (komponen yang lebih sedikit); pelarut (komponen yang melarutkan); konsentrasi (jumlah zat per jumlah larutan); molaritas (mol zat per liter larutan); ppm (satu bagian per sejuta, 1 mg/L untuk larutan encer); labu takar (labu bertanda tera tunggal); meniskus (permukaan cairan yang melengkung); pengenceran (menambah pelarut tanpa mengubah jumlah zat); larutan baku (larutan berkonsentrasi tepat); baku primer (zat murni dan stabil untuk membuat larutan baku); klorin aktif (bagian kaporit yang berfungsi sebagai desinfektan); kemurnian (persen zat yang diinginkan dalam bahan); label (keterangan pada wadah).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pembuatan larutan:

1. **Tentukan satuan dan jenis zatnya.** Apakah % b/b, % b/v, atau molar, dan apakah bahan murni 100 %?
2. **Hitung massa zat murni lebih dulu**, baru koreksi kemurnian atau kadar aktif dengan **membagi**.
3. **Untuk soal prosedur, urutkan menurut alasan:** zat dilarutkan di gelas kimia, dipindahkan, dibilas, ditera, dihomogenkan. Pilih alat menurut tujuan larutan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Volume akhir disamakan dengan volume pelarut**, misalnya "tambah 500 mL air" padahal labu harus ditera sampai 500 mL total.
- **Pengenceran terbalik**: memakai $V_1 = M_1V_2 \div M_2$ atau mengalikan dengan kadar bahan, bukan membaginya.
- **Kadar aktif dikalikan, bukan dibagi.** Kaporit 60 % klorin aktif berarti timbangan harus lebih besar dari klorin yang dibutuhkan.
- **Labu diisi sampai tera lebih dulu**, atau air terakhir dituang cepat sehingga melewati tera.
- **Perbandingan 1 : 4 ditafsirkan sebagai seperempat dari total.** Yang benar: 1 bagian konsentrat dan 4 bagian air, total 5 bagian.
- **Alat tidak sesuai tujuan**: penimbangan teliti tetapi larutan dibuat di gelas kimia, atau labu takar dipakai untuk larutan yang tidak dihitung.
- **Zat higroskopis ditimbang lambat dan terbuka**, lalu massanya naik terus dikira "listrik statis".

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa membuat 1 L larutan 0,10 M NaOH dengan melarutkan 4,0 g NaOH dalam 1 L air. Volume akhirnya lebih dari 1 L, sehingga konsentrasinya sedikit di bawah 0,10 M. Cara yang benar: larutkan 4,0 g dalam sedikit air, pindahkan ke labu takar 1 L, lalu tambahkan air sampai tanda tera.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pengenceran dengan $M_1V_1 = M_2V_2$ dan urutan memasukkan bahan ke labu takar. Hitung $V_1$ lebih dulu, lalu pilih prosedur yang volume akhir dan urutannya benar. Pakai bagian 3 dan 4.



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

►. Laboratorium pabrik pengolahan air menyimpan larutan HCl 2 M (2027). Untuk uji alkalinitas, Satria perlu 500 mL HCl 0,5 M dan sudah menyiapkan labu takar 500 mL, pipet ukur, dan air suling. Asam harus dimasukkan ke labu yang sudah berisi sedikit air. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Prosedur yang tepat adalah ....

A. Memasukkan 125 mL HCl 2 M ke labu, lalu menambahkan tepat 500 mL air suling
B. Memasukkan 250 mL HCl 2 M ke labu berisi sedikit air, lalu menambah air sampai tanda tera
C. Mengisi labu dengan air sampai tanda tera, lalu menambahkan 125 mL HCl 2 M
D. Memasukkan 100 mL HCl 2 M ke labu berisi sedikit air, lalu menambah air sampai tanda tera
E. Memasukkan 125 mL HCl 2 M ke labu berisi sedikit air, lalu menambah air sampai tanda tera

**Pembahasan** **Kunci: E**

**Konsep:** Pengenceran: $M_1V_1 = M_2V_2$. Larutan pekat dimasukkan ke labu takar berisi sedikit air, lalu air ditambahkan sampai tanda tera sehingga volume akhir tepat.

**Langkah:**

1. $V_1 = (0{,}5 \times 500) \div 2 = 125$ mL HCl 2 M.
2. Masukkan ke labu berisi sedikit air, tambahkan air sampai tanda tera 500 mL.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: volume akhir menjadi 625 mL, bukan 500 mL, sehingga konsentrasi 0,4 M.
- **B.** ✗ Memakai perbandingan 1 : 2, bukan 1 : 4.
- **C.** ✗ Jebakan: volumenya benar, tetapi labu sudah penuh sehingga volume akhir melebihi tanda tera.
- **D.** ✗ Salah menghitung volume larutan pekat.
- **E.** ✓ Volume dan urutan benar.

**Jawaban: E.**

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tentukan dulu satuan konsentrasinya, hitung massa zat murni, lalu koreksi bila bahan tidak murni 100 %, atau urutkan langkah menurut alasan.



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

**1.** Pabrik aki daur ulang memerlukan asam sulfat encer untuk pengisian aki (2027). Bagas, operator baru, menuliskan rencana pengenceran asam sulfat pekat di area pencampuran dan meminta supervisor memeriksanya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Air dituangkan perlahan ke dalam asam sulfat pekat sambil diaduk agar asam cepat encer. | ○ | ○ |
| Pengenceran dilakukan di bawah ventilasi lokal sambil memakai goggle, pelindung wajah, sarung tangan, dan apron tahan asam. | ○ | ○ |
| Wadah pengenceran diletakkan dalam bak berisi air dingin karena pengenceran melepaskan panas. | ○ | ○ |

**2.** Raka membuat 250 mL larutan standar natrium karbonat di laboratorium pabrik kaca (2027). Ia sudah menimbang padatan dengan neraca analitik ke dalam gelas kimia kecil. Rekan kerjanya, Siska, menuliskan beberapa langkah lanjutan untuk dinilai pembimbing.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Langkah yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengisi labu takar dengan air suling sampai tanda tera lebih dulu, lalu memasukkan larutan dari gelas kimia.
☐ B. Membilas gelas kimia dan corong beberapa kali dengan air suling, dan bilasannya dimasukkan ke labu takar.
☐ C. Membaca tanda tera sejajar mata pada bagian bawah meniskus.
☐ D. Menambahkan air terakhir dengan cepat langsung dari gelas kimia agar tidak sempat menguap.
☐ E. Menutup labu lalu membolak-baliknya beberapa kali setelah volume tepat di tanda tera.

**3.** Sebelum produksi, pabrik minuman sari kedelai menyanitasi tangki dengan larutan klorin 200 mg/L (2027). Operator kebersihan, Bayu, harus membuat 20 L larutan itu dari kaporit berkadar klorin aktif 60%. Hasil timbangan dicatat dua desimal.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa kaporit yang harus ditimbang adalah ....

A. 2,40 g
B. 4,00 g
C. 6,67 g
D. 10,00 g
E. 66,67 g



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

**4.** Di laboratorium pabrik detergen, Intan mendapat dua tugas (2027): membuat 1 L larutan NaOH sekitar 10% untuk merendam alat gelas yang berlemak, dan membuat 250 mL larutan standar natrium karbonat 0,0500 M untuk menstandardisasi asam. Tersedia neraca teknis, neraca analitik, gelas kimia bertanda volume, dan labu takar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Larutan perendam NaOH 10% dapat ditimbang dengan neraca teknis dan dilarutkan dalam gelas kimia bertanda volume.

☐ B. Larutan standar dapat dibuat dalam gelas kimia bertanda volume asalkan padatannya ditimbang dengan neraca analitik.

☐ C. Larutan standar dibuat di labu takar 250 mL dari padatan yang ditimbang dengan neraca analitik.

☐ D. Bila larutan perendam ternyata 11%, konsentrasi larutan standar yang dibuat Intan sesudahnya ikut bergeser.

☐ E. Kedua botol larutan diberi label nama zat, konsentrasi, dan tanggal pembuatan.

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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa zat dilarutkan di gelas kimia dahulu dan gelas kimia dibilas sebelum dipindahkan ke labu takar?
- Mengapa kaporit berklorin aktif 60 % harus ditimbang lebih banyak daripada massa klorin yang dibutuhkan?
- **Yang harus kuingat:** massa = M × V × Mr (÷ kemurnian); $M_1V_1 = M_2V_2$; asam ke air; tera dengan pipet tetes di dasar meniskus; label wajib.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 2.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-2.2



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

# Sub bab 2.3 · Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R

SMKTKI-2.3

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, K3LH dan budaya kerja industri) meminta kamu menerapkan **prosedur K3**, memilih **APD**, dan memahami **budaya 5R**. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta mengurutkan tindakan pada kejadian darurat, memilih pengendalian yang paling efektif, dan menilai usulan perbaikan tempat kerja.

Pola soal yang sering muncul: (1) **urutan tindakan** pada tumpahan asam, kebakaran, kebocoran gas, atau percikan di mata; (2) **memilih APD** dan pengendalian menurut hierarki; (3) **prosedur kerja aman** untuk ruang terbatas dan penguncian mesin (LOTO); (4) **memprioritaskan bahaya** dengan nilai risiko; (5) **urutan dan penerapan 5R** pada gudang dan laboratorium.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan bahaya, risiko, dan menghitung nilai risiko untuk menentukan prioritas;
- menyebutkan hierarki pengendalian bahaya dan memberi contoh tiap tingkat;
- memilih APD sesuai bahaya, memilih APAR sesuai kelas api, dan menjelaskan prosedur kerja aman (asam ke air, ruang terbatas, LOTO);
- mengurutkan tindakan pada tumpahan, kebocoran gas, dan pertolongan pertama;
- menjelaskan urutan dan arti lima R serta menerapkannya.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pabrik kimia bekerja dengan bahan yang bisa terbakar, merusak kulit, atau beracun, serta mesin bertenaga besar. Tujuan **K3** (keselamatan dan kesehatan kerja) adalah agar setiap pekerja pulang dengan selamat dan sehat. Dasar hukum utamanya di Indonesia adalah Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Penerapan sistem manajemen K3 di perusahaan diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012, dan kewajiban menyediakan APD diatur dalam Permenakertrans No. PER.08/MEN/VII/2010. Aturan-aturan itu berdiri di atas satu gagasan: **bahaya harus dikenali dan dikendalikan sebelum menimbulkan kecelakaan**, bukan sesudahnya.

### 1. Bahaya, risiko, dan kecelakaan

**Bahaya** adalah sesuatu yang berpotensi menyebabkan cedera, sakit, atau kerusakan: asam pekat yang korosif, uap pelarut, mesin berputar, lantai licin, atau suara bising. Bahaya dikelompokkan menjadi bahaya fisik (mesin, panas, bising), kimia (korosif, mudah terbakar, beracun), biologi, dan ergonomi (posisi dan beban kerja). **Risiko** adalah ukuran seberapa besar bahaya itu mungkin merugikan, yang ditentukan oleh dua hal:



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

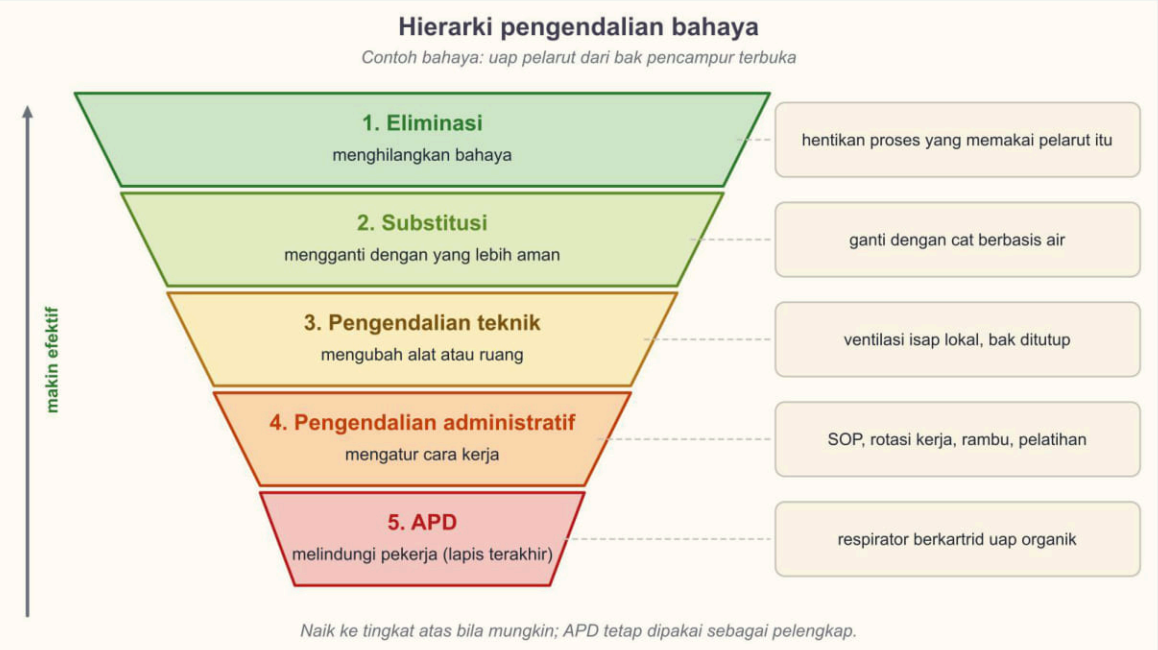
**nilai risiko = kemungkinan × keparahan**

Dengan skala 1 sampai 5 untuk keduanya, bahaya yang kemungkinannya kecil tetapi keparahannya sangat tinggi (misalnya ledakan tangki: 1 × 5 = 5) bisa bernilai lebih rendah daripada bahaya yang cukup sering dan cukup parah (misalnya percikan bahan korosif: 4 × 4 = 16). Anggaran dan tenaga terbatas, sehingga bahaya dengan **nilai risiko tertinggi** ditangani lebih dulu. Hal yang tidak boleh menentukan prioritas adalah murahnya biaya atau kenyamanan.

Kejadian yang nyaris menjadi kecelakaan, misalnya ember hampir jatuh dari rak, juga dicatat dan dibahas. Kejadian seperti itu menunjukkan bahaya sebelum ada korban.

## 2. Hierarki pengendalian

Setelah bahaya dikenali, ada lima cara mengendalikannya. Urutannya dari yang **paling efektif** ke yang kurang efektif (Gambar 2.12).




*Gambar 2.12 Hierarki pengendalian bahaya dengan contoh uap pelarut. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Eliminasi**: menghilangkan bahaya sama sekali, misalnya menghentikan proses yang memakai bahan berbahaya.
2. **Substitusi**: mengganti dengan yang lebih aman, misalnya cat berbasis air sebagai pengganti cat berpelarut organik bila mutunya tetap memenuhi syarat.
3. **Pengendalian teknik**: mengubah alat atau ruang agar bahaya terpisah dari pekerja, misalnya ventilasi isap lokal yang menangkap uap di sumbernya, penutup bak, atau pelindung mesin (*guard*).
4. **Pengendalian administratif**: mengatur cara kerja, misalnya SOP, pelatihan, rambu, dan rotasi pekerja yang memperpendek lama paparan.
5. **APD**: perlengkapan yang dipakai pekerja sebagai **lapis terakhir**.

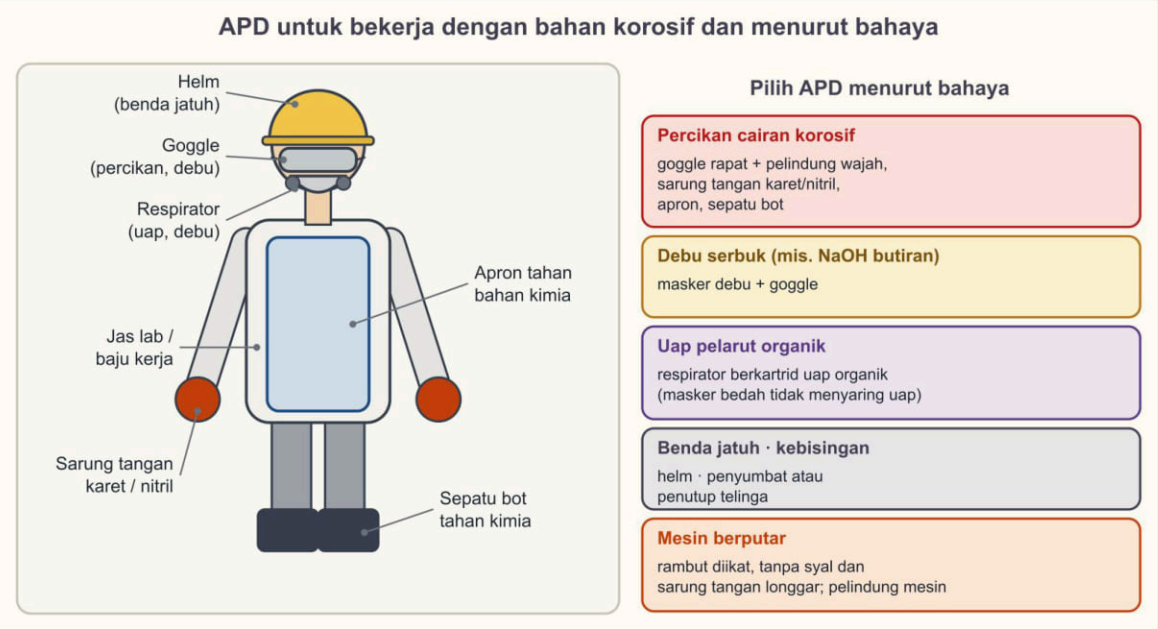


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Semakin ke atas, semakin bahaya itu dihilangkan di sumbernya. Rotasi pekerja hanya membagi paparan, tetapi uapnya tetap ada. Masker bedah tidak menyaring uap pelarut. APD tetap dipakai, tetapi bukan pengganti tingkat di atasnya.

### 3. Alat pelindung diri (APD)

**APD** dipilih menurut bahayanya (Gambar 2.13). Pengusaha wajib menyediakannya tanpa biaya bagi pekerja, dan pekerja wajib memakainya dengan benar.




*Gambar 2.13 APD untuk bekerja dengan bahan korosif (kiri) dan pemilihan APD menurut bahaya (kanan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Mata dan wajah.** *Goggle* yang menutup rapat melindungi dari percikan dan debu yang masuk dari samping; kacamata biasa tidak cukup. Pelindung wajah ditambahkan untuk percikan banyak.
- **Tangan.** Sarung tangan harus tahan bahan kimia yang ditangani, seperti karet atau nitril. Sarung tangan kain menyerap cairan korosif sehingga kulit justru terpapar.
- **Badan dan kaki.** Apron tahan bahan kimia dan sepatu bot yang tertutup.
- **Pernapasan.** Masker debu untuk debu, **respirator berkartrid uap organik** untuk uap pelarut. Masker bedah tidak menyaring uap.
- **Kepala dan telinga.** Helm untuk benda jatuh; penyumbat telinga untuk bising.
- **Mesin berputar.** Rambut terurai, syal, dan sarung tangan longgar dapat terjerat poros, jadi rambut diikat, benda longgar dilepas, dan bagian berputar diberi pelindung.

### 4. Bekerja dengan asam, basa, dan bahan korosif

Sebelum membuka kemasan bahan, baca **SDS** (lembar data keselamatan; sub bab 2.4). Gunakan lemari asam atau ventilasi lokal, dan pakai goggle, sarung tangan tahan bahan kimia, serta apron.

Aturan terpenting pada pengenceran asam pekat adalah **asam ke air**, bukan air ke asam. Pengenceran asam pekat melepas banyak panas. Bila air dituang ke asam pekat, panas

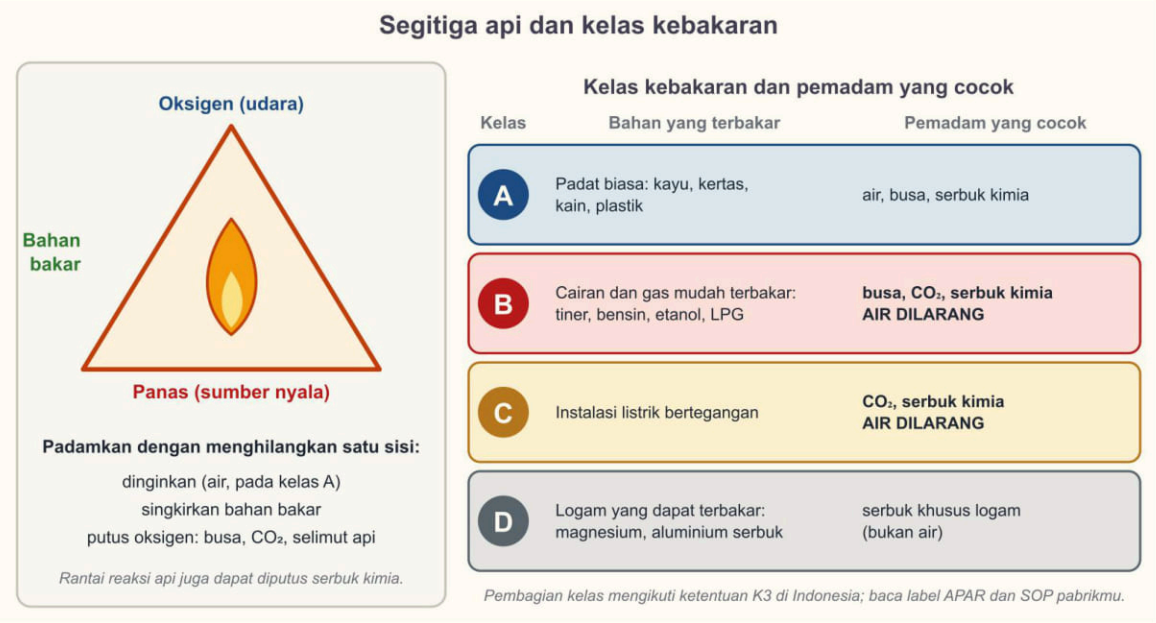


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

terkumpul di permukaan sehingga cairan bisa mendidih dan memercik. Bila asam dituang perlahan ke air sambil diaduk, panas diserap oleh air yang jauh lebih banyak. Wadah pengenceran dapat ditaruh dalam bak berisi air dingin. Natrium hidroksida butiran juga melepas panas saat dilarutkan dan berdebu halus, sehingga memerlukan masker debu dan goggle saat ditimbang. Cairan jangan pernah dipipet dengan mulut; gunakan pompa pipet.

### 5. Kebakaran dan alat pemadam api ringan (APAR)

Api memerlukan tiga hal, yang disebut **segitiga api**: **bahan bakar**, **oksigen**, dan **panas**. Api padam bila salah satu dihilangkan: didinginkan (air), bahan bakarnya disingkirkan, atau oksigennya diputus (busa, $CO_2$, selimut api). Serbuk kimia kering memadamkan dengan memutus reaksi berantai di dalam api. Api dikelompokkan menurut bahan yang terbakar (Gambar 2.14).




*Gambar 2.14 Segitiga api dan kelas kebakaran beserta pemadam yang cocok. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Kelas A**: benda padat biasa (kayu, kertas, kain, plastik). Air cocok.
- **Kelas B**: cairan dan gas mudah terbakar (tiner, bensin, etanol, LPG). Pakai **busa, $CO_2$, atau serbuk kimia**. **Air tidak dipakai**, karena cairan yang terbakar dapat memercik dan menyebar bersama air, sedangkan cairan yang tidak bercampur air justru mengapung dan terbawa menyebarkan api.
- **Kelas C**: instalasi listrik bertegangan. Pakai $CO_2$ atau serbuk kimia. **Air tidak dipakai** karena menghantarkan listrik; bila aman, putus listrik lebih dulu.
- **Kelas D**: logam yang dapat terbakar (magnesium, aluminium serbuk). Pakai serbuk khusus logam.

Pembagian kelas di atas mengikuti ketentuan K3 di Indonesia; standar negara lain memakai pembagian yang sedikit berbeda, jadi selalu baca label APAR. Cara memadamkan dengan APAR kecil:

1. Pastikan api masih kecil dan **jalur keluar berada di belakangmu**.



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

2. **Tarik** pin pengaman.
3. **Arahkan** selang ke **pangkal api** (tempat bahan bakar), bukan ke lidah api.
4. **Tekan** tuas dan **sapukan** dari sisi ke sisi.
5. Bila api membesar atau tidak padam dalam waktu singkat, **bunyikan alarm dan keluar**; selanjutnya tim terlatih yang menangani.

### 6. Penguncian dan penandaan mesin (LOTO)

Perbaikan atau pembersihan mesin yang tiba-tiba menyala telah mencelakai banyak pekerja. Karena itu dipakai prosedur **LOTO** (*lockout–tagout*, penguncian dan penandaan). Urutannya (Gambar 2.15):




*Gambar 2.15 Delapan langkah penguncian dan penandaan (LOTO). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Beri tahu** pihak yang terkena (operator, penyelia).
2. **Matikan** mesin dengan cara normal.
3. **Putus sumber energi** di titik isolasi: saklar utama, panel, atau katup. Tombol di mesin saja tidak cukup, karena orang lain bisa menyalakannya dari panel.
4. **Pasang gembok dan label** milik tiap pekerja yang bekerja di mesin itu. Gembok benar-benar mencegah mesin dinyalakan; label saja hanya peringatan.
5. **Lepaskan energi sisa**: tekanan, pegas, panas, atau bahan yang masih mengalir.
6. **Uji coba**: coba tekan tombol start; mesin **tidak boleh** menyala. Ini membuktikan isolasi berhasil.
7. **Kerjakan** pekerjaannya.
8. **Selesai**: periksa area, **gembok dilepas oleh pemiliknya**, beri tahu pihak terkait, lalu nyalakan.

### 7. Ruang terbatas

**Ruang terbatas** adalah ruang dengan jalan masuk dan keluar terbatas yang tidak dirancang



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

untuk dihuni terus-menerus, misalnya tangki, bak, silo, atau sumur. Bahayanya: **kekurangan oksigen** (udara normal berisi sekitar 20,9 % oksigen; di bawah sekitar 19,5 % dianggap kurang oksigen menurut standar OSHA Amerika Serikat), **gas beracun atau mudah terbakar** (misalnya karbon dioksida dari fermentasi sisa bahan organik), dan sulitnya menyelamatkan korban. Persiapannya:

1. **Izin kerja** ditandatangani setelah semua syarat dipenuhi.
2. **Isolasi** pompa, katup, dan sumber energi lain yang terhubung ke ruang itu (LOTO).
3. **Uji udara** sebelum masuk dan berkala: oksigen, gas mudah terbakar, dan gas beracun.
4. **Ventilasi paksa** (*blower*) selama pekerjaan, karena gas dapat terus terbentuk.
5. **Petugas siaga** (*attendant*) di **luar** yang mengawasi, berkomunikasi, dan memanggil bantuan, tanpa ikut masuk.
6. **Alat penyelamat**, misalnya harnes, tali, dan alat angkat, serta **rencana darurat**.

Bila pekerja di dalam pingsan, petugas siaga **tidak masuk** untuk menolong tanpa perlengkapan pernapasan dan pelatihan. Banyak penolong menjadi korban kedua karena melakukan itu. Ia memanggil tim penyelamat terlatih.

### 8. Tumpahan, gas bocor, dan pertolongan pertama

Pada **tumpahan bahan kimia**, urutan pikirnya: lindungi orang dahulu, baru lingkungan. Urutan lazimnya: amankan area dan orang di sekitar; lengkapi APD; cegah penyebaran (bendung dengan pasir atau kit tumpahan, jangan sampai masuk saluran air); netralkan atau serap sesuai SDS bagian 6 (asam dinetralkan bertahap dengan penetral seperti natrium bikarbonat atau soda abu, lalu diuji dengan kertas pH); kumpulkan sebagai **limbah B3** (sub bab 2.4); bersihkan dan laporkan. Tumpahan asam pekat **tidak disiram air banyak**, karena tumpahan meluas dan asam pekat dapat memercik panas.

Pada **kebocoran gas beracun** (misalnya klorin yang lebih berat daripada udara), pekerja dievakuasi **melawan arah angin** dan ke **tempat yang lebih tinggi** untuk gas yang lebih berat daripada udara, sedangkan area di bawah angin dijaga agar orang tidak mendekat. Hanya **petugas terlatih dengan alat bantu napas** (SCBA) yang boleh mendekati sumber kebocoran. Masker kain basah tidak melindungi dari klorin.

**Pertolongan pertama (P3K):**

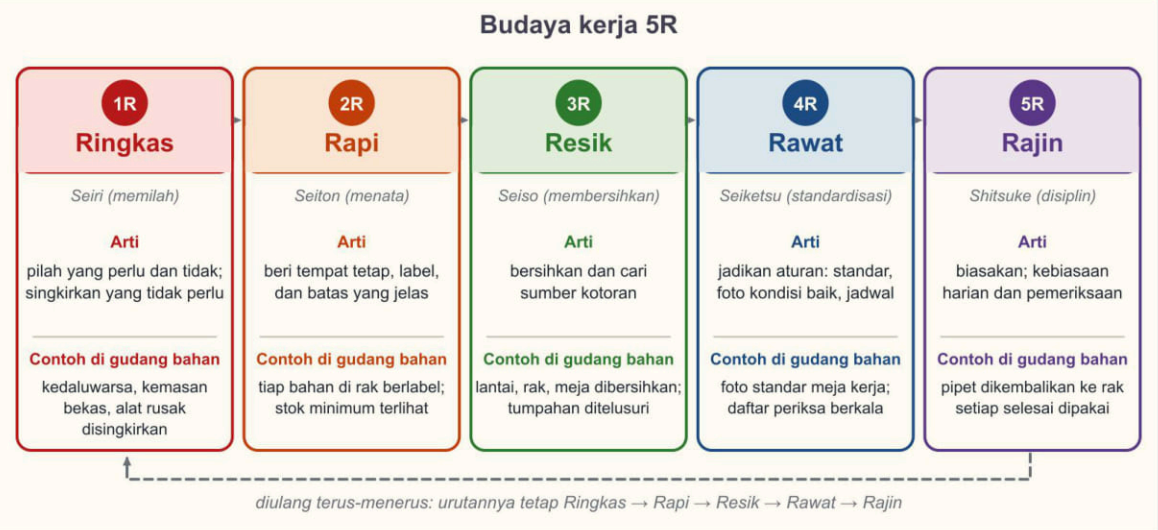
- **Mata terkena bahan korosif**: segera bilas dengan air mengalir yang banyak, kelopak mata dibuka, **sekitar 15 menit**, di tempat pembilas mata (*eyewash*). Beberapa tetes larutan garam atau obat tetes tidak cukup untuk membuang bahan korosif. Jangan mengusap mata. Setelah itu bawa ke tenaga medis.
- **Kulit terkena bahan kimia**: lepas pakaian yang terkena, lalu bilas dengan air mengalir yang banyak.
- **Terhirup**: pindahkan korban ke udara segar.
- **Tertelan**: ikuti SDS bagian 4 dan cari bantuan medis segera.

### 9. Budaya kerja 5R



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

**5R** adalah budaya kerja untuk menjaga tempat kerja tertib, bersih, dan aman. Istilah ini berasal dari 5S di Jepang. Lima R harus dikerjakan **berurutan** (Gambar 2.16).




*Gambar 2.16 Lima R: Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Ringkas** (*seiri*): memilah barang yang diperlukan dan yang tidak, lalu menyingkirkan yang tidak diperlukan. Bahan kedaluwarsa, kemasan bekas, dan alat rusak termasuk yang disingkirkan. Bahan kimia yang tidak berlabel dan tidak bisa dipastikan isinya dikelola sebagai limbah (sub bab 2.4), bukan sekadar dipindah ke lemari lain.
2. **Rapi** (*seiton*): menata barang yang diperlukan: tempat tetap, label, garis batas, dan stok minimum yang terlihat. Bahan kimia disusun menurut kecocokannya, dan bahan yang lebih dulu diterima atau lebih dulu kedaluwarsa dipakai lebih dulu.
3. **Resik** (*seiso*): membersihkan tempat dan alat, sekaligus mencari sumber kotoran seperti kebocoran.
4. **Rawat** (*seiketsu*): mempertahankan tiga R pertama melalui standar: aturan tertulis, foto kondisi baik, daftar periksa, dan jadwal.
5. **Rajin** (*shitsuke*): membiasakan, sehingga semua orang menjalankannya tanpa disuruh dan ada pemeriksaan berkala.

Urutan ini punya alasan. Menata atau membersihkan sebelum memilah hanya memindahkan barang yang seharusnya dibuang. Dua R terakhir mencegah gudang kembali berantakan sebulan kemudian. Setelah lima R berjalan, siklusnya berulang.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: tumpahan asam pekat

Pada 2027, jeriken 20 L asam klorida pekat jatuh dari troli di gudang bahan sebuah pabrik, dan sekitar 5 L tumpah di lantai beton dekat saluran air. Petugas gudang, Rama, tidak terluka tetapi baru memakai kacamata biasa dan sepatu kain. Kit tumpahan, safety shower, dan APD lengkap tersedia. Susun urutan tindakan yang aman. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*



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

1. **Amankan area dan orang.** Jauhkan orang lain, pasang batas dan tanda bahaya, dan beri tahu penyelia. Orang yang terkena dibawa ke safety shower atau eyewash. Orang lain bisa terkena bila area belum dibatasi.
2. **Lengkapi APD sebelum mendekat.** Rama mengganti kacamata biasa dengan goggle rapat, memakai sarung tangan tahan asam, apron, sepatu bot, serta respirator bila diminta SDS bagian 8.
3. **Cegah penyebaran.** Bendung tumpahan dengan pasir atau kit tumpahan dan lindungi saluran air, agar asam tidak meluas atau mencemari lingkungan.
4. **Netralkan bertahap.** Taburkan penetral (natrium bikarbonat atau soda abu), aduk dengan sekop plastik, lalu uji dengan kertas pH sampai mendekati netral.
5. **Kumpulkan.** Masukkan ke wadah tahan asam berlabel sebagai limbah B3.
6. **Bersihkan dan laporkan.** Bersihkan sisa, lepas APD, cuci tangan, catat kejadian, dan ganti isi kit.

Jawaban: amankan area → APD lengkap → bendung → netralkan → kumpulkan sebagai limbah B3 → bersihkan dan laporkan. Cek akal sehat: orang dilindungi dahulu (langkah 1–2), baru lingkungan (langkah 3–5). Menyiram air banyak dan membuang ke saluran adalah dua kesalahan yang harus dihindari.

### Contoh 2: memilih APAR

Pada 2027, sebuah pabrik pengemasan menyediakan APAR air, busa, $CO_2$, dan serbuk kimia. Tiga kejadian kecil: (a) tumpukan kardus kemasan di gudang terbakar; (b) panel listrik pompa berasap dan menyala; (c) wadah kecil berisi etanol terbakar di meja laboratorium. Pilih APAR yang tepat untuk tiap kejadian. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tentukan kelas api.** (a) Kardus adalah benda padat biasa, kelas A. (b) Panel listrik bertegangan, kelas C. (c) Etanol cairan mudah terbakar, kelas B.
2. **Pilih pemadam menurut kelas.** (a) Air, busa, atau serbuk kimia. (b) $CO_2$ atau serbuk kimia; air dilarang karena menghantarkan listrik, dan listrik diputus lebih dulu bila aman. (c) Busa, $CO_2$, atau serbuk kimia; air dilarang karena etanol terbakar memercik dan menyebar.
3. **Pakai dengan benar.** Jalur keluar di belakang; tarik pin, arahkan ke pangkal api, tekan, dan sapukan. Bila api membesar, bunyikan alarm dan keluar.

Jawaban: (a) APAR air atau busa; (b) APAR $CO_2$ (putus listrik lebih dulu bila aman); (c) APAR busa atau $CO_2$. Cek akal sehat: APAR air hanya cocok untuk (a); pada (b) dan (c) air menjadi pilihan yang salah.

### Contoh 3: menata gudang bahan dengan 5R

Pada 2027, rak gudang bahan sebuah pabrik sabun penuh: botol tanpa label, pereaksi kedaluwarsa, kemasan bekas, alat rusak, dan debu tebal. Bahan harian sulit ditemukan. Tim gudang akan menerapkan 5R. Susun langkahnya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Ringkas.** Pilah semua barang menjadi diperlukan, tidak diperlukan, dan ragu-ragu. Bahan kedaluwarsa, botol tanpa label, kemasan bekas, dan alat rusak disingkirkan; bahan kimia



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

yang tidak teridentifikasi dikelola sebagai limbah. Menata lebih dulu hanya memberi tempat bagi barang yang tidak dipakai.

2. **Rapi.** Beri tempat tetap berlabel dan garis batas, tunjukkan stok minimum, dan pisahkan bahan yang tidak cocok. Bahan diatur supaya yang lebih dulu diterima dipakai lebih dulu.
3. **Resik.** Bersihkan rak, lantai, dan alat, lalu telusuri sumber debu atau kebocoran.
4. **Rawat.** Buat standar: foto kondisi rak yang benar, daftar periksa, dan jadwal.
5. **Rajin.** Biasakan mengembalikan bahan ke tempat semula; adakan pemeriksaan berkala dan umpan balik.

Jawaban: Ringkas → Rapi → Resik → Rawat → Rajin. Cek akal sehat: bila dimulai dari Rapi atau Resik, barang yang seharusnya dibuang ikut ditata dan dibersihkan. Jadwal piket kebersihan dan lembar periksa adalah bagian Rawat dan Rajin, bukan langkah pertama.

### Contoh 4: memprioritaskan bahaya dan memilih pengendalian

Pada 2027, tim K3 pabrik cat menilai empat bahaya dengan skala 1–5. A: uap pelarut di ruang pencampuran (kemungkinan 4, keparahan 3). B: poros mesin pengaduk tanpa pelindung (kemungkinan 3, keparahan 5). C: kabel berserakan (kemungkinan 3, keparahan 2). D: kebisingan mesin (kemungkinan 5, keparahan 2). Bahaya mana yang ditangani lebih dulu, dan pengendalian apa yang paling efektif untuknya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung nilai risiko.** A = 4 × 3 = 12; B = 3 × 5 = 15; C = 3 × 2 = 6; D = 5 × 2 = 10.
2. **Pilih yang tertinggi.** B bernilai 15, paling tinggi.
3. **Pilih pengendalian menurut hierarki.** Untuk poros berputar, **pengendalian teknik** paling efektif: pasang pelindung poros dan pengaman. Pengendalian administratif (SOP LOTO, pelatihan, larangan benda longgar) dan APD melengkapi.

Jawaban: bahaya B (nilai 15) ditangani lebih dulu, dengan pelindung poros sebagai pengendalian utama. Cek akal sehat: bahaya yang paling sering (D, kemungkinan 5) bukan prioritas karena keparahannya rendah, dan A, C, D tetap ditangani setelahnya.

### Contoh 5: persiapan masuk ke ruang terbatas

Pada 2027, dua pekerja akan membersihkan bak penampung air limbah berkapasitas 12 $m^3$ yang hanya memiliki satu lubang di atas. Uji udara awal menunjukkan oksigen 17,5 %. Susun persiapan dan tentukan apakah pekerja boleh masuk sekarang. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Keluarkan izin kerja** setelah daftar syarat dibahas bersama supervisor K3.
2. **Isolasi** pompa dan katup yang terhubung ke bak (LOTO dengan gembok).
3. **Baca hasil uji udara.** Oksigen 17,5 % lebih rendah daripada 19,5 %, jadi udara **belum aman**. Pekerja belum boleh masuk.
4. **Pasang ventilasi paksa**, tunggu, lalu **uji ulang** udara (oksigen, gas mudah terbakar, gas beracun) sampai aman, dan pantau selama bekerja.
5. **Siapkan petugas siaga di luar**, alat komunikasi, harnes dan tali penyelamat, serta rencana evakuasi lewat lubang atas.
6. **Masuk satu per satu sesuai rencana**, dengan petugas siaga tetap di luar.

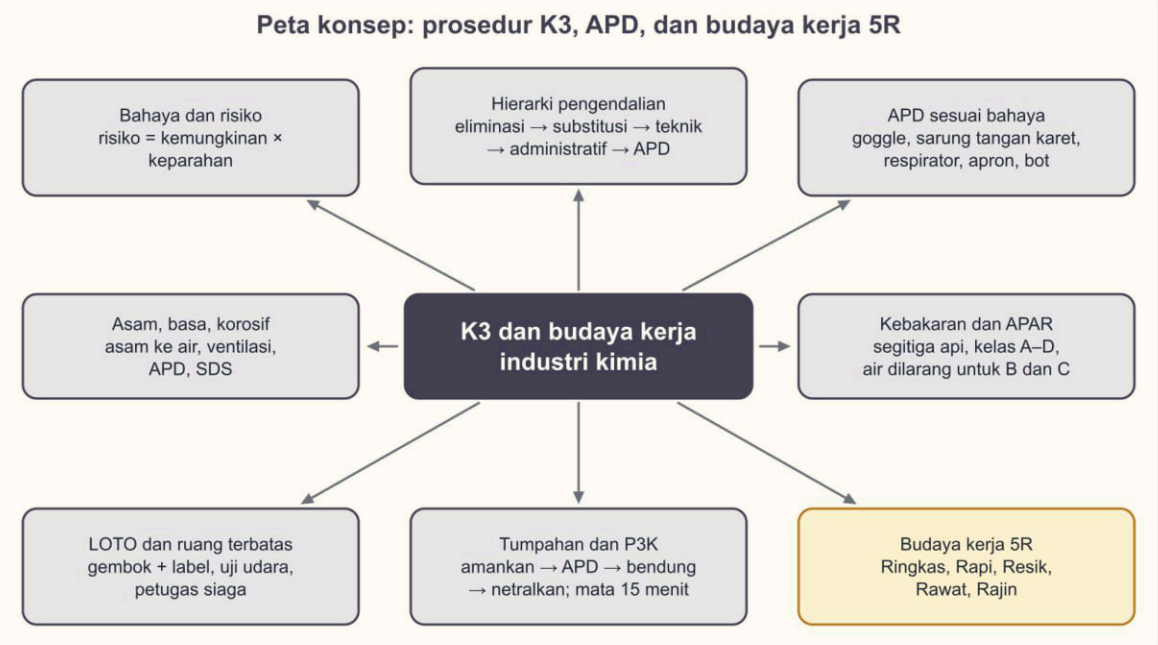


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Jawaban: belum boleh masuk karena oksigen 17,5 % di bawah batas aman; lakukan ventilasi dan uji ulang, kemudian masuk sesuai prosedur dengan petugas siaga di luar. Cek akal sehat: bila ada yang pingsan, petugas siaga memanggil tim penyelamat terlatih dan tidak ikut masuk.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 2.17 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 2.17 Peta konsep prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Risiko = kemungkinan × keparahan**; tangani nilai tertinggi lebih dulu.
- **Hierarki:** eliminasi → substitusi → teknik → administratif → APD (lapis terakhir).
- **Asam ke air. Kebakaran kelas B (cairan) dan C (listrik): air dilarang.**
- **LOTO:** putus energi, gembok dan label, lepas energi sisa, uji coba, kerjakan; gembok dilepas pemiliknya.
- **Ruang terbatas:** izin kerja, isolasi, uji udara, ventilasi, **petugas siaga di luar**, alat penyelamat.
- **Tumpahan:** amankan area → APD → bendung → netralkan → kumpulkan sebagai B3. **Mata:** bilas sekitar 15 menit.
- **5R berurutan:** Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin.

**Istilah penting:** K3 (keselamatan dan kesehatan kerja); bahaya (potensi menimbulkan cedera atau kerusakan); risiko (kemungkinan × keparahan); APD (alat pelindung diri); pengendalian teknik (mengubah alat atau ruang); *goggle* (kacamata pelindung rapat); segitiga api (bahan bakar, oksigen, panas); APAR (alat pemadam api ringan); LOTO (penguncian dan penandaan mesin); ruang terbatas (tangki, bak, silo); petugas siaga (pengawas di luar ruang terbatas); *eyewash* (pembilas mata); SDS (lembar data keselamatan); 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal K3:

1. **Tentukan bahayanya dulu**, lalu cari tingkat pengendalian tertinggi yang mungkin (eliminasi, substitusi, teknik) sebelum memilih APD.
2. **Untuk urutan tindakan, lindungi orang dahulu**: amankan area, lengkapi APD, baru tangani bahan atau api.
3. **Untuk 5R, kerjakan menurut urutan**: memilah mendahului menata, menata mendahului membersihkan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Menetralkan tumpahan sebelum APD lengkap** atau sebelum area diamankan.
- **Menyiram air banyak** pada tumpahan asam pekat atau pada api cairan dan listrik.
- **Menolong tanpa persiapan**: penolong masuk ke ruang terbatas atau area gas tanpa alat napas.
- **LOTO tanpa gembok** (hanya label), atau tanpa uji coba.
- **Urutan 5R terbalik**, misalnya langsung membersihkan atau memasang label sebelum memilah.
- **APD dijadikan solusi utama** (masker bedah untuk uap pelarut, sarung tangan kain untuk korosif) padahal substitusi atau ventilasi lebih efektif.
- **Prioritas dari biaya atau kenyamanan**, bukan dari nilai risiko.
- **Pengendalian administratif dikira menghilangkan bahaya**: rotasi hanya mengurangi lama paparan.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa langkah pertama pada tumpahan asam adalah menyiram dengan banyak air agar asam encer, lalu memakai APD. Langkah ini salah: tumpahan meluas, asam pekat dapat memercik panas, dan orang di sekitar belum diamankan. Urutan yang benar: amankan area dan orang, APD lengkap, bendung, netralkan, kumpulkan sebagai limbah B3.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji urutan tindakan pada tumpahan: lindungi orang dahulu, lengkapi APD, cegah penyebaran, lalu netralkan. Cari urutan yang menaruh pengamanan orang di awal. Pakai bagian 8.



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

►. Saat memindahkan asam sulfat pekat dari jeriken ke tangki takar (2027), selang Arif terlepas dan sekitar 2 liter asam tumpah ke lantai beton. Tidak ada yang terkena. Di area itu tersedia kit tumpahan (pasir, serbuk penetral, sekop plastik), safety shower, dan APD lengkap. Arif sudah memakai kacamata dan sarung tangan karet, tetapi belum memakai apron tahan asam dan sepatu bot.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menyiram tumpahan dengan banyak air → memasang tanda bahaya → mengepel lantai hingga benar-benar kering
B. Menaburkan serbuk penetral → memakai apron dan sepatu bot → menjauhkan orang dari area tumpahan
C. Menjauhkan orang dan memasang batas → memakai apron dan sepatu bot → membendung lalu menetralkan
D. Mengambil sekop plastik → membuang tumpahan ke saluran air → melapor kepada atasan
E. Memakai apron dan sepatu bot → menetralkan tumpahan → menjauhkan orang lalu memasang batas area

**Pembahasan** **Kunci: C**

**Konsep:** Penanganan tumpahan bahan kimia: amankan area dan orang di sekitar, lengkapi APD, cegah sebaran (bendung), netralkan/serap, lalu kumpulkan sebagai limbah B3 dan laporkan.

**Langkah:**
1. Area diamankan dulu agar orang lain tidak menginjak tumpahan.
2. APD dilengkapi sebelum mendekat.
3. Tumpahan dibendung pasir agar tidak meluas, lalu dinetralkan.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Air dalam jumlah banyak memperluas tumpahan dan asam sulfat pekat dapat memercik panas saat bertemu air.
• **B.** ✗ Jebakan: menetralkan sebelum APD lengkap dan sebelum area aman membahayakan Arif dan orang lain.
• **C.** ✓ Urutan aman: area → APD → bendung → netralkan.
• **D.** ✗ Membuang asam ke saluran air mencemari lingkungan.
• **E.** ✗ Jebakan: urutan hampir benar, tetapi pengamanan orang di sekitar dilakukan paling akhir sehingga orang lain dapat menginjak tumpahan selama Arif bersiap.

**Jawaban: C.**

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tentukan bahayanya, tingkat pengendalian yang paling efektif, dan urutan yang melindungi orang lebih dulu.

**1.** Nadia bertugas menimbang 5 kg soda api (NaOH) butiran lalu melarutkannya ke dalam air di tangki pembuatan sabun (2027). Butiran soda api berdebu halus, bersifat korosif, dan



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

larutannya menjadi panas saat dibuat. Ia menyiapkan APD di rak.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Kacamata goggle yang menutup rapat lebih tepat daripada kacamata biasa karena debu dan percikan dapat masuk dari samping. | ○ | ○ |
| Sarung tangan kain tebal dipilih karena tahan panas larutan soda api. | ○ | ○ |
| Masker debu dipakai saat menimbang butiran agar debu soda api tidak terhirup. | ○ | ○ |

**2.** Tangki penyimpan molase berkapasitas 20 $m^3$ di pabrik penyedap rasa akan dibersihkan dari dalam oleh dua pekerja (2027). Tangki hanya punya satu lubang orang di atas, dan sisa molase dapat menghasilkan gas $CO_2$ karena fermentasi. Supervisor K3 meminta Hana, operator muda, menyusun daftar persiapan sebelum izin kerja ditandatangani.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Persiapan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengukur kadar oksigen dan gas berbahaya di dalam tangki sebelum pekerja masuk.
☐ B. Mengisolasi dan mengunci (lockout) pompa serta katup yang terhubung ke tangki.
☐ C. Kedua pekerja masuk bersama agar dapat saling menolong tanpa perlu petugas di luar.
☐ D. Memasang ventilasi paksa (blower) selama pekerjaan berlangsung.
☐ E. Menyiapkan alat penyelamat dan rencana evakuasi melalui lubang orang di atas.

**3.** Gudang bahan pabrik cat skala kecil penuh sesak (2027). Di rak bercampur kaleng pigmen yang dipakai harian, kaleng pelarut kedaluwarsa, kemasan bekas, dan alat yang rusak. Lantai berdebu dan operator sering lama mencari bahan. Manajer menunjuk Gilang memimpin penerapan 5R dan meminta ia menentukan kegiatan pertama yang harus dikerjakan tim.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kegiatan pertama yang paling tepat adalah ....

A. Memasang label dan garis batas tempat untuk setiap kaleng di rak gudang
B. Membersihkan lantai dan rak dari debu sampai benar-benar bersih
C. Memilah barang yang diperlukan dan menyingkirkan yang tidak diperlukan
D. Membuat jadwal piket kebersihan gudang untuk setiap operator per shift
E. Membuat lembar periksa 5R yang diisi setiap akhir pekan



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

**4.** Di ruang pencampuran pabrik tinta, wadah kecil berisi pelarut tiner terbakar di atas meja kerja (2027). Api masih kecil dan belum menyebar. Di dekat pintu tersedia selang air, APAR $CO_2$, dan APAR busa (foam). Arya sudah mengikuti pelatihan pemadaman dan berdiri di dekat pintu keluar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Menyiramkan air dari selang ke wadah yang terbakar agar api cepat padam.
☐ B. Memakai APAR $CO_2$ atau APAR busa karena sesuai untuk kebakaran cairan mudah menyala.
☐ C. Mengarahkan semprotan APAR ke pangkal api, bukan ke lidah api.
☐ D. Membunyikan alarm dan keluar bila api membesar melebihi kemampuan APAR.
☐ E. Memadamkan api dengan pintu keluar berada di belakang pemadam agar jalur evakuasi tetap terbuka.

**5.** Laboratorium QC pabrik pakan ikan baru saja memilah barang, menata alat dengan label tempat, dan membersihkan semua meja (2027). Kepala laboratorium ingin kondisi itu bertahan lama dan meminta para analis menilai beberapa usulan dari tim.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Karena ruang sudah tertata rapi, pemeriksaan 5R berkala tidak diperlukan lagi. | ○ | ○ |
| Menempel foto kondisi standar meja kerja membantu analis mengembalikan alat ke tempat yang sama. | ○ | ○ |
| Mengembalikan pipet ke rak bertanda setiap selesai dipakai adalah bentuk pembiasaan yang diharapkan. | ○ | ○ |



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

**6.** Mixer adonan di pabrik bumbu instan akan dibersihkan bagian dalamnya oleh Rudi (2027). Mixer digerakkan motor listrik dan panel kendalinya berada di ruangan lain. Pekan lalu ada pekerja yang hampir celaka karena orang lain menyalakan mesin saat pembersihan. Supervisor meminta Rudi menerapkan prosedur penguncian dan penandaan (LOTO). *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan langkah yang paling tepat adalah ....

A. Membersihkan mixer → mematikan saklar panel → memasang gembok dan label setelah selesai
B. Mematikan mixer dari tombol di mesin → langsung membersihkan bagian dalam mixer
C. Memasang tanda "jangan dinyalakan" di panel → membersihkan tanpa memutus listrik
D. Memutus listrik di panel → memasang label tanpa gembok → membersihkan bagian dalam mixer
E. Memutus listrik di panel → memasang gembok dan label → uji nyalakan → membersihkan

**Kunci singkat:** 1. 1B 2S 3B 2. A, B, D, E 3. C 4. B, C, D, E 5. 1S 2B 3B 6. E

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pengendalian teknik lebih efektif daripada APD, dan mengapa APD tetap dipakai?
- Mengapa memilah (Ringkas) harus dikerjakan sebelum menata (Rapi) dan membersihkan (Resik)?
- **Yang harus kuingat:** hierarki pengendalian; asam ke air; air dilarang untuk api kelas B dan C; LOTO dengan gembok dan uji coba; ruang terbatas dengan petugas siaga di luar; mata dibilas sekitar 15 menit; urutan 5R.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 2.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-2.3



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

# Sub bab 2.4 · Simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3

SMKTKI-2.4

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, K3LH dan budaya kerja industri) meminta kamu **mengidentifikasi limbah B3 dan non-B3 dengan SDS** serta memahami simbol bahaya. Kisi-kisi memakai istilah lama *MSDS*; standar sekarang menyebutnya **SDS** (*Safety Data Sheet*, lembar data keselamatan). Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta membaca label dan SDS, menyusun penyimpanan bahan, memilah limbah, dan menilai kondisi tempat penyimpanan limbah.

Pola soal yang sering muncul: (1) **membaca label atau ringkasan SDS** lalu memilih tindakan yang sesuai; (2) **menyusun penyimpanan** beberapa bahan agar pasangan yang bereaksi tidak sekabinet; (3) **memilah limbah** dari satu daftar menjadi limbah B3 dan non-B3; (4) **menilai wadah, label, lama simpan, dan kondisi tempat penyimpanan sementara (TPS)** limbah B3; (5) **menentukan cara menangani sisa bahan** di laboratorium dan pabrik.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan sembilan piktogram GHS, kata sinyal, serta fungsi kode H dan P;
- menunjukkan bagian SDS yang menjawab pertanyaan tertentu;
- menyusun penyimpanan bahan kimia menurut ketidakcocokannya;
- menyebutkan karakteristik limbah B3, persyaratan wadah, label, dan TPS, serta batas lama penyimpanan;
- memilah limbah B3 dan non-B3 dan menjelaskan prinsip 3R.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pekerja di pabrik kimia menangani puluhan bahan yang berbeda. Tidak ada yang bisa mengingat sifat semuanya, sehingga informasi bahaya harus **menempel pada bahannya** dan **tersedia saat dibutuhkan**: di label wadah, di lembar data keselamatan, dan di aturan pengelolaan limbah. Sisa bahan yang sudah tidak dipakai pun masih berbahaya, jadi pengelolaannya diatur secara ketat.

### 1. Informasi bahaya dan sistem GHS

Dahulu tiap negara dan pabrik memakai simbol yang berbeda-beda. Perserikatan Bangsa-Bangsa menyusun **Sistem Harmonisasi Global (GHS)**, sistem yang seragam untuk mengklasifikasikan dan melabeli bahan kimia. Di Indonesia, ketentuan penerapannya ada di Peraturan Menteri Perindustrian No. 87/M-IND/PER/9/2009, yang diubah dengan Permenperin No. 23/M-IND/PER/4/2013. Sistem ini memberi tiga alat: **label** (ringkas, ada

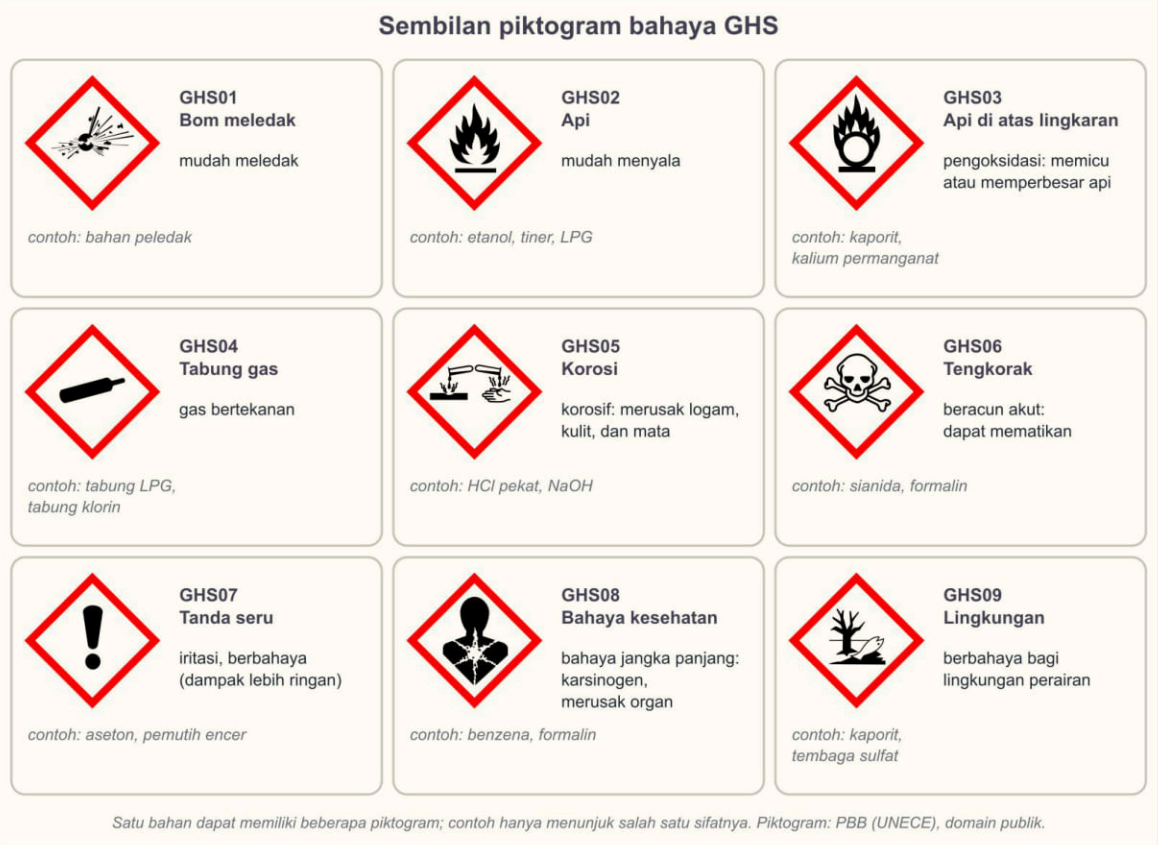


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

di wadah), **SDS** (lengkap, 16 bagian), dan aturan penyimpanan.

### 2. Piktogram GHS

**Piktogram** adalah simbol bahaya berbentuk belah ketupat bergaris tepi merah dengan gambar hitam di latar putih. Ada **sembilan** piktogram (Gambar 2.18). Piktogram menunjukkan **jenis** bahaya, bukan seberapa parah. Satu bahan dapat membawa beberapa piktogram sekaligus.




*Gambar 2.18 Sembilan piktogram bahaya GHS dengan artinya. Sumber: piktogram dari Wikimedia Commons (domain publik; GHS-pictogram-explos, -flamme, -rondflam, -bottle, -acid, -skull, -exclam, -silhouette, -pollu), disusun dan diberi label bahasa Indonesia oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Bahaya fisik: **bom meledak** (mudah meledak), **api** (mudah menyala), **api di atas lingkaran** (pengoksidasi, yang memicu atau memperbesar api), **tabung gas** (gas bertekanan), dan **korosi** (korosif terhadap logam, kulit, dan mata). Bahaya kesehatan dan lingkungan: **tengkorak dan tulang bersilang** (beracun akut), **tanda seru** (iritasi atau bahaya yang lebih ringan, termasuk uap yang membuat pusing atau mengantuk), **bahaya kesehatan** (siluet dada: bahaya jangka panjang seperti karsinogen atau kerusakan organ), dan **lingkungan** (bahaya bagi kehidupan perairan).

### 3. Kata sinyal, pernyataan bahaya (H), dan pernyataan kehati-hatian (P)

Selain piktogram, label GHS memuat:

- **Kata sinyal**: **BAHAYA** (*danger*) untuk bahaya yang lebih berat dan **PERINGATAN** (*warning*) untuk yang lebih ringan. Kata sinyal bukan nama piktogram: piktogram tanda seru tidak sama dengan "beracun", dan kata BAHAYA tidak berarti bahan itu beracun



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

akut.

- **Pernyataan bahaya (kode H)**: menjelaskan sifat bahayanya. H2xx bahaya fisik, H3xx bahaya kesehatan, H4xx bahaya lingkungan. Contohnya H225 (cairan dan uap sangat mudah menyala), H290 (dapat korosif pada logam), H314 (menyebabkan luka bakar parah pada kulit dan kerusakan mata), H335 (dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan), dan H400 (sangat beracun bagi kehidupan perairan).
- **Pernyataan kehati-hatian (kode P)**: menjelaskan tindakannya. P1xx umum, P2xx pencegahan (mis. P210: jauhkan dari panas, percikan api, dan api terbuka), P3xx tanggapan (mis. P305+P351+P338: bila terkena mata, bilas hati-hati dengan air selama beberapa menit, lepas lensa kontak bila mudah, lanjutkan membilas), P4xx penyimpanan (mis. P403+P233: simpan di tempat berventilasi baik, wadah tertutup rapat), dan P5xx pembuangan (mis. P501: buang isi dan wadah sesuai peraturan).
- Identitas produk dan pemasok.

Sebagai contoh membaca label, natrium hidroksida padat membawa piktogram korosi, kata sinyal BAHAYA, pernyataan H290 dan H314, serta pernyataan P seperti P280 (kenakan sarung tangan dan pelindung mata atau wajah) dan P305+P351+P338. Dari label itu kita tahu bahayanya (merusak logam, kulit, dan mata) dan tindakannya (pelindung mata dan tangan, bilas mata). Label hanya ringkasan; detail lengkap ada di SDS.

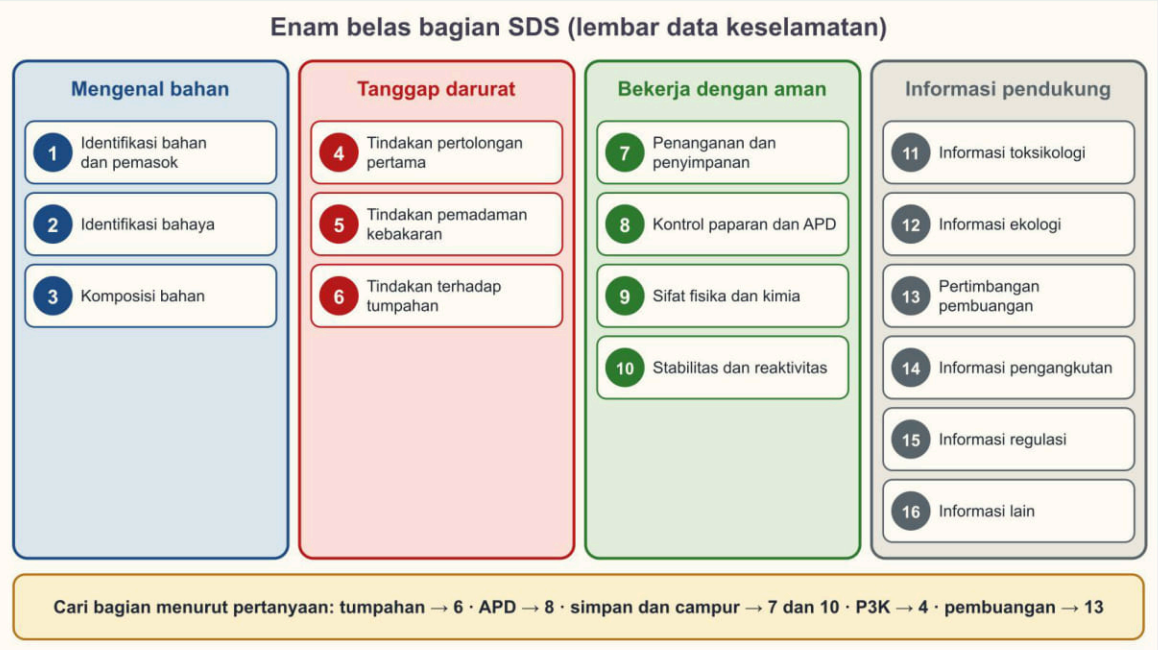
### 4. Lembar data keselamatan (SDS)

**SDS** (dulu disebut **MSDS**; dalam bahasa Indonesia Lembar Data Keselamatan, LDK atau LDKB) adalah dokumen dari pemasok yang menjelaskan satu bahan secara lengkap. Isinya terbagi dalam **16 bagian** dengan urutan yang sama untuk semua bahan di seluruh dunia (Gambar 2.19). Karena urutannya sama, kamu bisa langsung membuka bagian yang dibutuhkan.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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




*Gambar 2.19 Enam belas bagian SDS dikelompokkan menurut kegunaannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. Identifikasi bahan dan pemasok
2. Identifikasi bahaya
3. Komposisi atau informasi bahan penyusun
4. Tindakan pertolongan pertama
5. Tindakan pemadaman kebakaran
6. Tindakan terhadap tumpahan atau kebocoran
7. Penanganan dan penyimpanan
8. Kontrol paparan dan perlindungan diri (APD)
9. Sifat fisika dan kimia
10. Stabilitas dan reaktivitas
11. Informasi toksikologi
12. Informasi ekologi
13. Pertimbangan pembuangan
14. Informasi pengangkutan
15. Informasi regulasi
16. Informasi lain, termasuk tanggal revisi

Menjawab pertanyaan dengan SDS berarti memilih bagian yang tepat: **tumpahan** pada bagian 6, **APD** pada bagian 8, **penyimpanan dan bahan yang dihindari** pada bagian 7 dan 10, **P3K** pada bagian 4, **pemadaman api** pada bagian 5, dan **pembuangan** pada bagian 13. Pada soal tumpahan, misalnya, cara menyerap tumpahan datang dari bagian 6, APD dari bagian 8, dan larangan menaruh limbahnya dekat bahan pengoksidasi dari bagian 10. SDS harus mudah dijangkau di tempat kerja dan dibaca **sebelum** bahan dipakai.



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

## 5. Penyimpanan dan ketidakcocokan bahan

Bahan kimia tidak disimpan menurut "sama-sama korosif" atau "sama-sama cair", tetapi menurut **apakah mereka berbahaya bila bertemu**. Bahan yang tidak boleh berdekatan disebut **tidak cocok** (*incompatible*). Contoh yang paling penting:

- **Hipoklorit (pemutih, kaporit) + asam** menghasilkan **gas klorin** yang beracun: $NaOCl + 2HCl \rightarrow NaCl + Cl_2 + H_2O$.
- **Hipoklorit + amonia** menghasilkan kloramin yang beracun.
- **Sianida + asam** menghasilkan **gas HCN** yang sangat beracun.
- **Asam kuat + basa kuat** bereaksi dengan melepas panas hebat dan dapat memercik.
- **Pengoksidasi + bahan mudah terbakar** (pelarut, bahan organik) dapat memicu api.

Gambar 2.20 meringkas pasangan-pasangannya.

**Matriks ketidakcocokan penyimpanan bahan kimia (disederhanakan)**

| | Asam (mis. HCl, $H_3PO_4$) | Basa kuat (mis. NaOH) | Hipoklorit (pemutih, kaporit) | Pelarut mudah menyala (etanol) | Sianida (beracun) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Asam (mis. HCl, $H_3PO_4$)** | *kelompok yang sama* | ✗ panas hebat, memercik | ✗ gas klorin (beracun) | ✓ boleh* | ✗ gas HCN (sangat beracun) |
| **Basa kuat (mis. NaOH)** | ✗ panas hebat, memercik | *kelompok yang sama* | ✓ boleh: NaOH (amonia: tidak) | ✓ boleh* | ✗ beracun: dipisah |
| **Hipoklorit (pemutih, kaporit)** | ✗ gas klorin (beracun) | ✓ boleh: NaOH (amonia: tidak) | *kelompok yang sama* | ✗ pengoksidasi + bahan bakar: api | ✗ reaksi hebat |
| **Pelarut mudah menyala (etanol)** | ✓ boleh* | ✓ boleh* | ✗ pengoksidasi + bahan bakar: api | *kelompok yang sama* | ✗ beracun: dipisah |
| **Sianida (beracun)** | ✗ gas HCN (sangat beracun) | ✗ beracun: dipisah | ✗ reaksi hebat | ✗ beracun: dipisah | *kelompok yang sama* |

✗ = simpan terpisah (lemari atau area berbeda) ✓ = boleh berdekatan bila kemasan utuh dan tertutup

* tetap baca SDS bagian 7 dan 10; asam pengoksidasi pekat (mis. asam nitrat) dipisahkan dari pelarut dan bahan organik.

Matriks ini disederhanakan untuk latihan; untuk bahan tertentu, ikuti SDS.

*Gambar 2.20 Matriks ketidakcocokan penyimpanan bahan kimia (disederhanakan untuk latihan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Cara membacanya: ambil dua kelompok bahan, temukan sel pertemuannya. Sel merah berarti pisahkan (lemari atau area berbeda), sel hijau berarti boleh berdekatan bila kemasan utuh dan tertutup. Matriks ini sengaja sederhana; SDS bagian 7 dan 10 tetap menjadi acuan untuk bahan tertentu. Prinsip umum penyimpanan: wadah tertutup rapat dan berlabel, jauh dari panas dan sumber api, di lantai yang dilengkapi bak penampung tumpahan, dan kelompok yang tidak cocok dipisah.

## 6. Limbah B3: pengertian dan karakteristik

**B3** adalah bahan berbahaya dan beracun: zat, energi, atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, atau jumlahnya dapat mencemari atau merusak lingkungan dan membahayakan kesehatan serta kehidupan manusia dan makhluk hidup lain. **Limbah B3** adalah sisa suatu



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

usaha atau kegiatan yang mengandung B3. Ketentuannya ada dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 dan peraturan pelaksananya, yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. 6 Tahun 2021.

Limbah B3 dikenali dari **enam karakteristik**: **mudah meledak**, **mudah menyala**, **reaktif** (tidak stabil atau bereaksi hebat, misalnya dengan air atau asam), **infeksius** (mengandung penyebab penyakit), **korosif** (merusak logam atau jaringan), dan **beracun**. Limbah B3 juga dikelompokkan menjadi **kategori 1 dan kategori 2** menurut tingkat bahayanya, dan kategori ikut menentukan lama penyimpanan. Daftar nama limbah B3 menurut jenis dan sumbernya ada di Lampiran IX PP 22/2021.

Contoh limbah B3 di pabrik dan laboratorium: oli bekas, sisa pelarut, larutan sisa yang mengandung logam berat (timbal, krom), lumpur pengolahan limbah yang mengandung logam berat, aki bekas, dan **kemasan bekas bahan berbahaya** serta **benda yang terkontaminasi B3**, seperti kain majun berlumuran oli atau sarung tangan yang tercemar pelarut. Benda yang tercemar B3 menjadi limbah B3, meskipun benda aslinya tidak berbahaya.

### 7. Pengelolaan, wadah, label, dan TPS

Pengelolaan limbah B3 terdiri dari **pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan penimbunan**. Penghasil limbah (pabrikmu) bertanggung jawab atas pengurangan dan penyimpanan, dan menyerahkan limbah kepada pihak lain yang **berizin** (pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah). Penyerahan dicatat: jenis dan karakteristik limbah, jumlah, waktu, serta identitas pihak yang menerima.

**Pemisahan.** Limbah dikelompokkan menurut karakteristik dan kecocokannya. Limbah yang tidak cocok tidak boleh dimasukkan ke satu kemasan atau disimpan di satu bagian tempat penyimpanan. Contoh yang tidak cocok adalah limbah beracun dengan cairan mudah menyala. Limbah asam tidak boleh dicampur dengan limbah sianida, karena akan membentuk gas HCN.

**Wadah (kemasan).** Persyaratannya:

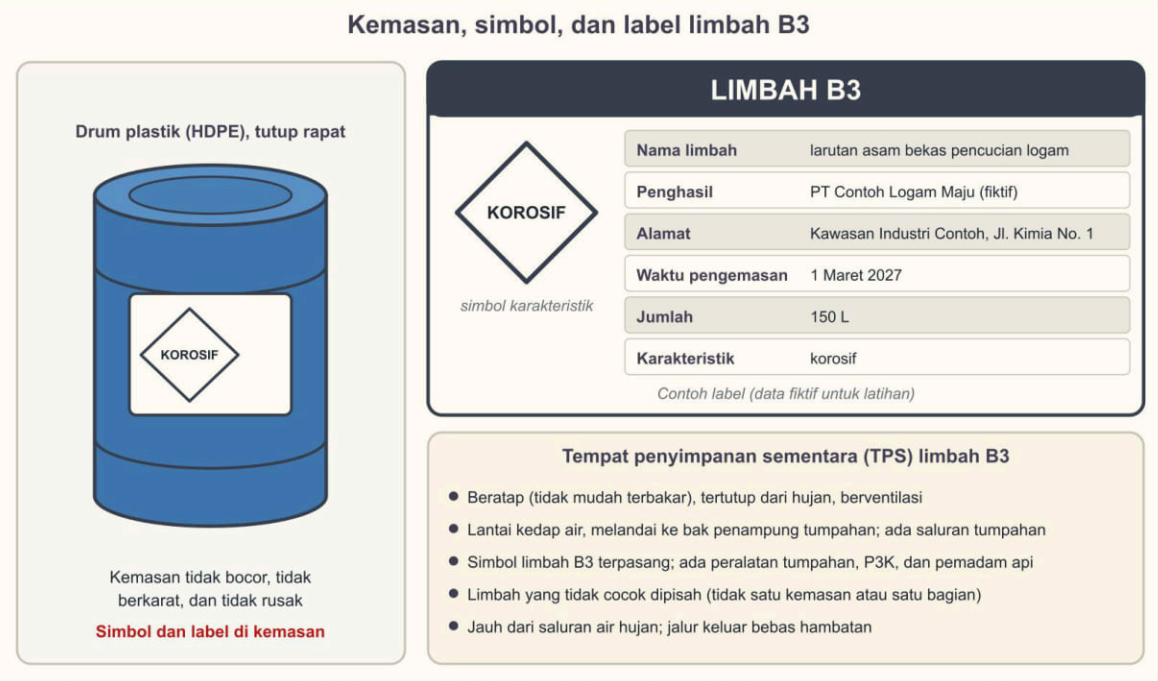
- terbuat dari **logam atau plastik yang cocok dengan sifat limbah**; limbah asam merusak drum baja dan memerlukan wadah tahan asam seperti plastik HDPE;
- mampu mengungkung limbah, punya **penutup yang kuat**, dan **tidak bocor, tidak berkarat, tidak rusak**;
- diberi **simbol dan label limbah B3**;
- selalu **tertutup rapat** dan dibuka hanya untuk menambah atau mengambil limbah;
- bentuknya dapat berupa drum, jumbo bag, tangki IBC, atau kontainer; kemasan bekas B3 boleh dipakai ulang bila karakteristiknya sama atau saling cocok, atau telah dicuci.

**Simbol dan label.** Simbol menunjukkan karakteristik limbah; label memuat keterangan tertulis tentang limbah: nama limbah, identitas dan alamat penghasil, waktu pengemasan, dan jumlah (Gambar 2.21). Label menyampaikan isi, tetapi **label tidak memperbaiki**



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

**wadah** yang tidak cocok. Drum baja berisi limbah asam tetap bermasalah walau labelnya benar.




*Gambar 2.21 Kemasan, simbol, dan contoh label limbah B3 (data fiktif) serta syarat TPS. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**Tempat penyimpanan sementara (TPS).** Menurut Permen LHK No. 6 Tahun 2021, TPS berupa bangunan antara lain memiliki: rancang bangun sesuai jenis, karakteristik, dan jumlah limbah; atap dari bahan yang tidak mudah terbakar dan terlindung dari hujan; sistem **ventilasi**; **lantai kedap air** dan tidak bergelombang yang landai ke arah **bak penampung tumpahan**; saluran drainase untuk tumpahan; dan **simbol limbah B3**. Tempat itu juga dilengkapi peralatan penanganan tumpahan, fasilitas pertolongan pertama, serta sistem pendeteksi dan pemadam kebakaran. Bangunan dibagi menjadi bagian-bagian, dan tiap bagian hanya untuk satu karakteristik limbah atau limbah yang saling cocok, dengan batas pemisah atau tanggul. Pada penyimpanan drum, jarak tumpukan dengan atap paling rendah satu meter, lebar gang antar blok paling sedikit 60 cm, dan tumpukan drum logam 200 liter paling banyak tiga lapis. Karena itu, tanah yang hanya dipadatkan walau beratap tidak memenuhi syarat lantai kedap, dan drum oli bekas tidak boleh dekat saluran air hujan yang terbuka.

**Lama penyimpanan.** Menurut Pasal 79 Permen LHK No. 6 Tahun 2021, penghasil menyimpan limbah B3 **paling lama** sejak limbah dihasilkan:

- **90 hari** bila limbah B3 dihasilkan **50 kg per hari atau lebih**;
- **180 hari** bila dihasilkan **kurang dari 50 kg per hari** untuk limbah B3 **kategori 1**;
- **365 hari** untuk limbah B3 **kategori 2** (dari sumber tidak spesifik dan spesifik umum bila kurang dari 50 kg per hari; dan dari sumber spesifik khusus).

Bila batas itu terlampaui, limbah harus dimanfaatkan atau diolah, atau diserahkan kepada pihak berizin. Selain itu, penyimpanan dipantau: kemasan diperiksa, kegiatan dicatat, dan



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

dokumen pencatatan dilaporkan sedikitnya enam bulan sekali. Pada soal latihan, batas waktu sering diberikan sebagai ketentuan perusahaan; hitung selisih tanggal masuk dengan tanggal pemeriksaan.

**Yang dilarang.** Limbah B3 **tidak** dibuang ke saluran air, tempat sampah, atau tanah, dan **tidak diencerkan** lalu dibuang, karena pengenceran tidak mengurangi jumlah pencemar. Netralisasi (menyesuaikan pH) juga tidak mengubah limbah timbal atau logam berat menjadi limbah biasa; logamnya tetap ada.

### 8. Limbah B3 atau non-B3?

**Limbah non-B3** adalah limbah yang tidak memiliki sifat B3 dan tidak tercemar B3, misalnya kardus yang bersih, plastik pembungkus yang bersih, kertas, sisa makanan kantin, dan potongan kayu bersih. Pemilahan dilakukan dengan dua pertanyaan: apakah limbah itu sendiri B3 (ada di daftar atau memenuhi karakteristik)? Apakah ia **tercemar** B3? Kardus bersih adalah non-B3, tetapi kardus yang basah oleh pelarut atau oli menjadi limbah B3. Jeriken kosong bekas asam yang belum dicuci adalah limbah B3 karena masih mengandung sisa asam; kemasan bekas yang aman dipakai ulang atau didaur ulang hanya setelah dibersihkan menurut prosedur.

### 9. Prinsip 3R

Pengelolaan limbah yang baik mengikuti urutan **3R**:

1. **Reduce** (mengurangi): menekan limbah di sumbernya. Peraturan menyebut caranya: mengganti bahan yang mengandung B3 dengan yang tidak (substitusi), memodifikasi proses agar lebih efisien, dan memakai teknologi ramah lingkungan.
2. **Reuse** (menggunakan ulang): memakai kembali tanpa mengolah ulang, misalnya wadah bekas untuk bahan yang sama atau cocok.
3. **Recycle** (mendaur ulang atau memanfaatkan): mengolah limbah menjadi bahan yang berguna, misalnya oli bekas yang dimanfaatkan oleh pihak berizin.

Prinsip ini juga berlaku untuk limbah non-B3: kardus didaur ulang dan sisa makanan dikomposkan. Pengurangan di sumber selalu lebih baik daripada mengolah limbah di ujung.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: memilah satu daftar limbah

Pada 2027, petugas lingkungan sebuah pabrik pelapisan logam mencatat limbah mingguan: (1) kaleng bekas pelarut yang belum dicuci; (2) plastik pembungkus bahan yang bersih; (3) tiner bekas; (4) sisa nasi kantin; (5) aki bekas forklift; (6) kertas bekas kantor; (7) sarung tangan yang tercemar pelarut; (8) potongan kayu palet yang bersih. Mana yang harus masuk TPS limbah B3? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tanya apakah B3 itu sendiri.** Tiner bekas (3) adalah pelarut mudah menyala, sedangkan aki bekas (5) mengandung asam dan logam berat: keduanya limbah B3.



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

2. **Tanya apakah tercemar B3.** Kaleng pelarut yang belum dicuci (1) masih berisi sisa pelarut, dan sarung tangan yang tercemar pelarut (7) membawa B3: keduanya terkontaminasi sehingga menjadi limbah B3.
3. **Sisanya non-B3.** Plastik bersih (2), sisa nasi (4), kertas (6), dan kayu bersih (8) tidak berbahaya dan tidak tercemar.

Jawaban: nomor 1, 3, 5, dan 7 masuk TPS limbah B3; nomor 2, 4, 6, dan 8 adalah limbah non-B3. Cek akal sehat: kemasan bekas dan benda yang tercemar B3 sering dianggap sampah biasa; di sini justru nomor 1 dan 7 termasuk B3 karena masih membawa bahan berbahaya. Jumlahnya 4 dan 4 dari 8.

### Contoh 2: menyusun penyimpanan empat bahan

Pada 2027, gudang kecil sebuah pabrik pembersih menerima empat bahan: pemutih (natrium hipoklorit), larutan amonia, asam fosfat, dan aseton. Gudang memiliki lemari-lemari terpisah. Paling sedikit berapa lemari yang diperlukan, dan bagaimana susunannya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Cari pasangan terlarang.** Pemutih + amonia: kloramin beracun. Pemutih + asam fosfat: gas klorin. Pemutih + aseton: pengoksidasi bertemu bahan mudah terbakar. Amonia + asam fosfat: basa bertemu asam, panas dan memercik.
2. **Cari pasangan yang boleh.** Amonia dan aseton boleh sekabinet (bukan pasangan terlarang). Asam fosfat (bukan asam pengoksidasi) dan aseton juga boleh.
3. **Susun kelompok.** Pemutih tidak cocok dengan ketiga bahan lain, sehingga harus sendiri. Dari tiga bahan sisanya, amonia dan asam fosfat tidak boleh berdampingan, sehingga tidak bisa dalam satu lemari. Jadi diperlukan paling sedikit tiga lemari.

Jawaban: tiga lemari, misalnya lemari 1 pemutih; lemari 2 amonia dan aseton; lemari 3 asam fosfat. Cek akal sehat: tidak ada satu lemari pun yang memuat pasangan terlarang. Susunan "pemutih dan asam fosfat karena sama-sama cair korosif" salah, karena yang menentukan adalah reaksi, bukan wujud.

### Contoh 3: wadah dan batas simpan limbah asam

Pada 2027, sebuah pabrik penyepuhan logam menghasilkan sekitar 150 L limbah asam bekas pencucian logam setiap 30 hari (massa jenis sekitar 1,1 g/mL). Limbah itu termasuk limbah B3 kategori 1. Pilih wadah yang tepat dan tentukan batas penyimpanannya bila limbah pertama masuk TPS pada 1 Maret 2027. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Pilih wadah menurut sifat limbah.** Limbah asam korosif merusak logam, jadi drum baja tidak tepat. Gunakan drum plastik HDPE yang cocok dengan asam, bertutup kuat, tidak bocor, dan disimpan tertutup rapat.
2. **Beri simbol dan label.** Simbol korosif, nama limbah, penghasil dan alamat, waktu pengemasan, dan jumlah.
3. **Hitung laju produksi.** 150 L ÷ 30 hari = 5 L per hari ≈ 5,5 kg per hari, jauh di bawah 50 kg per hari.



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

4. **Tentukan batas simpan.** Kategori 1 dengan kurang dari 50 kg per hari: paling lama 180 hari sejak dihasilkan (Pasal 79). Dari 1 Maret 2027, batasnya sampai 28 Agustus 2027.
5. **Simpan di TPS yang sesuai**: atap, lantai kedap miring ke bak tumpahan, terpisah dari limbah yang tidak cocok (misalnya limbah sianida).

Jawaban: drum HDPE berlabel dan bersimbol; disimpan di TPS dan paling lambat diserahkan kepada pihak berizin pada 28 Agustus 2027. Cek akal sehat: 5,5 kg per hari memang kurang dari 50 kg, sehingga batas 90 hari tidak berlaku. Mengganti label tanpa mengganti drum baja tidak menyelesaikan masalah wadah.

### Contoh 4: membaca label bahan untuk menentukan tindakan

Pada 2027, Tia, analis baru di pabrik pulp kertas, menerima botol natrium hidroksida padat. Labelnya: piktogram korosi, kata sinyal BAHAYA, H290 dan H314, P280, dan P305+P351+P338. Ia akan menimbang beberapa gram NaOH di neraca. Apa yang harus ia siapkan, dan bagian SDS apa yang ia buka? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Baca piktogram dan kata sinyal.** Korosi dan BAHAYA berarti bahan merusak logam, kulit, dan mata dengan tingkat bahaya tinggi.
2. **Terjemahkan kode H.** H290: dapat korosif pada logam, jadi jangan disimpan di wadah logam yang rentan berkarat. H314: luka bakar kulit parah dan kerusakan mata.
3. **Terjemahkan kode P.** P280: pakai sarung tangan dan pelindung mata atau wajah. P305+P351+P338: bila mata terkena, bilas hati-hati dengan air beberapa menit, lepas lensa kontak bila mudah, lanjutkan membilas.
4. **Buka SDS.** Bagian 8 untuk jenis APD dan ventilasi, bagian 4 untuk P3K, bagian 6 untuk tumpahan, dan bagian 7 dan 10 untuk penyimpanan dan bahan yang dihindari (asam).

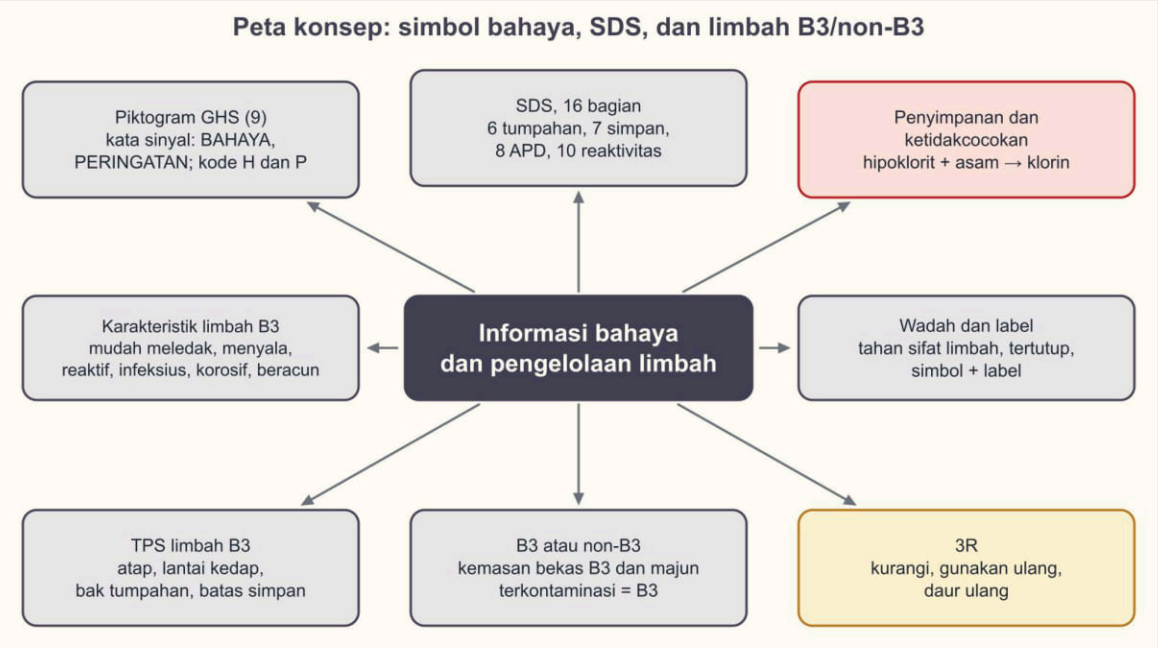
Jawaban: goggle, sarung tangan karet atau nitril, apron, dan masker debu bila berdebu; pembilas mata dekat; SDS bagian 8, 4, 6, 7, 10. Cek akal sehat: label hanya ringkasan; keputusan rinci diambil dari SDS. Kata BAHAYA menandakan tingkat yang lebih berat, bukan berarti beracun akut.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 2.22 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 2.22 Peta konsep simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Sembilan piktogram** menunjukkan jenis bahaya; **BAHAYA** lebih berat daripada **PERINGATAN**; kode **H** menyatakan bahaya, kode **P** menyatakan tindakan.
- **SDS (dulu MSDS)** memiliki **16 bagian**; tumpahan = 6, simpan = 7 dan 10, APD = 8, P3K = 4, pembuangan = 13.
- **Hipoklorit + asam → gas klorin**; sianida + asam → HCN; asam + basa kuat → panas. Kelompokkan menurut reaksi, bukan menurut "sama-sama korosif".
- **Enam karakteristik B3:** mudah meledak, mudah menyala, reaktif, infeksius, korosif, beracun.
- **Wadah** harus cocok dengan sifat limbah (asam: bukan drum baja), tertutup, bersimbol dan berlabel; **TPS** beratap, lantai kedap miring ke bak tumpahan, berventilasi.
- **Batas simpan:** 90 hari (≥ 50 kg/hari); 180 hari (< 50 kg/hari, kategori 1); 365 hari (kategori 2).
- **Kemasan bekas B3 dan majun terkontaminasi = limbah B3**; kardus bersih dan sisa makanan = non-B3.
- **3R:** kurangi, gunakan ulang, daur ulang.

**Istilah penting:** GHS (sistem harmonisasi global untuk klasifikasi dan label bahan kimia); piktogram (simbol bahaya berbentuk belah ketupat); kata sinyal (BAHAYA atau PERINGATAN); kode H (pernyataan bahaya); kode P (pernyataan kehati-hatian); SDS (lembar data keselamatan; dulu MSDS); tidak cocok (pasangan bahan yang berbahaya bila bertemu); B3 (bahan berbahaya dan beracun); limbah B3 (sisa kegiatan yang mengandung B3); TPS (tempat penyimpanan sementara); karakteristik limbah (sifat yang menandai limbah B3); terkontaminasi (tercemar B3); limbah non-B3 (limbah tanpa sifat B3 dan tidak tercemar B3); 3R (reduce, reuse, recycle).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal bahan dan limbah:

1. **Cari informasi pada tempat yang tepat**: label untuk ringkasan, SDS bagian 6, 7, 8, atau 10 untuk keputusan rinci.
2. **Untuk penyimpanan, pasangkan bahan menurut reaksinya**, bukan menurut kelompok umum seperti "korosif".
3. **Untuk limbah, tanya tiga hal**: apakah B3 atau tercemar B3, apakah wadahnya cocok, dan apakah batas waktu simpannya terlampaui.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Satu kelompok "korosif"**: pemutih dan asam ditaruh bersama padahal melepas gas klorin.
- **Majun, sarung tangan, atau kemasan bekas dianggap sampah biasa**, padahal tercemar B3.
- **Drum baja untuk limbah asam**, atau label dianggap memperbaiki wadah yang tidak cocok.
- **Limbah diencerkan atau dinetralkan lalu dibuang**, atau dibuang ke tempat sampah setelah diendapkan.
- **Limbah asam dan sianida dicampur "agar hemat tempat"**.
- **Kemasan tertutup dikira cukup** padahal tidak berlabel atau lantai TPS tidak kedap (atap saja tidak cukup).
- **Kata sinyal dan piktogram tertukar**: BAHAYA tidak berarti beracun; yang menandakan racun akut adalah tengkorak.
- **Selisih hari salah dihitung** pada soal batas lama simpan; hitung dari tanggal limbah masuk.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menaruh larutan pemutih dan asam klorida pekat di lemari yang sama dengan alasan "keduanya cairan korosif dan botolnya tertutup". Jika salah satu botol bocor, hipoklorit dan asam bertemu dan melepas gas klorin yang beracun. Yang benar: pisahkan keduanya, dan simpan di tempat yang dilengkapi bak penampung tumpahan.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji penyimpanan bahan menurut ketidakcocokannya, dibaca dari SDS bagian 7 dan 10. Cari pasangan terlarang lebih dulu, lalu bagi kelompok. Pakai bagian 5 dan Gambar 2.20.



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

►. Gudang kecil pabrik deterjen akan menata empat bahan ke dalam dua lemari terpisah (2027). Ringkasan bagian SDS yang dibaca Yudi:

| Bahan | Bahaya utama | Jangan disimpan bersama |
|---|---|---|
| Natrium hipoklorit 12% | korosif, pengoksidasi | asam (membebaskan gas klorin) |
| Asam klorida 32% | korosif, uap mengiritasi | pengoksidasi, basa kuat |
| Natrium hidroksida padat | korosif | asam |
| Etanol 96% | mudah menyala | pengoksidasi |

Setiap lemari boleh berisi dua bahan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pembagian lemari yang tepat adalah ....

A. Lemari 1: asam klorida + etanol; lemari 2: hipoklorit + NaOH
B. Lemari 1: hipoklorit + etanol; lemari 2: asam klorida + NaOH
C. Lemari 1: hipoklorit + asam klorida; lemari 2: NaOH + etanol
D. Perlu lemari ketiga karena asam klorida tidak boleh bersama tiga bahan lain
E. Perlu lemari ketiga karena etanol harus terpisah dari semua bahan korosif

**Pembahasan** **Kunci: A**

**Konsep:** Bagian 7 (penanganan dan penyimpanan) dan bagian 10 (stabilitas dan reaktivitas) SDS memuat bahan yang tidak boleh disimpan bersama. Pembagian yang benar tidak menempatkan pasangan yang saling bereaksi dalam satu tempat.

**Langkah:**
1. Pasangan terlarang: hipoklorit–HCl, HCl–NaOH, NaOH–(asam), etanol–hipoklorit.
2. Hipoklorit hanya aman bersama NaOH (keduanya basa, bukan asam, bukan bahan menyala).
3. Sisanya HCl + etanol: etanol hanya dilarang bersama pengoksidasi, HCl bukan pengoksidasi → aman.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Kedua lemari tidak berisi pasangan terlarang.
• **B.** ✗ Hipoklorit (pengoksidasi) bersama etanol (mudah menyala) dan HCl bersama NaOH, keduanya dilarang.
• **C.** ✗ Jebakan: dikelompokkan sebagai sesama cairan korosif, padahal hipoklorit + asam membebaskan gas klorin beracun.
• **D.** ✗ Jebakan: HCl memang dilarang bersama pengoksidasi dan basa kuat, tetapi tidak dilarang bersama etanol.
• **E.** ✗ Jebakan: etanol hanya dilarang bersama pengoksidasi (hipoklorit), bukan bersama semua bahan korosif.

**Jawaban: A.**



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

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tentukan dulu apakah bahannya B3 atau tercemar B3, wadah mana yang cocok dengan sifatnya, dan pasangan mana yang tidak boleh bertemu.

**1.** Pabrik penyepuhan logam milik Pak Hasan menghasilkan limbah cair asam dan limbah cair bersianida (2027). Konsultan lingkungan meminta Laras, staf HSE yang baru, memeriksa usulan tata kelola limbah dari para supervisor sebelum disahkan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Kedua jenis limbah cair disimpan dalam drum baja tertutup berlabel karena baja paling kuat menahan benturan.
☐ B. Limbah asam dan limbah sianida digabung dalam satu drum agar hemat tempat.
☐ C. TPS limbah B3 beratap, berlantai kedap, dan dilengkapi bak penampung tumpahan.
☐ D. Limbah diserahkan kepada pengangkut berizin disertai dokumen serah terima limbah.
☐ E. Limbah asam diencerkan dengan air sampai kadarnya di bawah baku mutu lalu dibuang ke saluran.

**2.** Petugas lingkungan pabrik pelapisan logam mendata limbah satu minggu (2027) dan harus memutuskan limbah mana yang masuk tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3:

| No. | Limbah |
|---|---|
| 1 | Jeriken kosong bekas asam sulfat, belum dicuci |
| 2 | Kardus kemasan bahan baku yang bersih |
| 3 | Lumpur IPAL yang mengandung krom |
| 4 | Sisa makanan kantin |
| 5 | Oli bekas kompresor |
| 6 | Kain majun berlumuran oli |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Limbah yang harus masuk TPS limbah B3 adalah ....

A. 1, 3, 5, dan 6
B. 3, 5, dan 6
C. 1, 3, dan 5
D. 1, 2, 3, 5, dan 6
E. 3 dan 5



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

**3.** Setelah praktik uji kualitatif di laboratorium pabrik cat, tersisa 3 L larutan yang mengandung timbal (Pb) (2027). Dodi, analis baru, mengusulkan beberapa cara menangani sisa larutan itu. Pabrik sudah bekerja sama dengan pengolah limbah B3 berizin yang mengambil limbah setiap bulan.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Cara yang paling tepat adalah ....

A. Menampung di jeriken tertutup berlabel B3, lalu diserahkan ke pengolah berizin
B. Menyimpannya di gelas kimia bertutup plastik di lemari asam sampai jadwal pengambilan
C. Mencampurnya dengan limbah asam di drum limbah laboratorium agar lebih ringkas
D. Mengendapkan timbal, membuang cairannya ke saluran, dan menyimpan endapannya di tempat sampah
E. Menetralkan larutan dengan NaOH lalu menyerahkannya bersama limbah non-B3

**4.** Pada 15 April 2027, staf HSE pabrik kertas memeriksa TPS limbah B3. Ketentuan perusahaan: limbah disimpan paling lama 90 hari, wadah tahan terhadap sifat limbah, tertutup, dan berlabel.

| Wadah | Isi | Tanggal masuk | Keterangan wadah |
|---|---|---|---|
| Drum 1 | oli bekas | 3 Januari 2027 | drum baja, tertutup, berlabel |
| Drum 2 | limbah asam | 10 Februari 2027 | drum baja, tertutup, berlabel |
| Jeriken 3 | sisa pelarut | 20 Maret 2027 | HDPE, tutup hilang, tanpa label |
| Karung 4 | majun bekas oli | 15 Maret 2027 | karung plastik, terikat, berlabel |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Pernyataan yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Drum 1 harus segera diserahkan ke pengangkut berizin karena sudah melewati batas lama simpan.
☐ B. Drum 2 sudah memenuhi ketentuan karena tertutup, berlabel, dan baru disimpan 64 hari.
☐ C. Jeriken 3 melanggar dua ketentuan sekaligus.
☐ D. Karung 4 sudah melewati batas lama simpan sehingga harus dikirim hari itu juga.
☐ E. Masalah Drum 2 selesai bila labelnya diganti menjadi "limbah asam korosif".

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



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pemutih dan asam tidak boleh sekabinet, dan bagian SDS mana yang memuat larangan itu?
- Mengapa kain majun berlumuran oli termasuk limbah B3, sedangkan kardus bersih tidak?
- **Yang harus kuingat:** sembilan piktogram, BAHAYA dan PERINGATAN, kode H dan P; 16 bagian SDS; hipoklorit + asam → klorin; enam karakteristik B3; wadah harus cocok dengan sifat limbah; batas simpan 90, 180, dan 365 hari; kemasan bekas dan majun terkontaminasi = B3; 3R.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 2.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-2.4



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

# Kuis Akhir Bab 2

SMKTKI-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-smktki&node=SMKTKI-KB2

**1.** Pabrik sirup jahe merah "Hangat Rempah" memekatkan 600 kg ekstrak jahe berkadar padatan terlarut 6% menjadi sirup berkadar 24% memakai evaporator vakum (2027). Hanya air yang menguap, dan tekanan di ruang penguapan sengaja dijaga rendah. Dito, operator evaporator, menuliskan beberapa catatan dan atasannya meminta catatan itu dinilai.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Pernyataan yang benar adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

- ☐ A. Sirup pekat memuat padatan terlarut lebih banyak daripada ekstrak awal karena padatan ikut terkonsentrasi.
- ☐ B. Sirup pekat yang dihasilkan seberat 150 kg, sebab padatan terlarut 36 kg sama dengan 24% massa sirup.
- ☐ C. Air yang harus diuapkan seberat 108 kg, yaitu 600 kg dikalikan selisih kadar sebesar 18%.
- ☐ D. Tekanan rendah menurunkan titik didih sehingga air menguap pada suhu lebih rendah dan aroma jahe terjaga.
- ☐ E. Air yang harus diuapkan seberat 450 kg, yaitu selisih massa ekstrak awal dan massa sirup pekat.



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

**2.** Pabrik ekstrak jahe "Rimpang Sehat" memulihkan etanol dari larutan bekas ekstraksi memakai kolom distilasi (2027). Pada satu batch, umpan 400 kg larutan bekas berkadar etanol 18% menghasilkan 60 kg distilat berkadar etanol 90%, dan sisanya keluar sebagai residu. Syarat pabrik: perolehan etanol di distilat paling sedikit 80% dari etanol di umpan. Dewi, operator kolom, menilai hasil batch itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Perolehan etanol 13,5% karena etanol di distilat (54 kg) dibagi massa umpan seluruhnya (400 kg). | ○ | ○ |
| Perolehan etanol 75%, sehingga batch itu belum memenuhi syarat perolehan 80%. | ○ | ○ |
| Residu seberat 340 kg masih membawa 18 kg etanol, yaitu kadar sekitar 5,3%. | ○ | ○ |

**3.** Pabrik buah kaleng "Segar Alami" menyiapkan 300 kg sirup perendam berkadar gula 20% (b/b) (2027). Sirup itu harus dinaikkan menjadi 36% (b/b) dengan menambahkan gula pasir murni, tanpa menambah atau menguapkan air. Bu Marta, kepala produksi, meminta Yudi menghitung massa gula pasir yang harus ditambahkan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa gula pasir yang harus ditambahkan adalah ....

A. 48,0 kg
B. 75,0 kg
C. 108,0 kg
D. 133,3 kg
E. 166,7 kg

**4.** Bagian sanitasi pabrik minuman jeruk "Segar Tirta" membuat 40 L larutan klorin 250 mg/L setiap hari untuk merendam tutup botol (2027). Larutan dibuat dari kaporit, dan tiga pemasok menawarkan produk dengan kadar klorin aktif berbeda seperti pada tabel. Tantri, staf pembelian, ingin memilih produk yang biaya bahannya paling murah per hari.

| Produk | Kadar klorin aktif | Harga per kg |
|---|---|---|
| A | 60% | Rp54.000 |
| B | 65% | Rp56.000 |
| C | 70% | Rp70.000 |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Produk yang paling hemat dan biaya kaporitnya per hari adalah ....

A. Produk A, sekitar Rp900 per hari
B. Produk B, sekitar Rp862 per hari
C. Produk C, sekitar Rp1.000 per hari
D. Produk A, sekitar Rp540 per hari
E. Produk B, sekitar Rp364 per hari

**5.** Laboratorium pabrik pupuk amonium sulfat "Karya Tani" membutuhkan 250 mL larutan $H_2SO_4$ 2,0 M untuk analisis bahan baku (2027). Persediaan asam sulfat pekat berlabel: kadar 98% (b/b), massa jenis 1,84 g/mL, Mr = 98. Nisa, analis muda, menghitung volume asam pekat yang harus diambil untuk dimasukkan ke labu takar 250 mL.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Volume asam sulfat pekat yang harus diambil adalah ....

A. 108,7 mL
B. 92,0 mL
C. 50,0 mL
D. 27,2 mL
E. 13,6 mL

**6.** Laboratorium pabrik biskuit "Renyah Manis" menentukan kadar klorida air proses dengan titrasi (2027). Analis Wulan menyiapkan larutan standar NaCl, lalu mengambil 25,00 mL larutan itu secara tepat untuk dimasukkan ke erlenmeyer. Pembimbing laboratorium meminta Wulan menjelaskan alasan pilihan alat dan cara kerjanya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Cara kerja yang benar adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Gelas ukur 25 mL dipakai untuk mengambil 25,00 mL karena ketelitiannya setara pipet volumetrik.
☐ B. Larutan standar dibuat di labu takar karena konsentrasinya harus diketahui dengan tepat.
☐ C. Labu takar dikeringkan dalam oven agar cepat kering sebelum dipakai untuk menera larutan.
☐ D. Pipet volumetrik dipakai untuk mengambil 25,00 mL karena mengambil satu volume tetap secara sangat teliti.
☐ E. Larutan dituang ke gelas kimia bersih lalu dipipet dari sana, dan sisanya tidak dikembalikan ke botol.

**7.** Pabrik minyak serai wangi "Wangi Nusa" di Garut menampung hasil penyulingan uap berupa campuran minyak serai dan air (2027). Minyak serai tidak larut dalam air dan lebih ringan sehingga mengapung di atasnya. Minyak itu mudah menguap dan rusak bila



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

dipanaskan lagi. Tari, petugas pengemasan, harus memilih cara memisahkan minyak dari air.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Cara pemisahan yang paling tepat adalah ....

A. Penyaringan dengan kertas saring, karena kertas saring menahan minyak yang tidak larut
B. Distilasi ulang campuran, karena minyak tidak bercampur dengan air dan titik didihnya berbeda
C. Corong pisah, karena dua cairan yang tidak bercampur terpisah menurut massa jenisnya
D. Kristalisasi dengan pendinginan, karena minyak yang mengapung membeku lebih dulu daripada air
E. Adsorpsi dengan karbon aktif, karena karbon aktif menjerap minyak yang tidak larut dari air

**8.** Koperasi pesantren "Al-Barokah" memproduksi tawas dan garam dapur murni dari larutan jenuh panas masing-masing (2027). Kelarutan tawas pada 80 °C jauh lebih besar daripada pada 20 °C, sedangkan kelarutan garam dapur pada kedua suhu itu hampir sama. Kristal yang sudah terbentuk harus dipisahkan dari larutan induk. Ustaz Rizal meminta Salma, pengurus koperasi, menilai cara kerja berikut.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Cara kerja yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Larutan tawas jenuh yang panas didinginkan agar sebagian besar tawas mengkristal.
☐ B. Larutan garam dapur didinginkan seperti tawas karena kristal garam bertambah banyak saat dingin.
☐ C. Sebagian air dari larutan garam dapur diuapkan sampai kristal garam terbentuk.
☐ D. Kristal dibilas dengan banyak air panas agar semua pengotor larutan induk terbawa.
☐ E. Kristal dipisahkan dari larutan induk dengan penyaringan, lalu dibilas sedikit dengan air dingin.

**9.** Pabrik sabun batang "Harum Alami" mencampur tiga larutan natrium hidroksida (soda api) dari tiga tangki ke satu tangki pencampur (2027). Kadar NaOH campuran harus paling sedikit 16% (b/b) agar sabun mengeras sempurna. Data larutan yang dialirkan tercantum pada tabel. Hasan, operator pencampuran, diminta menilai campuran itu sebelum dipakai.

| Larutan | Massa (kg) | Kadar NaOH (% b/b) |
|---|---|---|
| Tangki 1 | 250 | 8 |
| Tangki 2 | 400 | 15 |
| Tangki 3 | 150 | 30 |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kadar NaOH campuran dan penilaiannya adalah ....

A. 15,6%; belum memenuhi syarat
B. 12,3%; belum memenuhi syarat
C. 15,6%; sudah memenuhi syarat
D. 17,7%; sudah memenuhi syarat
E. 18,5%; sudah memenuhi syarat

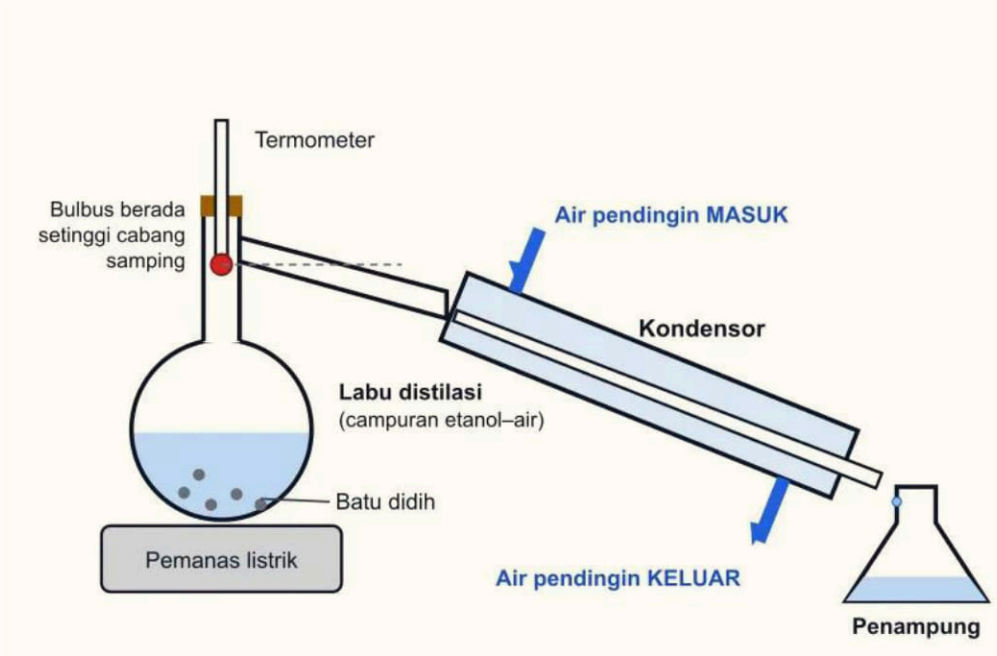
**10.** Koperasi pengolah teh herbal "Daun Sehat" di Kebumen menerima pesanan 240 kg teh kering berkadar air 5% (2027). Daun segar yang dibeli dari petani berkadar air 62%. Selama pengeringan hanya air yang hilang. Rini, staf pembelian, harus menghitung berapa kilogram daun segar yang perlu dipesan agar pesanan terpenuhi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa daun segar yang perlu dipesan adalah ....

A. 367,7 kg
B. 388,8 kg
C. 558,1 kg
D. 600,0 kg
E. 631,6 kg



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

**11.** Tim laboratorium SMK Tirta Mandiri merangkai alat distilasi untuk memisahkan etanol dari hasil fermentasi (2027). Rangkaian yang sudah terpasang tampak pada gambar di atas. Guru meminta Kirana, siswa kelas XI, memeriksa rangkaian itu sebelum pemanas dinyalakan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang benar tentang rangkaian pada gambar adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)




*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Termometer perlu diturunkan sampai bulbusnya terendam cairan agar suhu didih campuran terbaca.

☐ B. Selang air pendingin perlu dipertukarkan agar air masuk dari ujung bawah dan keluar dari ujung atas.

☐ C. Batu didih di labu tidak diperlukan karena pemanas listrik sudah memanaskan labu secara merata.

☐ D. Bulbus yang sejajar dengan cabang samping sudah tepat karena mengukur suhu uap yang akan masuk kondensor.

☐ E. Cairan yang menetes ke penampung adalah residu, sedangkan distilat adalah yang tertinggal di labu.



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

**12.** Unit pengantongan pabrik pupuk NPK "Subur Tani" menghasilkan debu halus saat bubuk pupuk jatuh ke kantong (2027). Pekerja mengeluh batuk dan mata perih. Tim K3 menyusun usulan pengendalian dan meminta Ratna, staf HSE, menilainya menurut hierarki pengendalian bahaya. Pupuk dapat dibuat berbutir lebih besar tanpa menurunkan mutu. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang benar adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengganti pupuk bubuk dengan pupuk berbutir besar yang lebih sedikit berdebu termasuk substitusi, yang lebih efektif daripada APD.

☐ B. Rotasi pekerja tiap jam menghilangkan debu dari ruang pengantongan sehingga alat pengisap debu tidak diperlukan.

☐ C. Menutup corong pengisian dan memasang pengisap debu di titik jatuhnya pupuk adalah pengendalian teknik di sumber debu.

☐ D. Membagikan masker debu kepada semua pekerja sudah cukup sehingga perubahan alat dan bahan tidak lagi diperlukan.

☐ E. Masker debu tetap dipakai pekerja setelah pengisap debu dipasang karena APD merupakan lapis pengendalian yang terakhir.

**13.** Prosedur sanitasi di pabrik roti "Roti Hangat" mensyaratkan larutan klorin 100 mg/L (2027). Pada galon larutan siap pakai tertulis kadar klorin 0,1% (b/v). Operator kebersihan, Joko, ingin memastikan apakah larutan itu sudah sesuai prosedur sebelum dipakai membersihkan tangki.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penilaian yang benar adalah ....

A. Tidak sesuai: 0,1% (b/v) setara 1.000 mg/L, jadi 10 kali lebih pekat daripada syarat

B. Sesuai: 0,1% (b/v) sama dengan 100 mg/L, jadi tepat memenuhi syarat prosedur

C. Tidak sesuai: 0,1% (b/v) setara 10 mg/L, jadi 10 kali lebih encer daripada syarat

D. Tidak sesuai: 0,1% (b/v) setara 10.000 mg/L, jadi 100 kali lebih pekat daripada syarat

E. Tidak sesuai: 0,1% (b/v) setara 0,1 mg/L, jadi 1.000 kali lebih encer daripada syarat



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

**14.** Gudang reagen pabrik minyak goreng "Gurih Sehat" menerapkan Rapi dengan prinsip bahan yang lebih dulu kedaluwarsa diambil lebih dulu (2027). Empat botol reagen yang sama dan belum dibuka akan ditata di rak: botol 1 diterima 4 Januari, kedaluwarsa 30 September; botol 2 diterima 15 Februari, kedaluwarsa 31 Juli; botol 3 diterima 10 Maret, kedaluwarsa 31 Desember; botol 4 diterima 2 April, kedaluwarsa 31 Oktober. Rudi, staf gudang, harus menentukan urutan pengambilan dari yang pertama.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan pengambilan yang tepat adalah ....

A. Botol 2, 1, 4, 3
B. Botol 1, 2, 3, 4
C. Botol 4, 3, 2, 1
D. Botol 3, 4, 1, 2
E. Botol 2, 1, 3, 4

**15.** Laboratorium kimia SMK "Tunas Mandiri" akan menerapkan 5R pada ruang persiapan yang berantakan (2027). Guru pembimbing menuliskan lima kegiatan tanpa urutan: (P) memasang label dan garis batas tempat tiap alat; (Q) menyingkirkan botol pereaksi kedaluwarsa dan alat pecah; (R) menyusun daftar periksa dan memotret kondisi rak yang benar; (S) mengelap rak dan lantai sambil mencari sumber tetesan; (T) mengadakan pemeriksaan berkala dan memberi umpan balik kepada siswa piket. Dina, ketua regu, harus mengurutkannya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan yang sesuai dengan 5R adalah ....

A. P → Q → S → R → T
B. Q → S → P → R → T
C. Q → P → R → S → T
D. Q → P → S → T → R
E. Q → P → S → R → T



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

**16.** Dua pekerja akan membersihkan silo penampung dedak di pabrik pakan "Ternak Makmur" (2027). Silo hanya memiliki satu lubang di atas, dan sisa dedak lembap di dasarnya dapat terus menghasilkan karbon dioksida. Prosedur perusahaan mensyaratkan kadar oksigen minimal 19,5% sebelum pekerja masuk. Uji udara awal menunjukkan oksigen 19,0%, sedangkan gas mudah terbakar tidak terdeteksi. Rangga, petugas K3, memeriksa rencana kerja tim.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Oksigen 19,0% masih di bawah syarat 19,5%, sehingga pekerja belum boleh masuk sebelum ventilasi paksa dan uji ulang menunjukkan udara aman. | ○ | ○ |
| Setelah uji ulang pertama menunjukkan udara aman, ventilasi paksa boleh dimatikan karena gas tidak akan terbentuk lagi. | ○ | ○ |
| Bila seorang pekerja pingsan di dalam, petugas siaga memanggil tim penyelamat terlatih dan tidak ikut masuk tanpa alat pernapasan. | ○ | ○ |



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

**17.** Gudang bahan sebuah pabrik papan sirkuit menerima lima jeriken cairan etsa "EtsaKlir" (2027). Label pada jeriken tampak pada gambar di atas. Gita, staf gudang, menyusun rencana penyimpanan dan penanganan berdasarkan label itu dan meminta teknisi senior menilainya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Rencana yang sesuai dengan label adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)




*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Jeriken dipisahkan ke lemari khusus bahan beracun akut karena label memuat kata sinyal BAHAYA.

☐ B. Jeriken ditaruh di bak penampung plastik, bukan di rak baja, karena cairan dapat korosif pada logam.

☐ C. Penuang cairan memakai sarung tangan pelindung serta pelindung mata atau wajah sepanjang pekerjaan.

☐ D. Sisa cairan dibilas ke saluran got dengan air yang banyak karena sudah menjadi sangat encer.

☐ E. Bila terpercik ke mata, bilas hati-hati dengan air, lepas lensa kontak bila mudah, lanjutkan membilas.



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

**18.** Mesin pengisi botol di pabrik minuman "Citarasa Nusantara" dikunci dengan prosedur LOTO oleh tiga teknisi, Dika, Eka, dan Fani, yang masing-masing memasang gembok dan label pada saklar utama (2027). Pukul 14.00 tugas Dika di panel luar selesai, sedangkan Eka dan Fani masih memeriksa nozel di dalam rangka mesin. Operator ingin segera memulai produksi dan meminta saklar utama dibuka.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang tepat adalah ....

A. Dika melepas ketiga gembok setelah memastikan area aman, lalu memberi tahu operator
B. Saklar dibuka dengan membiarkan label tetap menempel karena label sudah menjadi peringatan
C. Supervisor memotong gembok Eka dan Fani karena tugas Dika selesai dan produksi menunggu
D. Dika melepas gemboknya sendiri, sedangkan saklar tetap terkunci oleh gembok Eka dan Fani
E. Saklar dibuka sebentar untuk uji coba mesin dalam keadaan kosong, lalu dikunci kembali oleh Dika

**19.** Tim K3 pabrik pengemasan bahan kimia rumah tangga "Bersih Kita" menilai empat bahaya dengan skala 1 sampai 5; nilai risiko = kemungkinan × keparahan (2027). Hasilnya: S, percikan asam saat pemindahan (kemungkinan 4, keparahan 4); Q, uap amonia dari tangki bocor (2 dan 5); P, tangga tanpa pegangan (3 dan 3); R, kebisingan mesin pengemas (4 dan 2). Pompa pemindah tertutup kemudian dipasang sehingga kemungkinan S turun menjadi 1, sedangkan keparahan S tetap. Wulan, staf HSE, menyusun ulang urutan penanganan bahaya yang tersisa.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan prioritas terbaru, dari yang pertama ditangani, adalah ....

A. S, Q, P, R, karena S tetap paling berbahaya walaupun sudah dikendalikan
B. R, P, Q, S, berdasarkan nilai kemungkinan yang terbesar lebih dulu
C. Q, S, P, R, berdasarkan nilai keparahan yang terbesar lebih dulu
D. Q, P, R, dan S dikeluarkan karena bahayanya sudah dikendalikan
E. Q, P, R, S, berdasarkan nilai risiko terbaru yang terbesar lebih dulu



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

**20.** Laboratorium pabrik tekstil "Benang Emas" menyiapkan 100,0 mL larutan standar asam oksalat 0,1000 M di labu takar 100 mL (2027). Zat sudah dilarutkan dan dipindahkan dengan benar, tetapi saat menera Bima menambahkan air terlalu banyak sehingga volume larutan menjadi 100,5 mL. SOP laboratorium menetapkan larutan standar masih boleh dipakai bila penyimpangan konsentrasi dari 0,1000 M tidak lebih dari 1,0%, dengan memakai konsentrasi yang sudah dikoreksi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Konsentrasi larutan sebenarnya dan keputusan yang tepat adalah ....

A. 0,1000 M; zat terlarut tidak berubah, jadi larutan dipakai tanpa koreksi apa pun
B. 0,0995 M; penyimpangan 0,5%, tetapi larutan tetap harus dibuat ulang dari awal
C. 0,0995 M; penyimpangan 0,5%, jadi larutan dipakai dengan konsentrasi terkoreksi
D. 0,1005 M; penyimpangan 0,5%, jadi larutan dipakai dengan konsentrasi terkoreksi
E. 0,1005 M; penyimpangan 0,5%, tetapi larutan tetap harus dibuat ulang dari awal

**21.** Faisal, operator IPAL pabrik tahu, terpercik larutan asam klorida pekat di lengan bawahnya saat membuka katup dosis (2027). Lengannya memerah dan terasa panas, dan baju lengan panjangnya basah oleh asam. Pancuran darurat (safety shower) berjarak 4 meter, sedangkan kotak P3K ada di ruang kontrol sejauh 30 meter. Rekannya, Gilang, harus menolongnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan pertama yang paling tepat adalah ....

A. Mengelap lengan dengan kain kering, lalu mengantar Faisal ke ruang kontrol
B. Melepas baju yang terkena, lalu membilas lengan dengan air mengalir yang banyak
C. Mengoleskan larutan natrium bikarbonat pekat pada lengan agar asam segera netral
D. Mengoleskan salep luka bakar dari kotak P3K, lalu menutup lengan dengan kasa
E. Menunggu rasa panas mereda sambil menutup lengan dengan baju yang basah

**22.** Pada 20 Agustus 2027, petugas HSE pabrik penyamakan kulit memeriksa lama penyimpanan limbah B3 di TPS. Batas simpan, dihitung dari tanggal limbah mulai disimpan: 90 hari bila dihasilkan 50 kg per hari atau lebih; 180 hari bila kurang dari 50 kg per hari untuk kategori 1; 365 hari untuk kategori 2 yang dihasilkan kurang dari 50 kg per hari. Data limbah di TPS tertera pada tabel. Sinta, petugas HSE, mencari limbah yang batas simpannya sudah terlampaui.

| Limbah | Kategori | Dihasilkan | Mulai disimpan |
|---|---|---|---|
| 1. Oli bekas | 1 | 65 kg per hari | 15 Mei 2027 |
| 2. Sisa pelarut | 1 | 20 kg per hari | 25 Maret 2027 |
| 3. Larutan asam bekas | 1 | 8 kg per hari | 20 Februari 2027 |
| 4. Lumpur IPAL berkrom | 2 | 30 kg per hari | 10 Januari 2027 |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Limbah yang batas simpannya sudah terlampaui adalah ....

A. Hanya limbah nomor 1
B. Limbah nomor 1, 2, dan 3
C. Limbah nomor 1, 3, dan 4
D. Limbah nomor 1, 2, 3, dan 4
E. Limbah nomor 1 dan 3

**23.** Pabrik cat "Warna Nusa" menghasilkan limbah pelarut, oli bekas dari mesin pengaduk, dan banyak drum bekas bahan baku (2027). Manajer meminta Hesti, staf HSE, menilai usulan pengelolaan limbah menurut prinsip 3R dan ketentuan limbah B3.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengganti sebagian cat berpelarut organik dengan cat berbasis air yang mutunya memenuhi syarat, agar limbah pelarut berkurang.
☐ B. Mengencerkan limbah pelarut dengan air sampai baunya hilang lalu membuangnya ke selokan karena jumlahnya kecil.
☐ C. Mencampur semua limbah cair dalam satu tangki agar hemat tempat dan biaya pengangkutan limbah dari pabrik.
☐ D. Menyerahkan oli bekas kepada pihak pemanfaat berizin disertai pencatatan jenis, jumlah, dan waktu penyerahan.
☐ E. Memakai ulang drum bekas bahan yang sama untuk bahan yang sama setelah diperiksa tidak bocor dan tidak berkarat.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

**24.** Gudang bahan Balai Latihan Kerja kimia "Citra Karya" memiliki lima lemari berdempetan di sepanjang dinding, dengan isi seperti pada denah di atas (2027). Menurut SDS, pasangan yang tidak boleh berada di lemari bersebelahan adalah: kaporit dengan asam fosfat dan toluena; asam fosfat dengan kalium hidroksida dan natrium sianida. Pasangan lain boleh bersebelahan. Bayu, petugas gudang, hanya boleh memindahkan atau menukar satu lemari dan harus menghilangkan semua pasangan terlarang.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Perubahan yang tepat adalah ....




A. Menukar tempat lemari 1 dan lemari 3 satu sama lain
B. Memindahkan lemari toluena ke ujung kanan deretan
C. Memindahkan lemari kaporit ke ujung kanan deretan
D. Memindahkan lemari asam fosfat ke ujung kanan deretan
E. Menukar tempat lemari kaporit dan lemari kalium hidroksida

**25.** Petugas kebersihan pabrik kayu lapis "Jati Makmur" memilah sampah dari area pengecatan (2027). Ada tiga temuan: kardus pembungkus peralatan kantor yang masih bersih, kain lap yang basah oleh thinner, dan kardus lain yang kuyup oleh tumpahan thinner. Yoga, kepala regu, meminta anggota menentukan golongan tiap temuan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Kain lap yang basah oleh thinner termasuk limbah B3 karena tercemar B3, walaupun kainnya sendiri tidak berbahaya. | ○ | ○ |
| Kardus pembungkus peralatan kantor yang masih bersih termasuk limbah non-B3 sehingga dapat didaur ulang. | ○ | ○ |
| Kardus yang kuyup oleh thinner tetap limbah non-B3 karena bahan dasarnya kertas. | ○ | ○ |



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 2.1 · Teknik dasar proses industri kimia | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11 | ___ / 8 | Ulangi hlm. 87 |
| Sub bab 2.2 · Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium | 4, 5, 6, 13, 20 | ___ / 5 | Ulangi hlm. 104 |
| Sub bab 2.3 · Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R | 12, 14, 15, 16, 18, 19, 21 | ___ / 7 | Ulangi hlm. 117 |
| Sub bab 2.4 · Simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 | 17, 22, 23, 24, 25 | ___ / 5 | Ulangi hlm. 133 |

*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 3 · Dasar Kimia

SMKTKI-B3

**Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:**

- menjelaskan struktur, tata nama, dan sifat hidrokarbon serta alkohol beserta penerapannya
- menerapkan persamaan reaksi, konsep mol, dan stoikiometri larutan standar
- menganalisis laju reaksi, kesetimbangan kimia, dan sifat koligatif larutan
- menerapkan konsep redoks, sel volta, dan elektrolisis pada kasus industri

## Peta bab

| Sub bab | Judul |
|---|---|
| 3.1 | Hidrokarbon: struktur, tata nama, dan sifat |
| 3.2 | Gugus fungsi alkohol dan penerapannya di industri |
| 3.3 | Persamaan reaksi dan konsep mol |
| 3.4 | Stoikiometri dan konversi satuan larutan standar |
| 3.5 | Laju reaksi dan kesetimbangan kimia |
| 3.6 | Sifat koligatif larutan |
| 3.7 | Reaksi redoks dan elektrokimia: sel volta dan elektrolisis |

### Bab 3 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-B3



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

# Sub bab 3.1 · Hidrokarbon: struktur, tata nama, dan sifat

SMKTKI-3.1

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 3, dasar kimia) meminta kamu memahami **struktur, tata nama, dan sifat hidrokarbon** sebagai bagian kimia organik dasar. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu diminta menulis nama IUPAC dari rumus struktur, memperkirakan urutan titik didih beberapa hidrokarbon, membedakan alkana dari alkena lewat sifatnya, dan memahami bagaimana minyak bumi dipisah menjadi bensin, kerosin, solar, dan fraksi lain.

Pola soal yang sering muncul: (1) **mengurutkan titik didih** campuran pelarut atau bahan bakar dari jumlah atom karbon dan percabangannya, misalnya urutan keluarnya zat dari kondensor saat distilasi; (2) **memberi nama atau memperbaiki nama** pada lembar data; (3) **memilih uji sederhana** untuk membedakan dua cairan; (4) **membaca fraksi minyak bumi** dan menyimpulkan wujud, titik didih, atau kegunaannya.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan alkana, alkena, dan alkuna dari ikatan dan rumus umumnya;
- memberi nama IUPAC senyawa hidrokarbon bercabang dan menggambar strukturnya dari nama;
- menentukan isomer rantai dari satu rumus molekul;
- menjelaskan hubungan titik didih dengan jumlah atom karbon dan percabangan;
- menuliskan reaksi pembakaran, adisi, dan substitusi sederhana;
- menjelaskan distilasi bertingkat minyak bumi dan kegunaan tiap fraksinya.

NEXT LEVEL STUDY

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Bensin di tangki motor, gas elpiji di dapur, lilin, plastik pada kantong belanja, sampai aspal di jalan raya: semuanya berasal dari **hidrokarbon**. Hidrokarbon adalah senyawa yang **hanya tersusun dari atom karbon (C) dan hidrogen (H)**. Industri kimia di Indonesia sangat bergantung pada kelompok senyawa ini, sebab minyak bumi dan gas alam adalah campuran hidrokarbon yang menjadi bahan bakar sekaligus bahan baku petrokimia. Karena itu, lulusan Teknik Kimia Industri perlu paham struktur, nama, dan sifatnya.

### 1. Karbon dan ikatannya

Atom karbon memiliki **4 elektron valensi**, jadi ia membentuk **4 ikatan kovalen** (pasangan elektron yang dipakai bersama). Karbon istimewa karena atom karbon dapat berikatan dengan atom karbon lain membentuk rantai panjang, rantai bercabang, bahkan cincin. Inilah sebabnya jumlah senyawa karbon jauh lebih banyak daripada senyawa unsur lain.

Dua atom karbon dapat berbagi satu, dua, atau tiga pasang elektron:



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

- **ikatan tunggal** (C–C): satu pasang elektron;
- **ikatan rangkap dua** (C=C): dua pasang elektron;
- **ikatan rangkap tiga** (C≡C): tiga pasang elektron.

Bentuk molekulnya mengikuti jenis ikatan. Atom karbon yang hanya berikatan tunggal mengarahkan empat ikatannya ke sudut-sudut sebuah limas segi tiga (*tetrahedron*) dengan sudut sekitar 109,5°. Karbon pada ikatan rangkap dua dikelilingi tiga atom pada satu bidang datar dengan sudut sekitar 120°. Karbon pada ikatan rangkap tiga membentuk garis lurus dengan sudut 180°. Gambar 3.1 menggambar bentuk-bentuk ini secara datar supaya mudah dibaca; ingat bahwa molekul aslinya tiga dimensi.

Hidrokarbon yang semua ikatan antaratom karbonnya tunggal disebut **hidrokarbon jenuh** (kenyang hidrogen: tidak bisa lagi mengikat atom lain tanpa memutus ikatan C–C). Hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap disebut **hidrokarbon tak jenuh**. Tiga golongan yang kamu pelajari di sini:

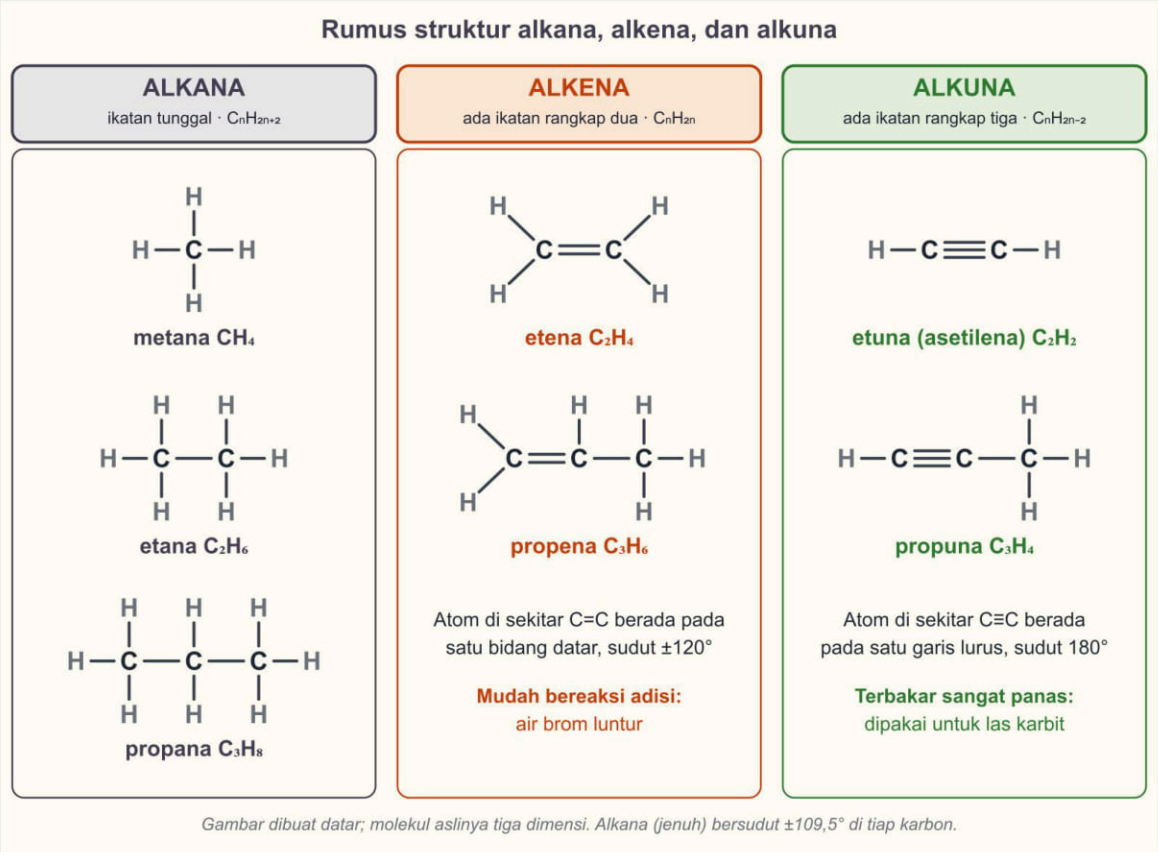
| Golongan | Ikatan | Rumus umum | Akhiran nama | Contoh |
|---|---|---|---|---|
| alkana | hanya tunggal (jenuh) | $C_nH_{2n+2}$ | -ana | etana $C_2H_6$ |
| alkena | ada satu ikatan rangkap dua | $C_nH_{2n}$ | -ena | etena $C_2H_4$ |
| alkuna | ada satu ikatan rangkap tiga | $C_nH_{2n-2}$ | -una | etuna $C_2H_2$ |

Ada tiga cara menulis sebuah senyawa. **Rumus molekul** hanya menyebut jumlah atom ($C_3H_8$). **Rumus struktur** menggambar semua ikatan. **Rumus struktur terkondensasi** menuliskan tiap atom karbon bersama hidrogennya secara berderet ($CH_3–CH_2–CH_3$), cara yang paling hemat tempat dan paling sering dipakai di soal.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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




*Gambar 3.1 Rumus struktur alkana (ikatan tunggal), alkena (ikatan rangkap dua), dan alkuna (ikatan rangkap tiga). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

## 2. Alkana: hidrokarbon jenuh

Alkana adalah golongan paling sederhana. Rumus umumnya $\mathbf{C_nH_{2n+2}}$. Alasannya: n atom karbon yang berderet membentuk (n − 1) ikatan C–C. Dua ujung rantai masing-masing menyisakan 3 ikatan bebas untuk hidrogen, dan setiap karbon di tengah menyisakan 2. Jumlah hidrogen = 3 + 3 + 2 × (n − 2) = 2n + 2. Contoh: n = 4 menghasilkan $C_4H_{10}$ (4 × 2 + 2 = 10).

Anggota-anggota alkana membentuk **deret homolog**, yaitu deret senyawa yang berbeda satu gugus $–CH_2–$ dari tetangganya, sehingga massa molekul relatifnya berbeda 14 dan sifat fisiknya berubah teratur. Nama sepuluh anggota pertama perlu kamu kenali karena menjadi dasar semua tata nama:

| n | Nama | Rumus molekul | n | Nama | Rumus molekul |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | metana | $CH_4$ | 6 | heksana | $C_6H_{14}$ |
| 2 | etana | $C_2H_6$ | 7 | heptana | $C_7H_{16}$ |
| 3 | propana | $C_3H_8$ | 8 | oktana | $C_8H_{18}$ |
| 4 | butana | $C_4H_{10}$ | 9 | nonana | $C_9H_{20}$ |
| 5 | pentana | $C_5H_{12}$ | 10 | dekana | $C_{10}H_{22}$ |

Empat nama pertama berasal dari nama lama (met-, et-, prop-, but-), sedangkan mulai lima dipakai angka Yunani (pent- = 5, heks- = 6, hept- = 7, okt- = 8, non- = 9, dek- = 10). Alkana tidak mudah bereaksi dan bersifat nonpolar. Itulah sebabnya alkana cocok menjadi bahan bakar dan pelarut lemak, tetapi tidak larut dalam air.

## 3. Alkena dan alkuna: hidrokarbon tak jenuh

**Alkena** memiliki satu ikatan rangkap dua C=C. Rumus umumnya $\mathbf{C_nH_{2n}}$: dibandingkan alkana dengan jumlah C yang sama, ada dua atom H yang "hilang" karena dua pasang elektron kini dipakai untuk menahan ikatan rangkap. Alkena paling sederhana adalah **etena** ($C_2H_4$); tidak ada "metena" karena ikatan rangkap butuh dua atom karbon. Etena dipakai membuat plastik polietena, bahan kantong dan botol. **Propena** ($C_3H_6$) menjadi bahan plastik polipropilena.

**Alkuna** memiliki satu ikatan rangkap tiga C≡C. Rumus umumnya $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$. Alkuna paling sederhana adalah **etuna** ($C_2H_2$), nama lainnya *asetilena*. Etuna terbakar dengan nyala yang sangat panas sehingga dipakai pada las karbit (las oksiasetilena) untuk memotong dan menyambung logam.

Ikatan rangkap bukanlah ikatan yang "lebih kuat tanpa konsekuensi": salah satu ikatannya mudah putus sehingga atom lain dapat menyambung di situ. Itulah sebabnya alkena dan alkuna jauh lebih reaktif daripada alkana. Sifat ini dipakai untuk **uji ketakjenuhan** dengan air brom, yang dijelaskan pada bagian reaksi.

## 4. Tata nama IUPAC

Kimiawan di seluruh dunia memakai aturan penamaan yang sama dari *IUPAC* (organisasi internasional kimia murni dan terapan). Tujuannya agar satu nama hanya menunjuk satu



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

struktur, sehingga pesan "pakai 2-metilbutana" tidak bisa disalahartikan, di pabrik mana pun. Untuk alkana bercabang, ikuti langkah berikut:

1. **Cari rantai karbon terpanjang** yang tidak terputus. Itulah **rantai induk**; namanya diambil dari jumlah karbonnya (pentana bila 5 karbon, dan seterusnya). Rantai terpanjang tidak selalu yang ditulis lurus di gambar; bisa membelok.
2. **Nomori rantai induk dari ujung yang paling dekat dengan cabang**, sehingga nomor cabang sekecil mungkin.
3. **Beri nama cabang** sebagai gugus alkil: nama alkana dengan akhiran -ana diganti **-il**. $CH_3–$ adalah **metil**, $C_2H_5–$ adalah **etil**, $C_3H_7–$ adalah **propil**.
4. **Tulis nama**: nomor cabang, tanda hubung, nama cabang, lalu nama rantai induk, tanpa spasi. Misalnya "2-metilbutana". Bila ada beberapa cabang yang sama, pakai **di-, tri-, tetra-** dan tulis nomor semuanya dipisah koma, misalnya "2,3-dimetilpentana". Bila cabangnya berbeda, urutkan menurut **abjad** nama cabang (etil sebelum metil), tanpa memperhitungkan di-, tri-.

Mengapa nomor terkecil? Karena nama harus unik: struktur yang sama tidak boleh punya dua nama. Memilih nomor terkecil adalah kesepakatan yang menghilangkan keraguan itu.

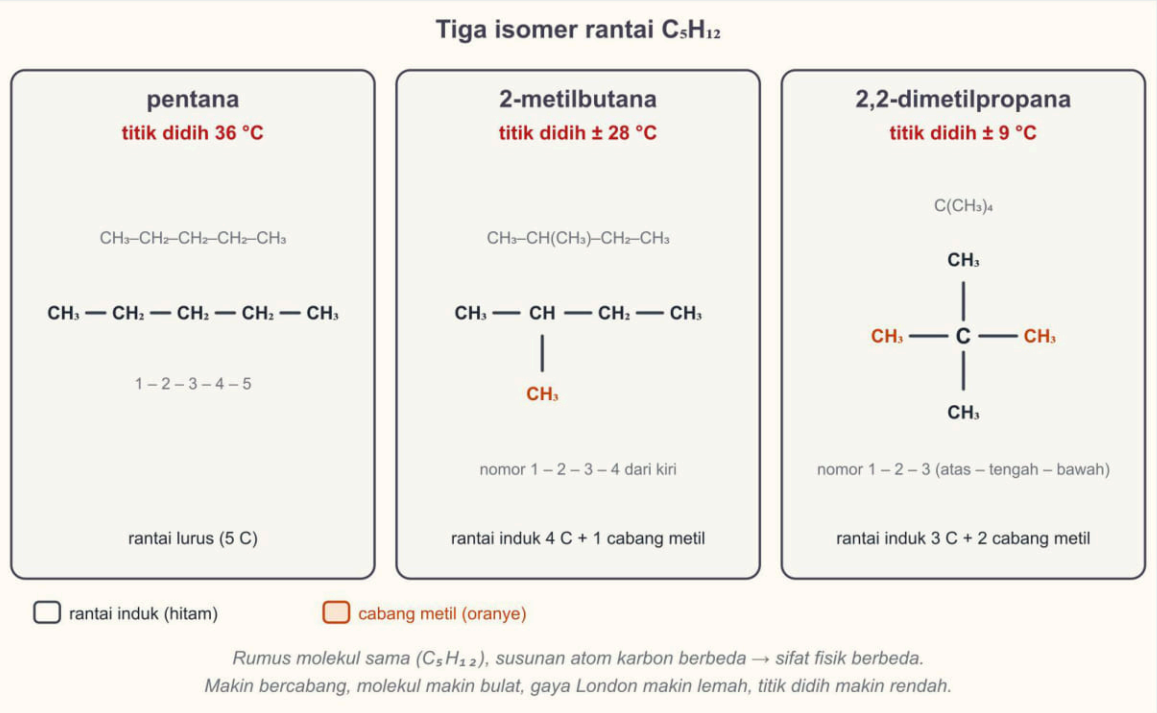
Untuk **alkena dan alkuna**, aturannya ditambah dua hal. Rantai induk harus **mengandung ikatan rangkap**, walaupun ada rantai lain yang lebih panjang. Penomoran dimulai dari ujung yang **paling dekat ikatan rangkap** (bukan cabang), dan **posisi ikatan rangkap ditulis** dengan nomor karbon pertama yang terlibat. $CH_2{=}CH–CH_2–CH_3$ bernama **1-butena**, sedangkan $CH_3–CH{=}CH–CH_3$ bernama **2-butena**. Keduanya sama-sama $C_4H_8$ tetapi senyawanya berbeda. Pada akhirnya, kesalahan penamaan yang paling umum adalah menomori dari ujung yang salah atau memilih rantai yang bukan terpanjang. Nama "3-metilbutana" tidak akan pernah benar: begitu cabang metil ada di nomor 3 dari satu ujung, ia ada di nomor 2 dari ujung lain, dan aturan memilih yang kecil, sehingga namanya 2-metilbutana.

## 5. Isomer

**Isomer** adalah senyawa dengan **rumus molekul sama tetapi rumus struktur berbeda**. Pada alkana, perbedaan itu muncul dari **cara atom karbon tersusun**, sehingga disebut **isomer rantai**. $C_4H_{10}$ memiliki dua isomer: butana (rantai lurus) dan 2-metilpropana (rantai bercabang). $C_5H_{12}$ memiliki tiga isomer: pentana, 2-metilbutana, dan 2,2-dimetilpropana (Gambar 3.2). Makin panjang rantainya, makin banyak kemungkinan cara menyusunnya: $C_6H_{14}$ memiliki 5 isomer, $C_7H_{16}$ memiliki 9, dan $C_8H_{18}$ memiliki 18.



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




*Gambar 3.2 Tiga isomer $C_5H_{12}$ dengan titik didihnya; makin bercabang, titik didih makin rendah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Pada alkena ada jenis isomer lain: **isomer posisi**, yaitu rangkap dua berada pada posisi berbeda (1-butena dan 2-butena). Isomer-isomer ini bukan senyawa yang sama. Titik didih dan reaktivitasnya sedikit berbeda, sehingga dapat dipisahkan dan dibedakan di laboratorium.

Cara menemukan isomer rantai dengan teliti: mulailah dari rantai lurus, lalu pendekkan rantai induk satu karbon dan taruh karbon itu sebagai cabang metil di semua posisi yang menghasilkan struktur berbeda. Cabang di ujung rantai tidak dihitung sebagai cabang, sebab ia hanya memperpanjang rantai.

## 6. Sifat fisik hidrokarbon

Molekul hidrokarbon **nonpolar**: elektron terbagi hampir merata sehingga tidak ada kutub positif atau negatif. Antarmolekul nonpolar hanya ada **gaya London** (gaya dispersi), tarikan lemah yang muncul karena awan elektron bergeser sesaat. Besar gaya London meningkat dengan **luas permukaan sentuh antarmolekul**. Dari sini diturunkan sifat-sifat berikut.

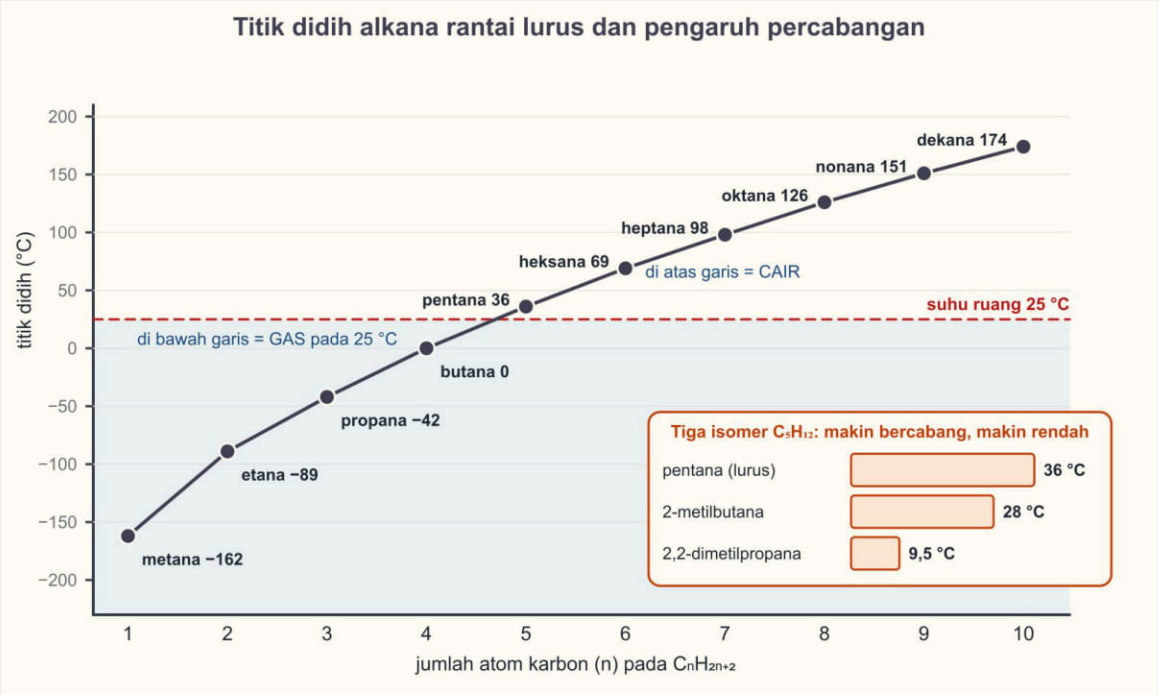
**Titik didih naik bila jumlah atom C bertambah.** Molekul yang lebih panjang punya permukaan lebih besar, sehingga gaya London lebih kuat dan lebih banyak energi (suhu lebih tinggi) dibutuhkan untuk melepaskan molekul menjadi gas. Untuk alkana rantai lurus: metana mendidih sekitar −162 °C, etana −89 °C, propana −42 °C, butana sekitar 0 °C, pentana 36 °C, heksana 69 °C, heptana 98 °C, oktana 126 °C, nonana 151 °C, dan dekana 174 °C (Gambar 3.3). Pada suhu ruang (25 °C), alkana $C_1$ sampai $C_4$ berupa **gas**, kira-kira $C_5$ sampai $C_{17}$ berupa **cair**, dan yang lebih panjang berupa **padat lunak** seperti lilin (parafin).

**Percabangan menurunkan titik didih.** Pada jumlah karbon yang sama, molekul bercabang berbentuk lebih "bulat" sehingga luas sentuhnya lebih kecil dan gaya London lebih lemah. Pada $C_5H_{12}$: pentana mendidih 36 °C, 2-metilbutana sekitar 28 °C, dan 2,2-dimetilpropana sekitar 9 °C.



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

Pengaruh jumlah karbon jauh lebih besar daripada pengaruh cabang: butana ($C_4$, 0 °C) selalu lebih rendah daripada pentana lurus maupun bercabang. Jadi urutkan dahulu menurut **jumlah C**, baru bandingkan cabangnya.




*Gambar 3.3 Titik didih alkana rantai lurus menurut jumlah atom karbon, dan pengaruh percabangan pada $C_5H_{12}$. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**Kelarutan dan massa jenis.** Hidrokarbon tidak larut dalam air (nonpolar tidak bercampur dengan polar), tetapi larut dalam pelarut nonpolar lain dan melarutkan lemak serta minyak. Massa jenisnya lebih kecil daripada air, sehingga minyak tumpah **mengapung** di atas air dan menyebar. Hidrokarbon tidak menghantarkan listrik. Semua ini penting untuk penanganan tumpahan di pabrik: menyiram dengan air hanya menyebarkan cairan yang terbakar.

## 7. Reaksi hidrokarbon

**a. Pembakaran.** Semua hidrokarbon terbakar dengan oksigen dan melepaskan banyak kalor (reaksi **eksoterm**), sehingga menjadi bahan bakar. Bila oksigen cukup (**pembakaran sempurna**), hasilnya karbon dioksida dan air. Untuk alkana: $C_nH_{2n+2} + (3n + 1)/2\ O_2 \rightarrow n\ CO_2 + (n + 1)\ H_2O$. Contoh: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$. Bila oksigen kurang (**pembakaran tidak sempurna**), terbentuk gas karbon monoksida (CO) yang sangat beracun, atau jelaga (karbon, C). Contoh: $2CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO + 4H_2O$. Karena itu kompor, tungku, dan ruang kerja butuh ventilasi. Karbon dioksida hasil pembakaran adalah gas rumah kaca (lihat sub bab 1.2).

**b. Adisi** (penambahan) terjadi pada **alkena dan alkuna**. Satu ikatan rangkap putus, lalu atom pereaksi menempel pada kedua karbon. Contoh dengan brom: $CH_2{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CH_2Br$ (1,2-dibromoetana). Air brom berwarna cokelat-jingga dan warnanya **hilang** ketika bereaksi dengan alkena atau alkuna. Jadi, bila dua cairan, heksana dan heksena, ditetesi air brom, cairan yang membuat warna cepat hilang adalah heksena (tak jenuh). Alkana tidak bereaksi adisi. Pada alkuna dapat terjadi adisi dua kali (membutuhkan dua molekul pereaksi). Adisi hidrogen (hidrogenasi) dengan katalis nikel mengubah alkena menjadi alkana; cara ini dipakai mengubah



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

minyak nabati cair menjadi lemak padat. Adisi juga menjadi dasar **polimerisasi**: ribuan molekul etena bergabung membentuk polietena.

**c. Substitusi** (penggantian) khas **alkana**. Satu atom H diganti atom lain, sedangkan ikatan C–C tetap. Contoh: $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$, dengan bantuan cahaya. Reaksi ini lambat dan hanya terjadi dengan bantuan cahaya atau panas, sehingga dipakai membedakan alkana dari alkena.

| Reaksi | Berlaku untuk | Ciri | Hasil |
|---|---|---|---|
| pembakaran | semua hidrokarbon | + oksigen, eksoterm | $CO_2$ dan $H_2O$ (sempurna), CO atau C (tak sempurna) |
| adisi | alkena, alkuna | ikatan rangkap putus, atom bertambah | senyawa lebih jenuh |
| substitusi | alkana | H diganti atom lain | turunan alkana dan HX |

## 8. Minyak bumi dan distilasi bertingkat

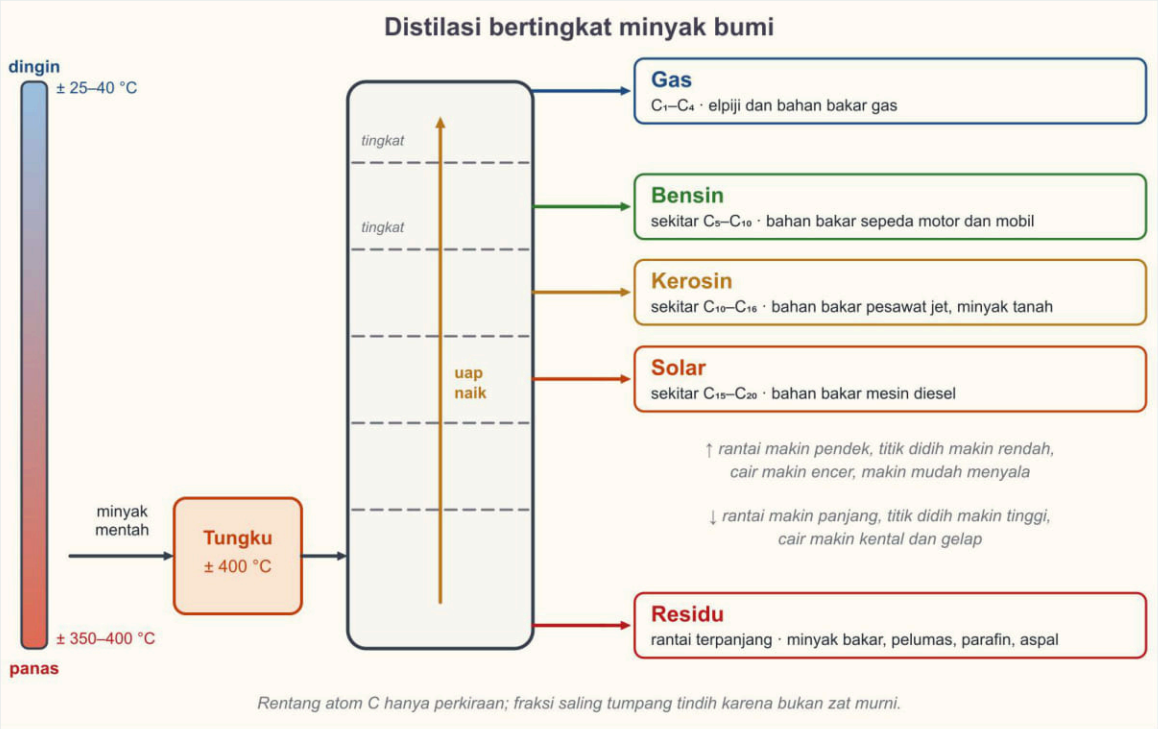
**Minyak bumi** (minyak mentah, *crude oil*) adalah campuran **ratusan hidrokarbon**, sebagian besar alkana, ditambah sedikit senyawa belerang dan nitrogen. Ia terbentuk dari sisa organisme yang terkubur dan melapuk selama waktu yang sangat panjang. Minyak mentah tidak bisa langsung dipakai, jadi kilang minyak memisahkannya menjadi **fraksi**, yaitu kelompok hidrokarbon dengan rentang titik didih yang berdekatan. Pemisahan memakai prinsip yang sama dengan distilasi di laboratorium, yaitu titik didih berbeda, tetapi dilakukan pada menara besar yang disebut **distilasi bertingkat** (*fractional distillation*).

Cara kerjanya (Gambar 3.4):

1. Minyak mentah dipanaskan dalam tungku sampai sekitar 400 °C, lalu dialirkan ke bagian bawah menara.
2. Sebagian besar menguap dan **uap naik**. Menara dibuat **panas di bawah** (sekitar 350–400 °C) dan **dingin di atas** (sekitar 25–40 °C).
3. Menara berisi banyak **tingkat** (nampan) berlubang. Uap yang naik mendingin sedikit demi sedikit. Pada tingkat dengan suhu lebih rendah daripada titik didih suatu fraksi, uap fraksi itu **mengembun** dan ditampung.
4. Hidrokarbon berantai panjang (titik didih tinggi) mengembun di tingkat bawah, sedangkan hidrokarbon berantai pendek (titik didih rendah) naik sampai tingkat atas atau keluar sebagai gas di puncak.
5. Bagian yang tidak menguap sama sekali tetap di dasar sebagai **residu**.



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




*Gambar 3.4 Menara distilasi bertingkat minyak bumi: fraksi ringan di atas, fraksi berat di bawah. Rentang atom C hanya perkiraan dan berbeda antarsumber. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

| Fraksi (dari atas ke bawah) | Rentang atom C (perkiraan) | Kegunaan |
|---|---|---|
| gas (gas kilang) | $C_1$–$C_4$ | bahan bakar gas, elpiji (propana + butana) |
| bensin | sekitar $C_5$–$C_{10}$ | bahan bakar sepeda motor dan mobil |
| kerosin (minyak tanah) | sekitar $C_{10}$–$C_{16}$ | bahan bakar pesawat jet dan kompor minyak tanah |
| solar | sekitar $C_{15}$–$C_{20}$ | bahan bakar mesin diesel |
| residu | lebih panjang | minyak bakar, pelumas, lilin parafin, aspal |

Rentang atom C tiap sumber sedikit berbeda dan saling tumpang tindih karena fraksi minyak bumi memang bukan zat murni; yang pasti adalah **urutannya**. Antara gas dan bensin ada fraksi **nafta** yang menjadi bahan baku petrokimia, termasuk etena dan propena.

Ke arah bawah menara: rantai makin panjang, titik didih makin tinggi, cairan makin kental, warna makin gelap, dan makin sukar menyala. Dari tabel ini kamu dapat menjelaskan mengapa gas tersimpan dalam tabung bertekanan sedangkan aspal harus dipanaskan agar dapat dituang.

Fraksi berat yang berlebih diolah lagi lewat **perengkahan** (*cracking*): rantai panjang dipecah menjadi rantai pendek yang lebih laku. Mutu bensin dinyatakan dengan **angka oktan**, yaitu skala yang menetapkan 2,2,4-trimetilpentana (isooktana) sebagai 100 dan heptana sebagai 0. Makin banyak cabang pada hidrokarbon bensin, makin tinggi angka oktan dan makin tahan bensin itu terhadap "ngelitik" (terbakar sebelum waktunya) di mesin.



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

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: memberi nama senyawa bercabang

Pada 2027, Dimas, siswa PKL di laboratorium pabrik cat, menemukan dua label pelarut yang hanya memuat rumus struktur terkondensasi. Tentukan nama IUPAC kedua senyawa dan rumus molekulnya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

Senyawa A: $CH_3–CH_2–CH(CH_3)–CH_2–CH_2–CH_3$

1. **Rantai terpanjang.** Hitung karbon dari kiri ke kanan: ada 6 karbon ($CH_3$, $CH_2$, CH, $CH_2$, $CH_2$, $CH_3$). Cabang $CH_3$ pada karbon ketiga bukan bagian dari deretan terpanjang, jadi induknya heksana.
2. **Penomoran.** Dari kiri, cabang berada di karbon nomor 3; dari kanan, di nomor 4. Pilih nomor yang lebih kecil: dari kiri.
3. **Cabang.** $CH_3–$ adalah metil.
4. **Nama.** 3-metilheksana. Rumus molekul: 6 + 1 = 7 karbon; hidrogen = 3 + 2 + 1 + 3 + 2 + 2 + 3 = 16, jadi $C_7H_{16}$ (sesuai $C_nH_{2n+2}$ dengan n = 7).

Senyawa B: $CH_3–CH(CH_3)–CH_2–C(CH_3)_2–CH_3$

1. **Rantai terpanjang.** $CH_3–CH–CH_2–C–CH_3$ ada 5 karbon, jadi induknya pentana. Ada tiga cabang metil: satu pada karbon kedua dari kiri, dua pada karbon keempat dari kiri.
2. **Penomoran.** Dari kiri, nomor cabang 2, 4, 4. Dari kanan, nomor cabang 2, 2, 4. Bandingkan nomor pertama yang berbeda: 2 lebih kecil daripada 4, jadi pilih dari kanan: 2,2,4.
3. **Nama.** Tiga cabang sama, jadi pakai tri-: 2,2,4-trimetilpentana. Rumus molekul: 5 + 3 = 8 karbon, $C_8H_{18}$.

Jawaban: A = 3-metilheksana ($C_7H_{16}$); B = 2,2,4-trimetilpentana ($C_8H_{18}$), senyawa acuan angka oktan 100. Cek akal sehat: nama harus memuat induk dengan rantai terpanjang, dan jumlah karbon pada nama (induk + cabang) sama dengan jumlah C di rumus.

### Contoh 2: alkena dan isomernya

Pada 2027, Ayu, analis di pabrik plastik, menerima daftar bahan dengan rumus $CH_3–CH=CH–CH_2–CH_3$. Ia diminta menamai senyawa itu, memastikan golongannya, dan menyebut dua isomernya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung karbon.** 5 karbon, jadi induknya pentena karena ada ikatan rangkap dua.
2. **Penomoran dari dekat rangkap.** Dari kiri, rangkap dua berada di antara C2 dan C3 (ditulis 2). Dari kanan, antara C3 dan C4 (ditulis 3). Pilih nomor lebih kecil: 2.
3. **Nama.** 2-pentena.
4. **Golongan dan rumus molekul.** Hidrogen = 3 + 1 + 1 + 2 + 3 = 10, jadi $C_5H_{10}$. Rumus ini cocok dengan $C_nH_{2n}$ (n = 5), berarti alkena.
5. **Isomer.** Isomer posisi: $CH_2=CH–CH_2–CH_2–CH_3$ (1-pentena), karena rangkap dua pindah ke karbon pertama. Isomer rantai: $CH_2=C(CH_3)–CH_2–CH_3$ (2-metil-1-butena), karena rantai induk yang memuat rangkap hanya 4 karbon dengan satu cabang metil di karbon kedua. Ketiganya $C_5H_{10}$.



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

Jawaban: 2-pentena (alkena, $C_5H_{10}$); isomernya antara lain 1-pentena dan 2-metil-1-butena. Cek akal sehat: ketiga senyawa memiliki rumus molekul sama $C_5H_{10}$, tetapi rumus strukturnya berbeda, itulah arti isomer.

### Contoh 3: mengurutkan titik didih

Pada 2027, laboratorium energi sebuah SMK mempelajari lima hidrokarbon: butana, 2-metilpropana, propana, oktana, dan heptana. Urutkan dari titik didih terendah ke tertinggi, lalu tentukan mana yang berupa gas pada 25 °C. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung jumlah C.** Propana 3; butana dan 2-metilpropana sama-sama 4; heptana 7; oktana 8. Jumlah C lebih besar berarti titik didih lebih tinggi.
2. **Bandingkan yang jumlah C sama.** Butana dan 2-metilpropana sama-sama $C_4H_{10}$. 2-Metilpropana bercabang, jadi titik didihnya lebih rendah.
3. **Susun.** propana < 2-metilpropana < butana < heptana < oktana.
4. **Wujud pada 25 °C.** Zat dengan titik didih di bawah 25 °C berupa gas: propana, 2-metilpropana, dan butana. Heptana dan oktana berupa cairan.

Jawaban: propana < 2-metilpropana < butana < heptana < oktana; tiga yang pertama berupa gas pada 25 °C. Cek akal sehat: data acuan masing-masing sekitar −42, −12, 0, 98, dan 126 °C, yang urutannya sama dengan hasil penalaran.

### Contoh 4: pembakaran sempurna dan emisi $CO_2$

Pada 2027, dapur sebuah katering industri membakar 5,8 kg butana per hari dengan oksigen cukup. Hitung massa $CO_2$ yang dilepas dan massa oksigen yang dibutuhkan. (Ar H = 1, C = 12, O = 16) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Persamaan reaksi setara.** Mulai dari $C_4H_{10} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. Setarakan C: 4 $CO_2$; setarakan H: 5 $H_2O$; hitung O di kanan: 8 + 5 = 13 atom, sehingga $O_2$ = 6,5. Kalikan semua dua agar bulat: $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$.
2. **Mr butana.** 4 × 12 + 10 × 1 = 58. Mol butana = 5.800 g ÷ 58 = 100 mol = 0,1 kmol.
3. **Mol $CO_2$.** Perbandingan koefisien $C_4H_{10}$ : $CO_2$ = 2 : 8 = 1 : 4, jadi mol $CO_2$ = 4 × 0,1 = 0,4 kmol. Massa = 0,4 × 44 = 17,6 kg (Mr $CO_2$ = 12 + 32 = 44).
4. **Mol dan massa $O_2$.** Perbandingan $C_4H_{10}$ : $O_2$ = 2 : 13, jadi mol $O_2$ = 6,5 × 0,1 = 0,65 kmol. Massa = 0,65 × 32 = 20,8 kg.

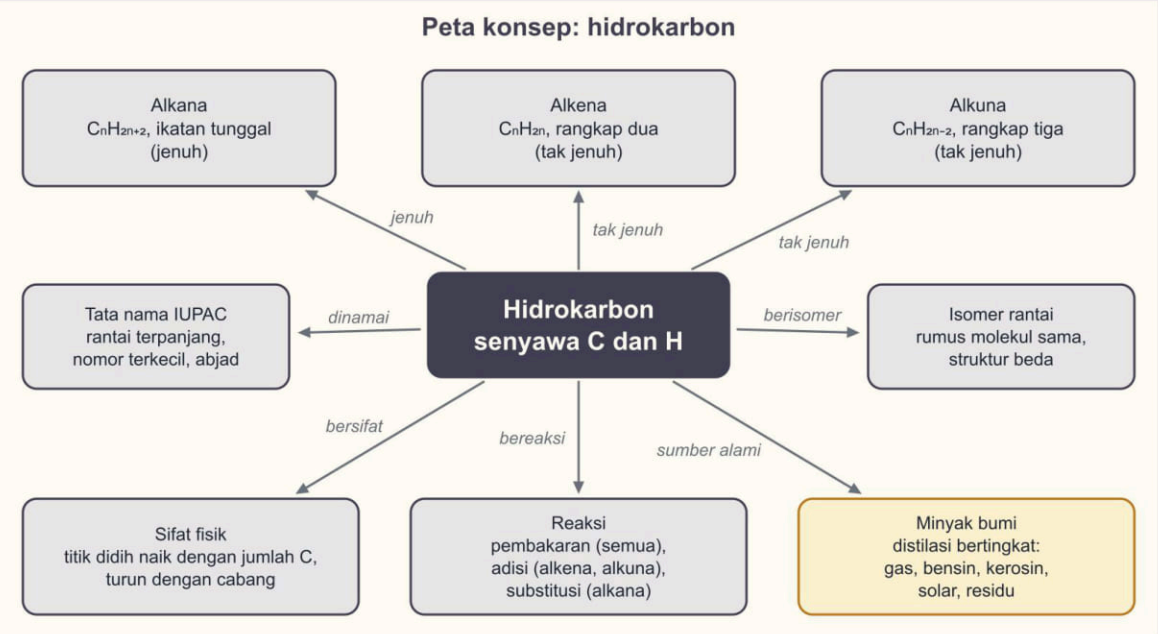
Jawaban: $CO_2$ yang dilepas 17,6 kg per hari; oksigen yang dibutuhkan 20,8 kg. Cek akal sehat: $H_2O$ yang terbentuk 5 × 0,1 = 0,5 kmol × 18 = 9,0 kg, dan 17,6 + 9,0 = 26,6 kg sama dengan 5,8 + 20,8 = 26,6 kg: massa kekal. Massa $CO_2$ lebih besar daripada massa butana karena atom oksigen dari udara ikut masuk ke produk.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 3.5 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 3.5 Peta konsep hidrokarbon: struktur, tata nama, sifat, reaksi, dan minyak bumi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Golongan:** alkana $C_nH_{2n+2}$ (tunggal), alkena $C_nH_{2n}$ (rangkap dua), alkuna $C_nH_{2n-2}$ (rangkap tiga).
- **Tata nama:** rantai terpanjang sebagai induk, nomor terkecil untuk cabang (atau ikatan rangkap), cabang berurut abjad, di-, tri- untuk cabang sama.
- **Isomer** memiliki rumus molekul sama tetapi struktur berbeda.
- **Titik didih:** naik bila jumlah C bertambah; pada jumlah C sama, bercabang lebih rendah.
- **Reaksi:** pembakaran (semua), adisi (alkena dan alkuna; air brom luntur), substitusi (alkana).
- **Minyak bumi:** distilasi bertingkat; gas di puncak, bensin, kerosin, solar, lalu residu di dasar.

**Istilah penting:** hidrokarbon (senyawa C dan H saja); alkana (hidrokarbon jenuh, ikatan tunggal); alkena (ada ikatan rangkap dua); alkuna (ada ikatan rangkap tiga); deret homolog (deret yang berbeda satu $-CH_2-$); isomer (rumus molekul sama, struktur beda); gugus alkil (cabang seperti metil dan etil); gaya London (tarikan lemah antarmolekul nonpolar); pembakaran sempurna (menghasilkan $CO_2$ dan $H_2O$); adisi (ikatan rangkap putus dan atom menempel); substitusi (satu atom H diganti); fraksi (kelompok hidrokarbon dengan titik didih berdekatan); distilasi bertingkat (pemisahan minyak bumi pada menara); angka oktan (ukuran mutu bensin).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hidrokarbon:

1. **Tentukan jumlah C** dan golongan (dari rumus atau dari ada tidaknya ikatan rangkap) sebelum mengerjakan hal lain.
2. **Untuk titik didih:** urutkan menurut jumlah C, baru bandingkan percabangan pada jumlah C sama.
3. **Untuk nama:** gambarkan atau tulis rantai terpanjang, nomori dari ujung yang memberi nomor terkecil, lalu periksa jumlah C.
4. **Untuk perhitungan reaksi:** setarakan persamaan dahulu, lalu pakai perbandingan koefisien (lihat sub bab 3.3).

Jebakan yang sering dipasang:

- **Percabangan dianggap menaikkan titik didih.**
- **Cabang dihitung sebagai bagian rantai** atau rantai terpanjang yang membelok terlewat.
- **Penomoran dari ujung yang salah.**
- **Urutan fraksi terbalik**: fraksi ringan di dasar atau residu di puncak.
- **Jumlah C salah hitung** pada rumus terkondensasi bercabang.
- **Heksana dan heksena dianggap berbeda wujud** padahal keduanya cair; yang membedakan adalah uji air brom.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menyimpulkan bahwa 2-metilbutana mendidih lebih tinggi daripada pentana karena "strukturnya lebih rumit dan lebih besar". Jumlah atom C keduanya sama, dan cabang membuat molekul lebih ringkas sehingga gaya London lebih lemah. Karena itu titik didih 2-metilbutana lebih rendah daripada pentana.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji urutan titik didih tiga hidrokarbon yang dipisah dengan distilasi: bandingkan jumlah atom C lebih dahulu, baru cabang, lalu ingat bahwa zat bertitik didih paling rendah keluar paling awal. Pakai bagian 6 dan 8.



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

►. Di laboratorium pilot, Rizky mendistilasi campuran tiga pelarut hidrokarbon: n-heksana ($C_6H_{14}$), n-pentana ($C_5H_{12}$), dan 2-metilbutana ($C_5H_{12}$) (2027). Suhu dinaikkan perlahan dan setiap fraksi ditampung di labu berbeda. Pembimbingnya meminta Rizky menuliskan dulu urutan zat yang diperkirakan keluar dari kondensor, dari yang pertama sampai yang terakhir, sebelum distilasi dimulai.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan yang tepat adalah ....

A. n-pentana → 2-metilbutana → n-heksana
B. n-heksana → n-pentana → 2-metilbutana
C. 2-metilbutana → n-heksana → n-pentana
D. n-pentana → n-heksana → 2-metilbutana
E. 2-metilbutana → n-pentana → n-heksana

**Pembahasan** **Kunci: E**

**Konsep:** Titik didih alkana naik dengan bertambahnya jumlah atom C (gaya antarmolekul makin besar). Pada jumlah C sama, alkana bercabang mempunyai titik didih lebih rendah karena luas sentuh antarmolekulnya lebih kecil. Pada distilasi, zat bertitik didih terendah keluar lebih dulu.

**Langkah:**
1. $C_5 < C_6$ → kedua pentana keluar sebelum heksana.
2. Di antara $C_5$: 2-metilbutana (bercabang) lebih rendah titik didihnya daripada n-pentana.
3. Urutan: 2-metilbutana → n-pentana → n-heksana.

**Analisis setiap opsi:**
- **A.** ✗ Jebakan: urutan jumlah C sudah benar, tetapi pengaruh cabang terbalik.
- **B.** ✗ Urutan dibalik: zat bertitik didih tertinggi dianggap keluar pertama.
- **C.** ✗ Menempatkan heksana di tengah, tidak sesuai jumlah atom C.
- **D.** ✗ Tidak sesuai jumlah atom C maupun cabang.
- **E.** ✓ Urutan dari titik didih terendah ke tertinggi.

**Jawaban: E.**

## ✎ LATIHAN

Paket latihan hanya memuat satu soal untuk sub bab ini, dan soal itu sudah kamu bedah di atas. Untuk melatih penamaan dan hitungan reaksi, kerjakan ulang Contoh 1 dan Contoh 4 tanpa melihat jawabannya, lalu uji dirimu pada soal sub bab ini di Kuis Akhir Bab 3.



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa 2-metilbutana mendidih lebih rendah daripada pentana, padahal rumus molekulnya sama?
- Bagaimana kamu membuktikan dengan satu pereaksi bahwa sebuah cairan adalah heksena, bukan heksana?
- **Yang harus kuingat:** $C_nH_{2n+2}$, $C_nH_{2n}$, $C_nH_{2n-2}$; rantai terpanjang dan nomor terkecil; titik didih naik menurut jumlah C dan turun menurut cabang; urutan fraksi minyak bumi dari gas sampai residu.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 3.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-3.1



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

# Sub bab 3.2 · Gugus fungsi alkohol dan penerapannya di industri

SMKTKI-3.2

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 3, dasar kimia) meminta kamu memahami **gugus fungsi sederhana, yaitu alkohol, beserta penerapannya**. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu diminta menggolongkan alkohol, meramalkan hasil oksidasinya, membedakan etanol dari metanol, dan memilih alkohol yang tepat serta aman untuk suatu produk.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih alkohol awal** yang bila dioksidasi menghasilkan senyawa tertentu (misalnya keton atau asam karboksilat); (2) **menilai kelayakan bahan** dari sisi keselamatan, misalnya metanol yang tertukar dengan etanol pada produk antiseptik; (3) **mencocokkan alkohol dengan kegunaannya** di pabrik; (4) **menghitung pengenceran** etanol pekat menjadi kadar yang dibutuhkan.

Aldehida, keton, dan asam karboksilat **tidak dipelajari sebagai bab tersendiri**; kamu hanya perlu mengenalinya sebagai hasil oksidasi alkohol.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- mengenali gugus –OH dan membedakan alkohol dari basa;
- memberi nama IUPAC alkohol dan menggolongkannya sebagai primer, sekunder, atau tersier;
- menentukan hasil oksidasi alkohol primer, sekunder, dan tersier;
- menjelaskan pembuatan etanol lewat fermentasi dan distilasi;
- menjelaskan bahaya metanol dan menolak pemakaiannya pada produk yang menyentuh tubuh;
- menghitung pengenceran etanol untuk antiseptik.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Cairan pembersih tangan, spiritus, bahan bakar nabati (bioetanol), cairan antibeku di mesin pendingin, dan pelembap di losion: semuanya mengandung **alkohol**. Alkohol di sini bukan hanya "minuman" yang kamu dengar sehari-hari; ia adalah satu golongan senyawa yang sangat luas dipakai di pabrik. Karena sebagian besar alkohol mudah terbakar dan sebagian lagi beracun, lulusan Teknik Kimia Industri wajib paham membedakannya.

### 1. Gugus fungsi dan alkohol

**Gugus fungsi** adalah atom atau kelompok atom yang menentukan sifat khas suatu golongan senyawa. Dua senyawa dengan gugus fungsi sama bersifat mirip walaupun rantai karbonnya berbeda. Pada hidrokarbon, gugus fungsinya adalah ikatan rangkap (alkena dan alkuna). Pada alkohol, gugus fungsinya adalah **gugus hidroksil, –OH**, yang terikat pada atom karbon yang



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

hanya berikatan tunggal.

Rumus umum alkohol sederhana: **R–OH**, atau $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$, dengan R adalah gugus alkil (misalnya metil $CH_3–$ dan etil $C_2H_5–$). Contoh: metanol $CH_3OH$, etanol $C_2H_5OH$, propanol $C_3H_7OH$.

Satu hal penting: **–OH pada alkohol berbeda dengan ion hidroksida ($OH^-$) pada basa seperti NaOH**. Pada alkohol, –OH terikat kovalen pada karbon dan tidak lepas sebagai ion di dalam air. Karena itu alkohol tidak bersifat basa; larutan etanol dalam air bersifat hampir netral.

## 2. Tata nama alkohol

Aturan penamaan mengikuti alkana (sub bab 3.1) dengan perubahan berikut:

1. **Rantai induk** adalah rantai karbon terpanjang **yang memuat karbon pengikat –OH**.
2. Namanya diambil dari alkana induk dengan akhiran **-a diganti -ol**: etana menjadi etanol, propana menjadi propanol.
3. **Penomoran** dimulai dari ujung yang paling dekat dengan gugus –OH, supaya nomor –OH sekecil mungkin.
4. **Nomor –OH** ditulis di depan nama: **2-propanol**. Bila ada cabang, tulis cabang lebih dahulu, misalnya **2-metil-2-propanol**.

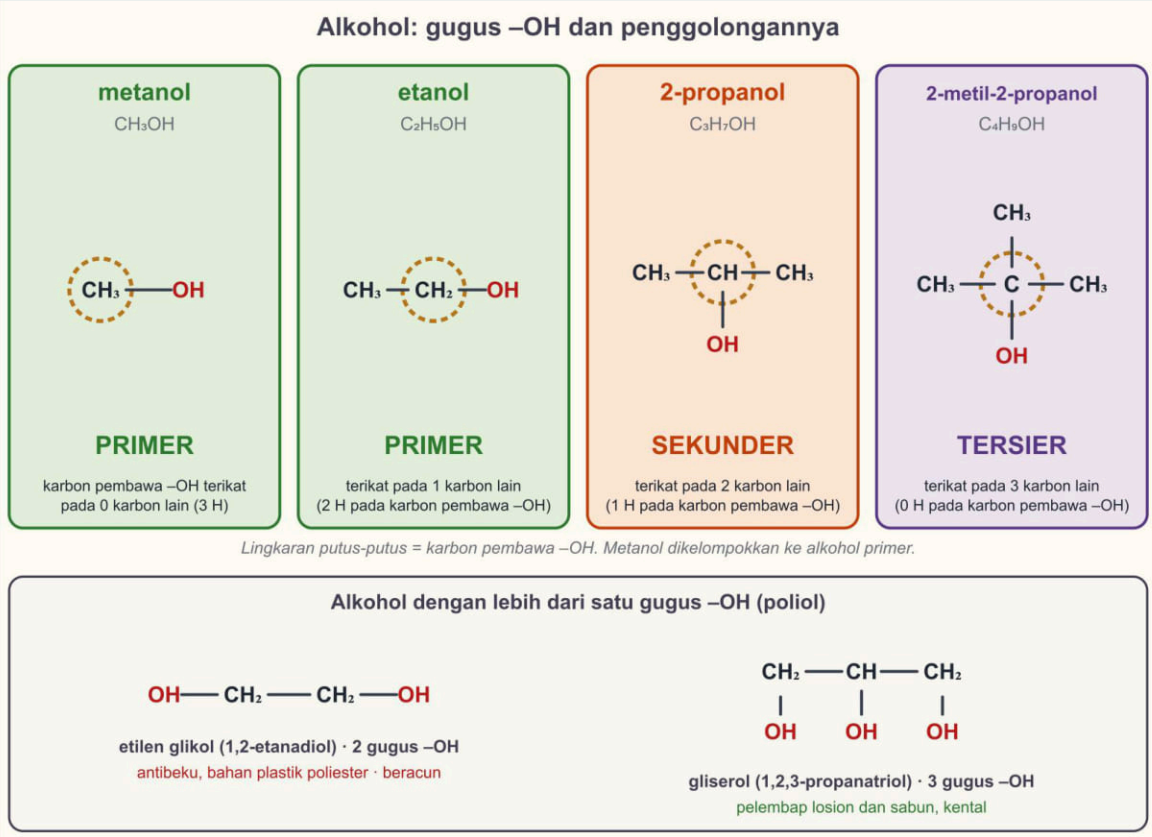
Contoh nama dan nama lazim yang sering kamu temui di pabrik: **metanol** ($CH_3OH$, alkohol kayu), **etanol** ($C_2H_5OH$, alkohol minum dan alkohol antiseptik), **1-propanol** ($CH_3CH_2CH_2OH$), **2-propanol** ($CH_3CH(OH)CH_3$, lazim disebut *isopropil alkohol* atau IPA), **1-butanol**, **2-butanol**, dan **2-metil-2-propanol**.

Ada pula alkohol dengan lebih dari satu gugus –OH, disebut **poliol**. Yang paling penting di industri: **etilen glikol** (1,2-etanadiol, dua gugus –OH) dan **gliserol** atau *gliserin* (1,2,3-propanatriol, tiga gugus –OH). Rumusnya ada pada Gambar 3.6.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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




*Gambar 3.6 Rumus struktur alkohol: metanol, etanol (primer), 2-propanol (sekunder), 2-metil-2-propanol (tersier), serta etilen glikol dan gliserol. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

### 3. Alkohol primer, sekunder, dan tersier

Alkohol digolongkan menurut **karbon pembawa –OH**, yaitu atom karbon tempat gugus –OH menempel. Hitung **berapa atom karbon lain** yang terikat langsung pada karbon itu:

- **Primer**: karbon pembawa –OH terikat pada **satu** karbon lain (atau tidak ada, pada metanol). Bentuknya R–$CH_2$–OH. Contoh: etanol, 1-propanol.
- **Sekunder**: terikat pada **dua** karbon lain. Bentuknya R–CH(OH)–R'. Contoh: 2-propanol.
- **Tersier**: terikat pada **tiga** karbon lain. Bentuknya $R_3C$–OH. Contoh: 2-metil-2-propanol.

Ada cara cepat: lihat **jumlah hidrogen pada karbon pembawa –OH**. Primer memiliki dua hidrogen (–$CH_2$OH), sekunder satu hidrogen (>CH–OH), dan tersier tidak punya hidrogen (>C–OH). Jumlah hidrogen itulah yang menentukan hasil oksidasi pada bagian berikutnya.

### 4. Sifat fisik alkohol

Atom oksigen sangat menarik elektron, sehingga ikatan O–H bersifat polar: hidrogennya sedikit positif dan oksigennya sedikit negatif. Hidrogen yang sedikit positif pada satu molekul dapat tertarik ke oksigen molekul lain. Tarikan ini disebut **ikatan hidrogen**, dan jauh lebih kuat daripada gaya London pada hidrokarbon. Akibatnya:

**Titik didih alkohol jauh lebih tinggi daripada hidrokarbon bermassa molekul hampir sama.** Propana (Mr 44) mendidih pada −42 °C, sedangkan etanol (Mr 46) mendidih pada sekitar 78 °C. Etanol berupa cairan pada suhu ruang, sedangkan propana berupa gas. Titik didih sekitar: metanol 65 °C, etanol 78 °C, 1-propanol 97 °C, dan 2-propanol 82 °C. Seperti pada alkana, alkohol berantai lebih panjang mendidih lebih tinggi, dan alkohol bercabang mendidih lebih rendah daripada yang lurus.

**Alkohol rantai pendek larut dalam air.** Gugus –OH membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Metanol, etanol, dan propanol **bercampur dengan air dalam semua perbandingan**. Makin panjang rantai hidrokarbonnya (bagian nonpolar), makin berkurang kelarutannya: 1-butanol hanya larut sebagian. Makin banyak gugus –OH, makin larut dan makin kental: gliserol sangat kental. Sifat larut dalam air inilah yang membuat etanol cocok untuk antiseptik, tetapi juga membuat tumpahan alkohol sukar dipisahkan dari air limbah.

**Mudah menguap dan mudah terbakar.** Etanol dan metanol menguap cepat pada suhu ruang dan uapnya dapat menyala. Nyala alkohol hampir tidak terlihat pada siang hari, jadi kebakaran alkohol sukar dikenali. Tempatkan alkohol jauh dari api, percikan, dan sumber panas, dan pakai APAR yang sesuai (lihat sub bab 2.3).

### 5. Oksidasi alkohol

**Oksidasi** pada senyawa karbon adalah reaksi yang menambah oksigen atau melepaskan hidrogen dari molekul. Pada alkohol, oksidasi terjadi pada karbon pembawa –OH dengan bantuan **oksidator**, misalnya kalium dikromat yang diasamkan atau kalium permanganat. Oksidator ditulis [O] dalam persamaan sederhana. Hasilnya bergantung pada golongan alkohol (Gambar 3.7):

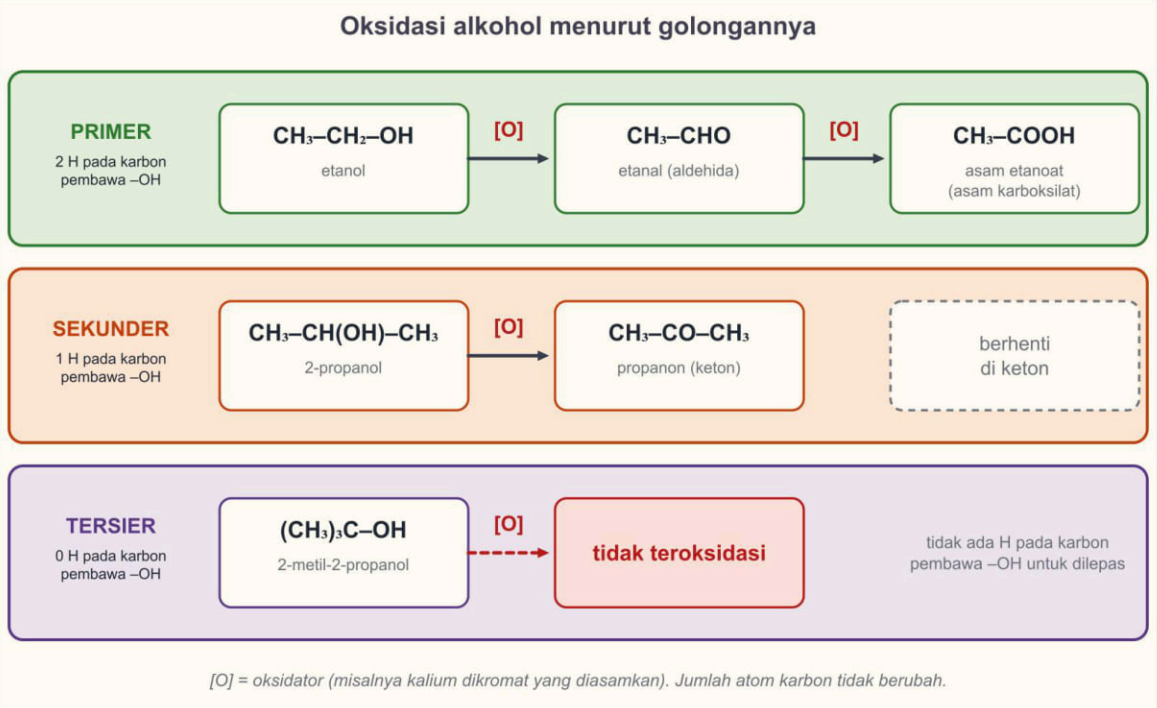
- **Alkohol primer** dioksidasi menjadi **aldehida** (gugus –CHO di ujung rantai), lalu bila



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

oksidasi berlanjut menjadi **asam karboksilat** (gugus –COOH).

- **Alkohol sekunder** dioksidasi menjadi **keton** (gugus C=O di tengah rantai) dan berhenti di situ.
- **Alkohol tersier tidak teroksidasi** pada kondisi biasa.




*Gambar 3.7 Oksidasi alkohol primer (aldehida lalu asam karboksilat), sekunder (keton), dan tersier (tidak bereaksi). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Contoh: etanol → etanal (asetaldehida), $CH_3CHO$ → asam etanoat (asam asetat, zat asam pada cuka), $CH_3COOH$. Alkohol sekunder 2-propanol → propanon (aseton), $CH_3–CO–CH_3$, pelarut pembersih cat kuku dan pelarut industri.

Mengapa tersier tidak teroksidasi? Oksidasi alkohol melepaskan dua hidrogen: satu dari gugus –OH dan satu dari karbon pembawa –OH. Alkohol tersier **tidak punya hidrogen pada karbon pembawa –OH**, sehingga tidak ada hidrogen kedua yang dapat dilepas tanpa memutus rantai karbon. Pada alkohol primer, karbon pembawa –OH punya dua hidrogen, jadi oksidasi bisa berlangsung dua tahap. Pada alkohol sekunder hanya punya satu, jadi berhenti di keton.

Dua catatan: **jumlah atom karbon tidak berubah** selama oksidasi, dan gugus fungsi baru dikenali dari posisi C=O: di ujung dan masih ada H (aldehida, –CHO), di tengah (keton), atau di ujung bersama –OH (asam karboksilat, –COOH). Di industri makanan, proses ini juga dikenal sebagai pembentukan cuka: bakteri asam asetat mengoksidasi etanol dengan oksigen udara menjadi asam asetat.

### 6. Etanol: fermentasi dan distilasi

**Etanol** dibuat secara industri lewat **fermentasi** bahan yang mengandung gula atau pati. Bahan bakunya bisa **tetes tebu** (molase, hasil samping pabrik gula pada sub bab 1.1), singkong, jagung, atau nira. Prosesnya (Gambar 3.8):

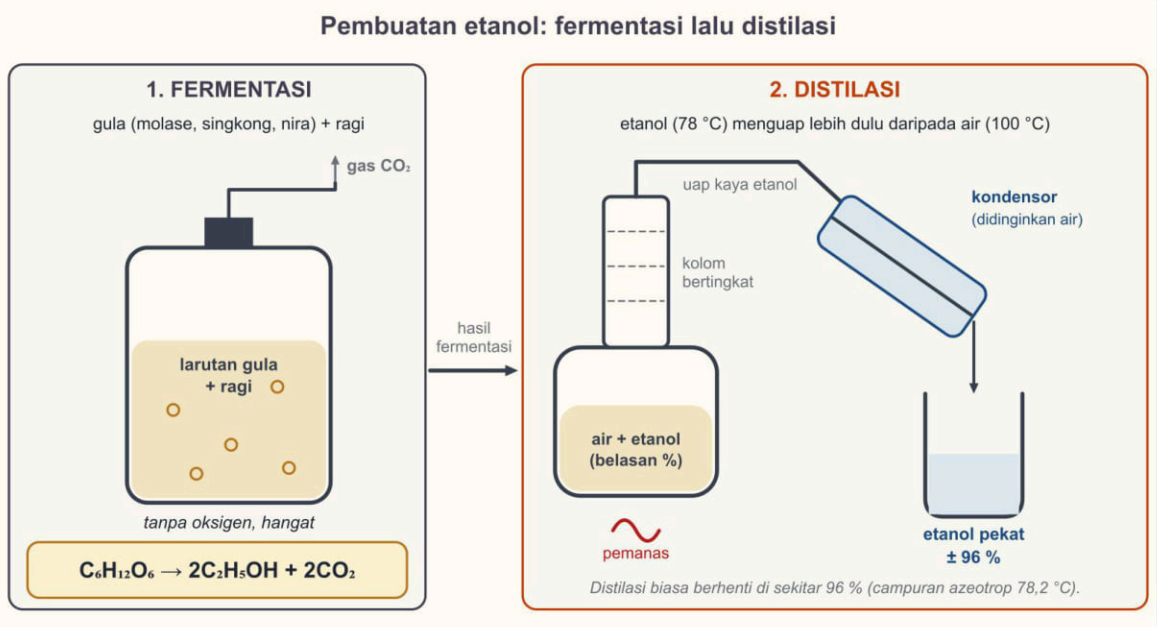
1. **Persiapan bahan.** Bila bahan berupa pati (singkong, jagung), pati diubah dulu menjadi gula



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

sederhana dengan enzim atau asam. Molase sudah mengandung gula sehingga cukup diencerkan.

2. **Fermentasi.** Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*, sejenis khamir) dicampur ke larutan gula dalam tangki fermentor tertutup, hangat, dan **tanpa oksigen** (anaerob). Ragi mengubah glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida: $\mathbf{C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2}$. Gas $CO_2$ keluar sebagai gelembung. Satu mol glukosa menghasilkan dua mol etanol.
3. **Hasil fermentasi** berupa campuran air, etanol, sisa bahan, dan ragi. Kadar etanolnya rendah, kira-kira belasan persen paling tinggi, sebab ragi mati bila kadar etanol terlalu besar.
4. **Distilasi.** Etanol (titik didih 78 °C) lebih mudah menguap daripada air (100 °C). Campuran dipanaskan, uap yang kaya etanol didinginkan di kondensor, dan cairan hasilnya jauh lebih pekat. Dengan distilasi bertingkat, kadar naik sampai sekitar 96 %.
5. **Dehidrasi lanjutan** diperlukan bila butuh etanol absolut (hampir 100 %).




*Gambar 3.8 Pembuatan etanol: fermentasi gula oleh ragi, lalu distilasi hasil fermentasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Mengapa distilasi biasa berhenti di sekitar 96 %? Campuran etanol dan air pada kadar sekitar 95,6 % massa (sekitar 97 % volume) disebut **azeotrop**: campuran itu mendidih pada suhu tetap (78,2 °C) dan uapnya memiliki komposisi yang sama dengan cairannya, sehingga distilasi tidak dapat memisahkannya lebih jauh. Karena itu etanol "96 %" adalah bahan pekat yang lazim di gudang, bukan etanol murni. Hal ini penting pada perhitungan pengenceran: bahan yang kamu pakai **tidak 100 % murni**.

### 7. Metanol dan keselamatan

**Metanol** (alkohol kayu) dibuat di industri dari gas sintesis (campuran CO dan $H_2$) yang berasal dari gas alam. Ia bahan baku formaldehida (untuk perekat dan resin), bahan reaksi pembuatan biodiesel (lihat contoh biodiesel pada sub bab 1.1), pelarut, dan campuran cairan pencuci kaca.

Metanol **sangat beracun** dan tidak boleh dipakai pada produk yang menyentuh tubuh, termasuk antiseptik, kosmetik, dan makanan. Racun itu masuk lewat tertelan, terhirup, dan terserap kulit.



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

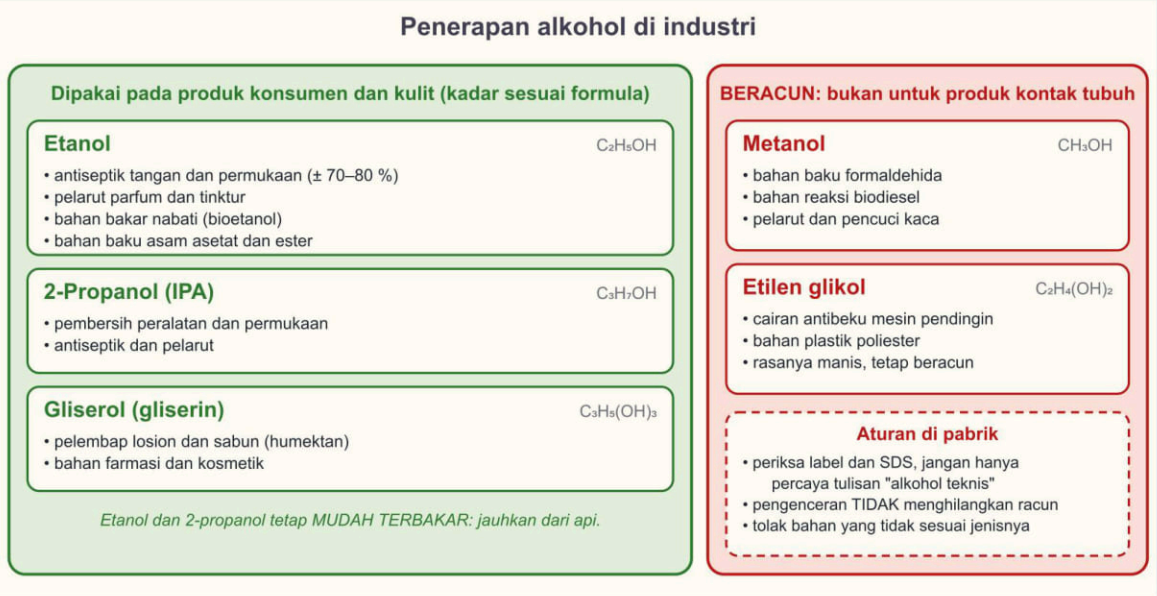
Di dalam tubuh, hati mengubah metanol menjadi **formaldehida** lalu **asam format** (asam semut), yang merusak sel, terutama saraf mata, dan menyebabkan keasaman darah berbahaya. Akibatnya bisa kebutaan sampai kematian. Gejalanya dapat **tertunda belasan jam**, sehingga korban sering terlambat sadar. Menurut laporan kedokteran, sedikit saja (hitungan mililiter) yang tertelan sudah dapat merusak saraf mata secara permanen.

Yang membuat metanol berbahaya di pabrik: **rupa dan baunya mirip etanol**. Orang tidak dapat membedakannya dengan mata atau hidung. Karena itu:

- bahan berlabel "alkohol teknis" **tidak otomatis aman**; periksa kadar dan jenisnya lewat label, lembar data keselamatan (SDS, sub bab 2.4), dan hasil uji laboratorium;
- **pengenceran tidak menghilangkan racun**: jumlah metanol tetap sama, hanya konsentrasinya yang turun, dan uapnya tetap terhirup;
- menambahkan bahan lain (gliserin, pewangi) tidak menetralkan racunnya;
- simpan dalam wadah berlabel jelas, jauh dari api, dan jangan pernah memakai botol makanan atau minuman.

## 8. Penerapan alkohol di industri

Gambar 3.9 meringkas penerapan alkohol yang perlu kamu kenal.




*Gambar 3.9 Penerapan alkohol di industri: yang aman bagi kulit dan yang beracun. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

| Alkohol | Penerapan utama | Catatan keselamatan |
|---|---|---|
| etanol | antiseptik (tangan dan permukaan), pelarut parfum dan tinktur, bahan bakar bioetanol, bahan baku asam asetat dan ester | mudah terbakar; layak untuk produk kontak kulit |
| 2-propanol | pembersih peralatan, antiseptik, pelarut | mudah terbakar |
| metanol | bahan baku formaldehida dan biodiesel, pelarut, cairan pencuci kaca | **beracun**, tidak untuk produk kontak tubuh |
| etilen glikol | cairan antibeku pada mesin pendingin, bahan baku plastik poliester | **beracun** (rasanya manis) |
| gliserol | pelembap (humektan) pada losion dan sabun, farmasi | tidak beracun pada pemakaian biasa |

**Etanol sebagai antiseptik.** Kadar yang lazim adalah sekitar 70 %, dan formulasi cairan pembersih tangan yang dianjurkan WHO memakai etanol sampai kadar akhir 80 % (v/v). Etanol 96 % justru kurang efektif membunuh kuman dibandingkan 70 %, karena dibutuhkan air agar alkohol dapat menembus sel kuman. Pabrik antiseptik biasanya membeli etanol 96 % lalu **mengencerkannya**. Rumusnya sama dengan pengenceran larutan lain: $\mathbf{C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2}$, dengan C adalah kadar (% v/v) dan V volume. Dua hal diingat: (1) $C_1$ adalah **96 %, bukan 100 %**; (2) campuran etanol dan air **sedikit menyusut volumenya**, jadi cara yang benar adalah mengambil volume etanol 96 % hasil hitungan, lalu menambah air **sampai tanda volume akhir** pada labu atau gelas ukur, bukan menambah volume air yang diukur terpisah. Pengenceran etanol dan satuan kadar lainnya dibahas lebih lanjut di sub bab 2.2 dan 3.4.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: memberi nama dan menggolongkan alkohol

Pada 2027, Salsa, analis di laboratorium pabrik pelarut, menerima tiga rumus dari lembar data bahan: A = $CH_3–CH_2–CH(OH)–CH_2–CH_3$, B = $(CH_3)_2CH–CH_2OH$, dan C = $CH_3–CH_2–C(CH_3)_2–OH$. Ia diminta memberi nama dan golongan tiap alkohol. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

**A.**

1. **Rantai induk.** Ada 5 karbon berderet yang memuat karbon pembawa –OH, jadi pentanol.
2. **Penomoran.** –OH berada di karbon tengah, nomor 3 dari kedua ujung.
3. **Nama.** 3-pentanol. Rumus molekul: $C_5H_{12}O$.
4. **Golongan.** Karbon pembawa –OH terikat pada dua karbon lain (C2 dan C4) dan memiliki satu hidrogen: sekunder.

**B.**

1. **Rantai induk.** Rantai terpanjang yang memuat karbon pembawa –OH: $CH_2(OH)–CH–CH_3$, yaitu 3 karbon (propanol). Karbon CH berikat dengan satu cabang metil.



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

2. **Penomoran.** Mulai dari ujung $CH_2OH$ agar –OH bernomor 1; cabang metil berada di karbon 2.
3. **Nama.** 2-metil-1-propanol. Rumus molekul: $C_4H_{10}O$.
4. **Golongan.** Karbon pembawa –OH hanya terikat pada satu karbon lain dan memiliki dua hidrogen: primer.

**C.**

1. **Rantai induk.** Karbon pembawa –OH mengikat dua gugus $CH_3$ dan satu $CH_2CH_3$. Rantai terpanjang melalui karbon itu: $CH_3–C–CH_2–CH_3$, yaitu 4 karbon (butanol), dengan satu cabang metil pada karbon pembawa –OH.
2. **Penomoran.** Mulai dari ujung yang memberi nomor –OH terkecil: –OH di karbon 2, metil juga di karbon 2.
3. **Nama.** 2-metil-2-butanol. Rumus molekul: $C_5H_{12}O$.
4. **Golongan.** Karbon pembawa –OH terikat pada tiga karbon lain dan tidak punya hidrogen: tersier.

Jawaban: A = 3-pentanol (sekunder); B = 2-metil-1-propanol (primer); C = 2-metil-2-butanol (tersier). Cek akal sehat: A dan C sama-sama $C_5H_{12}O$ tetapi strukturnya berbeda, jadi keduanya berisomer; B hanya memiliki 4 karbon sehingga rumusnya $C_4H_{10}O$.

### Contoh 2: hasil oksidasi

Pada 2027, bagian R&D sebuah pabrik pelarut mengoksidasi tiga alkohol: 1-butanol, 3-pentanol, dan 2-metil-2-butanol. Tentukan hasil tiap oksidasi. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Golongkan.** 1-butanol: primer ($CH_3CH_2CH_2CH_2OH$, karbon pembawa –OH punya 2 H). 3-pentanol: sekunder (1 H). 2-metil-2-butanol: tersier (0 H).
2. **Primer.** 1-Butanol teroksidasi menjadi aldehida **butanal** ($CH_3CH_2CH_2CHO$), dan bila oksidator berlebih dilanjutkan menjadi **asam butanoat** ($CH_3CH_2CH_2COOH$). Jumlah karbon tetap 4.
3. **Sekunder.** 3-Pentanol menjadi keton **3-pentanon** ($CH_3CH_2–CO–CH_2CH_3$) dan berhenti di situ. Jumlah karbon tetap 5.
4. **Tersier.** 2-Metil-2-butanol tidak memiliki hidrogen pada karbon pembawa –OH, sehingga **tidak teroksidasi**.

Jawaban: butanal lalu asam butanoat; 3-pentanon; tidak bereaksi. Cek akal sehat: jumlah karbon tidak berubah pada ketiga reaksi, dan hanya alkohol primer yang dapat menghasilkan asam karboksilat.

### Contoh 3: mengencerkan etanol untuk antiseptik

Pada 2027, unit usaha sekolah akan membuat 600 mL cairan pembersih tangan berkadar etanol 80 % (v/v) dari etanol 96 % (v/v). Berapa volume etanol 96 % yang diukur, dan bagaimana cara menambahkan airnya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tulis rumus pengenceran.** $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$, dengan $C_1 = 96$ %, $C_2 = 80$ %, $V_2 = 600$ mL.
2. **Hitung $V_1$.** $V_1 = (80 \times 600) \div 96 = 48.000 \div 96 = 500$ mL.



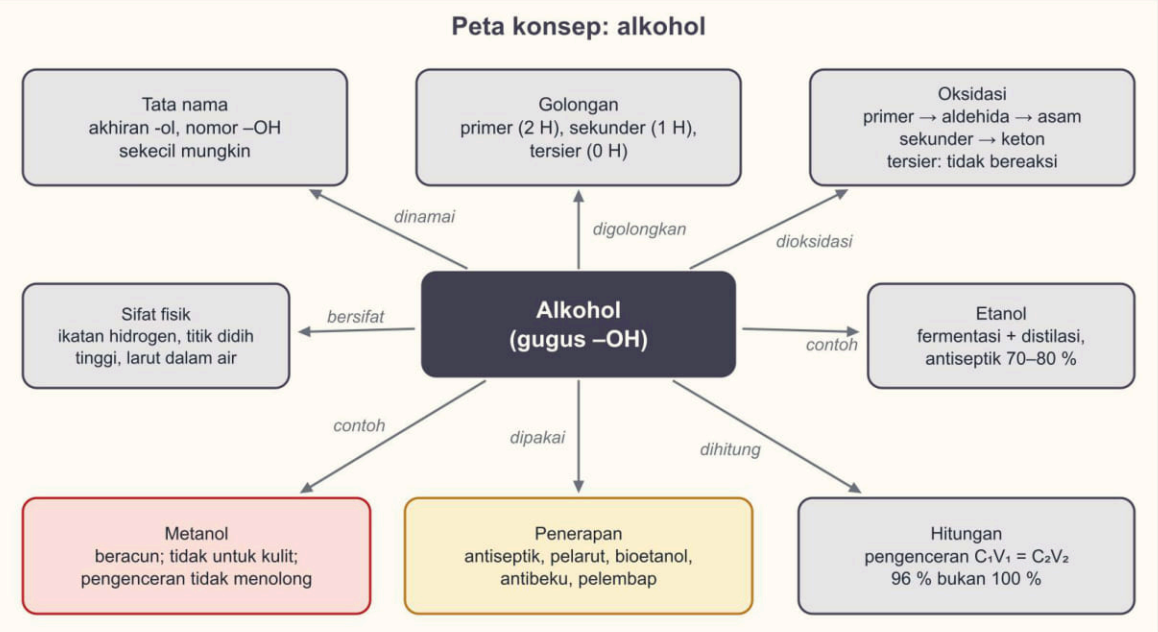
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. **Cara menambahkan air.** Ambil 500 mL etanol 96 % dengan gelas ukur, masukkan ke wadah berskala, lalu tambahkan air suling **sampai tanda 600 mL**. Volume air kurang lebih 100 mL, tetapi tidak perlu diukur terpisah karena volume campuran menyusut sedikit.
4. **Periksa kadar.** Etanol murni dalam 500 mL = 0,96 × 500 = 480 mL. Kadar akhir = 480 ÷ 600 × 100 % = 80 %.

Jawaban: 500 mL etanol 96 % ditambah air sampai 600 mL. Cek akal sehat: bila etanol 96 % dianggap murni (100 %), volume yang dihitung adalah 0,80 × 600 = 480 mL dan kadar akhir hanya 76,8 %, lebih rendah daripada yang diminta.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 3.10 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 3.10 Peta konsep gugus fungsi alkohol dan penerapannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Alkohol** memiliki gugus –OH pada karbon jenuh; nama berakhiran **-ol** dengan nomor posisi –OH sekecil mungkin.
- **Primer, sekunder, tersier** ditentukan oleh jumlah karbon lain pada karbon pembawa –OH (1, 2, 3), atau jumlah H-nya (2, 1, 0).
- **Oksidasi:** primer → aldehida → asam karboksilat; sekunder → keton; tersier tidak teroksidasi.
- **Ikatan hidrogen** membuat titik didih alkohol tinggi dan alkohol rantai pendek larut dalam air.
- **Etanol:** fermentasi gula oleh ragi tanpa oksigen, lalu distilasi sampai sekitar 96 %; antiseptik efektif pada sekitar 70 sampai 80 %.
- **Metanol** beracun: tidak untuk produk kontak tubuh, dan pengenceran tidak menghilangkan racunnya.

**Istilah penting:** gugus fungsi (kelompok atom penentu sifat); gugus hidroksil (–OH); alkohol primer (karbon pembawa –OH punya 2 H); alkohol sekunder (1 H); alkohol tersier (tidak punya H); oksidasi (menambah O atau melepas H); aldehida (–CHO di ujung); keton (C=O di tengah); asam karboksilat (–COOH); ikatan hidrogen (tarikan antarmolekul yang kuat); fermentasi (perubahan gula oleh mikroba); azeotrop (campuran yang tidak terpisah dengan distilasi biasa); poliol (alkohol dengan beberapa gugus –OH); antiseptik (pembunuh kuman untuk kulit).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal alkohol:

1. **Gambar atau tulis karbon pembawa –OH** dan hitung hidrogennya: 2 H primer, 1 H sekunder, 0 H tersier.
2. **Untuk hasil oksidasi:** primer menghasilkan aldehida lalu asam; sekunder menghasilkan keton; tersier tidak bereaksi. Jumlah karbon tetap.
3. **Untuk memilih alkohol awal:** mulai dari hasil yang diminta, tentukan golongan alkohol asalnya, lalu cocokkan jumlah karbon.
4. **Untuk keselamatan:** nilai bahaya zatnya dahulu, baru harga, mutu, atau kemudahan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Alkohol primer dianggap menghasilkan keton**, atau alkohol tersier dianggap teroksidasi.
- **Jumlah karbon alkohol awal tidak dicocokkan** dengan hasil oksidasi (misalnya 1-propanol dan 2-propanol tertukar).
- **"Alkohol teknis" dianggap aman** untuk produk antiseptik.
- **Pengenceran dianggap menghilangkan racun** metanol.
- **Etanol 96 % dianggap murni** pada hitungan pengenceran.
- **Gugus –OH pada alkohol dianggap membuatnya basa.**

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa memilih 1-propanol sebagai bahan awal pembuatan aseton (propanon) karena "jumlah karbonnya sama, yaitu tiga". Jumlah karbon memang sama, tetapi 1-propanol adalah alkohol primer, sehingga menghasilkan propanal lalu asam propanoat. Aseton adalah keton, jadi bahan awalnya harus alkohol sekunder dengan tiga karbon, yaitu 2-propanol.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji hubungan golongan alkohol dengan hasil oksidasinya: tentukan dulu apa yang diminta (keton), cari golongan alkohol asalnya, lalu cocokkan jumlah karbon. Pakai bagian 3 dan 5.

►. Laboratorium R&D sebuah pabrik pelarut menguji pembuatan aseton (propanon, $CH_3–CO–CH_3$) melalui oksidasi alkohol (2027). Tersedia lima alkohol di rak: etanol, 1-propanol, 2-propanol, 2-butanol, dan 2-metil-2-propanol. Fikri diminta memilih satu alkohol yang bila dioksidasi menghasilkan aseton, tanpa terbentuk aldehida atau asam karboksilat.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Alkohol yang tepat dipilih adalah ....

A. 1-propanol
B. 2-propanol
C. 2-metil-2-propanol
D. 2-butanol
E. Etanol



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

**Pembahasan** **Kunci: B**

**Konsep:** Oksidasi alkohol primer → aldehida → asam karboksilat; alkohol sekunder → keton; alkohol tersier sukar dioksidasi. Jumlah atom C tidak berubah.

**Langkah:**

1. Aseton adalah keton dengan 3 atom C, gugus C=O di atom C nomor 2.
2. Keton berasal dari alkohol sekunder dengan jumlah C sama → 2-propanol.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: jumlah C sama (3), tetapi alkohol primer menghasilkan propanal lalu asam propanoat.
- **B.** ✓ Alkohol sekunder 3 atom C → propanon (aseton).
- **C.** ✗ Alkohol tersier sukar dioksidasi.
- **D.** ✗ Jebakan: alkohol sekunder, tetapi 4 atom C sehingga menghasilkan butanon.
- **E.** ✗ Etanol (primer, 2 C) menghasilkan etanal lalu asam asetat.

**Jawaban: B.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal ini, nilai dahulu bahaya zat dan fungsi produk, baru pertimbangkan harga atau kemudahan. Pakai bagian 7 dan 8.

**1.** Pabrik cairan antiseptik tangan menerima satu drum berlabel "alkohol teknis 96%" dari pemasok baru (2027). Hasil uji laboratorium menunjukkan isinya metanol, bukan etanol. Pemasok menawarkan potongan harga 30% bila drum itu tetap dipakai. Kepala produksi meminta Rafi, analis QC, memberikan rekomendasi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Rekomendasi yang paling tepat adalah ....

A. Memakai metanol karena daya bunuh kumannya sama dengan etanol dan lebih murah
B. Mencampur metanol dengan etanol 1 : 1 agar biaya turun tanpa mengubah mutu
C. Memakai metanol asalkan diencerkan menjadi 70% seperti etanol pada formula
D. Menolak drum itu untuk produk antiseptik karena metanol beracun bagi tubuh
E. Memakai metanol asalkan ditambah gliserin agar lebih lambat terserap kulit

**Kunci singkat:** 1. D

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa alkohol tersier tidak teroksidasi, sedangkan alkohol sekunder berhenti di keton?
- Mengapa menambahkan air pada metanol tidak membuatnya aman dipakai sebagai antiseptik?
- **Yang harus kuingat:** gugus –OH dan nama berakhiran -ol; hitung hidrogen pada karbon pembawa –OH; primer → aldehida → asam, sekunder → keton, tersier tidak bereaksi;



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

fermentasi dan distilasi etanol; metanol beracun; pengenceran memakai $C_1V_1 = C_2V_2$ dengan 96 %, bukan 100 %.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 3.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-3.2



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

# Sub bab 3.3 · Persamaan reaksi dan konsep mol

SMKTKI-3.3

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 3, dasar kimia) meminta kamu menerapkan **persamaan reaksi dan konsep mol** sebagai dasar kimia anorganik. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta menyetarakan persamaan reaksi, mengubah massa menjadi mol dan sebaliknya, memakai perbandingan koefisien untuk menghitung massa atau volume zat lain, dan menentukan pereaksi yang membatasi hasil. Soal pada sub bab ini termasuk yang paling sulit di mapel ini karena satu langkah keliru (misalnya lupa koefisien) langsung mengubah jawaban.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menghitung massa kebutuhan atau hasil** pada reaksi di pabrik (netralisasi limbah, pembakaran, penguraian batu kapur, fermentasi); (2) **menilai pernyataan** tentang mol, perbandingan koefisien, dan volume gas pada STP; (3) **menjelaskan pengamatan** dengan hukum kekekalan massa; (4) **bahan baku tidak murni**, sehingga massa zat murninya harus dihitung dahulu.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

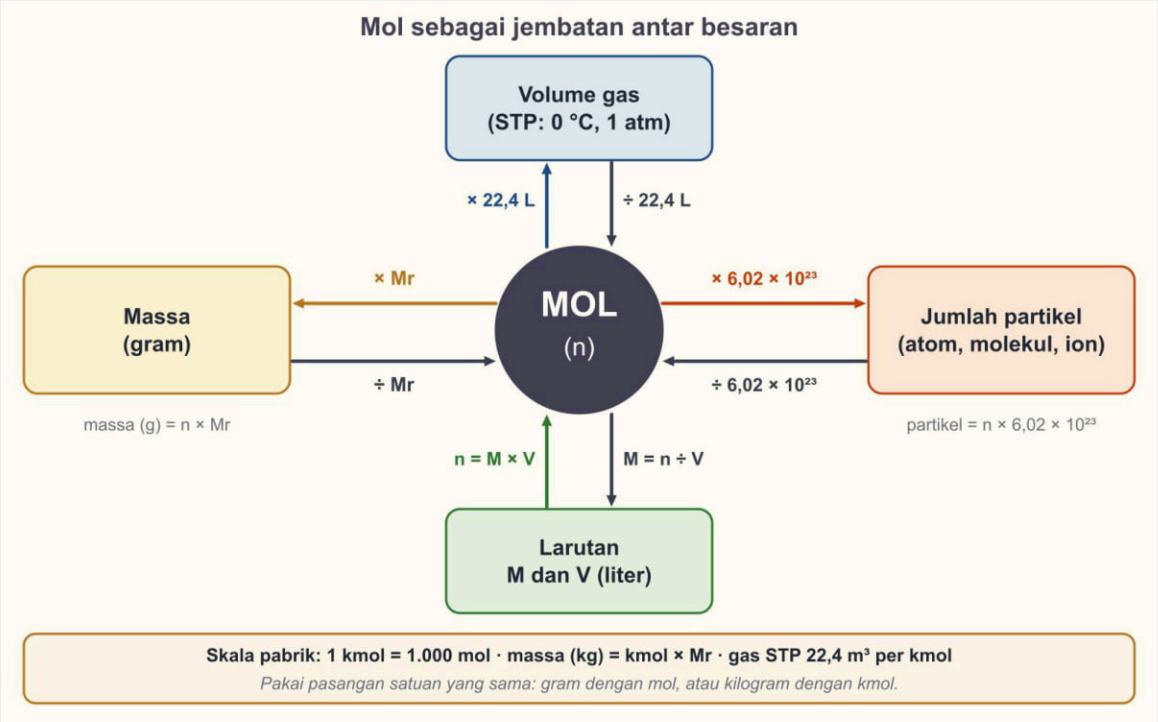
- menyetarakan persamaan reaksi dan menjelaskan hukum kekekalan massa;
- menghitung Mr dari rumus dan Ar yang diberikan;
- mengubah massa, jumlah partikel, dan volume gas menjadi mol dan sebaliknya;
- memakai perbandingan koefisien untuk menghitung massa atau volume zat lain;
- menentukan pereaksi pembatas dan sisa pereaksi;
- menghitung pada skala pabrik dengan satuan kmol dan kg.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pabrik pupuk mengubah gas amonia menjadi ratusan ton pupuk dalam sehari. Berapa ton amonia yang harus disiapkan? Berapa asam sulfat yang dibutuhkan, dan berapa pupuk yang akan jadi? Pertanyaan semacam ini dijawab oleh **stoikiometri**, yaitu perhitungan jumlah zat yang bereaksi dan terbentuk. Alatnya ada tiga: persamaan reaksi yang setara, massa atom dan massa molekul relatif, serta konsep mol. Kuasai ketiganya, maka hampir semua hitungan kimia di pabrik dan laboratorium dapat kamu kerjakan. Gambar 3.11 memperlihatkan peta besarnya: mol adalah jembatan yang menghubungkan massa, jumlah partikel, volume gas, dan larutan. Tiap hubungan dijelaskan pada bagian 5.



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




*Gambar 3.11 Mol sebagai jembatan antara massa, jumlah partikel, volume gas, dan larutan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

### 1. Reaksi kimia dan persamaannya

Pada **reaksi kimia**, zat-zat berubah menjadi zat baru yang sifatnya berbeda. Tandanya antara lain terbentuk gas, endapan, perubahan warna, atau perubahan suhu. Zat awal disebut **pereaksi** (reaktan) dan zat yang terbentuk disebut **hasil reaksi** (produk). Reaksi ditulis sebagai **persamaan reaksi**: pereaksi di kiri, panah, hasil reaksi di kanan. Contoh pembakaran metana: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$.

Dua jenis angka pada persamaan harus dibedakan:

- **Koefisien** adalah angka di depan rumus (2 pada $2O_2$). Ia menyatakan **banyaknya molekul** atau **banyaknya mol** zat itu.
- **Indeks** adalah angka kecil di bawah lambang unsur (2 pada $O_2$). Ia menyatakan **jumlah atom dalam satu molekul** dan merupakan bagian dari identitas zat.

Saat menyetarakan, kamu **hanya boleh mengubah koefisien**. Mengubah indeks berarti mengganti zatnya: $H_2O$ adalah air, sedangkan $H_2O_2$ adalah hidrogen peroksida, zat yang sama sekali berbeda. Wujud zat sering ditulis dalam tanda kurung kecil: (s) padat, (l) cair, (g) gas, (aq) larutan dalam air.

### 2. Hukum kekekalan massa

Antoine Lavoisier menemukan bahwa **massa seluruh zat sebelum reaksi sama dengan massa seluruh zat sesudah reaksi** dalam sistem tertutup. Alasannya di tingkat partikel: reaksi hanya **menyusun ulang atom**. Ikatan lama putus, ikatan baru terbentuk, tetapi tidak ada atom yang lenyap atau muncul. Jumlah dan jenis atom di kiri dan kanan panah harus sama; syarat inilah yang dipakai untuk menyetarakan persamaan (penyusunan ulang itu digambarkan pada tingkat partikel di Gambar 3.13, bagian 6).

Mengapa kadang angka neraca tampak berkurang? Bila reaksi menghasilkan gas dan dilakukan dalam wadah terbuka, gas lepas ke udara dan massanya tidak lagi tertimbang. Contohnya tablet effervescent yang dilarutkan dalam gelas terbuka di atas neraca: angka neraca turun karena $CO_2$ keluar. Dalam wadah tertutup, jumlah massa tetap. Jadi hukum kekekalan massa tidak dilanggar; hanya sebagian massa berpindah keluar dari sistem yang kamu timbang.

### 3. Menyetarakan persamaan reaksi

Persamaan **setara** apabila jumlah atom tiap unsur di kiri sama dengan di kanan. Langkahnya (Gambar 3.12):

1. **Tulis rumus yang benar** untuk semua pereaksi dan hasil reaksi. Rumus tidak boleh diubah setelah ditulis.
2. **Hitung atom tiap unsur** di sisi kiri dan kanan.
3. **Setarakan satu unsur dalam satu langkah.** Mulailah dari unsur yang muncul hanya di satu zat pada tiap sisi (misalnya C dan H dalam hidrokarbon). Unsur yang berdiri sendiri ($O_2$, $H_2$, Fe) dan unsur yang muncul di banyak zat (O) **paling akhir**. Bila tidak ada unsur yang jelas didahulukan, seperti Fe dan O yang sama-sama hanya ada pada $Fe_2O_3$, samakan jumlah atom dengan kelipatan persekutuan terkecil ($O_2$ dan $O_3$ → 6 atom O).



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

4. **Tulis koefisien.** Bila muncul pecahan (misalnya 7/2), **kalikan semua koefisien** dengan penyebutnya agar semuanya bilangan bulat.
5. **Periksa**: hitung ulang tiap atom di kedua sisi. Bila ada ion, periksa muatan.




*Gambar 3.12 Langkah menyetarakan persamaan reaksi, dengan contoh pengaratan besi: $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Contoh dengan propana (bahan bakar elpiji): $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. Setarakan C: tiga C di kiri, jadi $3CO_2$. Setarakan H: delapan H di kiri, jadi $4H_2O$. Hitung O di kanan: 3 × 2 + 4 × 1 = 10 atom, jadi di kiri $O_2$ harus 5. Hasil: $\mathbf{C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O}$. Periksa: C 3 = 3, H 8 = 8, O 10 = 10. Persamaan setara.

## 4. Massa atom relatif dan massa molekul relatif

Satu atom terlalu ringan untuk ditimbang, sehingga para kimiawan membandingkan massa atom dengan massa standar. **Massa atom relatif (Ar)** adalah perbandingan massa rata-rata satu atom unsur dengan 1/12 massa satu atom karbon-12. Ar tidak memiliki satuan. Nilai yang lazim dipakai pada soal (dibulatkan):

| Unsur | H | C | N | O | Na | Mg | Al | S | Cl | K | Ca | Fe | Cu | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ar | 1 | 12 | 14 | 16 | 23 | 24 | 27 | 32 | 35,5 | 39 | 40 | 56 | 63,5 | 65 |

Pada soal, nilai Ar biasanya diberikan di akhir soal; gunakan nilai yang diberikan, bukan hafalanmu bila berbeda.

**Massa molekul relatif (Mr)** adalah jumlah Ar semua atom dalam satu rumus. Untuk senyawa ion, ia disebut juga massa rumus relatif, tetapi caranya sama. Kalikan Ar dengan **indeks**, dan bila ada kurung, indeks di luar kurung mengalikan semua atom di dalamnya.

- Mr $CaCO_3$ = 40 + 12 + (3 × 16) = 100.
- Mr $H_2SO_4$ = (2 × 1) + 32 + (4 × 16) = 98.



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

- Mr $(NH_4)_2SO_4 = 2 \times (14 + 4 \times 1) + 32 + (4 \times 16) = 36 + 32 + 64 = 132$.

Kesalahan yang paling sering terjadi adalah salah menghitung Mr, misalnya $CaCO_3$ ditulis 40 + 12 + 16 = 68 karena lupa mengalikan oksigen dengan 3. Hitung Mr secara berurutan dan tuliskan tiap atom.

### 5. Konsep mol

Dalam satu sendok garam ada triliunan triliun partikel. Menghitung satu per satu mustahil, sehingga para kimiawan memakai satuan jumlah yang besar, **mol**, seperti kita memakai "lusin" untuk 12 butir atau "rim" untuk 500 lembar kertas. **Satu mol zat mengandung $6{,}02 \times 10^{23}$ partikel** (atom, molekul, atau ion). Bilangan itu disebut **tetapan Avogadro**.

Mengapa tepat angka $6{,}02 \times 10^{23}$? Karena angka itu dipilih agar **massa satu mol zat dalam gram sama dengan Ar atau Mr zat itu**. Satu mol karbon bermassa 12 g, satu mol air ($H_2O$) bermassa 18 g, dan satu mol $CaCO_3$ bermassa 100 g. Massa satu mol disebut **massa molar** (satuan g/mol). Jadi mol, massa, jumlah partikel, dan volume dapat saling dikonversi, seperti pada Gambar 3.11.

- **Massa**: n = massa ÷ Mr (mol = gram ÷ gram per mol), dan massa = n × Mr. Rumus ini langsung diturunkan dari definisi di atas: 1 mol bermassa Mr gram, jadi massa tertentu mengandung (massa ÷ Mr) mol.
- **Jumlah partikel**: jumlah partikel = n × $6{,}02 \times 10^{23}$.
- **Volume gas**: pada keadaan standar **STP** (0 °C dan 1 atm), satu mol gas apa pun bervolume **22,4 L**, sehingga V = n × 22,4 L. Alasannya, volume gas hanya bergantung pada jumlah partikel pada suhu dan tekanan yang sama (hukum Avogadro), bukan pada jenis gasnya. Pada suhu dan tekanan lain volume molarnya berbeda, misalnya sekitar 24,5 L pada 25 °C dan 1 atm; bila soal memberi volume molar sendiri, pakai angka itu.
- **Larutan**: n = M × V (V dalam liter), dibahas di sub bab 3.4.

Contoh: 49 g $H_2SO_4$ (Mr = 98) setara dengan 49 ÷ 98 = 0,5 mol, mengandung $0{,}5 \times 6{,}02 \times 10^{23} = 3{,}01 \times 10^{23}$ molekul.

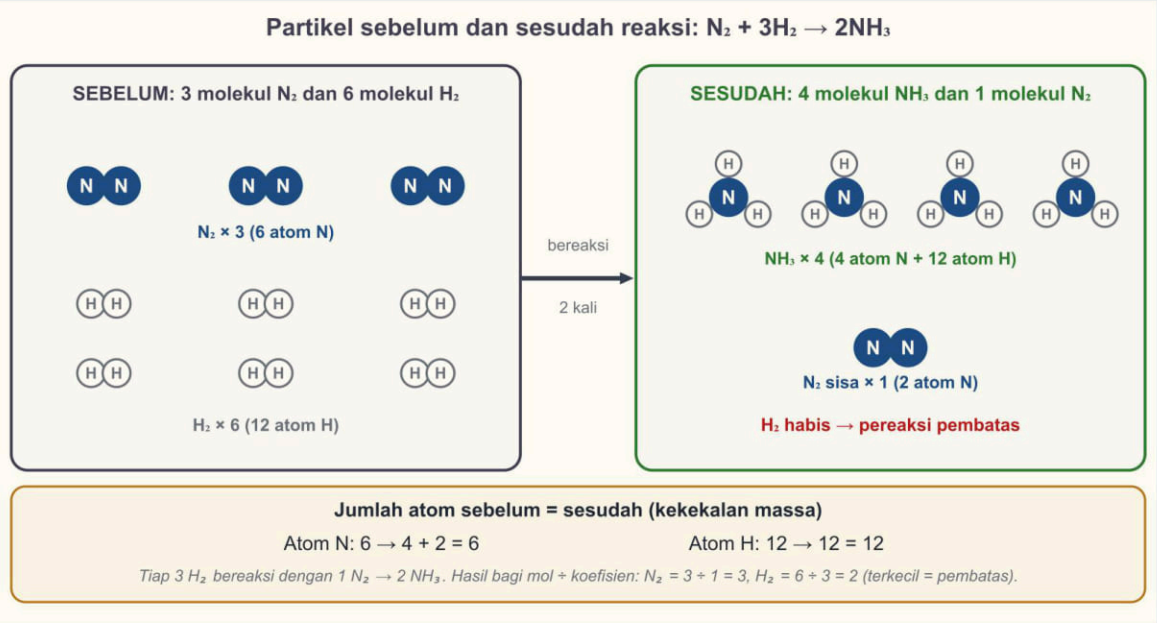
### 6. Perbandingan koefisien

Inilah inti stoikiometri: **koefisien pada persamaan setara menyatakan perbandingan mol zat yang bereaksi dan terbentuk**. Untuk gas pada suhu dan tekanan sama, perbandingan itu juga perbandingan volume. **Koefisien bukan perbandingan massa.**

Perhatikan $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$. Koefisiennya 1 : 3 : 2. Artinya satu mol $N_2$ bereaksi dengan tiga mol $H_2$ menghasilkan dua mol $NH_3$. Pada tingkat partikel (Gambar 3.13), tiap tiga molekul $H_2$ selalu bergabung dengan satu molekul $N_2$ untuk membentuk dua molekul $NH_3$. Gambar itu memakai 3 molekul $N_2$ dan 6 molekul $H_2$; jumlah atom N dan H sama sebelum dan sesudah reaksi, hanya susunannya berubah. Bagian ini juga menunjukkan pereaksi yang tersisa, yang dibahas pada bagian 7.



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




*Gambar 3.13 Model partikel reaksi $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ dengan 3 molekul $N_2$ dan 6 molekul $H_2$: $H_2$ habis (pembatas) dan 1 molekul $N_2$ tersisa. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Sekarang lihat massanya. 1 mol $N_2$ = 28 g, 3 mol $H_2$ = 6 g, 2 mol $NH_3$ = 34 g. Perbandingan massanya 28 : 6 : 34, bukan 1 : 3 : 2. Jumlah massa pereaksi (28 + 6 = 34 g) sama dengan massa hasil (34 g), sesuai kekekalan massa (Gambar 3.14).

**Membaca persamaan reaksi dalam mol, massa, dan volume**

| Persamaan setara | $N_2$ | $+ 3H_2$ | $\rightarrow 2NH_3$ |
|---|---|---|---|
| Koefisien = perbandingan mol | 1 | 3 | 2 |
| Jumlah zat | 1 mol | 3 mol | 2 mol |
| Massa molekul relatif (Mr) | 28 | 2 | 17 |
| Massa = mol × Mr | 28 g | 6 g | 34 g |
| Volume gas STP = mol × 22,4 L | 22,4 L | 67,2 L | 44,8 L |
| Jumlah molekul | $6{,}02 \times 10^{23}$ | $18{,}06 \times 10^{23}$ | $12{,}04 \times 10^{23}$ |
| Skala pabrik (kmol → kg) | 1 kmol = 28 kg | 3 kmol = 6 kg | 2 kmol = 34 kg |

**Baris biru (koefisien, mol, volume gas) berbanding 1 : 3 : 2. Baris kuning (massa) berbanding 28 : 6 : 34.**
**Massa pereaksi 28 + 6 = 34 sama dengan massa hasil 34 (kekekalan massa). Koefisien BUKAN perbandingan massa.**

*Gambar 3.14 Satu persamaan reaksi dibaca dalam mol, massa, volume gas (STP), dan jumlah molekul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Cara menghitung zat lain dari zat yang diketahui, tiga langkah **massa → mol → mol zat lain → massa**:

1. Ubah massa zat yang diketahui menjadi mol: n = massa ÷ Mr.
2. Kalikan dengan perbandingan koefisien: mol zat dicari = (koefisien zat dicari ÷ koefisien zat diketahui) × mol zat diketahui.
3. Ubah mol zat yang dicari menjadi massa (n × Mr) atau volume gas (n × 22,4 L pada STP).

### 7. Pereaksi pembatas

Di pabrik, bahan sering **tidak** disediakan tepat sesuai perbandingan koefisien. Salah satu pereaksi akan habis lebih dulu dan **membatasi** jumlah hasil; ia disebut **pereaksi pembatas**. Pereaksi lain yang tersisa disebut **pereaksi berlebih**. Analoginya perakitan sepeda: tiap sepeda butuh 1 rangka dan 2 roda. Dengan 10 rangka dan 16 roda, kamu hanya dapat merakit 8 sepeda (roda pembatas), dan 2 rangka tersisa. Gambar 3.13 menunjukkan hal yang sama pada tingkat partikel.

Cara menentukan pereaksi pembatas:

1. Ubah massa tiap pereaksi menjadi mol.
2. **Bagi mol tiap pereaksi dengan koefisiennya.** Nilai ini menyatakan "berapa kali reaksi dapat berlangsung" bila hanya pereaksi itu yang dihitung.
3. **Pereaksi dengan hasil bagi terkecil adalah pereaksi pembatas.**
4. Hitung hasil reaksi **dari pereaksi pembatas**, bukan dari pereaksi berlebih. Sisa pereaksi berlebih = mol awal − mol yang bereaksi.

Pada Gambar 3.13 (3 molekul $N_2$ dan 6 molekul $H_2$): $N_2$ = 3 molekul ÷ 1 = 3, $H_2$ = 6 molekul ÷ 3 = 2. Hasil bagi terkecil adalah $H_2$, jadi $H_2$ pereaksi pembatas. Reaksi berlangsung dua kali: $2N_2 + 6H_2 \rightarrow 4NH_3$, dan satu $N_2$ tersisa. Jumlah atom: N awal 6 = 4 (di $NH_3$) + 2 ($N_2$ sisa); H awal 12 = 12 (di $NH_3$).

### 8. Bahan tidak murni dan skala pabrik

Bahan baku pabrik jarang murni 100 %. Batu kapur berkadar $CaCO_3$ 90 % berarti 100 kg batu kapur hanya mengandung 90 kg $CaCO_3$; sisanya pengotor yang tidak ikut bereaksi. **Hitung dulu massa zat murni: massa murni = kadar × massa bahan**, baru gunakan stoikiometri. Hal yang sama berlaku untuk hasil: bila diminta massa produk **teoretis**, hasilnya dihitung dari reaksi sempurna; pada kenyataannya hasil sering lebih kecil karena reaksi bolak-balik dan kehilangan di proses.

Di pabrik, jumlah zat bukan gram, melainkan kilogram atau ton. Karena itu dipakai **kilomol (kmol)**: 1 kmol = 1.000 mol, dan massa 1 kmol zat sama dengan **Mr kilogram**. Rumusnya sama seperti pada mol, tetapi massa dalam kg dan jumlah dalam kmol: **massa (kg) = kmol × Mr**. Volume gas pada STP: 22,4 $m^3$ untuk 1 kmol (22,4 L untuk 1 mol). Contoh: 17 kg $NH_3$ adalah 17 ÷ 17 = 1 kmol. Satu aturan praktis agar tidak salah: **jangan mencampur satuan.** Pakai (g dan mol) atau (kg dan kmol) dalam satu soal, jangan memadukan gram dengan kmol.



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

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: menyetarakan persamaan reaksi

Pada 2027, Gilang, siswa PKL di pabrik bioetanol, harus menyetarakan dua persamaan pembakaran: etanol, $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$, dan etana, $C_2H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

**a. Etanol.**

1. **Setarakan C.** Dua C di kiri, jadi $2CO_2$.
2. **Setarakan H.** Enam H di kiri (5 pada $C_2H_5$ dan 1 pada OH), jadi $3H_2O$.
3. **Hitung O di kanan.** $2 \times 2 + 3 \times 1 = 7$ atom O.
4. **Setarakan O.** Di kiri, 1 O sudah ada pada etanol, jadi $O_2$ harus menyumbang $7 - 1 = 6$ atom, yaitu $3O_2$.
5. **Persamaan.** $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$.
6. **Periksa.** C: 2 = 2; H: 6 = 6; O: 1 + 6 = 7 dan 4 + 3 = 7.

**b. Etana.**

1. **Setarakan C.** $2CO_2$.
2. **Setarakan H.** Enam H, jadi $3H_2O$.
3. **Hitung O.** Kanan: 4 + 3 = 7 atom O; $O_2$ di kiri = 7/2 molekul. Pecahan, jadi kalikan semua koefisien dua.
4. **Persamaan.** $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$.
5. **Periksa.** C: 4 = 4; H: 12 = 12; O: 14 = 8 + 6.

Jawaban: $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ dan $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$. Cek akal sehat: jumlah atom tiap unsur sama di kedua sisi, dan tidak ada indeks yang diubah.

### Contoh 2: massa produk dari massa pereaksi

Pada 2027, unit pangan sebuah SMK memanaskan 8,4 kg natrium bikarbonat ($NaHCO_3$) sampai terurai: $2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$. Hitung massa natrium karbonat yang terbentuk dan volume $CO_2$ pada STP. (Ar H = 1, C = 12, O = 16, Na = 23) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Mr $NaHCO_3$.** $23 + 1 + 12 + 3 \times 16 = 84$. Mol $NaHCO_3$ = 8,4 kg ÷ 84 = 0,1 kmol.
2. **Perbandingan koefisien.** $NaHCO_3 : Na_2CO_3 : CO_2 = 2 : 1 : 1$. Jadi mol $Na_2CO_3$ = ½ × 0,1 = 0,05 kmol, dan mol $CO_2$ juga 0,05 kmol.
3. **Mr $Na_2CO_3$.** $2 \times 23 + 12 + 3 \times 16 = 106$. Massa $Na_2CO_3 = 0{,}05 \times 106 = 5{,}3$ kg.
4. **Volume $CO_2$ pada STP.** 0,05 kmol × 22,4 $m^3$/kmol = 1,12 $m^3$ (1.120 L).

Jawaban: 5,3 kg natrium karbonat dan 1,12 $m^3$ $CO_2$. Cek akal sehat: massa $CO_2 = 0{,}05 \times 44 = 2{,}2$ kg dan massa $H_2O = 0{,}05 \times 18 = 0{,}9$ kg; jumlah hasil 5,3 + 2,2 + 0,9 = 8,4 kg, sama dengan massa pereaksi (kekekalan massa). Kesalahan umum adalah memakai perbandingan 1 : 1 sehingga $Na_2CO_3$ menjadi $8{,}4 \times (106 \div 84) = 10{,}6$ kg, lebih besar daripada yang mungkin.



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

### Contoh 3: pereaksi pembatas pada pembuatan urea

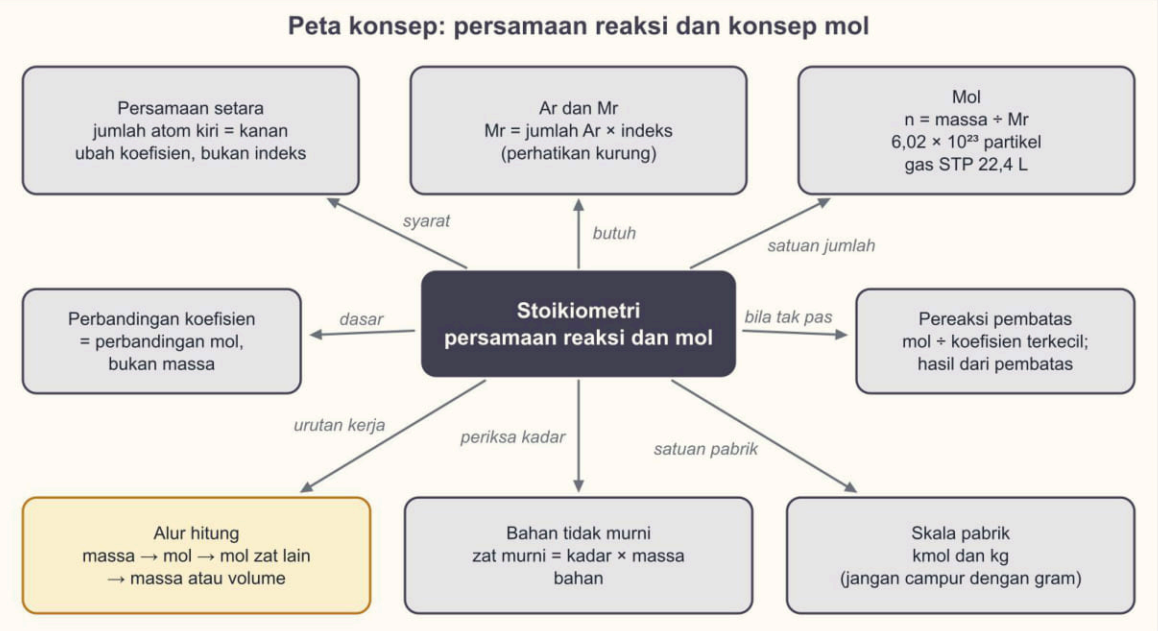
Pada 2027, pabrik pupuk skala kecil membuat urea dengan reaksi $CO_2 + 2NH_3 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$. Dalam satu sesi, disediakan 6,8 kg amonia dan 6,6 kg karbon dioksida. Tentukan pereaksi pembatas, massa urea yang terbentuk, dan massa pereaksi yang tersisa. (Ar H = 1, C = 12, N = 14, O = 16) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Mol tiap pereaksi.** Mr $NH_3$ = 17, jadi 6,8 kg = 0,4 kmol. Mr $CO_2$ = 44, jadi 6,6 kg = 0,15 kmol.
2. **Bagi dengan koefisien.** $NH_3$: 0,4 ÷ 2 = 0,20. $CO_2$: 0,15 ÷ 1 = 0,15.
3. **Pembatas.** Hasil bagi terkecil milik $CO_2$, jadi $CO_2$ adalah pereaksi pembatas.
4. **Mol urea.** Perbandingan $CO_2$ : urea = 1 : 1, jadi 0,15 kmol. Mr urea $CO(NH_2)_2$ = 12 + 16 + 2 × (14 + 2) = 60. Massa urea = 0,15 × 60 = 9,0 kg.
5. **Sisa pereaksi.** $NH_3$ yang bereaksi = 2 × 0,15 = 0,30 kmol. Sisa = 0,40 − 0,30 = 0,10 kmol = 0,10 × 17 = 1,7 kg.

Jawaban: pembatasnya $CO_2$; urea yang terbentuk 9,0 kg; sisa amonia 1,7 kg. Cek akal sehat: air yang terbentuk 0,15 × 18 = 2,7 kg; urea + air + sisa $NH_3$ = 9,0 + 2,7 + 1,7 = 13,4 kg, sama dengan massa awal 6,8 + 6,6 = 13,4 kg. Bila amonia dianggap pembatas, hasilnya 0,2 kmol urea (12 kg), lebih besar daripada yang mungkin karena $CO_2$ tidak cukup.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 3.15 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 3.15 Peta konsep persamaan reaksi dan konsep mol. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Persamaan setara:** jumlah atom tiap unsur sama di kiri dan kanan; ubah hanya koefisien, jangan indeks.
- **Mr** = jumlah Ar semua atom (kalikan dengan indeks, perhatikan kurung).
- **Mol:** n = massa ÷ Mr; partikel = n × 6,02 × $10^{23}$; volume gas STP = n × 22,4 L.
- **Koefisien = perbandingan mol**, bukan perbandingan massa.
- **Urutan hitung:** massa → mol → mol zat lain (perbandingan koefisien) → massa atau volume.
- **Pereaksi pembatas:** hasil bagi mol ÷ koefisien terkecil; hasil dihitung dari pembatas.
- **Skala pabrik:** kmol dan kg, jangan campur dengan gram.

**Istilah penting:** stoikiometri (perhitungan zat dalam reaksi); pereaksi dan hasil reaksi; persamaan setara; koefisien (jumlah mol zat); indeks (jumlah atom dalam molekul); Ar (massa atom relatif); Mr (massa molekul relatif); mol (satuan jumlah zat, 6,02 × $10^{23}$ partikel); tetapan Avogadro; massa molar (massa satu mol); STP (0 °C, 1 atm; 22,4 L per mol gas); pereaksi pembatas (pereaksi yang habis lebih dulu); pereaksi berlebih (pereaksi sisa); kmol (1.000 mol).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal stoikiometri:

1. **Tulis persamaan reaksi setara** dan periksa tiap atom.
2. **Hitung Mr** zat yang terlibat dan tulis satuan (g, kg, mol, kmol).
3. **Ubah massa menjadi mol**, pakai perbandingan koefisien, lalu ubah kembali ke massa atau volume.
4. **Bila ada dua jumlah pereaksi diberikan**, cari pereaksi pembatas lebih dahulu.
5. **Periksa jawaban**: massa pereaksi sama dengan massa hasil reaksi, dan hasilnya wajar.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Koefisien dipakai sebagai perbandingan massa.**
- **Mr salah hitung**, misalnya $CaCO_3$ tanpa mengalikan 3 pada oksigen.
- **Mol mengabaikan koefisien**, atau memakai koefisien zat yang salah.
- **Kadar bahan diabaikan** (batu kapur 90 % dihitung 100 %).
- **Volume gas 22,4 L dipakai untuk kondisi bukan STP.**
- **Hasil dihitung dari pereaksi berlebih**, bukan dari pereaksi pembatas.
- **Gram dan kmol dicampur** pada satu perhitungan.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung massa $O_2$ yang diperlukan untuk membakar $CH_4$ dengan alasan "koefisien $O_2$ dua kali koefisien $CH_4$, jadi massa $O_2$ dua kali massa $CH_4$". Koefisien adalah perbandingan **mol**, bukan massa. Satu mol $O_2$ bermassa 32 g dan satu mol $CH_4$ bermassa 16 g, sehingga untuk setiap 16 g $CH_4$ dibutuhkan $2 \times 32 = 64$ g $O_2$, empat kali, bukan dua kali.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pernyataan tentang mol, perbandingan koefisien, dan pereaksi yang tidak mencukupi. Hitung dulu mol zat awal, kerjakan tiap pernyataan satu per satu, dan jangan terkecoh oleh Mr yang salah. Pakai bagian 4, 5, 6, dan 7.



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

►. Pipa penukar panas di pabrik minuman berkerak kalsium karbonat (2027). Teknisi merencanakan pembersihan dengan asam klorida: $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$. Dari satu ruas pipa diperkirakan ada 500 g kerak $CaCO_3$. Selama pembersihan, ruang kerja harus berventilasi baik. (Ar Ca = 40, C = 12, O = 16; volume 1 mol gas pada STP 22,4 L)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Kerak 500 g setara dengan 50 mol $CaCO_3$.
☐ B. HCl yang dibutuhkan untuk melarutkan semua kerak adalah 10 mol.
☐ C. Mol $CO_2$ yang terbentuk sama dengan mol HCl yang bereaksi.
☐ D. Gas $CO_2$ yang terbentuk pada STP sekitar 112 L.
☐ E. Bila HCl yang disiapkan hanya 6 mol, seluruh kerak tetap larut karena reaksi berlangsung cepat.

**Pembahasan** **Kunci: B, D**

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

**Konsep:** Persamaan reaksi setara menunjukkan perbandingan mol pereaksi dan hasil. Pereaksi yang kurang membatasi jumlah zat yang bereaksi.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: Mr $CaCO_3$ = 100 → 500 g = 5 mol, bukan 50 mol.
• **Pernyataan 2** ✓ 5 mol $CaCO_3$ × 2 = 10 mol HCl.
• **Pernyataan 3** ✗ Perbandingan HCl : $CO_2$ = 2 : 1, jadi $CO_2$ hanya 5 mol.
• **Pernyataan 4** ✓ 5 mol × 22,4 L = 112 L; gas ini alasan ruang kerja harus berventilasi.
• **Pernyataan 5** ✗ 6 mol HCl hanya melarutkan 3 mol $CaCO_3$; kecepatan reaksi tidak menambah jumlah zat yang bereaksi.

**Jawaban: pernyataan 2, 4.**

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis persamaan reaksi setara lebih dahulu, hitung mol, pakai perbandingan koefisien, lalu ubah ke massa. Perhatikan satuan kg dan kmol serta kadar bahan.



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

**1.** Instalasi pengolahan limbah pabrik pelapisan logam menerima limbah yang mengandung 49 kg asam sulfat ($H_2SO_4$) per hari (2027). Limbah dinetralkan dengan natrium hidroksida: $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$. Operator memesan NaOH sesuai kebutuhan teoretis per hari. (Ar H = 1, O = 16, Na = 23, S = 32)

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Massa NaOH yang dibutuhkan per hari adalah ....

A. 20 kg
B. 40 kg
C. 49 kg
D. 80 kg
E. 98 kg

**2.** Boiler pabrik tahu skala menengah memakai gas metana dari biogas limbahnya sebanyak 32 kg per hari (2027). Reaksi pembakaran sempurna: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$. Staf lingkungan, Wulan, menghitung kebutuhan udara dan emisi harian untuk laporan. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Pernyataan yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Oksigen yang diperlukan per hari adalah 64 kg karena koefisien $O_2$ dua kali koefisien $CH_4$.
☐ B. Metana 32 kg setara dengan 2 kmol metana.
☐ C. $CO_2$ yang dihasilkan per hari adalah 88 kg.
☐ D. Uap air yang dihasilkan per hari adalah 36 kg.
☐ E. Bila pemakaian metana naik menjadi 48 kg per hari, $CO_2$ yang dihasilkan menjadi 132 kg per hari.

**Kunci singkat:** 1. B  2. B, C, E



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa perbandingan massa pereaksi tidak sama dengan perbandingan koefisien, padahal reaksinya sama?
- Bagaimana kamu menentukan pereaksi pembatas bila yang diketahui adalah massa dua pereaksi?
- **Yang harus kuingat:** ubah koefisien saja saat menyetarakan; n = massa ÷ Mr; koefisien = perbandingan mol; pereaksi pembatas = mol ÷ koefisien terkecil; kmol bersama kg, mol bersama g; zat murni = kadar × massa bahan.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 3.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-3.3



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

# Sub bab 3.4 · Stoikiometri dan konversi satuan larutan standar

SMKTKI-3.4

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 3, dasar kimia) meminta kamu menerapkan **konsep mol pada larutan standar**: menyatakan konsentrasi dalam berbagai satuan, menghitung massa zat untuk membuat larutan, dan mengencerkan larutan. Levelnya aplikasi sampai penalaran, dan sebagian besar soalnya termasuk yang sulit karena satu langkah keliru (volume tidak diubah ke liter, air hidrat dilupakan, kemurnian bahan diabaikan) langsung mengubah jawaban.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menghitung massa padatan** untuk volume dan molaritas tertentu, termasuk padatan **berhidrat**; (2) **mengubah satuan** konsentrasi antara molaritas, g/L, mg/L, dan % b/v; (3) **mengencerkan** larutan induk menjadi larutan standar atau bahan pekat berkadar kurang dari 100 % (etanol 96 %) menjadi kadar yang dibutuhkan; (4) **menilai pernyataan** tentang cara menyiapkan dan memakai larutan baku.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung molaritas dan menyatakannya dalam g/L, mg/L, dan % b/v;
- menghitung Mr padatan berhidrat dan massa yang harus ditimbang;
- menjelaskan langkah menyiapkan larutan baku dari padatan memakai labu takar;
- mengencerkan larutan memakai rumus $V_1M_1 = V_2M_2$ dan menghitung faktor pengenceran;
- menghitung pengenceran bahan yang kadarnya kurang dari 100 %, misalnya etanol 96 %.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Di laboratorium pabrik, larutan dipakai di mana-mana: larutan NaOH untuk menetralkan, larutan standar untuk memeriksa mutu produk, dan larutan pembersih dengan kadar tertentu. Di instalasi pengolahan air, kadar besi atau klorin dinyatakan dalam miligram per liter. Di gudang bahan, etanol dibeli sebagai larutan pekat dan diencerkan sesuai kebutuhan. Zat yang sama dapat ditulis dengan satuan yang berbeda, sehingga kamu harus lancar **mengubah satuan** dan **menghitung massa** yang tepat. Landasannya adalah konsep mol dari sub bab 3.3.

### 1. Larutan dan konsentrasi

**Larutan** adalah campuran serba sama (homogen) dari **zat terlarut** dan **pelarut**. Pada larutan garam dalam air, garam adalah zat terlarut dan air adalah pelarut. **Konsentrasi** menyatakan seberapa banyak zat terlarut berada dalam sejumlah larutan. Ada dua keluarga



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

satuan:

- **berdasarkan mol**: molaritas (M);
- **berdasarkan massa atau volume**: g/L, mg/L (ppm), persen berat per volume (% b/v), persen berat per berat (% b/b), dan persen volume per volume (% v/v).

Hal penting: konsentrasi selalu dihitung per **larutan**, bukan per pelarut. Volume larutan tidak sama dengan volume pelarut yang ditambahkan, karena zat terlarut juga menempati ruang. Itulah sebabnya larutan baku dibuat di labu takar sampai tanda tera, bukan dengan menakar pelarut terpisah (praktiknya ada di sub bab 2.2).

### 2. Molaritas

**Molaritas (M)** adalah jumlah mol zat terlarut dalam **satu liter larutan**:

**M = n ÷ V**, dengan n dalam mol dan V dalam liter. Satuannya mol/L.

Dari rumus ini diturunkan **n = M × V**. Karena n = massa ÷ Mr, maka **massa = M × V × Mr**. Alasannya: M × V memberi jumlah mol, dan setiap mol bermassa Mr gram. Contoh: larutan NaOH 0,10 M berisi 0,10 mol NaOH tiap liter. Satu mol NaOH bermassa 40 g, sehingga tiap liter mengandung 4,0 g NaOH.

Kesalahan yang paling sering terjadi adalah **volume tidak diubah ke liter**. Bila volume dalam mililiter, bagi dengan 1.000: 250 mL = 0,250 L. Kesalahan kedua adalah menukar volume pelarut dengan volume larutan.

### 3. Satuan massa per volume: g/L, mg/L, dan ppm

Cara paling langsung mengubah molaritas menjadi satuan massa per volume adalah mengalikan dengan Mr:

- **g/L = M × Mr**
- **mg/L = g/L × 1.000** (1 g = 1.000 mg)

Contoh: larutan NaCl 0,10 M (Mr = 58,5) mengandung 0,10 × 58,5 = 5,85 g/L = 5.850 mg/L.

Pada larutan sangat encer dalam air, satuan **mg/L** hampir sama dengan **ppm** (bagian per juta). Alasannya: satu liter air bermassa sekitar satu kilogram, yaitu 1.000.000 mg, jadi 1 mg zat dalam 1 L air adalah 1 bagian per sejuta bagian. Karena itu kadar besi 5 mg/L sering disebut 5 ppm. Perkiraan ini hanya berlaku untuk larutan encer berpelarut air.

### 4. Satuan persen dan peta konversi

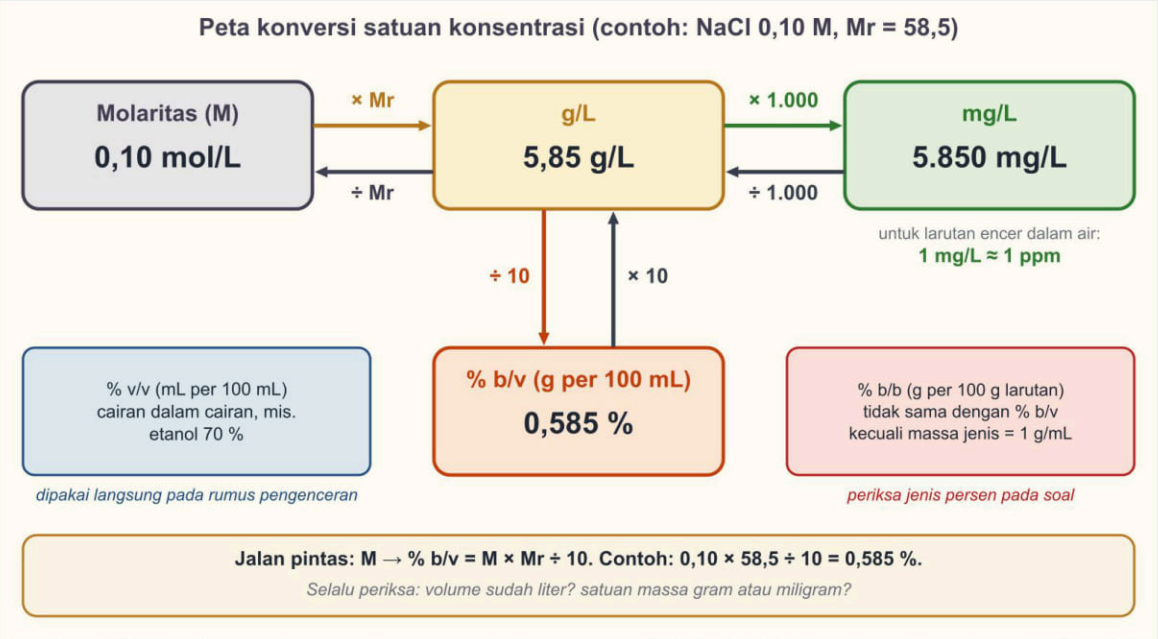
Ada tiga macam persen, dan tidak boleh tertukar:

- **% b/b** = gram zat per 100 gram larutan.
- **% b/v** = gram zat per **100 mL** larutan (padatan terlarut dalam larutan).
- **% v/v** = mL zat per 100 mL larutan (cairan dalam cairan, misalnya etanol 70 %).

Konversi % b/v ke g/L: 100 mL dikali 10 menjadi 1.000 mL, sehingga **g/L = % b/v × 10**. Karena itu **% b/v = g/L ÷ 10**, dan mg/L = % b/v × 10.000. Contoh: larutan 0,585 % b/v mengandung 5,85 g/L. Gambar 3.16 meringkas peta konversi.



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




*Gambar 3.16 Peta konversi satuan konsentrasi, dengan contoh NaCl 0,10 M. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Konversi dari M ke % b/v memakai dua langkah: kalikan dengan Mr (menjadi g/L), lalu bagi 10 (menjadi % b/v). Sebaliknya, dari % b/v ke M: kalikan 10 (g/L), lalu bagi Mr. Satuan % v/v **tidak dapat langsung diubah** ke M tanpa massa jenis zat; pada soal etanol, kadar % v/v dipakai langsung pada rumus pengenceran.

### 5. Larutan baku dan cara menyiapkannya

**Larutan baku** (larutan standar) adalah larutan yang konsentrasinya **diketahui dengan tepat**. Ia dipakai untuk menentukan konsentrasi larutan lain pada titrasi (sub bab 5.3) dan untuk kalibrasi alat. Zat untuk membuat larutan baku harus dapat ditimbang dengan teliti, sehingga syarat **baku primer** adalah: sangat murni, stabil, tidak menyerap uap air atau $CO_2$ dari udara, dan mempunyai massa molekul besar. Contoh baku primer: asam oksalat dihidrat, natrium karbonat anhidrat yang dikeringkan dahulu, dan kalium hidrogen ftalat. **NaOH bukan baku primer**, karena ia menyerap uap air dan $CO_2$ dari udara sehingga kadarnya tidak pasti. Larutan NaOH harus **dibakukan** (distandardisasi) dengan larutan baku primer.

Langkah menyiapkan larutan baku dari padatan (Gambar 3.17):

1. **Hitung massa.** massa = M × V × Mr, dengan V dalam liter.
2. **Timbang** di neraca analitik memakai kaca arloji atau botol timbang, lalu catat massa sebenarnya yang tertimbang.
3. **Larutkan** padatan dalam gelas kimia dengan sedikit pelarut sampai semuanya larut.
4. **Pindahkan seluruhnya** ke labu takar melalui corong, lalu bilas gelas kimia dan corong beberapa kali dengan pelarut dan masukkan bilasan ke labu. Tujuannya agar tidak ada zat yang tertinggal.
5. **Tambahkan pelarut** sampai sekitar 1 cm di bawah tanda tera, lalu tambahkan **tetes**



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

**demi tetes** dengan pipet tetes sampai **dasar meniskus tepat pada tanda tera**, dengan mata sejajar tanda.

6. **Tutup** labu dan **kocok dengan membalik** beberapa kali agar larutan seragam.




*Gambar 3.17 Menyiapkan larutan baku dari padatan memakai labu takar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Mengapa dengan labu takar, bukan gelas ukur? Labu takar diperuntukkan untuk satu volume dengan ketelitian tinggi, sedangkan gelas ukur kurang teliti. Mengapa pelarut tidak langsung dituang sampai tanda? Karena zat belum larut sempurna dan volume campuran berubah sedikit saat zat melarut.

Satu hal yang sering terlewat: **konsentrasi larutan baku dihitung dari massa yang benar-benar ditimbang**. Menimbang tepat 1,2500 g sulit dilakukan; yang penting massanya dicatat dengan teliti, lalu konsentrasi sebenarnya dihitung dengan M = massa ÷ Mr ÷ V. Bila padatannya telah menyerap uap air, sebagian massa yang tertimbang adalah air sehingga zat sebenarnya lebih sedikit dan konsentrasi nyata lebih rendah daripada hasil hitungan. Itulah sebabnya padatan baku dikeringkan dahulu di oven dan didinginkan di desikator sebelum ditimbang.

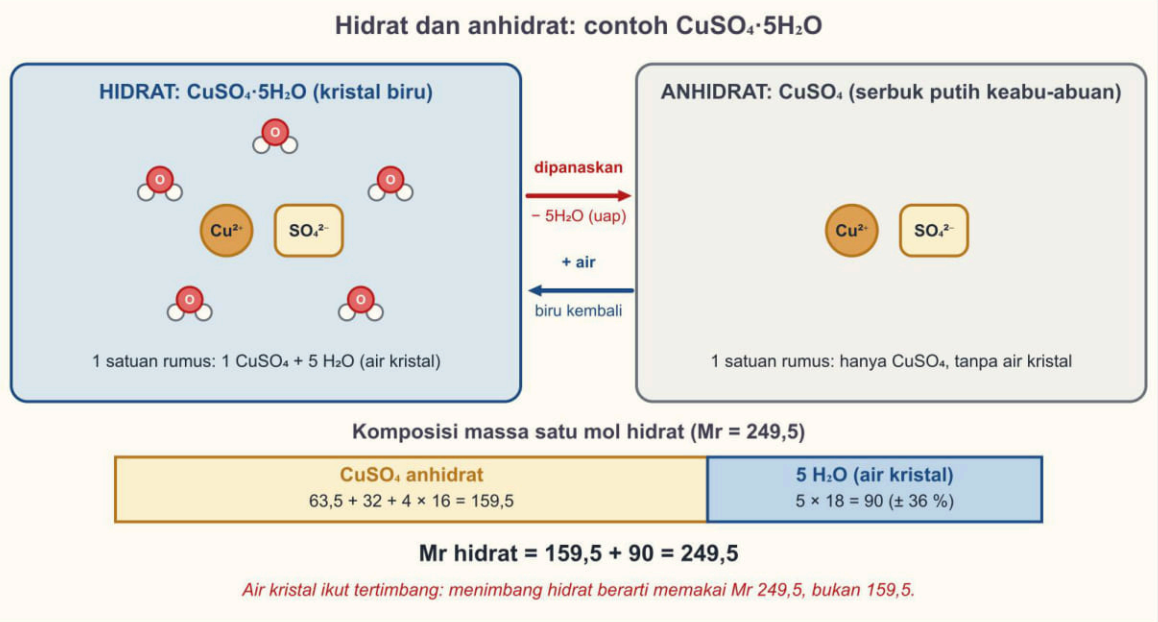
## 6. Padatan berhidrat dan Mr hidrat

Banyak padatan berkristal mengikat sejumlah molekul air tertentu di dalam kristalnya, disebut **air kristal**. Padatan seperti ini disebut **hidrat**, dan rumusnya ditulis dengan titik: **$CuSO_4 \cdot 5H_2O$** (tembaga(II) sulfat pentahidrat, kristal biru) berarti setiap satuan rumus $CuSO_4$ mengikat 5 molekul $H_2O$. Bila dipanaskan, air kristal keluar sebagai uap dan tersisa **anhidrat**, yaitu bentuk tanpa air: $CuSO_4$ anhidrat berwarna putih keabu-abuan. Gambar 3.18



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

membandingkan keduanya.




*Gambar 3.18 Kristal hidrat $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ dan anhidratnya, serta komposisi massa hidrat (Ar Cu = 63,5). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**Massa molekul relatif hidrat = Mr senyawa anhidrat + (jumlah air × 18).** Bagian air kristal ikut dihitung karena **air itu tertimbang bersama padatan**.

- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$: Mr = (63,5 + 32 + 4 × 16) + 5 × 18 = 159,5 + 90 = 249,5.
- $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ (asam oksalat dihidrat): Mr = 90 + 2 × 18 = 126.
- $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$: Mr = 106 + 10 × 18 = 286.

Pada contoh $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, air memberi 90 dari 249,5 satuan massa, kira-kira 36 % massa kristal. Jadi bila Mr hidrat dihitung tanpa air, massa yang ditimbang akan **kurang** sekitar sepertiganya, dan konsentrasi larutan menjadi jauh lebih rendah daripada yang diinginkan.

Setelah dilarutkan, air kristal menjadi bagian pelarut. Larutan yang dibuat dari $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ dengan konsentrasi 0,100 M dinyatakan sebagai **0,100 M $CuSO_4$**; zat terlarutnya dihitung sebagai $CuSO_4$ anhidrat. Satu mol hidrat menghasilkan satu mol $CuSO_4$ dalam larutan.

## 7. Pengenceran

Pengenceran adalah menambahkan pelarut ke larutan pekat untuk memperoleh larutan lebih encer. Karena yang ditambahkan hanya pelarut, **jumlah zat terlarut (mol) tidak berubah**: $n_1 = n_2$. Dengan n = M × V, diperoleh rumus pengenceran:

$$\mathbf{V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2}$$

dengan indeks 1 untuk larutan pekat (induk) dan indeks 2 untuk larutan hasil pengenceran. Rumus ini berlaku juga untuk satuan konsentrasi lain (mg/L, % b/v, % v/v), asalkan **kedua sisi memakai satuan sama**. Dengan menyusun ulang: $\mathbf{V_1 = (M_2 \times V_2) \div M_1}$. **Faktor pengenceran (FP)** = $M_1 \div M_2 = V_2 \div V_1$. Contoh: larutan induk 1.000 mg/L diencerkan sampai 4 mg/L berarti FP = 250.

Dua kesalahan yang paling sering terjadi: **$V_2$ adalah volume akhir** (isi labu takar), **bukan**



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

**volume air yang ditambahkan**; dan rumusnya tidak boleh dibalik, sebab larutan hasil harus lebih encer daripada larutan induk, jadi $V_1$ selalu lebih kecil daripada $V_2$.

**Bahan pekat yang tidak 100 % murni.** Etanol yang kamu beli di gudang biasanya berkadar sekitar 96 % (v/v), bukan 100 %. Pada pengenceran, konsentrasi awal adalah **96 %**, jadi $\mathbf{V_1 = (C_2 \times V_2) \div 96}$. Bila etanol 96 % keliru dianggap murni, volume yang diambil terlalu sedikit dan kadar akhir terlalu rendah. Hal yang sama berlaku bagi padatan teknis: NaOH teknis berkemurnian 98 % berarti dalam 100 g bahan hanya ada 98 g NaOH sebenarnya, sehingga massa yang ditimbang harus **lebih besar** daripada massa teoretis: **massa ditimbang = massa teoretis ÷ kemurnian**.

### 8. Ringkasan konversi

Gambar 3.19 memperlihatkan konversi untuk beberapa zat. Perhatikan pola yang selalu sama: M × Mr = g/L; g/L × 1.000 = mg/L; g/L ÷ 10 = % b/v.

**Contoh konversi satuan konsentrasi**

| Zat | Mr | Molaritas | g/L | mg/L | % b/v |
|---|---|---|---|---|---|
| NaOH | 40 | **0,50 M** | 20 g/L | 20.000 mg/L | 2,0 % |
| NaCl | 58,5 | **0,10 M** | 5,85 g/L | 5.850 mg/L | 0,585 % |
| Glukosa $C_6H_{12}O_6$ | 180 | **0,050 M** | 9,0 g/L | 9.000 mg/L | 0,90 % |
| $H_2SO_4$ | 98 | **0,020 M** | 1,96 g/L | 1.960 mg/L | 0,196 % |
| Besi (Fe) | 56 | **$8{,}9 \times 10^{-5}$ M** | 0,005 g/L | 5 mg/L (≈ 5 ppm) | 0,0005 % |

**Pola yang selalu sama: g/L = M × Mr · mg/L = g/L × 1.000 · % b/v = g/L ÷ 10**

Contoh pemeriksaan baris NaOH: 0,50 × 40 = 20 g/L → 20.000 mg/L → 20 ÷ 10 = 2,0 % b/v.

*Baris besi: 5 mg/L = 0,005 g/L; 0,005 ÷ 56 = $8{,}9 \times 10^{-5}$ mol/L.*

*Gambar 3.19 Contoh konversi molaritas, g/L, mg/L, dan % b/v untuk beberapa zat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Setiap kali kamu menyelesaikan soal, periksa tiga hal: (1) **satuan volume** sudah liter; (2) **Mr** sudah termasuk air hidrat bila bahannya hidrat; (3) **kadar bahan** sudah diperhitungkan bila bukan 100 %. Ketiganya adalah sumber kesalahan paling sering pada soal larutan standar.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: massa padatan berhidrat untuk larutan baku

Pada 2027, Ratih, analis laboratorium pabrik pelapisan logam, akan membuat 250 mL larutan baku tembaga(II) sulfat 0,100 M dari kristal biru $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Berapa massa kristal yang harus ditimbang? (Ar H = 1, O = 16, S = 32, Cu = 63,5) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*



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

1. **Hitung Mr hidrat.** Mr $CuSO_4$ = 63,5 + 32 + 4 × 16 = 159,5. Air kristal: 5 × 18 = 90. Mr $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ = 159,5 + 90 = 249,5.
2. **Ubah volume ke liter.** 250 mL = 0,250 L.
3. **Hitung mol.** n = M × V = 0,100 × 0,250 = 0,0250 mol $CuSO_4$. Satu mol hidrat menghasilkan satu mol $CuSO_4$, jadi diperlukan 0,0250 mol hidrat.
4. **Hitung massa.** massa = 0,0250 × 249,5 = 6,2375 g, dibulatkan menjadi 6,24 g (neraca 0,01 g).
5. **Konsentrasi sebenarnya.** Bila yang tertimbang 6,24 g, M = 6,24 ÷ 249,5 ÷ 0,250 = 0,1000 M (nilai yang dicatat dari massa nyata).

Jawaban: sekitar 6,24 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, lalu dilarutkan dan ditera sampai 250 mL. Cek akal sehat: bila air hidrat dilupakan dan dipakai Mr anhidrat 159,5, massanya hanya 0,0250 × 159,5 = 3,99 g, sekitar 36 % terlalu sedikit, dan larutan hanya 0,064 M.

### Contoh 2: konversi satuan konsentrasi

Pada 2027, bagian pencucian botol sebuah pabrik minuman melarutkan 3,00 g NaOH dalam air sampai volume 750 mL. Tuliskan konsentrasinya dalam M, g/L, mg/L, dan % b/v, lalu tentukan konsentrasi bila 100 mL larutan itu diencerkan sampai 500 mL. (Mr NaOH = 40) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Mol NaOH.** n = 3,00 ÷ 40 = 0,0750 mol.
2. **Molaritas.** V = 750 mL = 0,750 L, jadi M = 0,0750 ÷ 0,750 = 0,100 M.
3. **g/L.** 3,00 g ÷ 0,750 L = 4,00 g/L. Pemeriksaan: 0,100 × 40 = 4,00 g/L.
4. **mg/L.** 4,00 g/L × 1.000 = 4.000 mg/L.
5. **% b/v.** 4,00 g/L ÷ 10 = 0,400 % b/v. Pemeriksaan: 3,00 g dalam 750 mL, tiap 100 mL berisi 3,00 ÷ 7,5 = 0,400 g.
6. **Pengenceran.** $M_2 = (M_1 \times V_1) \div V_2 = (0{,}100 \times 100) \div 500 = 0{,}0200$ M.

Jawaban: 0,100 M; 4,00 g/L; 4.000 mg/L; 0,400 % b/v; setelah pengenceran 0,0200 M. Cek akal sehat: pengenceran lima kali (500 ÷ 100) menurunkan konsentrasi dari 0,100 M menjadi seperlimanya, 0,0200 M.

### Contoh 3: pengenceran etanol 96 %

Pada 2027, koperasi sekolah akan membuat 750 mL etanol 70 % (v/v) untuk menyeka meja praktik dari etanol 96 % (v/v). Berapa volume etanol 96 % yang harus diukur? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tulis rumus.** $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$, dengan $C_1$ = 96 %, $C_2$ = 70 %, $V_2$ = 750 mL.
2. **Hitung $V_1$.** $V_1 = (70 \times 750) \div 96 = 52.500 \div 96 = 546{,}875$ mL, dibulatkan 546,9 mL.
3. **Cara membuat.** Ukur 546,9 mL etanol 96 % dengan gelas ukur, tambah air suling sampai tanda 750 mL. Perkiraan air yang ditambahkan 750 − 546,9 = 203,1 mL, tetapi volume campuran menyusut sedikit, jadi tera sampai tanda, bukan menakar air terpisah.
4. **Periksa kadar.** Etanol murni = 0,96 × 546,875 = 525 mL. Kadar akhir = 525 ÷ 750 × 100 % = 70 %.



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

Jawaban: sekitar 547 mL etanol 96 % ditambah air sampai 750 mL. Cek akal sehat: bila etanol 96 % dianggap murni, $V_1$ menjadi 0,70 × 750 = 525 mL dan kadar akhir hanya 525 × 0,96 ÷ 750 = 67,2 %, kurang dari 70 %.

### Contoh 4: membuat larutan standar dari larutan induk

Pada 2027, laboratorium air minum sebuah kawasan industri menyimpan larutan induk kromat 500 mg/L. Analis Dita perlu membuat 250 mL larutan standar 20 mg/L untuk menguji alat. Berapa volume larutan induk yang harus dipipet, dan berapa faktor pengencerannya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Pastikan satuan sama.** Kedua konsentrasi dalam mg/L, volume akhir 250 mL; satuan volume $V_1$ sama dengan $V_2$ (mL).
2. **Hitung $V_1$.** $V_1 = (C_2 \times V_2) \div C_1 = (20 \times 250) \div 500 = 10{,}0$ mL.
3. **Faktor pengenceran.** FP = 500 ÷ 20 = 25 (cocok dengan $V_2 \div V_1 = 250 \div 10 = 25$).
4. **Cara kerja.** Pipet 10,00 mL larutan induk dengan pipet volumetrik ke labu takar 250 mL, lalu tambahkan air suling sampai tanda tera dan kocok.
5. **Periksa jumlah zat.** 10,0 mL = 0,0100 L, jadi zat yang dipipet = 500 mg/L × 0,0100 L = 5,0 mg. Dalam 0,250 L larutan akhir, 5,0 mg ÷ 0,250 L = 20 mg/L.

Jawaban: pipet 10,0 mL larutan induk; faktor pengenceran 25. Cek akal sehat: larutan standar 25 kali lebih encer daripada induk, jadi volume induk yang diambil hanya seperduapuluh lima volume akhir, yaitu 250 ÷ 25 = 10 mL.

### Contoh 5: padatan teknis yang tidak murni

Pada 2027, gudang bahan sebuah pabrik sabun hanya memiliki NaOH teknis berkemurnian 98 %. Teknisi Eko perlu membuat 1,00 L larutan NaOH 0,500 M. Berapa gram NaOH teknis yang ditimbang? (Mr NaOH = 40) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa NaOH murni.** massa = M × V × Mr = 0,500 × 1,00 × 40 = 20,0 g.
2. **Koreksi kemurnian.** Dalam tiap 100 g bahan hanya ada 98 g NaOH, jadi bahan yang ditimbang harus lebih besar: massa teknis = 20,0 ÷ 0,98 = 20,41 g.
3. **Periksa.** 20,41 g × 0,98 = 20,0 g NaOH murni.
4. **Catatan.** NaOH menyerap uap air dan $CO_2$ dari udara, sehingga kadar sebenarnya bisa lebih rendah daripada yang tertulis. Karena itu larutannya harus dibakukan sebelum dipakai sebagai larutan standar (sub bab 5.3).

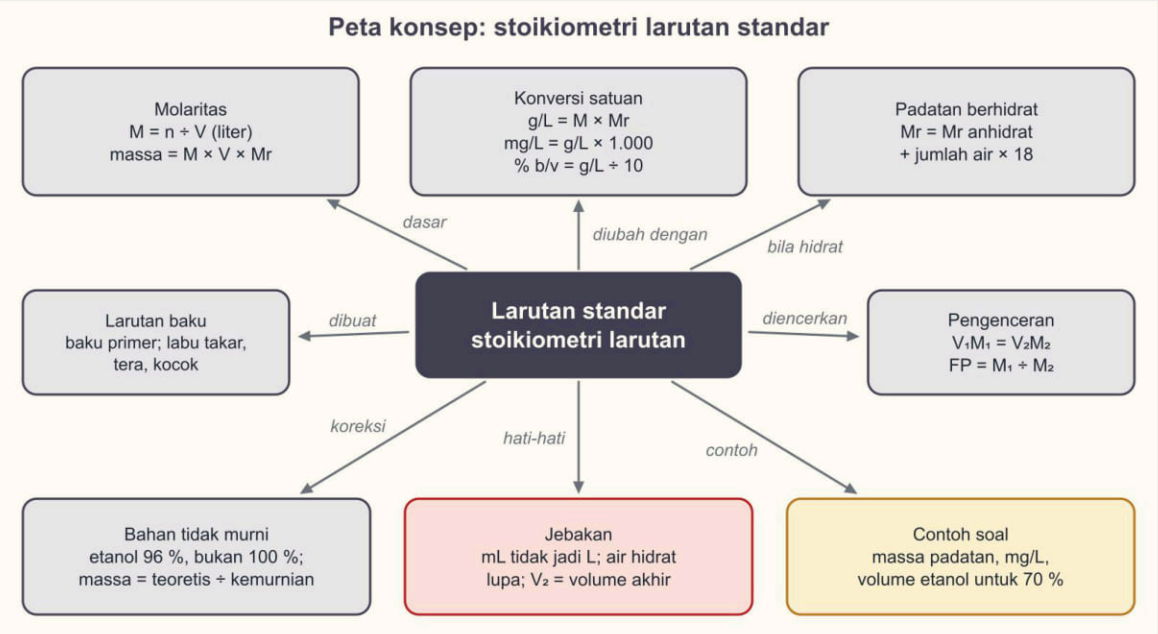
Jawaban: sekitar 20,41 g NaOH teknis. Cek akal sehat: massa bahan teknis harus lebih besar daripada 20,0 g; bila ditimbang 20,0 g saja, larutan hanya 0,490 M.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 3.20 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 3.20 Peta konsep stoikiometri dan satuan konsentrasi larutan standar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **M = n ÷ V (liter)**; massa = M × V × Mr; ubah mL menjadi L dengan membagi 1.000.
- **Konversi:** g/L = M × Mr; mg/L = g/L × 1.000; % b/v = g/L ÷ 10.
- **Mr hidrat** = Mr anhidrat + jumlah air × 18; air kristal ikut tertimbang.
- **Larutan baku primer** murni dan stabil; NaOH bukan baku primer.
- **Labu takar:** timbang, larutkan, pindahkan, bilas, tera, kocok balik; konsentrasi dihitung dari massa tertimbang.
- **Pengenceran:** $V_1M_1 = V_2M_2$ dan $V_2$ adalah volume akhir; FP = $M_1 \div M_2$.
- **Bahan tidak murni:** pakai 96 %, bukan 100 %; massa ditimbang = massa teoretis ÷ kemurnian.

**Istilah penting:** larutan (campuran serba sama); zat terlarut dan pelarut; konsentrasi (jumlah zat terlarut per larutan); molaritas (mol per liter larutan); mg/L dan ppm (satuan untuk larutan encer); % b/v (gram per 100 mL); % v/v (mL per 100 mL); hidrat (padatan yang mengikat air kristal); anhidrat (tanpa air kristal); larutan baku (konsentrasi diketahui tepat); baku primer (zat sangat murni dan stabil); labu takar (alat membuat volume tepat); tanda tera (garis volume pada labu); pengenceran (menambah pelarut); faktor pengenceran ($M_1 \div M_2$); kemurnian (persen zat sebenarnya dalam bahan).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal larutan standar:

1. **Tulis yang diketahui dengan satuannya** lalu ubah ke satuan dasar (liter, gram, mol).
2. **Tentukan Mr yang benar**, termasuk air kristal bila ada tanda titik hidrat.
3. **Pilih rumus:** massa = M × V × Mr untuk membuat dari padatan; $V_1M_1 = V_2M_2$ untuk pengenceran.
4. **Koreksi kemurnian** bahan bila kadarnya kurang dari 100 %.
5. **Periksa dengan hitungan balik:** hitung konsentrasi dari massa atau volume yang kamu peroleh.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Mr dihitung tanpa air hidrat.**
- **Volume 500 mL atau 1 L dipakai padahal yang diminta 250 mL**, atau mL tidak diubah ke L.
- **Etanol 96 % dianggap murni** atau bahan teknis dianggap 100 %.
- **Rumus pengenceran dibalik** ($V_1$ dan $V_2$ tertukar).
- **Satuan % b/v disamakan dengan g/L** (padahal % b/v × 10 = g/L).
- **Volume pelarut disamakan dengan volume larutan.**

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung massa kristal magnesium sulfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) untuk larutan 0,100 M dengan Mr $MgSO_4$ anhidrat 120, karena "yang ingin dilarutkan adalah $MgSO_4$, bukan air". Padahal kristal yang ditimbang adalah hidrat; air kristalnya ikut tertimbang. Mr yang dipakai harus 120 + 7 × 18 = 246, bukan 120. Bila memakai 120, massa yang ditimbang hanya sekitar separuh dari yang seharusnya.

NEXT LEVEL STUDY

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji perhitungan massa padatan berhidrat untuk volume tertentu: hitung Mr termasuk air kristal, ubah mL ke L, lalu kalikan M × V × Mr. Pakai bagian 2, 5, dan 6.

►. Analis QC pabrik tekstil menyiapkan 250 mL larutan standar asam oksalat 0,050 M untuk menstandardisasi larutan NaOH (2027). Padatan yang tersedia adalah asam oksalat dihidrat, $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$. Hasil timbangan dicatat dengan tiga desimal. (Ar H = 1, C = 12, O = 16)

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Massa padatan yang harus ditimbang adalah ....

A. 0,158 g
B. 1,125 g
C. 1,575 g
D. 3,150 g
E. 6,300 g



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

**Pembahasan** **Kunci: C**

**Konsep:** Massa = M × V × Mr. Untuk padatan berhidrat, Mr dihitung termasuk molekul air kristal karena air itu ikut tertimbang.

**Langkah:**

1. Mr $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O = 90 + 2 \times 18 = 126$.
2. Mol = 0,050 × 0,250 = 0,0125 mol.
3. Massa = 0,0125 × 126 = 1,575 g.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Salah menggeser koma (dibagi 10).
- **B.** ✗ Jebakan: memakai Mr asam oksalat tanpa air hidrat (90).
- **C.** ✓ 0,0125 mol × 126 = 1,575 g.
- **D.** ✗ Menghitung untuk 500 mL.
- **E.** ✗ Jebakan: menghitung untuk 1 L, volume 250 mL tidak diperhitungkan.

**Jawaban: C.**

## ✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis satuan yang diketahui, ubah ke liter atau gram, lalu pilih rumus konversi atau pengenceran yang sesuai. Periksa kadar bahan bila kurang dari 100 %.

**1.** Di laboratorium pengolahan air limbah, Yoga melarutkan 4,0 g NaOH dalam air sampai volume 250 mL di labu takar (2027). Ia harus menuliskan konsentrasi larutan itu dalam beberapa satuan untuk label botol dan lembar kerja. (Mr NaOH = 40)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat tentang larutan tersebut adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Konsentrasi larutan setara 1.600 mg/L.
☐ B. Larutan mengandung 0,1 mol NaOH.
☐ C. Konsentrasi larutan 0,4 M.
☐ D. Konsentrasi larutan 1,6% (b/v).
☐ E. Bila 250 mL larutan itu diencerkan dengan air menjadi 1 L, konsentrasinya menjadi 0,1 M.



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

**2.** Unit produksi SMK akan membuat 2 L cairan antiseptik berkadar etanol 70% (v/v) dari etanol 96% (v/v) (2027). Sisa volume diisi air suling dan sedikit gliserin. Wahyu harus menyiapkan gelas ukur sesuai volume etanol 96% yang diperlukan. Anggap volume tidak menyusut saat dicampur.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Volume etanol 96% yang diperlukan adalah ....

A. 542 mL
B. 1.400 mL
C. 1.458 mL
D. 2.000 mL
E. 2.743 mL

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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa Mr hidrat harus dipakai saat menimbang kristal berair, padahal larutannya dinyatakan sebagai zat anhidrat?
- Mengapa $V_2$ pada pengenceran adalah volume akhir di labu takar, bukan volume air yang ditambahkan?
- **Yang harus kuingat:** M = n ÷ V (liter); g/L = M × Mr; mg/L = g/L × 1.000; % b/v = g/L ÷ 10; Mr hidrat termasuk air; $V_1M_1 = V_2M_2$; etanol 96 %, bukan 100 %; massa teknis = massa teoretis ÷ kemurnian.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 3.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-3.4



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

# Sub bab 3.5 · Laju reaksi dan kesetimbangan kimia

SMKTKI-3.5

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 3, dasar kimia, bagian kimia anorganik dasar) meminta kamu memahami **laju reaksi dan kesetimbangan kimia**, lalu memakainya pada proses pabrik. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu diminta menilai usulan untuk **mempercepat** reaksi, usulan untuk **memperbanyak hasil**, dan memilih kondisi proses yang masih memenuhi batas alat dan biaya. Contoh soal resmi Pusmendik tentang pabrik asam sulfat dengan proses kontak (bau $SO_2$, hujan asam, korosi seng, reaktor berkatalis $V_2O_5$, penyerapan $SO_3$) termasuk topik ini. Pernyataan-pernyataan di dalamnya dapat dijawab dengan konsep sub bab ini, ditambah sub bab 1.2 (hujan asam) dan sub bab 3.7 (korosi).

Pola soal yang sering muncul: (1) **tabel hasil uji** yang membandingkan ukuran butir, suhu, dan konsentrasi, lalu kamu memilih keputusan yang tidak melanggar batas proses; (2) **reaksi bolak-balik** dengan usulan perubahan konsentrasi, tekanan, suhu, atau katalis untuk memperbanyak hasil; (3) **pernyataan Benar/Salah** yang memisahkan "lebih cepat" dari "lebih banyak"; (4) **hitungan tetapan kesetimbangan** dari konsentrasi.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan laju reaksi dengan teori tumbukan dan energi aktivasi;
- menjelaskan pengaruh konsentrasi, luas permukaan, suhu, dan katalis terhadap laju reaksi;
- menjelaskan kesetimbangan dinamis dan menghitung tetapan kesetimbangan $K_c$ sederhana;
- meramalkan arah pergeseran kesetimbangan dengan asas Le Chatelier dan menjelaskan bahwa katalis tidak menggesernya;
- menjelaskan kondisi proses kontak (asam sulfat) dan proses Haber–Bosch (amonia) sebagai kompromi antara laju, hasil, dan biaya.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sebuah pabrik tidak cukup tahu bahwa suatu reaksi **bisa** terjadi. Ia harus menjawab dua pertanyaan lanjutan. Pertama, **seberapa cepat** reaksi berlangsung, karena waktu adalah biaya. Kedua, **seberapa banyak** hasil yang akhirnya diperoleh, karena itulah yang dijual. Dua pertanyaan ini sering tercampur, padahal jawabannya berbeda. Besi berkarat lambat, sedangkan serbuk mesiu terbakar sekejap; itu soal laju. Sementara itu, ada reaksi yang cepat tetapi hanya sebagian pereaksinya berubah menjadi hasil; itu soal kesetimbangan. Memahami keduanya membuat kamu bisa menilai usulan seperti "naikkan suhunya" atau "tambahkan katalis" dengan alasan, bukan dengan menebak.



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

### 1. Laju reaksi

**Laju reaksi** menyatakan seberapa cepat pereaksi habis atau hasil reaksi terbentuk. Ia dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi per satuan waktu, misalnya mol per liter per detik (mol/L·s):

$$\text{laju} = \frac{\text{perubahan konsentrasi}}{\text{selang waktu}}$$

Konsentrasi pereaksi berkurang selama reaksi, sedangkan konsentrasi hasil bertambah; laju selalu dinyatakan sebagai bilangan positif. Di laboratorium atau pabrik, laju jarang diukur langsung. Yang diukur adalah sesuatu yang mudah diamati: **waktu sampai pereaksi habis**, volume gas yang terbentuk, perubahan warna, atau pengurangan massa. Perhatikan hubungannya: **waktu yang lebih singkat berarti laju yang lebih besar**. Bila sebuah tablet larut dalam 60 detik pada percobaan pertama dan dalam 30 detik pada percobaan kedua, laju pada percobaan kedua dua kali lebih besar.

### 2. Teori tumbukan

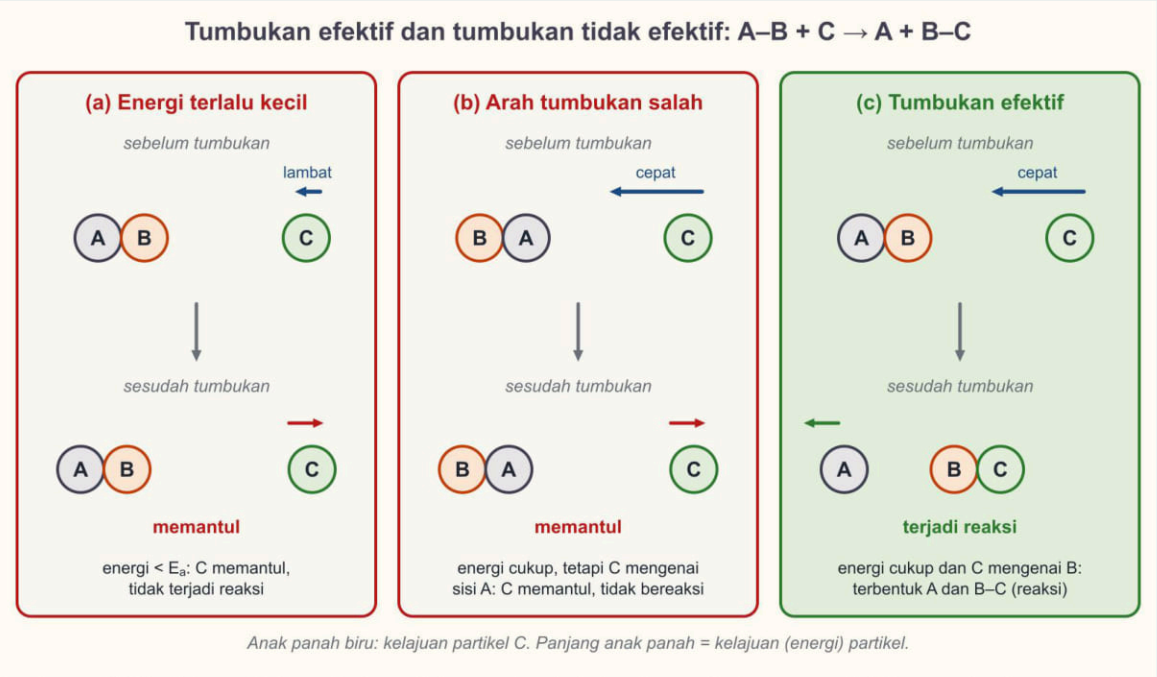
Mengapa ada reaksi yang lambat dan ada yang cepat? Jawabannya ada di tingkat partikel. Menurut **teori tumbukan**, reaksi terjadi bila partikel-partikel pereaksi saling bertumbukan. Namun tumbukan saja belum cukup. Bayangkan batang korek api: kalau kamu hanya menyentuhkannya pada kotak, tidak terjadi apa-apa. Korek menyala hanya bila digesek cukup keras pada bagian yang tepat. Begitu pula partikel. Sebuah tumbukan menghasilkan reaksi, disebut **tumbukan efektif**, bila memenuhi dua syarat (Gambar 3.21):

1. **Energinya cukup**, yaitu sama dengan atau lebih besar daripada **energi aktivasi** ($E_a$), energi minimum yang diperlukan untuk memulai reaksi.
2. **Arah tumbukannya tepat**, sehingga bagian partikel yang harus bereaksi saling bertemu.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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




*Gambar 3.21 Model partikel tumbukan: (a) energi terlalu kecil, partikel memantul; (b) energi cukup tetapi arah salah, partikel memantul; (c) energi cukup dan arah tepat, terjadi reaksi. Panjang anak panah menunjukkan kelajuan partikel. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

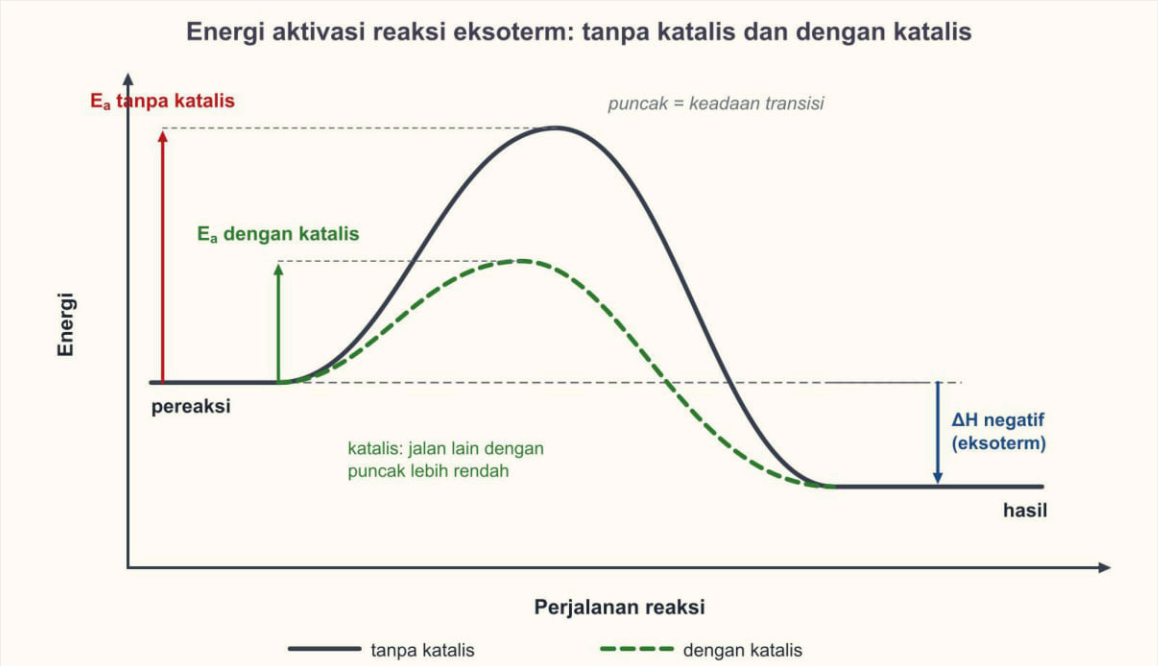
Dalam gas atau larutan, tumbukan terjadi terus-menerus dalam jumlah sangat besar, tetapi hanya sebagian kecil yang efektif. Karena itu **laju reaksi sebanding dengan banyaknya tumbukan efektif tiap detik**. Seluruh faktor yang memengaruhi laju, yang dibahas di bagian 4, bekerja dengan satu cara: menambah tumbukan efektif, atau memberi jalan reaksi yang lebih mudah.

### 3. Energi aktivasi

Energi aktivasi paling mudah dibayangkan sebagai **bukit** yang harus didaki pereaksi sebelum bisa menuruni sisi lain menjadi hasil. Gambar 3.22 memperlihatkan grafik energi selama reaksi eksoterm. Sumbu mendatar menyatakan perjalanan reaksi, sumbu tegak menyatakan energi. Pereaksi berada pada tingkat energi tertentu. Agar bereaksi, partikel harus naik sampai **puncak** (disebut keadaan transisi), saat ikatan lama sudah merenggang dan ikatan baru mulai terbentuk. Tinggi puncak dari tingkat pereaksi adalah energi aktivasi. Setelah melewati puncak, energi turun ke tingkat hasil.



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




*Gambar 3.22 Kurva energi reaksi eksoterm. Katalis membuka jalan dengan puncak lebih rendah (energi aktivasi lebih kecil), tetapi tingkat energi pereaksi dan hasil tidak berubah sehingga ΔH sama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Tiga hal perlu kamu catat dari gambar itu:

- **Bukit tinggi berarti reaksi lambat**, karena sedikit partikel yang berenergi cukup untuk mendakinya. Bukit rendah berarti reaksi cepat.
- Selisih tingkat energi pereaksi dan hasil adalah **perubahan entalpi (ΔH)**. Pada reaksi eksoterm hasil berada lebih rendah, sehingga panas dilepaskan; pada reaksi endoterm hasil berada lebih tinggi.
- **Energi aktivasi tidak sama dengan ΔH.** Campuran gas hidrogen dan oksigen melepas banyak energi bila bereaksi, tetapi dapat disimpan bertahun-tahun karena bukitnya tinggi, dan baru bereaksi bila ada percikan api yang memberi dorongan awal.

### 4. Faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi

Karena laju ditentukan oleh jumlah tumbukan efektif, ada empat cara utama mengatur laju di pabrik.

**a. Konsentrasi pereaksi.** Larutan yang lebih pekat berisi lebih banyak partikel pada volume yang sama, sehingga partikel lebih sering bertumbukan dan tumbukan efektif lebih banyak. Untuk gas, menaikkan tekanan berarti menaikkan konsentrasi, jadi gas yang ditekan bereaksi lebih cepat. Seng yang dicelupkan ke asam sulfat encer berkadar sedang menggelembung lebih ramai daripada seng yang dicelupkan ke asam yang sangat encer.

**b. Luas permukaan bidang sentuh.** Pada pereaksi padat, reaksi hanya terjadi di permukaan yang bersentuhan dengan pereaksi lain. Bila padatan dipecah menjadi butir yang lebih halus, permukaan yang terbuka jauh lebih luas, sehingga lebih banyak partikel yang dapat ditumbuk. Gula halus larut lebih cepat daripada gula batu, dan serbuk seng bereaksi dengan asam lebih cepat daripada seng sebesar butiran. Di pabrik, prinsip yang sama berlaku pada batu bara, tepung, dan serbuk logam: serbuk yang sangat halus bereaksi (juga terbakar) sangat cepat dan dapat meledak, sehingga penanganan debu termasuk perkara K3. Mengaduk campuran memiliki efek serupa karena terus mempertemukan pereaksi baru.

**c. Suhu.** Menaikkan suhu mempercepat hampir semua reaksi, karena dua alasan. Pertama, partikel bergerak lebih cepat sehingga lebih sering bertumbukan. Kedua, dan ini alasan yang lebih menentukan, **bagian partikel yang berenergi sama dengan atau lebih besar daripada energi aktivasi bertambah banyak**, sehingga tumbukan efektifnya meningkat tajam. Sebagai aturan praktis untuk banyak reaksi, setiap kenaikan suhu 10 °C menyebabkan laju menjadi sekitar dua kali lipat. Pada kenaikan $\Delta T$, laju menjadi $2^{\Delta T/10}$ kali laju semula. Ini hanya perkiraan; faktor kenaikannya berbeda untuk tiap reaksi. Kebalikannya juga berlaku: makanan disimpan di lemari es karena suhu rendah memperlambat reaksi pembusukan.

**d. Katalis. Katalis** adalah zat yang mempercepat reaksi tanpa habis terpakai di akhir reaksi. Cara kerjanya: katalis memberi **jalan reaksi lain dengan energi aktivasi lebih rendah** (garis putus-putus pada Gambar 3.22), sehingga lebih banyak partikel mampu bereaksi pada suhu yang sama. Perhatikan apa yang tidak diubah katalis: tingkat energi pereaksi dan hasil, jadi ΔH sama, dan, seperti dibahas di bagian 7, juga posisi kesetimbangannya. Katalis **homogen** berada pada fase yang sama dengan pereaksi (misalnya asam dalam pembuatan etil asetat). Katalis



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

**heterogen** berbeda fase, biasanya padatan untuk pereaksi gas atau cair; contohnya $V_2O_5$ pada pembuatan asam sulfat, besi pada pembuatan amonia, dan nikel pada pengerasan minyak nabati menjadi margarin. **Enzim** adalah katalis dalam makhluk hidup, dan bekerja pada fermentasi yang dibahas di sub bab 4.1. Katalis dapat "keracunan" oleh pengotor; pada pabrik asam sulfat, platina pernah dipakai sebagai katalis tetapi mudah rusak oleh pengotor arsen dari bahan baku, sehingga $V_2O_5$ lebih disukai. Ada juga zat yang bekerja sebaliknya, yaitu **inhibitor** yang memperlambat reaksi, misalnya pengawet makanan.

Faktor-faktor itu dirangkum dalam tabel berikut.

| Faktor | Perubahan | Mengapa laju bertambah |
|---|---|---|
| Konsentrasi (atau tekanan gas) | dinaikkan | lebih banyak partikel per volume, tumbukan lebih sering |
| Luas permukaan padatan | butir dihaluskan | bidang sentuh lebih luas, lebih banyak partikel bertumbukan |
| Suhu | dinaikkan | lebih banyak partikel berenergi sama dengan atau lebih besar daripada $E_a$ |
| Katalis | ditambahkan | energi aktivasi turun, jalan reaksi lebih mudah |

Satu hal penting untuk pabrik: **mempercepat reaksi tidak menambah jumlah hasil maksimum**. Hasil maksimum ditentukan oleh jumlah pereaksi (sub bab 3.3) dan, untuk reaksi bolak-balik, oleh kesetimbangan. Mempercepat hanya membuat hasil itu tercapai lebih cepat.

### 5. Reaksi bolak-balik dan kesetimbangan dinamis

Sebagian besar reaksi yang kamu temui sampai sekarang berlangsung satu arah dan berhenti saat salah satu pereaksi habis. Namun banyak reaksi industri bersifat **bolak-balik**: hasil reaksi dapat bereaksi kembali membentuk pereaksi. Reaksi seperti ini ditulis dengan tanda panah dua arah (⇌). Contohnya pembentukan amonia, $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$, dan pembentukan $SO_3$, $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$.

Apa yang terjadi bila pereaksi dicampur dalam wadah tertutup? Pada awalnya hanya ada pereaksi, sehingga **reaksi ke kanan** (membentuk hasil) berlangsung cepat. Begitu hasil terbentuk, **reaksi ke kiri** (hasil kembali menjadi pereaksi) mulai terjadi. Seiring waktu, pereaksi berkurang sehingga laju ke kanan menurun, sedangkan hasil bertambah sehingga laju ke kiri naik. Akhirnya kedua laju sama besar. Keadaan inilah **kesetimbangan dinamis**:

- **laju reaksi ke kanan sama dengan laju reaksi ke kiri**;
- akibatnya **konsentrasi** semua zat **tetap** (tidak lagi berubah), walaupun tidak harus sama besar;
- reaksi **tidak berhenti**: pereaksi dan hasil terus-menerus berubah satu ke yang lain dengan laju yang sama, sehingga disebut "dinamis";
- keadaan ini hanya tercapai dalam **sistem tertutup** (zat tidak keluar dari wadah).

Perhatikan bahwa pada kesetimbangan **konsentrasi tidak berubah, tetapi tidak harus sama**.



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

Kalau 40 % pereaksi sudah menjadi hasil lalu keadaan tidak berubah lagi, itu kesetimbangan; tidak ada aturan bahwa hasilnya harus 50 %.

### 6. Tetapan kesetimbangan ($K_c$)

Hubungan antara konsentrasi zat-zat pada kesetimbangan dapat dinyatakan dengan satu angka. Untuk reaksi bolak-balik umum $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$, **tetapan kesetimbangan** dalam konsentrasi adalah

$$K_c = \frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]^a\,[B]^b}$$

Tanda kurung siku berarti konsentrasi dalam mol/L pada keadaan setimbang. Hasil reaksi berada di **pembilang** dan pereaksi di **penyebut**, tiap konsentrasi dipangkatkan **koefisien reaksinya**. Bentuk ini diperoleh dari percobaan: pada suhu tertentu, ketika ukuran-ukuran itu dihitung pada berbagai campuran awal, hasil baginya selalu tetap. Untuk $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$:

$$K_c = \frac{[\mathrm{SO_3}]^2}{[\mathrm{SO_2}]^2\,[\mathrm{O_2}]}$$

Beberapa aturan yang perlu kamu pegang:

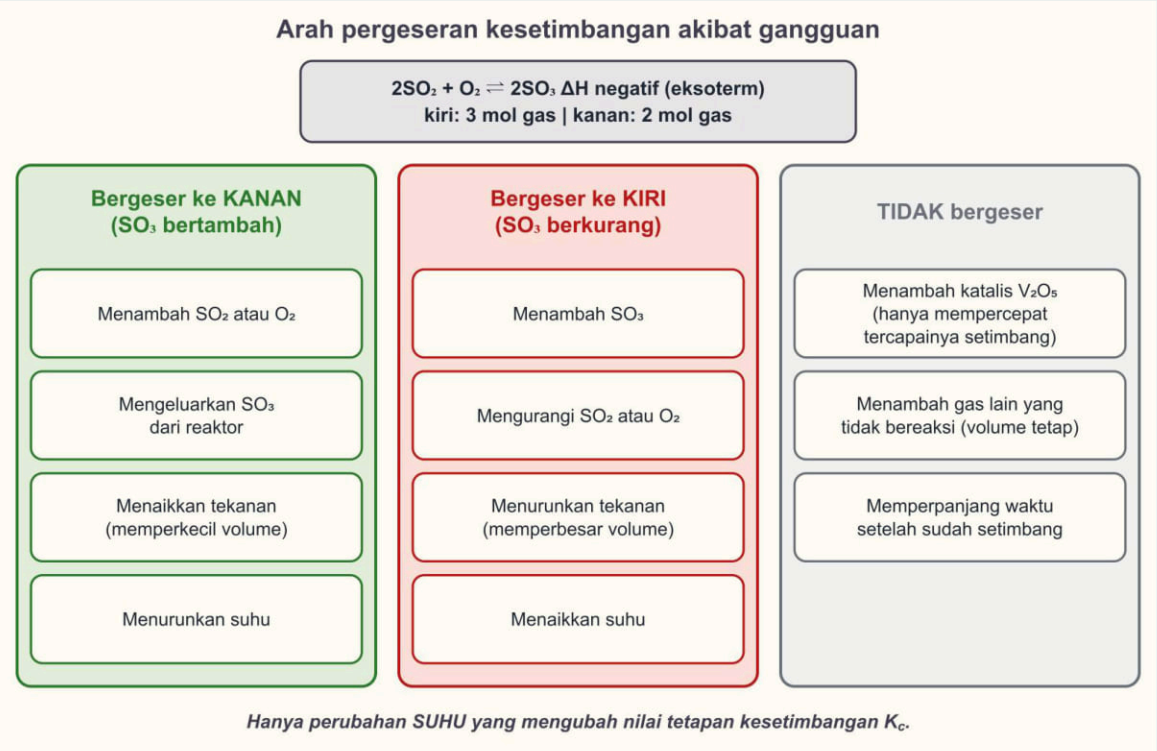
- **Padatan dan cairan murni tidak ditulis** dalam $K_c$, karena konsentrasinya praktis tetap. Hanya zat gas dan zat terlarut yang ditulis.
- **Nilai $K_c$ besar** (jauh di atas 1) berarti pada kesetimbangan hasil reaksi lebih dominan. **Nilai $K_c$ kecil** (jauh di bawah 1) berarti pereaksi lebih dominan.
- **Nilai $K_c$ hanya bergantung pada suhu.** Mengubah konsentrasi, tekanan, atau menambah katalis tidak mengubah $K_c$; yang berubah hanya komposisi campuran sampai kesetimbangan baru tercapai. Mengubah suhu mengubah nilai $K_c$ itu sendiri.
- Bila persamaan reaksi dibalik, $K_c$ menjadi kebalikannya.

### 7. Asas Le Chatelier: menggeser kesetimbangan

Pabrik ingin hasil sebanyak mungkin. **Asas Le Chatelier** menjelaskan bagaimana kesetimbangan bereaksi bila diganggu: **bila pada sistem setimbang diberikan gangguan (perubahan konsentrasi, tekanan atau volume, atau suhu), sistem bergeser ke arah yang mengurangi gangguan itu**. Seperti orang yang mengubah posisi berdirinya agar perahu tidak terbalik, sistem mencari keadaan baru yang meredam gangguan. Gambar 3.23 merangkum arah pergeserannya untuk reaksi $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$, yang eksoterm ke kanan dan berjumlah mol gas 3 di kiri serta 2 di kanan.



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




*Gambar 3.23 Arah pergeseran kesetimbangan $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ (eksoterm ke kanan; 3 mol gas di kiri, 2 mol gas di kanan) akibat berbagai gangguan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**a. Mengubah konsentrasi.** Bila konsentrasi suatu zat **ditambah**, sistem bergeser ke arah yang **menghabiskan** zat itu. Bila konsentrasi suatu zat **dikurangi**, sistem bergeser ke arah yang **membentuk** zat itu. Karena itu, menambah $O_2$ atau $SO_2$ menggeser kesetimbangan ke kanan ($SO_3$ bertambah), sedangkan mengeluarkan $SO_3$ dari reaktor juga menggeser ke kanan. Cara memisahkan hasil secara terus-menerus adalah teknik yang sangat dipakai di pabrik. Pada pembuatan etil asetat dari asam dan etanol, air dibuang agar kesetimbangan terus bergeser ke ester. Nilai $K_c$ tidak berubah; hanya komposisinya yang menyesuaikan.

**b. Mengubah tekanan atau volume.** Memperkecil volume wadah (menaikkan tekanan) menaikkan konsentrasi semua gas. Sistem melawan dengan bergeser ke sisi yang jumlah **mol gasnya lebih sedikit**, karena itu mengurangi tekanan. Pada $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$, sisi kiri 3 mol gas dan sisi kanan 2 mol gas; tekanan tinggi menggeser ke kanan, tekanan rendah menggeser ke kiri. Tiga catatan penting:

- Bila **jumlah mol gas kedua sisi sama** (misalnya $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$, yaitu 2 mol di kiri dan 2 mol di kanan), tekanan tidak menggeser kesetimbangan.
- Hanya **gas** yang terpengaruh. Padatan dan cairan hampir tidak tertekan, sehingga reaksi dalam fase cair, misalnya pembuatan etil asetat di dalam tangki, tidak peduli pada tekanan.
- Menambahkan gas lain yang tidak ikut bereaksi (misalnya argon) pada **volume tetap** tidak mengubah konsentrasi zat yang bereaksi, sehingga tidak menggeser kesetimbangan.

**c. Mengubah suhu.** Pada perubahan suhu, arah pergeseran ditentukan oleh **ΔH**. Pada reaksi **eksoterm** (ke kanan melepas panas), panas dapat dipandang sebagai "hasil". Menaikkan suhu sama dengan menambah hasil sehingga sistem bergeser ke kiri, dan menurunkan suhu menggeser ke kanan. Pada reaksi **endoterm** sebaliknya: menaikkan suhu menggeser ke kanan.



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

Ringkasnya, **menaikkan suhu menggeser kesetimbangan ke arah reaksi yang menyerap panas (endoterm)**. Suhu adalah satu-satunya gangguan yang **mengubah nilai $K_c$**: untuk reaksi eksoterm, $K_c$ mengecil bila suhu naik.

**d. Katalis.** Katalis mempercepat reaksi ke kanan **dan** reaksi ke kiri sama besar. Karena kedua laju naik sama kali lipat, perbandingannya tidak berubah; **posisi kesetimbangan dan nilai $K_c$ tidak berubah**. Yang berubah hanya waktu: kesetimbangan tercapai lebih cepat. Itulah sebabnya "tambahkan katalis" tidak pernah menjadi jawaban untuk "bagaimana memperbanyak hasil pada keadaan setimbang".

Satu contoh yang kasatmata adalah gas cokelat kemerahan $NO_2$ yang berubah menjadi $N_2O_4$ yang tidak berwarna menurut $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ (eksoterm ke kanan). Tabung berisi campuran gas ini memudar warnanya bila dicelupkan ke air es (suhu turun, bergeser ke kanan) dan menggelap bila dihangatkan (bergeser ke kiri). Contoh 2 di bawah mengulas hal ini lebih jauh.

### 8. Kompromi di pabrik: laju, hasil, dan batas proses

Dari bagian-bagian di atas tampak bahwa pabrik sering menghadapi tuntutan yang berlawanan. Untuk reaksi eksoterm bolak-balik seperti pembentukan $SO_3$ dan $NH_3$:

- **suhu rendah** menggeser kesetimbangan ke kanan sehingga hasil per lintasan lebih banyak, **tetapi reaksi menjadi sangat lambat**;
- **suhu tinggi** membuat reaksi cepat, **tetapi hasil kesetimbangannya turun**.

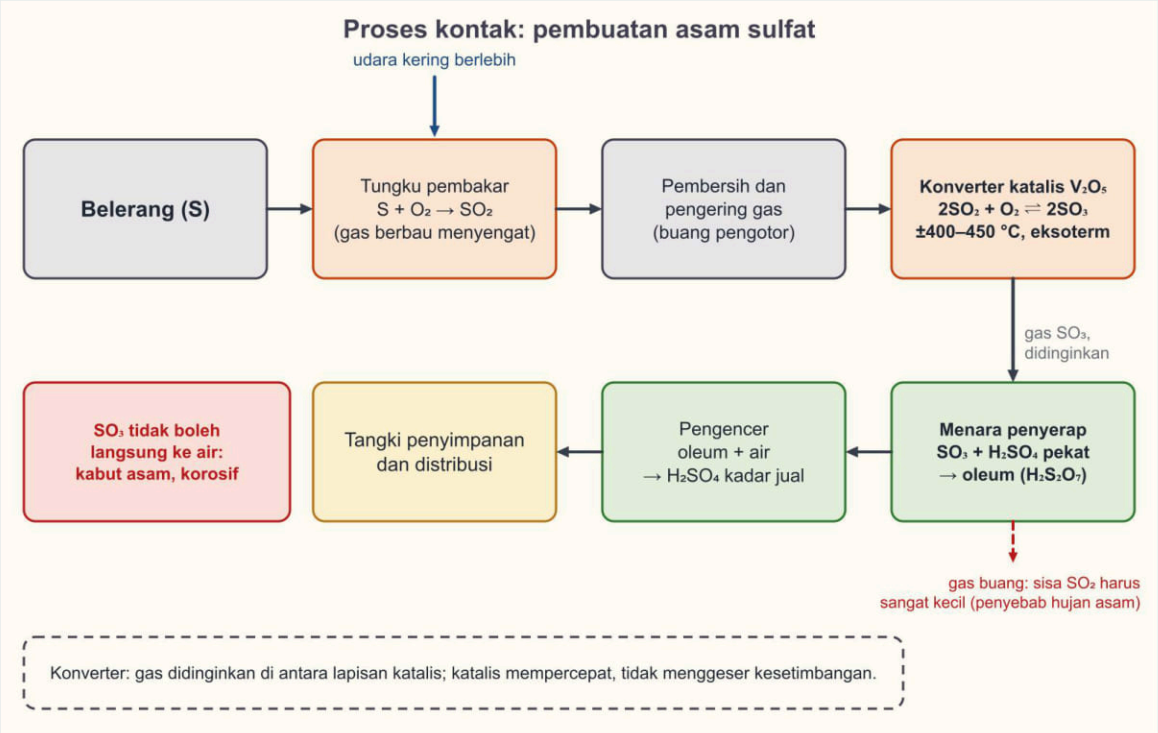
Jalan keluarnya adalah **kompromi**: memilih suhu menengah dan memakai katalis supaya reaksi tetap cepat pada suhu yang cukup rendah. Tekanan juga kompromi: tekanan tinggi menguntungkan bila jumlah mol gas hasil lebih sedikit, tetapi alat bertekanan tinggi mahal dan lebih berbahaya. Di atas semuanya ada **batas proses**: suhu maksimum yang boleh dipakai bahan tangki dan lapisannya, pemakaian bahan yang dibatasi biaya, serta keselamatan. Kondisi yang paling cepat di laboratorium belum tentu boleh dipakai di pabrik. Cara berpikir yang benar: periksa dulu usulan mana yang melanggar batas, lalu pilih yang tersisa dengan waktu paling singkat atau hasil paling banyak.

### 9. Proses kontak: pabrik asam sulfat

**Asam sulfat** ($H_2SO_4$) adalah bahan kimia industri yang paling banyak dipakai: untuk pupuk superfosfat, pengolahan logam, baterai, dan banyak bahan lain. Pabrik membuatnya dengan **proses kontak**, dinamai demikian karena gas bereaksi saat bersentuhan (kontak) dengan permukaan katalis padat. Alurnya tampak pada Gambar 3.24.



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




*Gambar 3.24 Alur proses kontak: belerang → $SO_2$ → $SO_3$ → asam sulfat. Nilai suhu dan tekanan adalah gambaran umum; angka pasti berbeda tiap pabrik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**Tahap 1: membakar belerang.** Belerang padat dibakar dengan udara kering berlebih: $S + O_2 \rightarrow SO_2$. Udara berlebih memastikan belerang habis dan membawa $O_2$ untuk tahap berikutnya. **$SO_2$ adalah gas tak berwarna yang berbau menyengat** dan mengiritasi saluran pernapasan, sehingga pabrik harus mencegah kebocorannya. Bila $SO_2$ larut dalam air, ia membentuk asam sulfit; inilah salah satu sumber **hujan asam** bila gas buang tidak dikendalikan (sub bab 1.2).

**Tahap 2: mengubah $SO_2$ menjadi $SO_3$ (konversi).** Gas $SO_2$ yang sudah dibersihkan dan dikeringkan dialirkan ke **reaktor (konverter)** berisi katalis **$V_2O_5$** (vanadium(V) oksida), tempat terjadi $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ dengan $\Delta H$ sekitar −197 kJ untuk persamaan seperti tertulis. Reaksinya **bolak-balik, eksoterm, dan jumlah mol gas berkurang**. Dengan Le Chatelier, kondisi terbaik untuk hasil adalah suhu rendah dan tekanan tinggi. Pada kenyataannya:

- **suhu** dijaga sekitar 400–450 °C: cukup rendah agar kesetimbangan masih menguntungkan, cukup tinggi agar katalis bekerja cukup cepat. Karena reaksi melepas panas, gas yang keluar dari satu lapisan katalis didinginkan sebelum masuk lapisan berikutnya agar kesetimbangan tidak bergeser ke kiri;
- **tekanan** hanya sedikit di atas tekanan atmosfer: konversinya sudah sangat tinggi pada tekanan itu, sehingga biaya alat bertekanan tinggi tidak sebanding dengan tambahan hasil;
- **katalis $V_2O_5$** mempercepat tercapainya kesetimbangan; ia **tidak menggeser** kesetimbangan dan tidak menambah $SO_3$ pada keadaan setimbang.

**Tahap 3: menyerap $SO_3$.** $SO_3$ **tidak dilarutkan langsung ke air**. Reaksi $SO_3$ dengan air sangat eksoterm, sehingga air bergolak dan menghasilkan **kabut asam** halus yang sulit ditangkap dan sangat korosif. Sebagai gantinya, gas $SO_3$ dialirkan ke **asam sulfat pekat** di menara penyerap sehingga terbentuk **oleum** (asam sulfat berasap, $H_2S_2O_7$): $H_2SO_4 + SO_3 \rightarrow H_2S_2O_7$. Oleum



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

kemudian **diencerkan dengan air** secara terkendali menjadi asam sulfat dengan kadar yang diinginkan: $H_2S_2O_7 + H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$.

Tiga hal berkaitan dengan lingkungan dan bahan alat. Pertama, sisa $SO_2$ yang tidak terkonversi tidak boleh dilepas begitu saja karena menjadi **hujan asam**; pabrik modern memakai dua tahap konversi dan penyerapan agar sisa $SO_2$ sangat kecil. Kedua, **asam sulfat menyerang seng**: $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$, sehingga seng, termasuk atap atau pagar seng di sekitar pabrik, berkarat lebih cepat bila terkena kabut atau hujan asam (sub bab 3.7 menjelaskan korosinya). Ketiga, karena $H_2SO_4$ merusak banyak logam, bahan tangki, pipa, dan wadahnya harus dipilih sesuai kadar asamnya (sub bab 2.4).

### 10. Proses Haber–Bosch: pabrik amonia

**Amonia** ($NH_3$) adalah bahan dasar pupuk (urea, ZA) dan banyak bahan kimia lain. Pabrik membuatnya dengan **proses Haber–Bosch**, yang diagram bloknya sudah kamu lihat di sub bab 1.1:

$$\mathrm{N_2}(g) + 3\,\mathrm{H_2}(g) \rightleftharpoons 2\,\mathrm{NH_3}(g) \qquad \Delta H \approx -92\ \mathrm{kJ}$$

Hidrogen diperoleh terutama dari gas alam dan uap air; nitrogen dari udara. Reaksinya eksoterm dan jumlah mol gas berkurang (4 mol di kiri, 2 mol di kanan), sehingga kondisi ideal secara kesetimbangan adalah suhu rendah dan tekanan tinggi. Kondisi di pabrik:

- **katalis besi** (dengan sedikit zat tambahan) dipakai agar reaksi cukup cepat; tanpa katalis, suhu rendah membuat reaksi terlalu lambat;
- **suhu** sekitar 400–500 °C, sebagai kompromi laju dan hasil;
- **tekanan** sangat tinggi, sekitar 150–250 atm, karena hasil per lintasan masih rendah dan pengurangan mol gasnya besar, sehingga biaya alat bertekanan tinggi sepadan dengan tambahan hasilnya;
- **hasil per lintasan hanya sekitar 15 %.** Gas keluar reaktor didinginkan sampai $NH_3$ mengembun menjadi cairan yang dipisahkan, sedangkan $N_2$ dan $H_2$ yang belum bereaksi **didaur ulang** ke reaktor. Dengan daur ulang, hampir seluruh gas pada akhirnya berubah menjadi amonia.

Mengeluarkan $NH_3$ sebagai cairan adalah penerapan nyata asas Le Chatelier: hasil terus diambil sehingga kesetimbangan terus bergeser ke kanan. Perbandingan kedua proses menunjukkan bahwa kompromi dapat berbeda untuk reaksi yang mirip.

| | Proses kontak ($SO_3$) | Proses Haber–Bosch ($NH_3$) |
|---|---|---|
| Katalis | $V_2O_5$ | besi |
| Suhu | sekitar 400–450 °C | sekitar 400–500 °C |
| Tekanan | sedikit di atas atmosfer | sekitar 150–250 atm |
| Mol gas kiri : kanan | 3 : 2 | 4 : 2 |
| Mengapa tekanan dipilih demikian | konversi sudah tinggi, tekanan tinggi tidak sepadan biayanya | konversi per lintasan rendah, tekanan tinggi sangat menolong |



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

| | | |
|---|---|---|
| Cara menambah hasil | pendinginan antar lapisan, penyerapan $SO_3$ | pengembunan $NH_3$, daur ulang $N_2$ dan $H_2$ |

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: waktu reaksi karena suhu dan ukuran butir

Pada 2027, sebuah bengkel galvanis melarutkan sisa seng dalam asam. Pada 20 °C, butiran seng larut habis dalam 240 detik. Atas usul teknisi, suhu campuran dinaikkan menjadi 50 °C. (a) Berapa perkiraan waktunya, dengan aturan bahwa setiap kenaikan 10 °C menggandakan laju? (b) Bila butiran seng kemudian digiling menjadi serbuk pada 50 °C, apakah waktunya bertambah atau berkurang? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Selisih suhu.** 50 − 20 = 30 °C, yaitu tiga kali kenaikan 10 °C.
2. **Faktor laju.** Laju menjadi $2^3 = 8$ kali, karena tiap kenaikan 10 °C menggandakan laju.
3. **Waktu.** Waktu berbanding terbalik dengan laju, sehingga waktu baru = 240 ÷ 8 = 30 detik.
4. **Pengaruh serbuk.** Serbuk memiliki luas permukaan lebih besar sehingga tumbukan efektif lebih banyak; laju bertambah dan waktu berkurang di bawah 30 detik.

Jawaban: (a) sekitar 30 detik; (b) waktu berkurang. Cek akal sehat: suhu tinggi dan butir halus sama-sama menambah tumbukan efektif, sehingga waktu harus mengecil, bukan membesar. Karena aturan "dua kali tiap 10 °C" hanya perkiraan, angka 30 detik adalah taksiran, bukan nilai pasti.

### Contoh 2: arah pergeseran kesetimbangan $NO_2$ dan $N_2O_4$

Pada 2027, laboratorium pabrik pupuk memegang tabung kaca tertutup berisi gas cokelat $NO_2$ dan gas tak berwarna $N_2O_4$ yang setimbang menurut $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$, reaksi ke kanan eksoterm. Perkirakan perubahan warna akhir bila (a) tabung dicelupkan ke air es, (b) volume tabung diperkecil sehingga tekanan naik, (c) ditambahkan katalis. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Catat fakta reaksi.** Ke kanan: eksoterm; mol gas 2 di kiri dan 1 di kanan. Warna cokelat berasal dari $NO_2$, jadi cokelat memudar bila $NO_2$ berkurang.
2. **(a) Suhu turun.** Sistem melawan penurunan suhu dengan bergeser ke arah yang melepas panas, yaitu ke kanan. $NO_2$ berkurang, $N_2O_4$ bertambah, warna memudar.
3. **(b) Tekanan naik.** Sistem bergeser ke sisi dengan mol gas lebih sedikit, yaitu ke kanan. Warna sesaat tampak lebih gelap karena konsentrasi $NO_2$ ikut naik saat dimampatkan, lalu memudar mengikuti pergeseran ke kanan.
4. **(c) Katalis.** Laju ke kanan dan ke kiri naik sama besar, sehingga posisi kesetimbangan tidak berubah dan warna akhirnya sama; yang berbeda hanya waktu tercapainya.

Jawaban: (a) memudar; (b) memudar setelah sesaat menggelap; (c) tidak berubah. Cek akal sehat: dua gangguan yang menguntungkan sisi kanan (dingin, tekanan tinggi) sama-sama memperbanyak gas tak berwarna, sedangkan katalis tidak menyentuh posisi kesetimbangan.



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

### Contoh 3: menghitung $K_c$ dari data kesetimbangan

Pada 2027, siswa PKL menguji konverter skala kecil. Pada suhu tertentu, dalam wadah 2,0 L, kesetimbangan $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ berisi 0,20 mol $SO_2$, 0,10 mol $O_2$, dan 0,40 mol $SO_3$. Hitung $K_c$ dan tafsirkan nilainya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Ubah mol menjadi konsentrasi** (bagi dengan volume 2,0 L; mol dibahas di sub bab 3.3). $[SO_2] = 0{,}20 \div 2{,}0 = 0{,}10$ M; $[O_2] = 0{,}10 \div 2{,}0 = 0{,}050$ M; $[SO_3] = 0{,}40 \div 2{,}0 = 0{,}20$ M.
2. **Tulis rumus** dengan koefisien sebagai pangkat: $K_c = \dfrac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$.
3. **Masukkan angka.** $K_c = \dfrac{(0{,}20)^2}{(0{,}10)^2 \times 0{,}050} = \dfrac{0{,}040}{0{,}00050} = 80.$
4. **Tafsirkan.** Nilai 80 jauh di atas 1, berarti pada suhu itu hasil ($SO_3$) lebih dominan di kesetimbangan.

Jawaban: $K_c = 80$. Cek akal sehat: $SO_3$ (0,20 M) memang paling besar konsentrasinya di antara ketiganya, sejalan dengan $K_c$ besar. Bila suhu dinaikkan, $K_c$ akan mengecil karena reaksinya eksoterm.

### Contoh 4: menghitung $K_c$ dari konsentrasi awal

Pada 2027, seorang analis memasukkan 1,00 M $H_2$ dan 1,00 M $I_2$ ke labu 1,0 L pada suhu tertentu. Pada kesetimbangan $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$, konsentrasi HI = 1,50 M. Hitung $K_c$. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Susun tiga baris** (awal, perubahan, setimbang) memakai perbandingan koefisien 1 : 1 : 2. Misalkan x mol/L $H_2$ bereaksi; $I_2$ ikut berkurang x, HI bertambah 2x.
2. **Gunakan data HI.** 2x = 1,50 sehingga x = 0,75 M.
3. **Hitung konsentrasi setimbang.** $[H_2] = [I_2] = 1{,}00 - 0{,}75 = 0{,}25$ M; $[HI] = 1{,}50$ M.
4. **Masukkan ke rumus.** $K_c = \dfrac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \dfrac{(1{,}50)^2}{0{,}25 \times 0{,}25} = \dfrac{2{,}25}{0{,}0625} = 36.$

Jawaban: $K_c = 36$. Cek akal sehat: bila x yang dipakai 0,75 M, $H_2$ dan $I_2$ masih tersisa 0,25 M, tidak negatif, jadi angkanya wajar. Jumlah konsentrasi setimbang 0,25 + 0,25 + 1,50 = 2,00 M sama dengan jumlah awal 1,00 + 1,00 M, sebagaimana mestinya karena jumlah mol gas di kedua sisi persamaan sama.

### Contoh 5: perhitungan produksi asam sulfat dari belerang

Pada 2027, pabrik asam sulfat kecil membakar 640 kg belerang tiap jam (Ar S = 32; Mr $H_2SO_4$ = 98). Seluruh proses mengubah 95 % belerang menjadi $H_2SO_4$, yang dijual sebagai larutan berkadar 98 %. Berapa kilogram larutan 98 % yang dihasilkan tiap jam? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tulis alur.** $S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4$. Dari persamaan $S + O_2 \rightarrow SO_2$, $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$, dan $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (setara dengan jalur oleum), 1 mol S menghasilkan 1 mol $H_2SO_4$ (perbandingan koefisien, sub bab 3.3).



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

2. **Mol belerang.** 640 kg ÷ 32 kg/kmol = 20 kmol.
3. **Mol asam sulfat yang terbentuk.** 20 kmol × 0,95 = 19 kmol.
4. **Massa $H_2SO_4$ murni.** 19 kmol × 98 kg/kmol = 1.862 kg.
5. **Massa larutan 98 %.** 1.862 ÷ 0,98 = 1.900 kg.

Jawaban: 1.900 kg per jam. Cek akal sehat: massa produk lebih besar dari massa belerang karena ikut mengikat oksigen dan hidrogen (1.900 ÷ 640 sekitar 3). Hasil teoretis 100 % konversi dari 1 kg S adalah 98 ÷ 32 = 3,06 kg $H_2SO_4$ murni; hasil di sini, 1.862 ÷ 640 = 2,91 kg $H_2SO_4$ murni per kg S, sedikit di bawahnya karena konversinya 95 %, sebagaimana mestinya.

### Contoh 6: menilai usulan pada pabrik asam sulfat

Pada 2027, supervisor sebuah pabrik asam sulfat meminta Rudi menilai empat usulan operator: (a) menaikkan suhu konverter jauh di atas 450 °C untuk memperbanyak $SO_3$; (b) menambah pasokan udara berlebih; (c) mengalirkan $SO_3$ langsung ke bak air agar lebih sederhana; (d) menambah jumlah katalis $V_2O_5$ supaya $SO_3$ pada kesetimbangan bertambah. Mana yang masuk akal? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Usulan (a).** Reaksi eksoterm: suhu lebih tinggi menggeser ke kiri. $SO_3$ pada kesetimbangan berkurang, dan suhu tinggi dapat melewati batas bahan alat. Tidak masuk akal.
2. **Usulan (b).** Menambah $O_2$ menggeser kesetimbangan ke kanan dan membantu menghabiskan $SO_2$. Masuk akal.
3. **Usulan (c).** $SO_3$ + air sangat eksoterm dan menimbulkan kabut asam yang sukar ditangkap. $SO_3$ harus diserap ke asam sulfat pekat membentuk oleum. Tidak masuk akal.
4. **Usulan (d).** Katalis tidak menggeser posisi kesetimbangan; hanya mempercepat tercapainya. Menambah katalis tidak menambah $SO_3$ pada kesetimbangan. Tidak masuk akal.

Jawaban: hanya usulan (b). Cek akal sehat: satu-satunya usulan yang mengubah **konsentrasi** pereaksi sesuai arah yang menguntungkan adalah (b); dua usulan lain melawan sifat eksoterm atau mengabaikan kabut asam, dan katalis tidak memengaruhi hasil akhir.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 3.25 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 3.25 Peta konsep laju reaksi dan kesetimbangan kimia. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Laju reaksi** ditentukan oleh jumlah **tumbukan efektif** (energi ≥ $E_a$ dan arah tepat). Naik bila konsentrasi naik, luas permukaan padatan lebih besar, suhu naik, atau ada katalis.
- **Katalis** menurunkan $E_a$ lewat jalan reaksi lain; ia tidak habis, tidak mengubah ΔH, dan **tidak menggeser kesetimbangan**.
- **Lebih cepat tidak berarti lebih banyak.** Jumlah hasil ditentukan oleh jumlah pereaksi dan posisi kesetimbangan.
- **Kesetimbangan dinamis:** laju ke kanan sama dengan laju ke kiri, konsentrasi tetap (tidak harus sama), sistem tertutup.
- $K_c$ = konsentrasi hasil (dipangkatkan koefisien) dibagi konsentrasi pereaksi (dipangkatkan koefisien), hanya gas dan zat terlarut; nilainya hanya berubah oleh suhu.
- **Le Chatelier:** tambah zat → geser menjauhi zat itu; tekanan naik → ke sisi mol gas lebih sedikit; suhu naik → ke arah endoterm.
- **Proses kontak:** S → $SO_2$ → $SO_3$ ($V_2O_5$, sekitar 400–450 °C, eksoterm) → diserap ke $H_2SO_4$ pekat (bukan air) → diencerkan. **Haber–Bosch:** $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (besi, tekanan tinggi, $NH_3$ diembunkan, daur ulang).

**Istilah penting:** laju reaksi (perubahan konsentrasi per waktu); teori tumbukan (reaksi terjadi dari tumbukan efektif); tumbukan efektif (energi cukup dan arah tepat); energi aktivasi (energi minimum untuk memulai reaksi); katalis (zat pemercepat yang tidak habis); reaksi bolak-balik (hasil dapat menjadi pereaksi lagi); kesetimbangan dinamis (laju maju sama dengan laju balik); tetapan kesetimbangan $K_c$ (rasio konsentrasi setimbang); asas Le Chatelier (sistem melawan gangguan); eksoterm (melepas panas); endoterm (menyerap panas); oleum ($SO_3$ terlarut dalam $H_2SO_4$ pekat); proses Haber–Bosch (pembuatan $NH_3$).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal laju dan kesetimbangan:

1. **Tentukan dulu yang ditanyakan:** "lebih cepat" (laju) atau "lebih banyak hasil" (kesetimbangan). Banyak pengecoh sengaja mencampurnya.
2. **Untuk kesetimbangan, tulis tiga fakta:** apakah ke kanan eksoterm atau endoterm; berapa mol gas di tiap sisi; apakah reaksi berlangsung di fase gas atau cair. Dari tiga fakta itu arah pergeseran dapat dibaca.
3. **Untuk tabel uji, periksa batas lebih dulu:** coret percobaan yang melanggar batas suhu, biaya, atau keselamatan, lalu pilih yang tersisa dengan waktu paling singkat.
4. **Untuk hitungan $K_c$,** ubah mol menjadi konsentrasi dahulu, lalu pangkatkan dengan koefisien.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Menaikkan suhu dikira memperbanyak hasil reaksi eksoterm.** Suhu naik mempercepat, tetapi menggeser eksoterm ke kiri.
- **Katalis dikira menambah hasil atau menggeser kesetimbangan.**
- **Waktu lebih singkat dikira otomatis lebih baik,** padahal mungkin melanggar batas suhu atau biaya.
- **Tekanan dipakai untuk reaksi fase cair** atau reaksi dengan jumlah mol gas sama.
- **Memperpanjang waktu setelah setimbang** dikira menambah hasil.
- **$SO_3$ dilarutkan ke air,** padahal harus ke $H_2SO_4$ pekat.
- **Konsentrasi pada kesetimbangan dikira harus sama,** atau reaksi dikira berhenti.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa untuk memperbanyak $NH_3$ pada kesetimbangan, pabrik sebaiknya menaikkan suhu sebanyak mungkin "karena suhu tinggi membuat reaksi lebih cepat". Reaksi lebih cepat memang benar, tetapi reaksi pembentukan $NH_3$ eksoterm sehingga suhu tinggi menggeser kesetimbangan ke kiri dan mengurangi $NH_3$ per lintasan. Karena itu pabrik memakai suhu sedang, katalis, dan tekanan tinggi.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pemilihan keputusan proses di bawah batas bahan alat dan biaya: coret percobaan yang melanggar batas, lalu pilih yang tersisa dengan waktu paling singkat. Pakai bagian 4 (faktor laju) dan bagian 8 (batas proses).



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

►. Unit pembuatan pupuk di sebuah koperasi melarutkan batu kapur dengan asam untuk membuat bahan pupuk (2027). Pelarutan saat ini butuh 90 menit per batch dan ingin dipersingkat. Suhu reaktor dibatasi maksimum 50 °C karena lapisan tangki, dan pemakaian asam tidak boleh dinaikkan karena biaya. Hasil uji laboratorium:

| Uji | Ukuran butir kapur | Suhu (°C) | Konsentrasi asam | Waktu larut (menit) |
|---|---|---|---|---|
| 1 (acuan) | kerikil 5 mm | 40 | 10% | 90 |
| 2 | kerikil 5 mm | 60 | 10% | 45 |
| 3 | serbuk 0,5 mm | 40 | 10% | 30 |
| 4 | kerikil 5 mm | 40 | 20% | 50 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Keputusan yang paling tepat untuk proses di pabrik adalah ....

A. Menaikkan suhu reaktor menjadi 60 °C karena waktu larut turun separuh
B. Memakai asam 20% karena waktu larut turun 40 menit tanpa mengubah alat
C. Menggabungkan suhu 60 °C dan serbuk 0,5 mm agar waktu larut menjadi paling singkat
D. Menambah waktu pengadukan menjadi 120 menit agar pelarutan lebih sempurna
E. Menggiling kapur menjadi serbuk 0,5 mm dan tetap pada 40 °C dengan asam 10%

**Pembahasan** **Kunci: E**

**Konsep:** Laju reaksi dipengaruhi luas permukaan, suhu, konsentrasi, dan katalis. Pilihan di industri harus memenuhi batasan proses (suhu alat, biaya bahan).

**Langkah:**

1. Uji 2 melanggar batas suhu 50 °C.
2. Uji 4 menaikkan pemakaian asam → melanggar batas biaya.
3. Uji 3 memenuhi semua batasan dan waktunya paling singkat (30 menit).

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: waktu memang turun, tetapi 60 °C melebihi batas 50 °C lapisan tangki.
- **B.** ✗ Jebakan: konsentrasi 20% berarti asam lebih banyak sehingga melanggar batas biaya.
- **C.** ✗ Masih memakai suhu 60 °C yang melanggar batas alat.
- **D.** ✗ Tidak mempersingkat proses; justru memperpanjang waktu batch.
- **E.** ✓ Luas permukaan diperbesar tanpa melanggar batasan suhu dan biaya.

**Jawaban: E.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal berikut, pisahkan dulu "lebih cepat" dari "lebih banyak hasil", lalu tulis arah pergeseran berdasarkan eksoterm/endoterm dan jumlah mol gas.

**1.** Dalam pelatihan operator pabrik asam sulfat (2027), instruktur menuliskan reaksi tahap konversi: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$, reaksi ke kanan melepaskan panas (eksoterm).



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

Peserta diminta menilai usulan perubahan kondisi untuk memperbanyak $SO_3$, dengan catatan suhu tidak boleh terlalu rendah karena reaksi menjadi sangat lambat.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengeluarkan $SO_3$ dari reaktor secara terus-menerus menggeser kesetimbangan ke kanan.
☐ B. Menaikkan suhu reaktor memperbanyak $SO_3$ karena semua reaksi menjadi lebih cepat.
☐ C. Menambahkan katalis memperbanyak $SO_3$ pada keadaan setimbang.
☐ D. Menaikkan tekanan menggeser kesetimbangan ke kanan karena jumlah mol gas di kanan lebih sedikit.
☐ E. Menambah pasokan udara ($O_2$) menggeser kesetimbangan ke kanan.

**Kunci singkat:** 1. A, D, E

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan tetapi tidak menambah hasil pada keadaan setimbang?
- Mengapa pabrik asam sulfat memakai suhu sekitar 400–450 °C dan bukan suhu sebisa mungkin rendah atau setinggi mungkin?
- **Yang harus kuingat:** laju naik karena konsentrasi, luas permukaan, suhu, katalis; kesetimbangan digeser oleh konsentrasi, tekanan, suhu (bukan katalis); $SO_3$ diserap ke $H_2SO_4$ pekat; $K_c$ hanya berubah oleh suhu.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 3.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-3.5



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

# Sub bab 3.6 · Sifat koligatif larutan

SMKTKI-3.6

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 3, dasar kimia, bagian kimia anorganik dasar) meminta kamu memahami **sifat koligatif larutan** dan memakainya pada situasi pabrik dan laboratorium. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta membandingkan beberapa larutan, menghitung perubahan titik didih atau titik beku, dan menjelaskan mengapa garam, gula, atau tekanan pompa berperan dalam suatu proses.

Pola soal yang sering muncul: (1) **membandingkan beberapa zat** untuk menentukan larutan dengan titik beku paling rendah atau titik didih paling tinggi, dengan jebakan faktor van't Hoff; (2) **cerita proses** seperti pendingin es balok, pengawetan dengan gula atau garam, atau osmosis balik pada unit pengolahan air; (3) **hitungan** kenaikan titik didih atau tekanan osmosis, termasuk pengaruh tekanan udara di dataran tinggi.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan bahwa sifat koligatif bergantung pada jumlah partikel zat terlarut, bukan jenisnya;
- menghitung molalitas, penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis, termasuk faktor van't Hoff untuk elektrolit;
- membandingkan beberapa larutan berdasarkan jumlah partikelnya;
- menjelaskan osmosis dan osmosis balik serta memberi contoh penerapannya.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Di negara yang turun salju, jalan raya ditaburi garam supaya es mencair. Radiator mobil diisi cairan antibeku supaya air pendingin tidak membeku. Es puter dibuat dengan menaburkan garam pada es. Ikan asin dan manisan awet tanpa lemari es. Depot air minum di pesisir mengolah air payau dengan membran. Semua peristiwa ini tampak berbeda, tetapi sebabnya sama: **zat yang larut di dalam air mengubah sifat air itu**, dan perubahannya ditentukan oleh **banyaknya partikel** yang terlarut, bukan oleh jenis zatnya. Sifat seperti itu disebut **sifat koligatif**.

### 1. Sifat koligatif dan cara menyatakan konsentrasinya

**Sifat koligatif larutan** adalah sifat yang hanya bergantung pada **jumlah partikel zat terlarut** dalam sejumlah pelarut, tidak bergantung pada jenis partikelnya. Dua gram gula dan dua gram urea mengubah titik beku air secara berbeda bukan karena zatnya, melainkan karena jumlah molekulnya berbeda. Ada empat sifat koligatif:

1. **penurunan tekanan uap**;



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

2. **kenaikan titik didih**;
3. **penurunan titik beku**;
4. **tekanan osmosis**.

Untuk menghitungnya kita perlu satuan konsentrasi yang mencerminkan jumlah partikel dalam sejumlah pelarut. Dua yang dipakai:

**Molalitas** ($m$) adalah jumlah mol zat terlarut dalam **1 kilogram pelarut**:

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut (kg)}}$$

Perhatikan bedanya dengan molaritas (M), yaitu mol per liter **larutan** (sub bab 3.4). Molalitas memakai massa pelarut, yang tidak berubah ketika suhu berubah, sehingga cocok untuk sifat yang diukur pada suhu yang berbeda-beda seperti titik didih dan titik beku.

**Fraksi mol** ($X$) adalah perbandingan mol satu zat dengan jumlah mol seluruh zat dalam larutan:

$$X_{\text{pelarut}} = \frac{n_{\text{pelarut}}}{n_{\text{pelarut}} + n_{\text{terlarut}}}, \qquad X_{\text{terlarut}} = \frac{n_{\text{terlarut}}}{n_{\text{pelarut}} + n_{\text{terlarut}}}$$

Jumlah kedua fraksi mol selalu 1. Konversi gram menjadi mol memakai $n = \text{massa} \div M_r$ (sub bab 3.3).

### 2. Penurunan tekanan uap

Di dalam wadah tertutup, molekul air di permukaan terus-menerus lepas menjadi uap dan sebagian kembali menjadi cair. Pada suhu tertentu, uap itu menekan dinding wadah dengan tekanan tertentu, yang disebut **tekanan uap jenuh**. Kini larutkan zat yang **tidak mudah menguap** (misalnya gula atau garam) ke dalam air. Partikel zat terlarut menempati sebagian permukaan dan "menghalangi" molekul air untuk lepas. Akibatnya **tekanan uap larutan lebih rendah daripada tekanan uap air murni**.

Hubungan kuantitatifnya dinyatakan oleh **hukum Raoult**: tekanan uap larutan sama dengan tekanan uap pelarut murni dikali fraksi mol pelarut.

$$P = X_{\text{pelarut}} \times P^\circ$$

Di sini $P^\circ$ adalah tekanan uap pelarut murni pada suhu itu. Karena $X_{\text{pelarut}} = 1 - X_{\text{terlarut}}$, penurunannya adalah

$$\Delta P = P^\circ - P = X_{\text{terlarut}} \times P^\circ$$

Semakin banyak zat terlarut, semakin besar penurunan tekanan uap. Hukum ini berlaku untuk larutan encer yang berperilaku ideal. Penurunan tekanan uap inilah akar dari kenaikan titik didih dan penurunan titik beku.

### 3. Kenaikan titik didih

Sebuah cairan **mendidih** ketika tekanan uapnya sama dengan tekanan udara di sekitarnya. Air murni mendidih pada 100 °C di permukaan laut karena pada suhu itu tekanan uapnya mencapai tekanan udara (1 atm). Larutan memiliki tekanan uap yang lebih rendah pada suhu yang sama,



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

sehingga pada 100 °C ia belum mendidih. Larutan harus dipanaskan **lebih tinggi lagi** sampai tekanan uapnya mencapai 1 atm. Itulah mengapa larutan gula mendidih di atas 100 °C. Gambar 3.26 memperlihatkan hal ini pada diagram fase: kurva tekanan uap larutan berada di bawah kurva air murni, sehingga garis 1 atm memotongnya pada suhu yang lebih tinggi.




*Gambar 3.26 Diagram fase air (garis tegas) dan larutan zat terlarut yang tidak mudah menguap (garis putus-putus), tidak berskala. Tekanan uap larutan lebih rendah sehingga titik didihnya naik (ΔTb) dan titik bekunya turun (ΔTf) pada tekanan 1 atm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Besarnya **kenaikan titik didih** sebanding dengan molalitas:

$$\Delta T_b = K_b \times m \times i$$

Di sini $K_b$ adalah **tetapan kenaikan titik didih molal** yang bergantung pada pelarut. Untuk air, $K_b = 0{,}512\ ^\circ\text{C kg/mol}$ (°C per molal). Artinya larutan dengan molalitas 1 (1 mol zat nonelektrolit dalam 1 kg air) mendidih 0,512 °C lebih tinggi daripada air murni. Faktor $i$ (faktor van't Hoff) dijelaskan di bagian 6; untuk zat nonelektrolit $i = 1$. Titik didih larutan dihitung dengan

$$T_b \text{ larutan} = T_b \text{ pelarut murni} + \Delta T_b$$

Perhatikan dua hal. Pertama, $\Delta T_b$ adalah **selisih** terhadap titik didih pelarut murni, bukan suhu didih itu sendiri. Kedua, titik didih pelarut murni bergantung pada tekanan udara. Di dataran tinggi, tekanan udara lebih rendah sehingga air murni mendidih di bawah 100 °C. Untuk kepekatan larutan yang sama, $\Delta T_b$ tetap sama, jadi titik didih larutannya sama dengan titik didih air murni **di tempat itu** ditambah $\Delta T_b$. Itulah dasar penentuan suhu penanda kekentalan sirup di dataran tinggi. Satu catatan: rumus ini akurat untuk larutan encer; untuk larutan yang sangat pekat, angka nyata menyimpang, sehingga kepekatan sirup yang sangat pekat sebaiknya dipastikan juga dengan alat ukur kadar, tidak hanya dengan suhu didih.

### 4. Penurunan titik beku



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

Titik beku adalah suhu saat cairan mulai membeku menjadi padatan. Pada larutan, partikel zat terlarut menyulitkan molekul air menata diri menjadi kristal es. Larutan harus didinginkan lebih rendah lagi sebelum es terbentuk. Pada Gambar 3.26, titik beku larutan (perpotongan garis 1 atm dengan garis padat-cair larutan) berada di sebelah kiri titik beku air murni. **Penurunan titik beku** juga sebanding dengan molalitas:

$$\Delta T_f = K_f \times m \times i$$

Untuk air, $K_f = 1{,}86\ ^\circ\text{C kg/mol}$. Titik beku larutan:

$$T_f \text{ larutan} = T_f \text{ pelarut murni} - \Delta T_f$$

Angka 1,86 jauh lebih besar daripada 0,512, jadi larutan lebih mudah diturunkan titik bekunya daripada dinaikkan titik didihnya. Konsekuensi ini dimanfaatkan di mana-mana. **Garam pada es** menurunkan titik beku sehingga campuran es-garam bersuhu di bawah 0 °C; itu sebabnya es puter didinginkan dengan es dan garam, dan garam ditabur di jalan bersalju. Pada kadar yang tepat, campuran es dan garam dapur dapat mencapai sekitar −21 °C, dan menambah garam lagi tidak membuatnya lebih dingin. **Antibeku radiator** (etilen glikol) menurunkan titik beku dan sekaligus menaikkan titik didih air pendingin; zat organik dipilih, bukan garam, karena garam ionik bersifat korosif pada logam. Rumus $\Delta T_f$ juga hanya akurat untuk larutan encer.

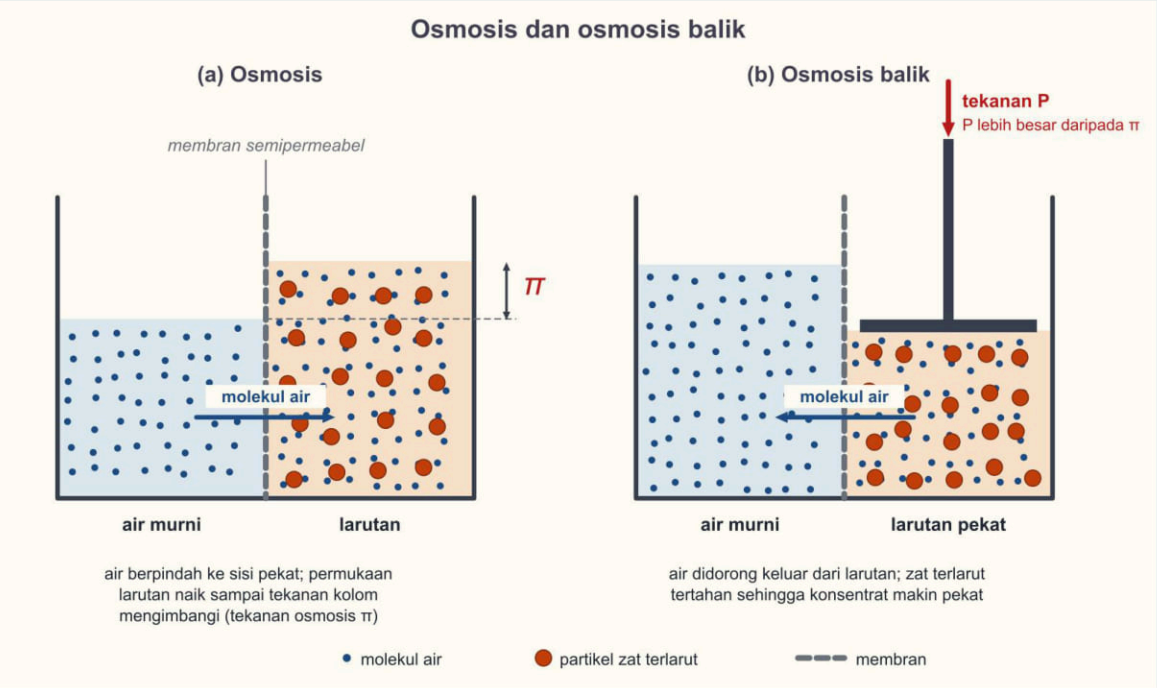
### 5. Tekanan osmosis

Bayangkan dua larutan dipisahkan oleh **membran semipermeabel**, selaput tipis yang meloloskan molekul pelarut (air) tetapi menahan partikel zat terlarut. Bila satu sisi berisi air murni dan sisi lain larutan, molekul air berpindah melewati membran dari sisi encer ke sisi pekat. Peristiwa ini disebut **osmosis**. Gambar 3.27a memperlihatkannya: permukaan larutan naik karena air terus masuk. Perpindahan berhenti ketika tekanan di sisi larutan, akibat kolom cairan yang lebih tinggi, mengimbangi dorongan air masuk. Tekanan yang diperlukan untuk **menghentikan** osmosis disebut **tekanan osmosis** ($\pi$).

Educational Institutions



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




*Gambar 3.27 (a) Osmosis: air dari sisi murni berpindah ke larutan melalui membran semipermeabel. (b) Osmosis balik: tekanan yang lebih besar daripada tekanan osmosis memaksa air berpindah dari larutan ke sisi murni. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Besar tekanan osmosis dihitung dengan rumus yang mirip persamaan gas ideal. Pada gas, $P = \frac{n}{V}RT$. J. H. van't Hoff menemukan bahwa pada larutan encer partikel terlarut berperilaku serupa dengan molekul gas dalam wadahnya, sehingga

$$\pi = M \times R \times T \times i$$

dengan $M$ molaritas larutan (mol/L), $R = 0{,}08206\ \text{L atm}/(\text{mol K})$, $T$ suhu **dalam kelvin** ($T = {}^\circ\text{C} + 273$), dan $\pi$ dalam atmosfer. Semakin pekat larutan atau semakin tinggi suhu, semakin besar tekanan osmosisnya.

**Osmosis balik** (*reverse osmosis*, RO) adalah kebalikan osmosis. Jika sisi larutan diberi tekanan yang **lebih besar daripada tekanan osmosis**, air terdorong keluar dari larutan melalui membran menuju sisi murni, sedangkan garam tertahan (Gambar 3.27b). Prinsip ini dipakai untuk mengolah air payau atau air laut menjadi air tawar, dan di banyak depot air minum. Dua akibatnya perlu kamu pahami. Pertama, **tekanan pompa harus melebihi tekanan osmosis air baku**; semakin asin air bakunya, semakin tinggi tekanan yang diperlukan. Kedua, garam yang tertahan terkumpul di sisi baku sehingga air buangan (konsentrat) **lebih pekat daripada air baku**.

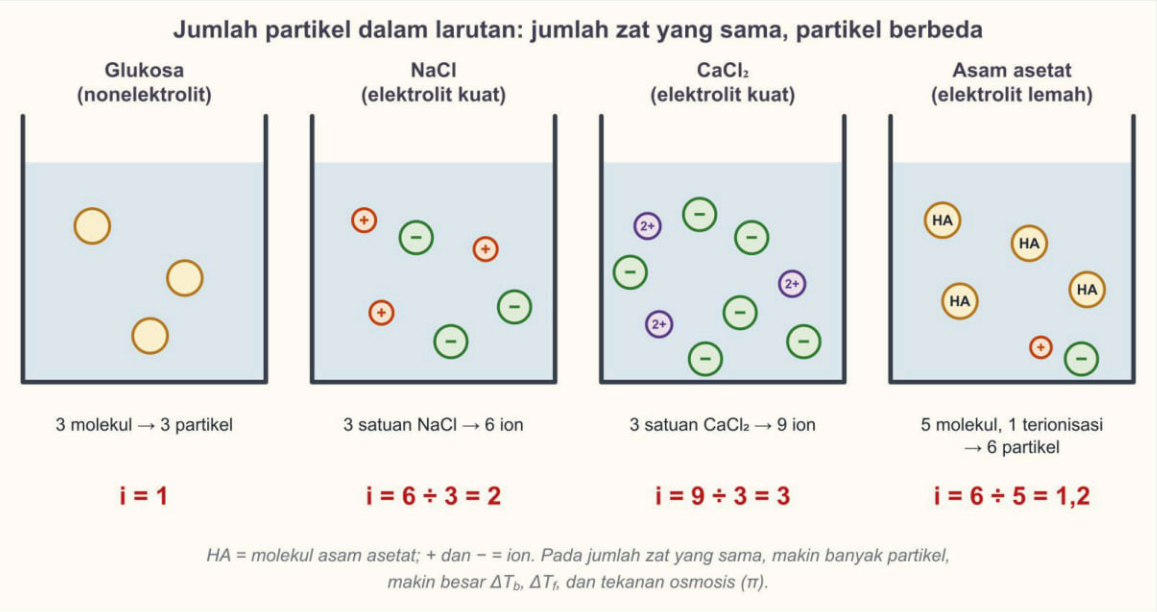
Osmosis juga mendasari pengawetan dengan gula dan garam. Manisan direndam dalam larutan gula pekat, ikan dilumuri garam. Air dari sel mikroba tertarik keluar menuju larutan yang lebih pekat di luar sel, sehingga mikroba kehilangan air dan sulit tumbuh. Di dunia medis, cairan infus dibuat **isotonik**, yaitu bertekanan osmosis sama dengan cairan tubuh, supaya sel tidak mengerut atau membengkak; larutan NaCl 0,9 % (larutan fisiologis) memenuhi syarat ini, dengan tekanan osmosis darah sekitar 7,7 atm.



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

### 6. Faktor van't Hoff: zat elektrolit dan nonelektrolit

Rumus-rumus di atas memuat faktor $i$. Mengapa? Sifat koligatif bergantung pada **jumlah partikel**. Zat **nonelektrolit** seperti gula, glukosa, dan urea larut sebagai molekul utuh: 1 mol zat menghasilkan 1 mol partikel. Zat **elektrolit** seperti garam dapur terurai menjadi ion-ion saat larut, sehingga 1 mol zat menghasilkan **lebih dari 1 mol partikel**. Gambar 3.28 menggambarkan perbedaannya.




*Gambar 3.28 Model partikel dalam larutan untuk jumlah zat yang sama: glukosa (3 partikel), NaCl (6 ion), $CaCl_2$ (9 ion), dan asam asetat (sebagian kecil terionisasi). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**Faktor van't Hoff** ($i$) adalah perbandingan jumlah partikel sesudah larut dengan jumlah zat yang dilarutkan:

$$i = \frac{\text{jumlah partikel dalam larutan}}{\text{jumlah satuan zat yang dilarutkan}}$$

- **Nonelektrolit:** $i = 1$.
- **Elektrolit kuat** (terurai sempurna): $i$ sama dengan jumlah ion hasil penguraian. $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ memberi $i = 2$. $CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$ memberi $i = 3$. $Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$ memberi $i = 3$.
- **Elektrolit lemah** (terurai sebagian): $i$ berada di antara 1 dan jumlah ion maksimum. Bila derajat penguraiannya $\alpha$ dan zat menghasilkan $n$ ion, maka $i = 1 + (n - 1)\alpha$. Untuk asam asetat ($n = 2$) dengan $\alpha = 0{,}2$, $i = 1{,}2$.

Nilai $i$ ini adalah nilai ideal. Pada larutan nyata, ion-ion saling menarik sehingga $i$ terukur sedikit lebih kecil daripada nilai ideal (untuk NaCl encer sekitar 1,9). Dalam soal, nilai ideal itulah yang dipakai.

**Mengapa membandingkan larutan harus memakai $m \times i$?** Bila beberapa larutan dibandingkan dan jumlah zat terlarutnya sama, larutan dengan nilai $m \times i$ paling besar memiliki $\Delta T_f$ dan $\Delta T_b$ terbesar. Jadi dua larutan dengan molalitas sama bisa berbeda sifat koligatifnya karena nilai $i$ keduanya berbeda: larutan $CaCl_2$ 0,1 m menurunkan titik beku sekitar



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

tiga kali lipat larutan glukosa 0,1 m. Ukuran molekul atau kekentalan zat tidak ikut menentukan; yang menentukan hanya banyaknya partikel.

Ringkasan rumus:

| Sifat koligatif | Rumus | Catatan |
|---|---|---|
| Penurunan tekanan uap | $\Delta P = X_{\text{terlarut}} \times P^\circ$ | zat terlarut tidak mudah menguap |
| Kenaikan titik didih | $\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$ | $K_b$ air = 0,512 °C/m |
| Penurunan titik beku | $\Delta T_f = K_f \cdot m \cdot i$ | $K_f$ air = 1,86 °C/m |
| Tekanan osmosis | $\pi = M \cdot R \cdot T \cdot i$ | $R = 0{,}08206$; $T$ dalam kelvin |

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: tekanan uap larutan glukosa

Pada 2027, laboratorium sebuah pabrik minuman melarutkan 180 g glukosa ($M_r = 180$) dalam 360 g air ($M_r = 18$) pada 25 °C. Tekanan uap air murni pada suhu itu 23,8 mmHg (dibulatkan). Berapa tekanan uap larutan? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Mol zat.** Glukosa: 180 ÷ 180 = 1,00 mol. Air: 360 ÷ 18 = 20,0 mol.
2. **Fraksi mol pelarut.** $X_{\text{air}} = \dfrac{20{,}0}{20{,}0 + 1{,}00} = 0{,}952$.
3. **Hukum Raoult.** $P = 0{,}952 \times 23{,}8 = 22{,}7$ mmHg.
4. **Penurunan.** $\Delta P = 23{,}8 - 22{,}7 = 1{,}1$ mmHg.

Jawaban: sekitar 22,7 mmHg (turun 1,1 mmHg). Cek akal sehat: tekanan uap larutan harus lebih rendah daripada air murni, dan karena hanya 1 dari 21 mol partikel adalah glukosa, penurunannya kecil (sekitar $\frac{1}{21}$ dari 23,8), sesuai dengan 1,1.

### Contoh 2: titik didih larutan gula

Pada 2027, produsen sirup markisa di dataran tinggi, yang air murninya mendidih pada 96,0 °C, ingin membuat sirup dengan kepekatan 2,00 molal sukrosa ($M_r = 342$). (a) Berapa gram sukrosa harus dilarutkan dalam 1,00 kg air? (b) Pada suhu berapa sirup itu mendidih? ($K_b$ air = 0,512 °C/m.) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa sukrosa.** Molalitas 2,00 berarti 2,00 mol per kg air: 2,00 × 342 = 684 g.
2. **Faktor van't Hoff.** Sukrosa nonelektrolit, sehingga $i = 1$.
3. **Kenaikan titik didih.** $\Delta T_b = K_b \times m \times i = 0{,}512 \times 2{,}00 \times 1 = 1{,}024$ °C.
4. **Titik didih sirup** = titik didih air murni **di tempat itu** + $\Delta T_b$ = 96,0 + 1,024 = 97,0 °C.

Jawaban: (a) 684 g; (b) sekitar 97,0 °C. Cek akal sehat: di tempat bertekanan 1 atm, sirup yang sama mendidih pada 100 + 1,02 = 101,0 °C. Selisihnya terhadap air murni (1,02 °C) sama di



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

kedua tempat, sedangkan suhu mutlaknya berbeda 4 °C karena tekanan udara berbeda. Mengambil 101 °C sebagai penanda di dataran tinggi akan keliru.

### Contoh 3: titik beku larutan garam

Pada 2027, sebuah pabrik es mencampur 117 g NaCl ($M_r = 58{,}5$) ke dalam 2,00 kg air untuk bak pendingin. Berapa titik beku larutan? ($K_f$ air = 1,86 °C/m.) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Mol NaCl.** 117 ÷ 58,5 = 2,00 mol.
2. **Molalitas.** $m = 2{,}00\ \text{mol} \div 2{,}00\ \text{kg} = 1{,}00$ molal.
3. **Faktor van't Hoff.** NaCl → $Na^+ + Cl^-$, sehingga $i = 2$.
4. **Penurunan titik beku.** $\Delta T_f = 1{,}86 \times 1{,}00 \times 2 = 3{,}72$ °C.
5. **Titik beku larutan** = 0 − 3,72 = −3,72 °C.

Jawaban: sekitar −3,7 °C. Cek akal sehat: titik beku harus di bawah 0 °C. Bila $i$ terlupa, hasilnya hanya −1,86 °C, setengah dari yang benar, karena NaCl menghasilkan dua mol partikel untuk setiap mol zat.

### Contoh 4: memilih zat pendingin per kilogram

Pada 2027, teknisi sebuah pabrik es membandingkan empat zat untuk menurunkan titik beku air. Tiap zat sebanyak 100 g dilarutkan dalam 1,00 kg air: NaCl ($M_r$ 58,5), $CaCl_2$ ($M_r$ 111), urea $CO(NH_2)_2$ ($M_r$ 60), dan glukosa ($M_r$ 180). Zat mana yang menurunkan titik beku paling besar per 100 g? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung molalitas tiap zat** (100 g dalam 1,00 kg air): NaCl 100 ÷ 58,5 = 1,71 m; $CaCl_2$ 100 ÷ 111 = 0,901 m; urea 100 ÷ 60 = 1,67 m; glukosa 100 ÷ 180 = 0,556 m.
2. **Tentukan $i$:** NaCl 2; $CaCl_2$ 3; urea 1; glukosa 1.
3. **Hitung $m \times i$:** NaCl 3,42; $CaCl_2$ 2,70; urea 1,67; glukosa 0,556.
4. **Bandingkan.** Nilai $m \times i$ terbesar milik NaCl. $\Delta T_f$ = 1,86 × 3,42 = 6,36 °C (perkiraan ideal).

Jawaban: NaCl, sekitar 6,4 °C per 100 g dalam 1 kg air. Cek akal sehat: pada **jumlah mol yang sama**, $CaCl_2$ unggul karena menghasilkan tiga ion, tetapi pada **massa yang sama**, NaCl unggul karena $M_r$-nya lebih kecil sehingga jumlah molnya lebih banyak. Soal harus dibaca teliti: yang sama itu mol atau massa? Angka di sini perkiraan; untuk larutan sepekat itu penurunan titik beku nyata lebih kecil daripada hitungan ideal.

### Contoh 5: tekanan pompa untuk osmosis balik

Pada 2027, sebuah pabrik pengolahan air proses mempertimbangkan osmosis balik untuk air baku payau berkadar NaCl 0,050 M pada 27 °C. Berapa tekanan minimal pompa agar air tawar dapat dipisahkan? Bagaimana bila kadar garamnya menjadi dua kali lipat? ($R = 0{,}08206$ L atm/(mol K).) *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Suhu kelvin.** $T = 27 + 273 = 300$ K.
2. **Faktor van't Hoff.** NaCl menghasilkan 2 ion, sehingga $i = 2$.
3. **Tekanan osmosis air baku.** $\pi = MRTi = 0{,}050 \times 0{,}08206 \times 300 \times 2 = 2{,}46$ atm.
4. **Syarat osmosis balik.** Tekanan pompa harus **lebih besar** daripada 2,46 atm.



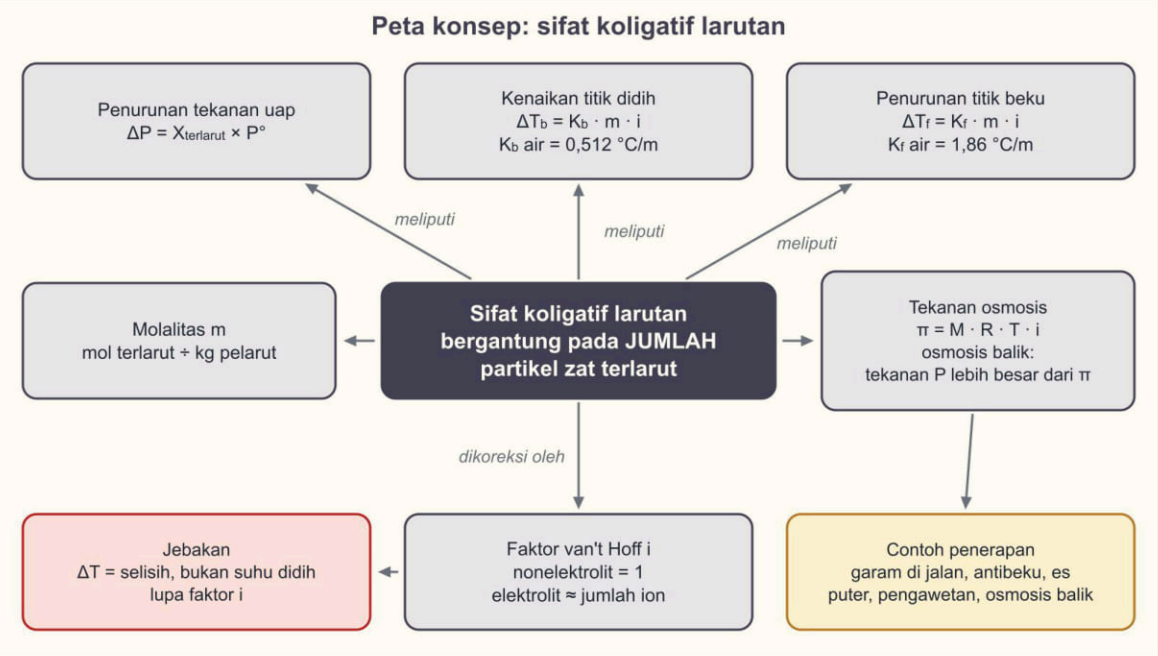
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. **Kadar dua kali lipat** (0,100 M): $\pi$ ikut dua kali, 4,92 atm. Pompa harus lebih besar daripada 4,92 atm.

Jawaban: lebih dari 2,46 atm; bila kadar garam dua kali lipat, lebih dari 4,92 atm. Cek akal sehat: tekanan osmosis sebanding dengan konsentrasi partikel, jadi garam dua kali lebih banyak berarti tekanan dua kali lebih besar. Sisi konsentrat makin pekat selama operasi, sehingga tekanan pompa dalam praktik perlu dijaga lebih tinggi daripada angka awal.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 3.29 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 3.29 Peta konsep sifat koligatif larutan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Next Level Study
Educational Institutions



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

Yang harus kamu ingat:

- **Sifat koligatif** bergantung pada **jumlah partikel** zat terlarut, bukan jenisnya: penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, tekanan osmosis.
- **Molalitas** $m$ = mol zat terlarut ÷ kg pelarut. Faktor **van't Hoff** $i$ = 1 untuk nonelektrolit; elektrolit kuat = jumlah ion (NaCl 2, $CaCl_2$ 3).
- $\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$ dan $\Delta T_f = K_f \cdot m \cdot i$, dengan $K_b$ air = 0,512 dan $K_f$ air = 1,86 °C/m. $\Delta T$ adalah **selisih** terhadap pelarut murni di tempat itu.
- **Tekanan osmosis** $\pi = M \cdot R \cdot T \cdot i$ ($T$ dalam kelvin). **Osmosis balik** memerlukan tekanan **lebih besar daripada** $\pi$; konsentratnya lebih pekat daripada air baku.
- Membandingkan larutan = membandingkan $m \times i$.

**Istilah penting:** sifat koligatif (bergantung jumlah partikel terlarut); molalitas (mol terlarut per kg pelarut); fraksi mol (perbandingan mol suatu zat dengan mol total); tekanan uap jenuh (tekanan uap pada kesetimbangan cair-uap); hukum Raoult (tekanan uap larutan = fraksi mol pelarut × tekanan uap murni); titik didih (suhu saat tekanan uap sama dengan tekanan udara); titik beku (suhu cairan mulai membeku); faktor van't Hoff (jumlah partikel per satuan zat yang dilarutkan); elektrolit (zat yang terurai menjadi ion di dalam larutan); nonelektrolit (zat yang larut sebagai molekul utuh); membran semipermeabel (selaput yang meloloskan pelarut saja); osmosis (perpindahan pelarut melalui membran); tekanan osmosis (tekanan yang menghentikan osmosis); osmosis balik (pemaksaan pelarut keluar dari larutan dengan tekanan lebih besar daripada tekanan osmosis).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sifat koligatif:

1. **Tentukan sifat yang ditanyakan:** titik didih, titik beku, tekanan osmosis, atau tekanan uap.
2. **Cek jenis zat:** nonelektrolit ($i = 1$) atau elektrolit (hitung jumlah ion).
3. **Untuk perbandingan, hitung** $m \times i$ dan pastikan apa yang sama pada semua larutan: jumlah mol atau massa.
4. **Untuk titik didih dan titik beku, hitung** $\Delta T$ **dulu,** baru tambahkan ke (atau kurangkan dari) titik didih/titik beku **pelarut murni di tempat itu**.
5. **Untuk osmosis balik,** ingat dua syarat: tekanan pompa lebih besar daripada $\pi$, dan konsentrat lebih pekat daripada air baku.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Faktor** $i$ **diabaikan** untuk elektrolit.
- **Larutan dengan molekul paling besar** atau yang "paling pekat" dikira menurunkan titik beku paling besar, padahal yang menentukan jumlah partikel.
- $\Delta T_b$ **dikira suhu didih** atau suhu penanda dipakai sama di dataran tinggi dan di pantai.
- **Konsentrat osmosis balik dikira lebih encer** daripada air baku.
- **Suhu tidak diubah ke kelvin** pada rumus tekanan osmosis.
- **Molalitas dan molaritas tertukar.**

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menyimpulkan bahwa untuk jumlah mol yang sama, larutan gula pasir menurunkan titik beku lebih besar daripada garam dapur "karena molekul gula lebih besar dan lebih banyak mengganggu pembentukan es". Ukuran molekul tidak menentukan. Satu mol NaCl menghasilkan dua mol ion, satu mol gula tetap satu mol molekul, sehingga NaCl menurunkan titik beku dua kali lebih besar.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji osmosis balik. Pakai bagian 5 (tekanan osmosis dan osmosis balik): periksa tiap pernyataan terhadap dua syarat osmosis balik dan sifat konsentrat.



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

►. Depot air minum di daerah pesisir memakai unit osmosis balik (reverse osmosis) untuk mengolah air sumur payau (2027). Air hasil (permeat) ditampung untuk dijual, sedangkan air sisa (konsentrat) dibuang. Pemiliknya menjelaskan cara kerja unit itu kepada siswa PKL.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

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

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Tekanan pompa harus lebih besar daripada tekanan osmotik air baku agar air mengalir melewati membran ke sisi permeat. | ○ | ○ |
| Bila air sumur menjadi lebih asin pada musim kemarau, tekanan pompa yang diperlukan lebih tinggi. | ○ | ○ |
| Kadar garam konsentrat yang dibuang lebih rendah daripada kadar garam air baku. | ○ | ○ |

**Pembahasan** **Kunci: 1B 2B 3S**

**Konsep:** Tekanan osmotik sebanding dengan konsentrasi partikel terlarut. Osmosis balik memakai tekanan lebih besar daripada tekanan osmotik untuk memisahkan air dari garam melalui membran semipermeabel.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Osmosis balik terjadi bila tekanan yang diberikan melebihi tekanan osmotik.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Kadar garam lebih tinggi → tekanan osmotik lebih tinggi.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Garam tertahan oleh membran sehingga konsentrat justru lebih pekat daripada air baku.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

Educational Institutions

## ✎ LATIHAN

Pada soal berikut, bandingkan jumlah partikel (hitung $m \times i$) dan perhatikan titik didih pelarut murni di tempat itu.



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

**1.** Pabrik es balok skala kecil memakai bak larutan pendingin yang harus tetap cair jauh di bawah 0 °C (2027). Teknisi ingin mencoba lima zat yang mudah larut dalam air. Untuk uji awal, setiap zat dilarutkan dengan jumlah mol yang sama dalam 1 kg air, lalu diukur titik bekunya. Rina diminta memperkirakan larutan yang titik bekunya paling rendah.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Larutan yang diperkirakan paling rendah titik bekunya adalah larutan ....

A. gula pasir (sukrosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$)
B. kalsium klorida ($CaCl_2$)
C. natrium klorida (NaCl)
D. urea ($CO(NH_2)_2$)
E. glukosa ($C_6H_{12}O_6$)

**2.** UMKM sirup di Jakarta (air mendidih pada 100 °C) menganggap sirup sudah pekat bila larutan gula mendidih pada 104 °C (2027). UMKM itu membuka cabang di daerah pegunungan; di sana air murni mendidih pada 97 °C. Laila, lulusan SMK kimia, diminta menentukan suhu didih penanda sirup di cabang baru agar kepekatannya sama dengan sirup di Jakarta.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Suhu didih penanda yang tepat adalah ....

A. 97 °C
B. 100 °C
C. 101 °C
D. 104 °C
E. 107 °C

**Kunci singkat:** 1. B 2. C

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa 1 mol $CaCl_2$ menurunkan titik beku air hampir tiga kali lebih besar daripada 1 mol glukosa?
- Mengapa tekanan pompa osmosis balik harus naik bila air bakunya lebih asin?
- **Yang harus kuingat:** sifat koligatif = jumlah partikel; $\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$, $\Delta T_f = K_f \cdot m \cdot i$, $\pi = MRTi$; $\Delta T$ adalah selisih dari pelarut murni; osmosis balik: tekanan lebih besar daripada $\pi$.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 3.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-3.6



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

# Sub bab 3.7 · Reaksi redoks dan elektrokimia: sel volta dan elektrolisis

SMKTKI-3.7

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 3, dasar kimia, bagian kimia anorganik dasar) meminta kamu memahami **redoks dan elektrokimia**, yaitu sel volta dan elektrolisis, serta menerapkannya pada situasi pabrik: korosi dan perlindungannya, penyepuhan, dan pemurnian logam. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta memilih logam pelindung, menentukan elektrode mana yang menjadi katode atau anode, membaca data potensial elektrode, dan menghitung hasil elektrolisis. Contoh soal resmi Pusmendik tentang pemurnian tembaga dengan elektrolisis larutan $CuSO_4$ (anode tembaga kotor, besi yang larut, perak yang jatuh sebagai lumpur, tembaga yang menempel di katode) termasuk topik ini dan dibahas di bagian 10.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih logam** untuk melindungi besi (anode korban) atau menilai pelapis; (2) **susunan penyepuhan**: benda yang dilapisi berada di katode atau anode; (3) **hasil elektrolisis larutan**: apa yang terbentuk di tiap elektrode; (4) **data E°** untuk menentukan logam mana yang larut, mengendap, atau menjadi lumpur; (5) **hitungan** massa hasil dengan hukum Faraday.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menentukan bilangan oksidasi dan mengenali oksidator, reduktor, oksidasi, dan reduksi;
- menyetarakan reaksi redoks dengan metode setengah reaksi;
- memakai deret Volta dan potensial elektrode standar (E°) untuk meramalkan reaksi dan menghitung E°sel;
- menjelaskan kerja sel volta dan arah aliran elektron, ion, dan arus;
- menjelaskan korosi besi serta perlindungan dengan pelapis dan anode korban;
- meramalkan hasil elektrolisis lelehan dan larutan, memakai hukum Faraday, serta menjelaskan penyepuhan dan pemurnian tembaga.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Baterai ponsel, pagar besi yang berkarat, sendok yang disepuh perak, dan kabel tembaga yang dimurnikan di pabrik tampak tidak berhubungan. Namun semuanya adalah peristiwa yang sama: **elektron berpindah dari satu zat ke zat lain**. Pada baterai, perpindahan itu menghasilkan listrik. Pada penyepuhan dan pemurnian, listrik dari luar dipakai untuk memaksa perpindahan itu. Karat adalah perpindahan elektron yang tidak kita inginkan. Mempelajari perpindahan elektron memberi kamu satu bahasa untuk memahami semuanya.



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

### 1. Reaksi redoks

**Redoks** adalah singkatan dari reduksi dan oksidasi. Dalam satu reaksi redoks, satu zat **melepaskan elektron** dan zat lain **menerimanya**:

- **Oksidasi**: zat melepaskan elektron; bilangan oksidasinya **naik**.
- **Reduksi**: zat menerima elektron; bilangan oksidasinya **turun**.
- **Reduktor** adalah zat yang mengalami oksidasi (ia memberi elektron, sehingga ia "mereduksi" zat lain).
- **Oksidator** adalah zat yang mengalami reduksi (ia mengambil elektron, sehingga ia "mengoksidasi" zat lain).

Oksidasi dan reduksi **selalu terjadi bersamaan**: elektron yang dilepas satu zat pasti diterima zat lain. Contohnya, seng yang dicelupkan ke larutan tembaga(II) sulfat:

$$\mathrm{Zn} + \mathrm{Cu}^{2+} \rightarrow \mathrm{Zn}^{2+} + \mathrm{Cu}$$

Seng melepas dua elektron menjadi $Zn^{2+}$ (oksidasi, seng adalah reduktor), dan ion $Cu^{2+}$ menerima dua elektron menjadi tembaga logam (reduksi, $Cu^{2+}$ adalah oksidator). Reaksi dapat dipisah menjadi dua **setengah reaksi**: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ dan $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. Dalam proses kontak (sub bab 3.5), $SO_2$ dioksidasi oleh $O_2$ menjadi $SO_3$: belerang melepaskan elektron (bilangan oksidasinya naik) dan oksigen menerimanya.

### 2. Bilangan oksidasi

Untuk mengetahui zat mana yang kehilangan elektron, kita memakai **bilangan oksidasi** (biloks): muatan yang akan dimiliki sebuah atom bila elektron ikatan dibagikan seluruhnya kepada atom yang lebih elektronegatif. Aturannya:

1. Unsur bebas (Zn, Cu, $O_2$, $S_8$, $H_2$) bilangan oksidasinya **0**.
2. Ion monoatom bilangan oksidasinya sama dengan muatannya ($Na^+ = +1$, $Cl^- = -1$, $Fe^{3+} = +3$).
3. **Oksigen** biasanya **−2** (pada peroksida seperti $H_2O_2$ adalah −1).
4. **Hidrogen** biasanya **+1** (pada hidrida logam seperti NaH adalah −1).
5. Logam golongan IA = +1, golongan IIA = +2; fluor selalu −1.
6. Jumlah seluruh bilangan oksidasi atom dalam **senyawa netral = 0**; dalam **ion poliatom** sama dengan muatan ion.

Contoh: dalam $H_2SO_4$, $2(+1) + S + 4(-2) = 0$, sehingga S = +6. Dalam $SO_2$, $S + 2(-2) = 0$, sehingga S = +4. Sebuah reaksi adalah redoks **bila ada atom yang bilangan oksidasinya berubah**. Naik berarti oksidasi, turun berarti reduksi.

### 3. Menyetarakan reaksi redoks dengan setengah reaksi

Reaksi redoks yang rumit disetarakan dengan metode **setengah reaksi** supaya jumlah atom **dan** muatan seimbang. Langkahnya untuk suasana **asam**:

1. Tulis dua setengah reaksi (oksidasi dan reduksi) dari zat-zat yang berubah.
2. Setarakan atom selain O dan H.
3. Setarakan **O** dengan menambahkan **$H_2O$**.



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

4. Setarakan **H** dengan menambahkan **$H^+$**.
5. Setarakan **muatan** dengan menambahkan **elektron ($e^-$)** di sisi yang kelebihan muatan positif.
6. Samakan jumlah elektron kedua setengah reaksi dengan mengalikan, lalu **jumlahkan** keduanya sehingga elektron saling meniadakan.

Untuk suasana **basa**, setarakan seperti di suasana asam, lalu tambahkan $OH^-$ ke kedua ruas sebanyak $H^+$ untuk mengubah $H^+$ menjadi $H_2O$. Contoh 2 di bawah menunjukkan langkahnya pada reaksi yang dipakai laboratorium untuk menentukan kadar besi.

### 4. Deret Volta dan potensial elektrode standar (E°)

Logam berbeda dalam **seberapa mudah ia melepaskan elektron**. Urutan logam dari yang paling mudah teroksidasi ke yang paling sukar disebut **deret Volta**. Versi singkatnya:

**Li – Ca – Na – Mg – Al – Zn – Cr – Fe – Ni – Sn – Pb – (H) – Cu – Ag – Au**

Ukuran kuantitatifnya adalah **potensial elektrode standar** (E°), tegangan setengah reaksi **reduksi** yang diukur pada 25 °C, konsentrasi ion 1 M, dan tekanan gas 1 atm, dengan elektrode hidrogen sebagai acuan 0,00 V. Nilai berikut adalah nilai baku (dibulatkan dua desimal).

| Setengah reaksi reduksi | E° (volt) |
|---|---|
| $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$ | −2,37 |
| $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$ | −1,66 |
| $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ | −0,76 |
| $Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$ | −0,45 |
| $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$ | −0,26 |
| $Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$ | −0,14 |
| $Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$ | −0,13 |
| $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ | 0,00 |
| $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ | +0,34 |
| $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ | +0,80 |
| $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$ | +1,50 |

Cara membacanya: makin **positif** E°, makin **mudah** zat di kolom kiri **direduksi** (oksidator kuat; logamnya sukar teroksidasi). Makin **negatif** E°, makin mudah **logamnya teroksidasi** (reduktor kuat). Dari sini muncul dua kesimpulan praktis:

- **Logam di sebelah kiri mendesak ion logam di sebelah kanannya.** Paku besi dalam larutan $CuSO_4$ terlapisi tembaga merah (Fe teroksidasi, $Cu^{2+}$ tereduksi); tembaga dalam larutan $FeSO_4$ tidak bereaksi.
- **Logam di sebelah kiri hidrogen larut dalam asam encer sambil melepaskan gas $H_2$.** Seng dan besi larut dalam asam sulfat encer; tembaga dan perak tidak. Karena itulah seng

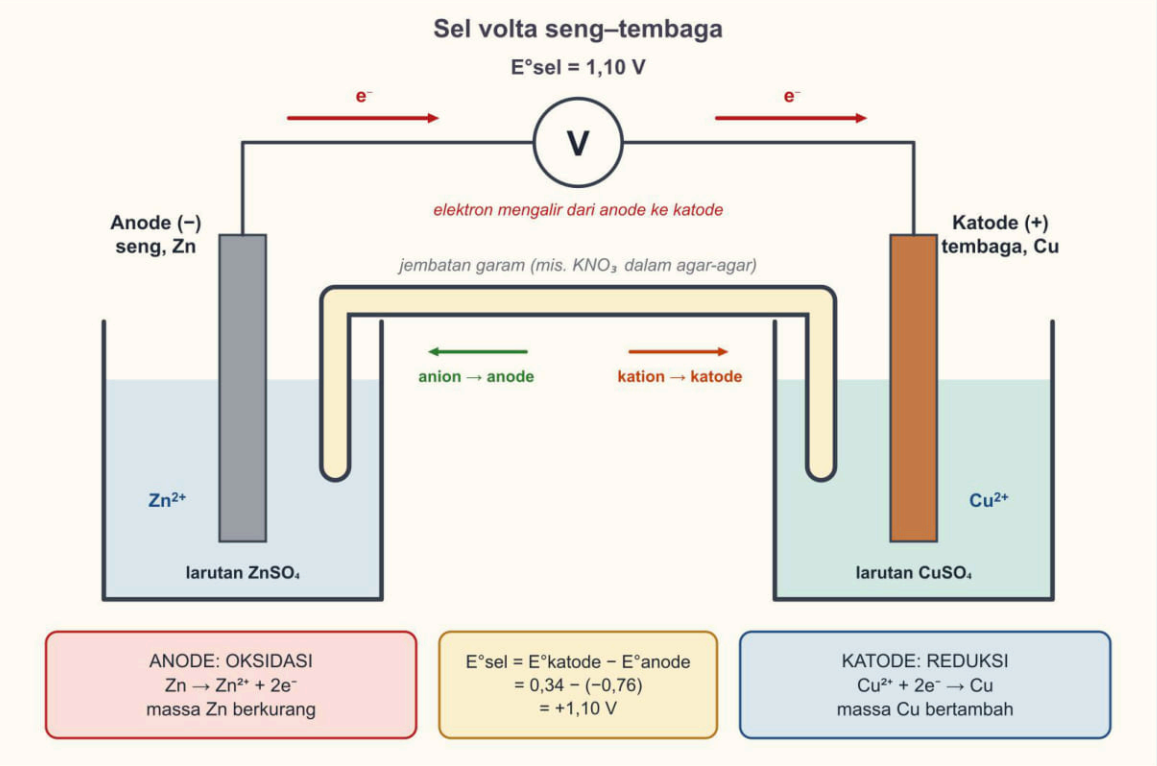


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

cepat rusak oleh asam (sub bab 3.5).

## 5. Sel volta

**Sel volta** (sel galvani) mengubah energi kimia dari reaksi redoks **spontan** menjadi energi listrik. Gambar 3.30 memperlihatkan sel seng–tembaga. Dua setengah reaksi dipisah ke dua wadah supaya elektron terpaksa lewat kawat (menjadi arus listrik), bukan berpindah langsung antar partikel.




*Gambar 3.30 Sel volta Zn–Cu: elektron mengalir dari anode (seng, kutub negatif) melalui kawat ke katode (tembaga, kutub positif); jembatan garam menyeimbangkan muatan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Educational Institutions



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

Pegang aturan ini: **oksidasi selalu terjadi di anode, reduksi selalu di katode**. Pada sel volta:

- **Anode (kutub negatif):** logam seng teroksidasi, $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. Elektrode seng berkurang massanya; elektron tertinggal di seng, itulah mengapa kutubnya negatif.
- **Katode (kutub positif):** ion $Cu^{2+}$ tereduksi, $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. Tembaga menempel di elektrode sehingga massanya bertambah.
- **Aliran elektron:** dari anode ke katode **melalui kawat luar**.
- **Jembatan garam** (pipa berisi larutan garam seperti $KNO_3$) menutup rangkaian. Tanpa jembatan itu, larutan di sisi anode makin kelebihan muatan positif ($Zn^{2+}$ bertambah) dan sisi katode makin kelebihan muatan negatif ($Cu^{2+}$ berkurang), dan aliran elektron berhenti. Lewat jembatan garam, **anion bergerak ke anode** dan **kation bergerak ke katode** untuk menetralkan muatan.

Notasi sel ditulis dari anode ke katode: Zn | $Zn^{2+}$ || $Cu^{2+}$ | Cu, dengan "|" untuk batas fase dan "||" untuk jembatan garam. **Potensial sel standar** dihitung dari dua data E° (keduanya sebagai potensial reduksi):

$$E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$$

Untuk sel Zn–Cu: $E^\circ_{\text{sel}} = 0{,}34 - (-0{,}76) = +1{,}10$ V. Katode adalah setengah reaksi dengan E° **lebih positif**, anode yang **lebih negatif**. Bila $E^\circ_{\text{sel}}$ positif, reaksi berlangsung spontan. Dua kesalahan yang sering terjadi: mengalikan E° dengan koefisien reaksi (E° tidak dikalikan, karena merupakan sifat per elektron, bukan per mol) dan menukar tanda sehingga menjumlahkan E° keduanya. Sel volta komersial seperti baterai dan aki bekerja dengan prinsip ini.

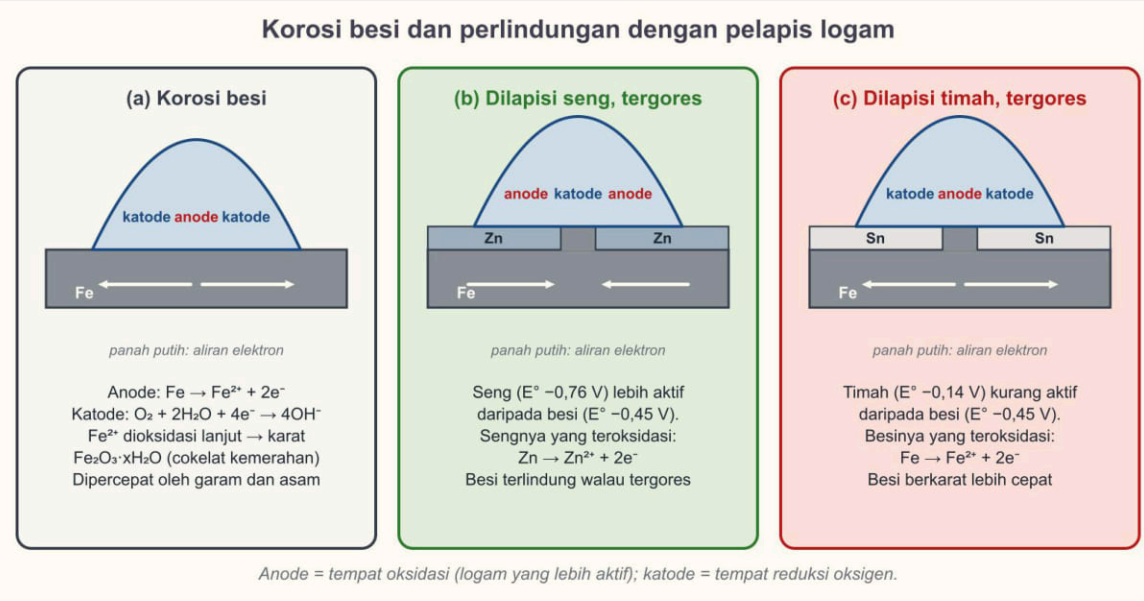
### 6. Korosi besi dan perlindungannya

**Korosi** adalah perusakan logam oleh reaksi dengan lingkungannya. Korosi besi, yang kita kenal sebagai **karat**, adalah sel volta kecil yang terbentuk sendiri pada permukaan besi yang basah (Gambar 3.31a).

Educational Institutions



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




*Gambar 3.31 (a) Korosi besi di bawah tetes air; (b) lapisan seng tergores: seng berkorban dan besi terlindung; (c) lapisan timah tergores: besi menjadi anode dan berkarat lebih cepat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Pada tetes air di permukaan besi, bagian yang kekurangan oksigen menjadi **anode**, tempat besi teroksidasi: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$. Elektron mengalir melalui logam ke bagian yang dekat udara, yaitu **katode**, tempat oksigen direduksi: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$. Ion $Fe^{2+}$ kemudian dioksidasi lebih lanjut oleh oksigen dan membentuk karat berwarna cokelat kemerahan, $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$. Jadi korosi memerlukan **besi, oksigen, dan air**. Beberapa hal mempercepatnya:

- **elektrolit** dalam air, misalnya garam udara pantai, yang memudahkan arus ion;
- **asam**, misalnya hujan asam;
- **kontak dengan logam yang kurang aktif** daripada besi (tembaga, timah, perak): besi menjadi anode dan teroksidasi lebih cepat;
- kelembapan tinggi.

Pencegahannya ada dua jenis:

**a. Menghalangi air dan oksigen** (pelapisan): dengan cat, minyak, atau plastik; atau dengan pelapis logam. Pelapis logam menyimpan satu pelajaran penting:

- **Seng (galvanisasi, atap dan pagar seng).** Seng lebih aktif daripada besi (E° −0,76 V lawan −0,45 V). Bila lapisan tergores dan besi terbuka, seng yang menjadi anode dan teroksidasi, sedangkan besi menjadi katode dan **terlindung** (Gambar 3.31b). Seng adalah **pelindung korban**: ia berkorban demi besi, dan melindungi **walaupun lapisannya rusak**.
- **Timah (kaleng makanan) dan nikel.** Timah (−0,14 V) dan nikel (−0,26 V) **kurang aktif** daripada besi. Selama lapisan utuh, ia melindungi sebagai penghalang. Tetapi bila tergores, besi menjadi anode dan berkarat **lebih cepat** daripada tanpa lapisan (Gambar 3.31c). Jadi pelapis ini hanya melindungi selama lapisannya utuh.

**b. Proteksi katodik (anode korban).** Pipa, tangki, dan lambung kapal dihubungkan dengan logam yang lebih aktif daripada besi (magnesium, seng, atau aluminium). Logam itu menjadi anode dan menanggung korosi, sedangkan besi menjadi katode dan terlindung. Logam korban berkurang sedikit demi sedikit sehingga harus diganti berkala. Logam yang kurang aktif daripada besi (tembaga, timah, timbal, perak) justru **tidak boleh** dipakai, karena membuat besi menjadi anode. Alasan yang sama membuat sambungan baja dengan tembaga tanpa isolator mempercepat karat baja; memasang isolator di antara kedua logam memutus rangkaian listrik dan mengurangi masalah itu.

## 7. Elektrolisis

**Elektrolisis** adalah kebalikan sel volta: **listrik dari sumber luar dipakai untuk memaksa reaksi redoks yang tidak spontan**. Elektrode dihubungkan ke sumber arus searah. Perbedaan penting dengan sel volta:

| | Sel volta | Elektrolisis |
|---|---|---|
| Energi | kimia → listrik | listrik → kimia |
| Reaksi | spontan ($E^\circ_{\text{sel}} > 0$) | tidak spontan, dipaksa sumber listrik |
| Anode | kutub **negatif** | kutub **positif** |
| Katode | kutub **positif** | kutub **negatif** |



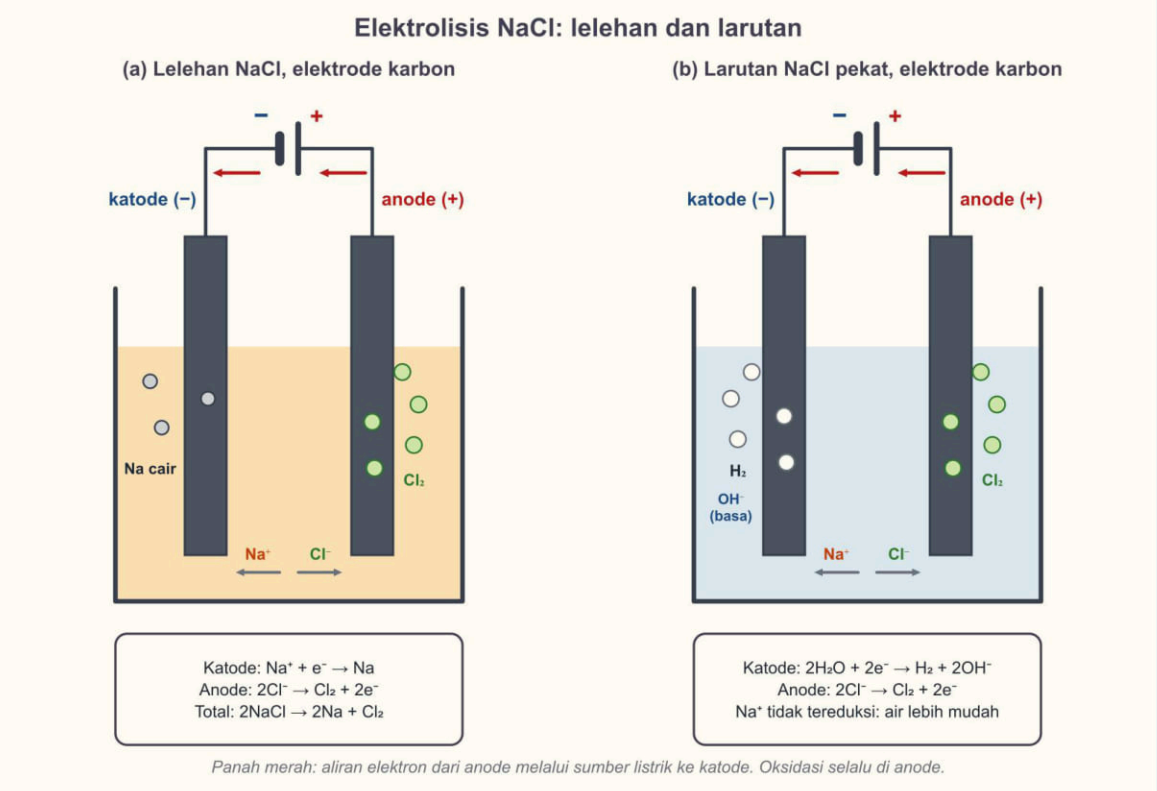
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

| | | |
|---|---|---|
| Yang tetap sama | **oksidasi di anode, reduksi di katode** | **oksidasi di anode, reduksi di katode** |

Tanda kutub berubah, tetapi **anode tetap tempat oksidasi dan katode tetap tempat reduksi**. Pada elektrolisis, kutub positif sumber menarik elektron dari anode (sehingga zat di anode teroksidasi), dan kutub negatif mendorong elektron ke katode (sehingga zat di katode tereduksi). Ion negatif (anion) bergerak ke anode, ion positif (kation) ke katode.

**Elektrolisis lelehan.** Pada lelehan NaCl hanya ada $Na^+$ dan $Cl^-$ (Gambar 3.32a). Hasilnya mudah ditebak: katode $Na^+ + e^- \rightarrow Na$ (natrium cair), anode $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$. Logam sangat aktif seperti natrium dan aluminium dibuat dengan cara ini, karena bila memakai larutan yang tereduksi adalah air.

**Elektrolisis larutan.** Di dalam larutan juga ada **air**, yang dapat ikut bereaksi (Gambar 3.32b). Siapa yang bereaksi ditentukan oleh siapa yang lebih mudah, secara kualitatif sebagai berikut.




*Gambar 3.32 Elektrolisis NaCl: (a) lelehan menghasilkan natrium dan klorin; (b) larutan menghasilkan gas hidrogen, larutan basa, dan klorin. Elektron mengalir dari anode melalui sumber ke katode. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

*Di katode (reduksi):*

- Kation logam yang sangat aktif (golongan IA, golongan IIA, $Al^{3+}$, dan $Mn^{2+}$) **tidak tereduksi dalam larutan**; yang tereduksi adalah **air**: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$. Air lebih mudah direduksi daripada $Na^+$ ($E°$ air −0,83 V, $E°$ $Na^+$ −2,71 V).
- Kation logam yang kurang aktif ($Zn^{2+}$, $Ni^{2+}$, $Cu^{2+}$, $Ag^+$, dan lain-lain) **tereduksi menjadi logam**.

*Di anode (oksidasi), bergantung pada bahan elektrodenya:*



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

- **Elektrode inert** (karbon/grafit, platina): anion yang teroksidasi. **Halida** ($Cl^-$, $Br^-$, $I^-$) teroksidasi menjadi unsurnya, misalnya $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ (pada larutan pekat). **Sisa asam oksi** ($SO_4^{2-}$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$) tidak teroksidasi; yang teroksidasi adalah **air**: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$, sehingga larutan di sekitar anode menjadi asam.
- **Elektrode aktif** (tembaga, nikel, perak, seng, besi): **elektrodenya sendiri larut** (teroksidasi), misalnya $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$, karena logam ini lebih mudah teroksidasi daripada air dan anion.

Beberapa hasil yang perlu dikenal:

| Elektrolit dan elektrode | Katode (−) | Anode (+) |
|---|---|---|
| Lelehan NaCl, karbon | Na | $Cl_2$ |
| Larutan NaCl, karbon | $H_2$ (larutan jadi basa) | $Cl_2$ |
| Larutan $Na_2SO_4$, karbon | $H_2$ | $O_2$ (larutan jadi asam) |
| Larutan $CuSO_4$, karbon | Cu | $O_2$ |
| Larutan KI, karbon | $H_2$ | $I_2$ |
| Larutan $CuSO_4$, anode Cu | Cu | anode Cu larut menjadi $Cu^{2+}$ |

Elektrolisis larutan NaCl pekat adalah dasar industri **klor-alkali**, yang menghasilkan gas klorin, gas hidrogen, dan larutan NaOH. Perhatikan bahwa gas hidrogen yang terbentuk mudah terbakar dan klorin beracun, sehingga ruang alatnya harus berventilasi.

### 8. Hukum Faraday: menghitung hasil elektrolisis

Berapa banyak zat yang terbentuk pada elektrolisis? Michael Faraday menemukan bahwa **massa zat yang terbentuk sebanding dengan muatan listrik yang mengalir**. Penurunannya dalam empat langkah:

1. **Muatan** yang mengalir: $Q = I \times t$, dengan $I$ arus dalam ampere (A) dan $t$ waktu dalam detik; satuannya coulomb (C).
2. **Mol elektron:** satu mol elektron membawa muatan sekitar **96.500 C** (tetapan Faraday, $F$; nilai teliti 96.485 C/mol). Maka mol elektron = $Q \div 96.500$.
3. **Mol zat** = mol elektron ÷ $n$, dengan $n$ jumlah elektron yang dibutuhkan untuk satu atom atau ion zat itu (misalnya $n = 2$ untuk $Cu^{2+} \rightarrow Cu$, $n = 3$ untuk $Al^{3+} \rightarrow Al$, $n = 1$ untuk $Ag^+ \rightarrow Ag$).
4. **Massa** = mol zat × $A_r$.

Digabung menjadi satu rumus:

$$m = \frac{A_r \times I \times t}{n \times 96.500}$$

Rumus ini mengikuti dari langkah 1 sampai 4, jadi kamu dapat menurunkannya kembali bila lupa. Akibatnya, untuk muatan listrik yang sama, massa berbagai zat berbanding sebagai $A_r \div n$. Untuk gas, hitung mol gasnya lebih dulu, misalnya $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ memerlukan 2 mol



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

elektron untuk 1 mol $H_2$, lalu ubah ke volume bila diperlukan. Arus yang lebih besar atau waktu yang lebih lama menghasilkan lebih banyak zat; itulah sebabnya "arus diperbesar" menambah hasil per menit.

### 9. Penyepuhan (elektroplating)

**Penyepuhan** melapisi benda dengan lapisan logam tipis untuk melindungi atau memperindahnya, misalnya sendok disepuh perak, baut disepuh seng, atau keran disepuh nikel dan krom. Susunannya:

1. **Benda yang dilapisi dipasang sebagai katode (kutub negatif).**
2. **Logam pelapis dipasang sebagai anode (kutub positif).**
3. **Elektrolitnya larutan garam dari logam pelapis**, sehingga mengandung ion pelapis.
4. Dialirkan arus searah.

Di katode, ion logam pelapis tereduksi dan menempel di benda: misalnya $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$. Di anode, logam pelapis teroksidasi dan larut: $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$. Karena logam yang larut di anode setara dengan logam yang mengendap di katode, konsentrasi larutan hampir tidak berubah. Bila kutub tertukar, benda menjadi anode: logam bendanya yang larut dan lapisan tidak terbentuk. Tebal lapisan diatur oleh arus dan waktu, sehingga perhitungannya memakai rumus Faraday.

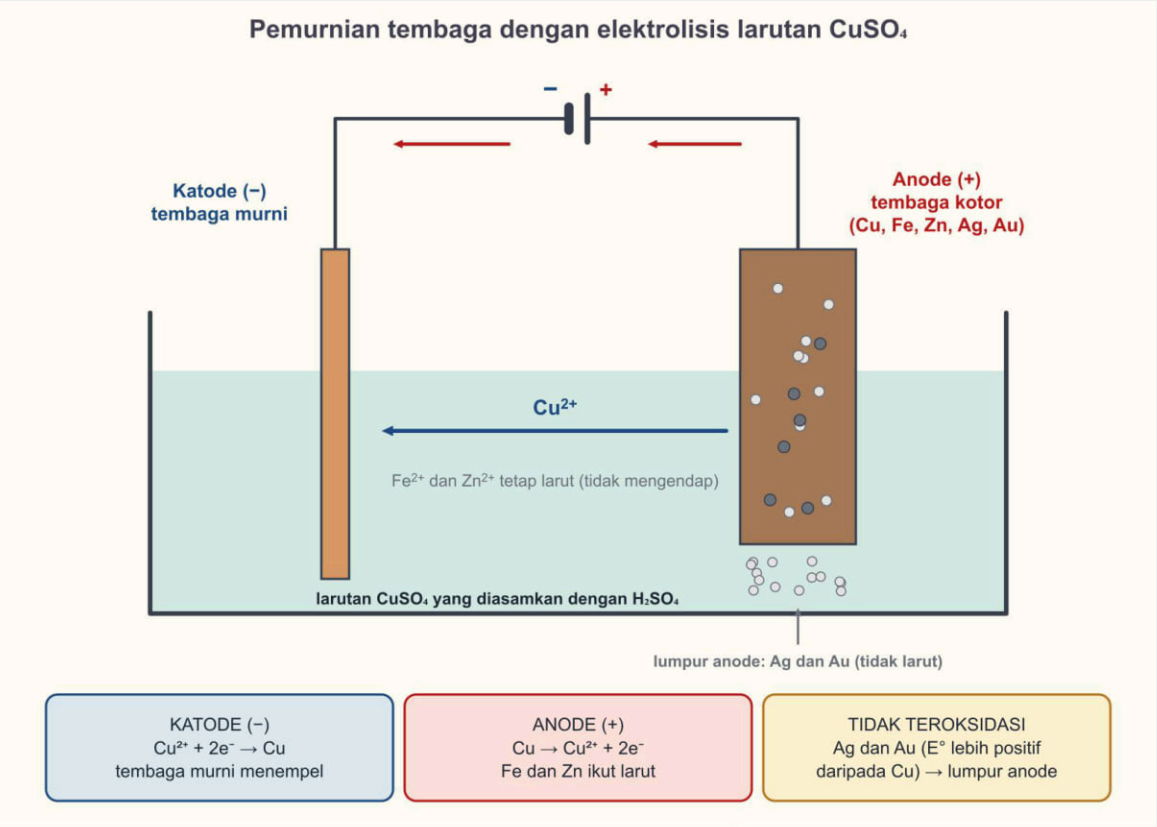
### 10. Pemurnian tembaga

Tembaga hasil peleburan masih mengandung pengotor seperti besi, seng, perak, dan emas. Untuk keperluan kabel listrik, tembaga harus sangat murni, sehingga dimurnikan dengan elektrolisis (Gambar 3.33).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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




*Gambar 3.33 Pemurnian tembaga: anode tembaga kotor larut, ion $Cu^{2+}$ mengendap di katode sebagai tembaga murni, besi tetap dalam larutan, perak dan emas jatuh sebagai lumpur anode. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Anode (kutub +):** lempeng **tembaga kotor**.
- **Katode (kutub −):** lempeng **tembaga murni** yang tipis.
- **Elektrolit:** larutan tembaga(II) sulfat, $CuSO_4$, yang diasamkan dengan sedikit $H_2SO_4$.

Apa yang terjadi pada tiap komponen anode dapat ditebak dari data E°. Tegangan yang dipakai dijaga cukup kecil sehingga hanya logam yang **lebih mudah teroksidasi daripada tembaga (atau setara)** yang larut:

- **Tembaga** (+0,34 V) teroksidasi: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$.
- **Besi dan seng** (E° −0,45 dan −0,76 V, **lebih mudah teroksidasi** daripada tembaga) ikut larut sebagai $Fe^{2+}$ dan $Zn^{2+}$. Namun di katode, ion $Cu^{2+}$ jauh lebih mudah direduksi daripada $Fe^{2+}$ dan $Zn^{2+}$, sehingga **yang mengendap hanya tembaga**; besi dan seng tetap **terlarut** di elektrolit.
- **Perak dan emas** (+0,80 dan +1,50 V, **lebih sukar teroksidasi** daripada tembaga) **tidak larut**. Mereka lepas dari anode yang terkikis dan jatuh ke dasar bak sebagai **lumpur anode**, yang justru berharga dan diolah kembali.
- **Katode (−):** $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. Tembaga murni menempel dan lempeng katode menebal.

Karena tembaga yang larut di anode setara dengan yang mengendap di katode, kadar $CuSO_4$ dalam larutan relatif tetap. Ringkasnya: **anode makin kecil, katode makin tebal, besi tinggal di larutan, perak dan emas di dasar bak**.



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

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: bilangan oksidasi pada proses asam sulfat

Pada 2027, siswa PKL di pabrik asam sulfat diminta (a) menentukan bilangan oksidasi S dalam $H_2S$, $S_8$, $SO_2$, $SO_3$, dan $H_2SO_4$, serta Mn dalam $KMnO_4$; (b) menentukan apakah $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ adalah redoks dan zat mana yang dioksidasi. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **$S_8$:** unsur bebas, bilangan oksidasi 0.
2. **$H_2S$:** 2(+1) + S = 0, sehingga S = −2.
3. **$SO_2$:** S + 2(−2) = 0, sehingga S = +4. **$SO_3$:** S + 3(−2) = 0, sehingga S = +6.
4. **$H_2SO_4$:** 2(+1) + S + 4(−2) = 0, sehingga S = +6.
5. **$KMnO_4$:** (+1) + Mn + 4(−2) = 0, sehingga Mn = +7.
6. **Reaksi $SO_2 \rightarrow SO_3$:** S naik dari +4 menjadi +6 (oksidasi, $SO_2$ adalah reduktor); O turun dari 0 menjadi −2 (reduksi, $O_2$ adalah oksidator).

Jawaban: (a) S: −2, 0, +4, +6, +6; Mn = +7; (b) redoks; $SO_2$ dioksidasi. Cek akal sehat: pada tiap senyawa, jumlah bilangan oksidasi semua atom harus nol; mis. untuk $SO_3$: +6 + 3(−2) = 0. Jumlah elektron juga harus seimbang: dua molekul $SO_2$ melepas 2 × 2 = 4 elektron (S naik dari +4 ke +6), dan satu molekul $O_2$ menerima 2 × 2 = 4 elektron (tiap atom O turun dari 0 ke −2).

### Contoh 2: menyetarakan reaksi redoks dalam suasana asam

Pada 2027, analis sebuah pabrik menentukan kadar besi(II) dengan larutan kalium permanganat dalam suasana asam. Setarakan reaksi $Fe^{2+} + MnO_4^- \rightarrow Fe^{3+} + Mn^{2+}$. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tulis setengah reaksi.** Oksidasi: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$. Reduksi: $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$.
2. **Setarakan oksidasi.** Atom Fe sudah setara; muatan kiri +2 dan kanan +3, tambahkan satu $e^-$ di kanan: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$.
3. **Setarakan reduksi.** Atom Mn setara. O: tambahkan $4H_2O$ di kanan: $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$. H: tambahkan $8H^+$ di kiri: $MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$. Muatan: kiri −1 + 8 = +7, kanan +2; tambahkan $5e^-$ di kiri: $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$.
4. **Samakan elektron.** Kalikan oksidasi dengan 5: $5Fe^{2+} \rightarrow 5Fe^{3+} + 5e^-$.
5. **Jumlahkan** dan hapus $5e^-$ di kedua ruas: $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$.
6. **Periksa.** Muatan kiri: 5(+2) + (−1) + 8(+1) = +17. Muatan kanan: 5(+3) + (+2) = +17. Atom: Fe 5 dan 5, Mn 1 dan 1, O 4 dan 4, H 8 dan 8.

Jawaban: $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$. Cek akal sehat: muatan kedua ruas sama (+17), dan elektron yang dilepas $Fe^{2+}$ (5) sama dengan yang diterima Mn (7 → 2, yaitu 5 elektron).

### Contoh 3: E°sel dan arah elektron

Pada 2027, bengkel pelapisan ingin menyusun sel volta dari nikel dan perak: Ni dalam larutan $Ni^{2+}$ 1 M dan Ag dalam larutan $Ag^+$ 1 M. Tentukan anode, katode, arah elektron, reaksi sel, dan $E^\circ_{sel}$. Apakah sel Ag | $Ag^+$ || $Ni^{2+}$ | Ni juga bekerja? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Bandingkan E°.** $Ni^{2+}/Ni$ = −0,26 V dan $Ag^+/Ag$ = +0,80 V.



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

2. **Tentukan elektrode.** Anode (oksidasi) adalah yang E°-nya lebih **negatif**, yaitu Ni. Katode adalah Ag.
3. **Setengah reaksi.** Anode: $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$. Katode: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$; kalikan 2 supaya elektron sama: $2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag$. Reaksi sel: $Ni + 2Ag^+ \rightarrow Ni^{2+} + 2Ag$.
4. $E^\circ_{sel} = E^\circ_{katode} - E^\circ_{anode}$ = 0,80 − (−0,26) = +1,06 V. Koefisien 2 tidak dikalikan ke E°.
5. **Arah elektron:** dari Ni (anode) lewat kawat ke Ag (katode). Elektrode Ni makin kecil, elektrode Ag makin besar.
6. **Sel yang dibalik** (Ag sebagai anode): $E^\circ$ = −0,26 − 0,80 = −1,06 V, negatif, sehingga tidak spontan dan tidak bekerja sebagai sel volta.

Jawaban: anode Ni, katode Ag, elektron dari Ni ke Ag, $E^\circ_{sel}$ = +1,06 V; sel yang dibalik tidak spontan. Cek akal sehat: logam yang lebih aktif (Ni) yang teroksidasi, sejalan dengan Ni di sebelah kiri Ag pada deret Volta, dan potensial sel spontan harus positif.

### Contoh 4: memilih logam pelindung

Pada 2027, sebuah pabrik pupuk menanam tangki baja bawah tanah. Teknisi menimbang lima logam sebagai anode korban: Mg, Al, Ni, Cu, dan Pb. Mana yang cocok, dan mana yang paling cepat habis? Data E°: Mg −2,37; Al −1,66; Fe −0,45; Ni −0,26; Pb −0,13; Cu +0,34 V. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Syarat anode korban:** logamnya harus **lebih mudah teroksidasi** daripada besi, yaitu E° lebih negatif daripada −0,45 V.
2. **Periksa tiap logam.** Mg (−2,37) dan Al (−1,66) lebih negatif daripada Fe, sehingga memenuhi. Ni (−0,26), Pb (−0,13), dan Cu (+0,34) lebih positif, sehingga tidak memenuhi: bila dihubungkan, besi yang menjadi anode dan berkarat lebih cepat.
3. **Mana yang paling cepat habis?** Logam dengan E° paling negatif paling mudah teroksidasi, yaitu Mg, sehingga logam korban magnesium harus paling sering diganti.

Jawaban: Mg dan Al cocok; Ni, Pb, dan Cu tidak cocok; Mg paling cepat habis. Cek akal sehat: logam korban adalah yang mengalah demi besi, sehingga harus berada di sebelah kiri besi pada deret Volta (Mg dan Al memang di kiri Fe). Ni, Pb, dan Cu berada di kanan Fe, jadi tidak dapat berfungsi sebagai korban; bila dihubungkan ke besi, justru besi yang berkorban.

### Contoh 5: massa seng pada penyepuhan

Pada 2027, bengkel galvanis listrik melapisi baut baja dengan seng dari larutan $ZnSO_4$ memakai anode seng, dengan arus tetap 5,0 A selama 30 menit ($A_r$ Zn = 65; 1 F ≈ 96.500 C/mol $e^-$). Berapa gram seng yang melapisi baut? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Waktu dalam detik.** 30 menit × 60 = 1.800 detik.
2. **Muatan.** $Q = I \times t = 5{,}0 \times 1.800 = 9.000$ C.
3. **Mol elektron.** 9.000 ÷ 96.500 = 0,0933 mol.
4. **Mol seng.** $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ memerlukan 2 $e^-$ per Zn, sehingga mol Zn = 0,0933 ÷ 2 = 0,0466 mol.
5. **Massa seng.** 0,0466 × 65 = 3,03 g.



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

6. **Cek dengan rumus.** $m = \dfrac{65 \times 5{,}0 \times 1.800}{2 \times 96.500} = 3{,}03$ g.

Jawaban: sekitar 3,03 g seng. Cek akal sehat: baut harus menjadi katode dan batang seng anode; tanpa susunan itu perhitungan tidak berarti. Hasil beberapa gram untuk arus 5 A selama setengah jam wajar. Bila waktu dua kali lipat, massa dua kali lipat.

### Contoh 6: pemurnian tembaga dan nasib tiap pengotor

Pada 2027, sebuah pabrik kecil memurnikan tembaga dengan elektrolisis larutan $CuSO_4$. Anode tembaga kotor bermassa 10,0 kg mengandung 9,70 kg Cu, 0,10 kg Fe, 0,05 kg Zn, dan 0,15 kg Ag (angka latihan). Data E°: Zn −0,76; Fe −0,45; Cu +0,34; Ag +0,80 V. (a) Apa nasib tiap logam? (b) Berapa massa maksimum tembaga murni di katode? (c) Berapa lama bila arusnya 2.000 A dan seluruh arus dipakai untuk melarutkan tembaga ($A_r$ Cu = 63,5)? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Bandingkan E° terhadap tembaga (+0,34 V).** Fe dan Zn lebih negatif, sehingga lebih mudah teroksidasi: keduanya larut sebagai $Fe^{2+}$ dan $Zn^{2+}$.
2. **Mengapa tidak mengendap di katode?** $Cu^{2+}$ (+0,34 V) jauh lebih mudah direduksi daripada $Fe^{2+}$ (−0,45 V) dan $Zn^{2+}$ (−0,76 V), sehingga yang mengendap hanya Cu.
3. **Ag lebih positif (+0,80 V)**, lebih sukar teroksidasi daripada Cu, sehingga **tidak larut** dan jatuh sebagai lumpur anode.
4. **(b) Massa tembaga maksimum** = seluruh tembaga di anode berpindah = 9,70 kg (Fe, Zn, dan Ag tidak ikut mengendap).
5. **(c) Waktu.** Massa Cu = 9.700 g; $t = \dfrac{m \times n \times 96.500}{A_r \times I} = \dfrac{9.700 \times 2 \times 96.500}{63{,}5 \times 2.000} = 14.741$ detik = 4,09 jam.

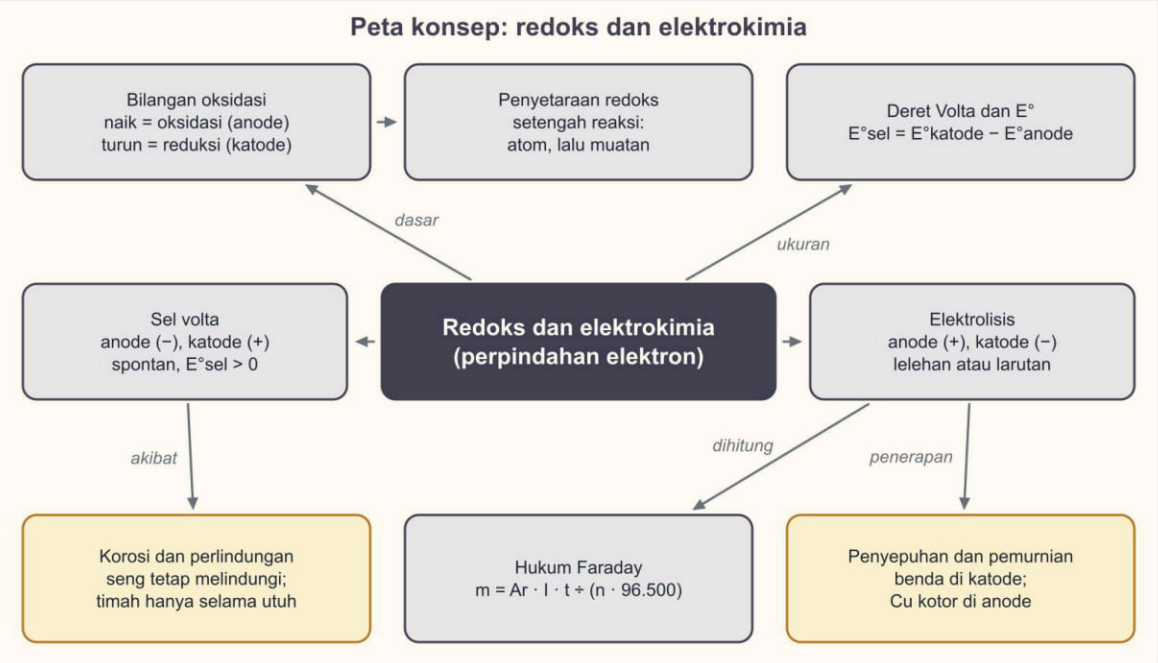
Jawaban: (a) Fe dan Zn larut dan tetap dalam larutan, Ag menjadi lumpur anode, Cu pindah ke katode; (b) 9,70 kg; (c) sekitar 4,1 jam. Cek akal sehat: massa Cu murni 9,70 kg lebih kecil daripada massa anode 10,0 kg karena pengotor tidak ikut mengendap. Waktu sebenarnya lebih lama karena sebagian arus ikut melarutkan Fe dan Zn; angka 4,1 jam adalah batas bawah.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 3.34 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 3.34 Peta konsep redoks dan elektrokimia. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Oksidasi** = melepas elektron = biloks naik, **di anode**. **Reduksi** = menerima elektron = biloks turun, **di katode**. Oksidasi dan reduksi selalu bersamaan.
- **Deret Volta:** logam di kiri mudah teroksidasi; di kiri H larut dalam asam encer. $E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$; positif berarti spontan. E° tidak dikalikan koefisien.
- **Sel volta:** anode (−), katode (+), elektron anode → katode lewat kawat. **Elektrolisis:** anode (+), katode (−); oksidasi tetap di anode.
- **Korosi:** besi + $O_2$ + air, dipercepat elektrolit dan kontak dengan logam kurang aktif. **Seng melindungi walau tergores** (lebih aktif); **timah dan nikel hanya selama lapisan utuh**. Anode korban harus logam lebih aktif daripada besi.
- **Elektrolisis larutan:** katode $H_2$ + $OH^-$ untuk $Na^+$ dan kation sangat aktif, logam untuk $Cu^{2+}$, $Ag^+$; anode $Cl_2$ untuk halida, $O_2$ untuk sisa asam oksi, atau anode aktif larut.
- **Faraday:** $m = A_r \cdot I \cdot t \div (n \cdot 96.500)$. **Penyepuhan:** benda di katode, pelapis di anode. **Pemurnian Cu:** anode Cu kotor; Fe larut; Ag lumpur anode; Cu di katode.

**Istilah penting:** redoks (reaksi dengan serah-terima elektron); oksidator (zat yang mengalami reduksi); reduktor (zat yang mengalami oksidasi); bilangan oksidasi (muatan formal atom); deret Volta (urutan kemudahan logam teroksidasi); potensial elektrode standar (E°, tegangan reduksi baku); anode (elektrode tempat oksidasi); katode (elektrode tempat reduksi); sel volta (sel yang menghasilkan listrik); elektrolisis (listrik memaksa reaksi); korosi (perusakan logam oleh lingkungan); anode korban (logam aktif yang berkorban); penyepuhan (pelapisan logam dengan elektrolisis); lumpur anode (pengotor tak larut di dasar bak).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal redoks dan elektrokimia:

1. **Tentukan jenis sel:** menghasilkan listrik (sel volta) atau memakai listrik (elektrolisis, penyepuhan, pemurnian). Ingat: oksidasi selalu di anode.
2. **Susun data E°** atau deret Volta dalam urutan dan tandai logam yang lebih aktif daripada besi atau tembaga.
3. **Untuk elektrolisis larutan,** tanyakan dua hal: apakah kationnya logam sangat aktif (maka air yang tereduksi) dan apakah anionnya sisa asam oksi (maka air yang teroksidasi), lalu lihat apakah anodenya aktif.
4. **Untuk hitungan Faraday,** ubah waktu ke detik, lalu pakai rantai arus × waktu → muatan → mol elektron → mol zat → massa dengan $n$ yang benar.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Timah atau nikel dianggap melindungi besi walau lapisan rusak.**
- **Logam kurang aktif** (tembaga, perak) dianggap bisa menjadi anode korban.
- **Katode dan anode tertukar**, atau tanda kutub dipakai untuk menentukan oksidasi (padahal oksidasi selalu di anode).
- **Benda yang disepuh dipasang di anode.**
- **E° dikalikan koefisien** atau dijumlahkan dengan tanda yang salah.
- **$Na^+$ dianggap tereduksi menjadi natrium** dalam larutan.
- **Lupa** $n$ (jumlah elektron per ion) atau lupa mengubah menit ke detik pada hukum Faraday.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa memilih lapisan timah untuk melindungi rak baja karena "timah tahan karat, jadi pasti melindungi". Timah memang tahan karat, tetapi ia kurang aktif daripada besi. Bila lapisan tergores, besi menjadi anode dan berkarat lebih cepat daripada tanpa lapisan. Lapisan seng, yang lebih aktif daripada besi, tetap melindungi walau tergores.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pemilihan logam pelindung besi. Pakai bagian 6 (korosi dan perlindungan): logam pelindung korban harus lebih aktif daripada besi pada deret yang diberikan.



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

►. Pipa baja penyalur air garam di pabrik garam beryodium sering berkarat (2027). Kepala teknisi meminta Andi memasang logam anode korban yang dihubungkan ke pipa. Di gudang tersedia batang tembaga, timbal, seng, timah, dan perak. Andi melihat deret kemudahan teroksidasi (dari paling mudah): Mg – Zn – Fe – Sn – Pb – Cu – Ag. Logam yang dipilih harus melindungi pipa dengan cara ikut berkarat menggantikan besi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Logam yang tepat dipilih Andi adalah ....

A. Timah
B. Seng
C. Tembaga
D. Timbal
E. Perak

**Pembahasan** **Kunci: B**

**Konsep:** Perlindungan katodik dengan anode korban: logam yang lebih mudah teroksidasi (lebih aktif) daripada besi dihubungkan ke besi sehingga logam itu yang teroksidasi, sedangkan besi menjadi katode dan terlindung.

**Langkah:**
1. Di antara logam yang tersedia, hanya seng yang berada di kiri Fe (lebih mudah teroksidasi).
2. Seng teroksidasi lebih dulu dan melindungi pipa baja.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: timah dipakai melapisi kaleng, tetapi timah kurang aktif daripada besi; bila lapisannya rusak, besi justru lebih cepat berkarat.
• **B.** ✓ Seng lebih mudah teroksidasi daripada besi sehingga menjadi anode korban.
• **C.** ✗ Jebakan: tembaga tahan karat, tetapi kurang aktif daripada besi sehingga justru mempercepat karat besi.
• **D.** ✗ Timbal kurang aktif daripada besi.
• **E.** ✗ Perak paling sukar teroksidasi.

**Jawaban: B.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal penyepuhan, tentukan lebih dulu benda yang dilapisi dan logam pelapis sebagai katode atau anode, lalu nilai tiap pernyataan.



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

**1.** Bengkel pelapisan logam milik Bu Ratna akan menyepuh gantungan kunci baja dengan nikel (2027). Larutan elektrolitnya nikel sulfat, dan tersedia batang nikel murni serta catu daya arus searah. Operator baru, Eko, menyusun rangkaian dan menuliskan rencananya. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Gantungan kunci dihubungkan ke kutub negatif sehingga ion $Ni^{2+}$ mengendap di permukaannya. | ○ | ○ |
| Batang nikel dihubungkan ke kutub positif sehingga nikel larut dan mengganti ion $Ni^{2+}$ yang terpakai. | ○ | ○ |
| Bila kutub catu daya tertukar, lapisan nikel tetap terbentuk di gantungan kunci, hanya lebih lambat. | ○ | ○ |

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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa lapisan seng tetap melindungi besi walau tergores, sedangkan lapisan timah tidak?
- Mengapa pada elektrolisis larutan NaCl dengan elektrode karbon terbentuk $H_2$ di katode dan bukan natrium?
- **Yang harus kuingat:** oksidasi di anode, reduksi di katode; $E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$; pelindung korban harus lebih aktif daripada besi; penyepuhan: benda di katode; $m = A_r It \div (n \cdot 96.500)$.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 3.7: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-3.7



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

# Kuis Akhir Bab 3

SMKTKI-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-smktki&node=SMKTKI-KB3

**1.** Laboratorium mutu sebuah pabrik pipa plastik menerima tabung kecil berisi gas hidrokarbon tanpa label (2027). Gas itu cepat menghilangkan warna air brom, setiap molekulnya memiliki satu ikatan rangkap, dan massa molekul relatifnya terukur 42. Tegar, analis muda, diminta menentukan rumus molekul dan nama gas itu sebelum dipakai sebagai bahan baku. (Ar H = 1, C = 12)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Rumus molekul dan nama gas itu adalah ....

A. $C_2H_4$, etena
B. $C_3H_8$, propana
C. $C_3H_6$, propena
D. $C_4H_8$, butena
E. $C_3H_4$, propuna

**2.** Pabrik pengolahan logam membersihkan pipa dengan larutan asam klorida yang berlabel 0,73% (b/v) (2027). Rani, teknisi laboratorium, diminta mengisi lembar data konsentrasi larutan itu dalam beberapa satuan dan merencanakan pengenceran untuk uji di laboratorium. (Mr HCl = 36,5)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat tentang larutan itu adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Molaritas larutan itu 0,20 M, dihitung dari 7,3 g/L dibagi Mr HCl
☐ B. Setiap 100 mL larutan mengandung 0,073 g HCl, karena persen dibagi sepuluh
☐ C. Konsentrasinya 7,3 g/L, karena 0,73 g per 100 mL setara 7,3 g per liter
☐ D. Konsentrasinya 730 mg/L, karena 0,73 g per liter setara 730 mg per liter
☐ E. Bila 50 mL larutan diencerkan sampai 250 mL, molaritasnya menjadi 0,040 M

**3.** Tim R&D sebuah pabrik kimia menguji pembuatan metanol skala pilot: $CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$, reaksi ke kanan melepaskan panas (2027). Semua uji memakai tekanan dan



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

katalis yang sama. Pabrik menetapkan dua syarat: metanol pada kesetimbangan minimal 60% dan waktu mencapai kesetimbangan paling lama 6 jam. Hasil uji ditampilkan pada tabel.

| Suhu (°C) | Waktu mencapai setimbang (jam) | Metanol pada kesetimbangan (%) |
|---|---|---|
| 200 | 12 | 85 |
| 250 | 4 | 70 |
| 300 | 1,5 | 50 |
| 350 | 0,5 | 30 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Suhu yang paling tepat dipilih adalah ....

A. Suhu 200 °C, karena metanol yang dihasilkan paling banyak
B. Suhu 300 °C, karena hasilnya dapat dinaikkan dengan katalis
C. Suhu 350 °C, karena waktunya paling singkat dari semua uji
D. Suhu 250 °C, karena hasil dan waktunya sama-sama lolos syarat
E. Suhu 300 °C, karena waktunya sudah memenuhi syarat pabrik

**4.** Laboratorium R&D sebuah pabrik pigmen mencoba membuat seng sulfida dari serbuk seng dan serbuk belerang (2027): Zn + S → ZnS. Pada satu percobaan dicampurkan 6,5 g seng dan 4,0 g belerang, lalu campuran dipanaskan sampai salah satu pereaksi habis. Anto, analis, diminta menentukan massa ZnS yang terbentuk. (Ar S = 32, Zn = 65)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa ZnS yang terbentuk adalah ....

A. 9,7 g
B. 12,1 g
C. 10,5 g
D. 8,1 g
E. 6,5 g



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

**5.** Pada praktik di laboratorium pabrik pupuk, siswa PKL mengisi reaktor tertutup 1,0 L dengan 1,0 mol $N_2$ dan 3,0 mol $H_2$ (2027). Setelah mencapai kesetimbangan pada suhu tertentu, analisis menunjukkan terdapat 0,50 mol $NH_3$. Persamaan reaksinya $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$. Yoga, siswa PKL, diminta menghitung tetapan kesetimbangan (Kc) pada suhu itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Nilai Kc adalah ....

A. $9{,}3 \times 10^{-3}$
B. $1{,}5 \times 10^{-1}$
C. $3{,}0 \times 10^{-1}$
D. $3{,}4 \times 10^{1}$
E. $2{,}9 \times 10^{-2}$

**6.** Siswa SMK membuat model kilang mini dari minyak mentah (2027). Hasil distilasi ditampung dalam empat tabung menurut suhu uap: tabung 1 di bawah 70 °C, tabung 2 antara 70 dan 180 °C, tabung 3 antara 180 dan 300 °C, dan tabung 4 berisi sisa yang tidak menguap sampai 300 °C. Bu Citra memberi titik didih beberapa alkana: pentana 36 °C, dekana 174 °C, heksadekana 287 °C, dan eikosana 343 °C, lalu meminta siswa menilai letak tiap alkana dan sifat isi tabung.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Pentana terkumpul di tabung 1 karena titik didihnya di bawah 70 °C
☐ B. Dekana terkumpul di tabung 3 karena rantainya lebih panjang daripada pentana
☐ C. Heksadekana terkumpul di tabung 3 karena titik didihnya antara 180 dan 300 °C
☐ D. Eikosana tetap berada di tabung 4 karena titik didihnya di atas 300 °C
☐ E. Isi tabung 4 bersifat encer dan mudah menyala karena rantainya paling panjang

**7.** Laboratorium pabrik sirup dan minuman membandingkan lima larutan dalam air untuk penelitian titik didih (2027). Semua larutan dibuat dengan 1,0 kg air; zat elektrolit dianggap terionisasi sempurna. Tabel memuat zat terlarut dan molalitasnya. Nadia diminta menentukan larutan yang mendidih paling tinggi pada tekanan 1 atm.

| Larutan | Zat terlarut | Molalitas (m) |
|---|---|---|
| 1 | Glukosa | 0,50 |
| 2 | NaCl | 0,30 |
| 3 | $CaCl_2$ | 0,15 |
| 4 | $K_2SO_4$ | 0,25 |
| 5 | Urea | 0,40 |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Larutan yang mendidih paling tinggi adalah ....

A. Larutan 1 (glukosa)
B. Larutan 2 (NaCl)
C. Larutan 3 ($CaCl_2$)
D. Larutan 4 ($K_2SO_4$)
E. Larutan 5 (urea)

**8.** Pabrik resin menerima lembar data monomer dengan rumus struktur terkondensasi $CH_3–CH(CH_3)–CH=CH–CH_3$ (2027). Pada lembar itu tertulis nama "2-metil-3-pentena". Bu Lina, pengawas mutu, meminta Aldi, analis muda, memeriksa nama itu dan menuliskan nama IUPAC yang benar sebelum lembar data dicetak.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Nama IUPAC yang tepat adalah ....

A. 4-metil-2-pentena
B. 2-metil-3-pentena
C. 4-metil-3-pentena
D. 2-metil-2-pentena
E. 3-metil-2-pentena

**9.** Pabrik amonia memakai tahap geser gas air untuk memperbanyak hidrogen (2027): $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$, reaksi ke kanan melepaskan panas. Jumlah mol gas di kedua sisi persamaan sama, yaitu 2 mol di kiri dan 2 mol di kanan. Bima, operator, ingin menambah hidrogen pada keadaan setimbang dan menuliskan beberapa usulan untuk diperiksa supervisor.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Menambah katalis meningkatkan jumlah hidrogen pada keadaan setimbang karena reaksi menjadi lebih cepat
☐ B. Menaikkan tekanan reaktor tidak menggeser kesetimbangan karena jumlah mol gas kedua sisi sama
☐ C. Menambah uap air menggeser kesetimbangan ke kanan sehingga hidrogen yang terbentuk bertambah
☐ D. Menurunkan suhu menggeser kesetimbangan ke kanan, tetapi kesetimbangan tercapai lebih lambat
☐ E. Menaikkan suhu menggeser kesetimbangan ke kanan karena suhu tinggi mempercepat reaksi

**10.** Laboratorium pabrik pelarut menyimpan tiga botol cairan isomer berumus $C_4H_{10}O$ tanpa label (2027): 1-butanol, 2-butanol, dan 2-metil-2-propanol. Tiap cairan diuji dengan



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

larutan kalium dikromat asam berwarna jingga yang berlebih; warna jingga menjadi hijau bila oksidator bereaksi. Hasil uji: botol P berubah hijau dan hasil oksidasinya bersifat asam; botol Q berubah hijau, tetapi hasilnya bukan asam dan tidak dapat dioksidasi lagi; botol R tetap jingga. Dewi, analis, menyimpulkan isi ketiga botol.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Botol Q berisi 2-butanol, dan hasil oksidasinya adalah asam butanoat. | ○ | ○ |
| Botol P berisi 1-butanol, karena alkohol primer dapat dioksidasi sampai menjadi asam karboksilat. | ○ | ○ |
| Botol R berisi 2-metil-2-propanol, karena karbon pembawa –OH-nya tidak memiliki hidrogen. | ○ | ○ |

**11.** Gudang reagen sebuah pabrik tekstil menyimpan lima larutan yang labelnya memakai satuan berbeda (2027). Dika, siswa PKL, diminta menentukan larutan dengan molaritas paling besar sebelum larutan itu dipakai untuk menetralkan limbah. Data label ada pada tabel.

| Larutan | Mr | Konsentrasi pada label |
|---|---|---|
| NaOH | 40 | 2,0 g/L |
| HCl | 36,5 | 0,365% (b/v) |
| $H_2SO_4$ | 98 | 4.900 mg/L |
| $Na_2CO_3$ | 106 | 8,0 g/L |
| KOH | 56 | 1,4 g/L |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Larutan dengan molaritas paling besar adalah ....

A. Larutan NaOH
B. Larutan HCl
C. Larutan $H_2SO_4$
D. Larutan $Na_2CO_3$
E. Larutan KOH

**12.** Bengkel las karbit di Medan menghasilkan gas etuna (asetilena) dari kalsium karbida (2027): $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$. Satu generator diisi 6,4 kg karbit teknis berkadar $CaC_2$ 80% (pengotor tidak bereaksi), dan air tersedia berlebih. Pak Irfan, pengawas bengkel, meminta siswa magang menilai hasil perhitungan mereka. (Ar H = 1, C = 12, O = 16, Ca = 40; volume 1 mol gas pada STP 22,4 L)



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Etuna yang terbentuk sebanyak 0,10 kmol karena seluruh 6,4 kg karbit dihitung sebagai $CaC_2$

☐ B. Etuna yang terbentuk sebanyak 0,08 kmol, yaitu 1.792 L bila diukur pada keadaan STP

☐ C. Massa hasil reaksi (etuna dan $Ca(OH)_2$) sama dengan 6,4 kg, yaitu massa karbit teknis

☐ D. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan seluruh $CaC_2$ murni sebanyak 0,16 kmol, atau 2,88 kg

☐ E. Massa $Ca(OH)_2$ yang terbentuk sebesar 5,92 kg, lebih besar daripada massa etuna yang terbentuk

**13.** Laboratorium air limbah sebuah pabrik baterai menyimpan larutan induk seng 1.000 mg/L (2027). Untuk kurva kalibrasi, Putri, analis, memipet 5,00 mL larutan induk ke labu takar 250 mL dan menera sampai tanda (larutan 1). Kemudian ia memipet 10,0 mL larutan 1 ke labu takar 100 mL dan menera sampai tanda (larutan 2).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Konsentrasi seng dalam larutan 2 adalah ....

A. 0,20 mg/L
B. 20 mg/L
C. 2,0 mg/L
D. 100 mg/L
E. 16,7 mg/L

**14.** Unit usaha daur ulang sebuah SMK membuat tawas (aluminium sulfat) dari potongan aluminium bekas dan asam sulfat, sambil melepaskan gas hidrogen (2027). Papan SOP memuat reaksi yang belum setara: $Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$. Shinta, siswa PKL, diminta menuliskan persamaan reaksi yang setara sebelum menghitung kebutuhan bahan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Persamaan reaksi setara yang tepat adalah ....

A. $Al + H_2SO_4 \rightarrow AlSO_4 + H_2$
B. $2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 2H_2$
C. $2Al + 6H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6H_2$
D. $2Al + 2H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 2H_2$
E. $2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$

**15.** Dua tabung masing-masing berisi 1,00 kg air: tabung X dilarutkan 0,30 mol urea dan tabung Y dilarutkan 0,30 mol NaCl (2027). Reza, siswa PKL, ingin menjelaskan perbedaan titik beku kedua larutan kepada adiknya. (Kf air = 1,86 °C·kg/mol; NaCl dianggap



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

terionisasi sempurna)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Titik beku larutan X sekitar −0,56 °C. | ○ | ○ |
| Titik beku larutan Y lebih tinggi daripada larutan X karena ion $Na^+$ dan $Cl^-$ berukuran lebih kecil daripada molekul urea. | ○ | ○ |
| Bila larutan Y diencerkan dengan air sampai molalitasnya menjadi separuh, penurunan titik bekunya menjadi sekitar 0,56 °C. | ○ | ○ |

**16.** Pabrik bioetanol skala kecil di Lampung memfermentasi larutan tetes tebu dengan ragi dalam fermentor tertutup (2027). Pada satu batch, Hendra, operator baru, membuka tutup dan mengalirkan udara terus-menerus dengan maksud "membantu ragi bernapas". Dua hari kemudian kadar etanol turun, cairan berbau asam menyengat seperti cuka, dan pH menurun. Supervisor meminta analis menjelaskan kejadian itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Pembentukan etanol dari gula memerlukan aliran udara yang lancar, sehingga Hendra hanya kurang lama mengalirkan udara
☐ B. Oksigen yang masuk membuat sebagian etanol teroksidasi menjadi asam asetat sehingga kadar etanol di fermentor turun
☐ C. Bau asam berasal dari gas $CO_2$ hasil fermentasi yang berubah menjadi asam asetat di dalam cairan fermentor
☐ D. Etanol tergolong alkohol tersier sehingga tidak teroksidasi, jadi asam berasal dari sisa gula yang tidak habis
☐ E. Etanol tergolong alkohol primer sehingga oksidasinya dapat berlanjut sampai asam karboksilat, bukan sampai keton

**17.** Pabrik cairan pembersih tangki memakai tablet pembersih yang larut dalam air (2027). Pada uji di air 25 °C, satu tablet larut habis dalam 120 detik. Pak Erwin, kepala laboratorium, meminta Salsa memperkirakan waktu larut bila air dipanaskan sampai 45 °C. Untuk perkiraan ini dianggap setiap kenaikan suhu 10 °C menggandakan laju pelarutan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Perkiraan waktu larut pada 45 °C adalah ....

A. 30 detik
B. 15 detik
C. 60 detik
D. 240 detik
E. 480 detik



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

**18.** Laboratorium las sebuah SMK membuat gas oksigen dengan memanaskan kalium klorat (2027): $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$. Pak Wirya, guru, memanaskan 24,5 g $KClO_3$ murni sampai terurai sempurna dan menampung seluruh oksigen yang terbentuk pada keadaan STP. Siswa diminta menghitung volume gas yang tertampung. (Ar O = 16, Cl = 35,5, K = 39; volume 1 mol gas pada STP 22,4 L)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Volume oksigen yang tertampung adalah ....

A. 4,48 L
B. 9,10 L
C. 13,44 L
D. 6,72 L
E. 2,99 L

**19.** Analis laboratorium pabrik pengolahan air memerlukan 500 mL larutan natrium tiosulfat 0,0200 M untuk titrasi klorin (2027). Padatan yang tersedia adalah kristal $Na_2S_2O_3·5H_2O$ berkemurnian 99,0% (pengotornya tidak mengandung tiosulfat). Anita, analis, akan menimbang kristal itu, melarutkannya, lalu menera sampai tanda labu takar 500 mL. (Ar H = 1, O = 16, Na = 23, S = 32)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa kristal yang harus ditimbang adalah ....

A. 1,58 g
B. 2,46 g
C. 2,48 g
D. 4,96 g
E. 2,51 g

**20.** Pabrik baja kecil meleburkan bijih hematit dengan gas CO di tanur (2027): $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$. Dalam satu pengiriman, 1.000 kg bijih berkadar $Fe_2O_3$ 80% (pengotor tidak ikut bereaksi) diolah sampai $Fe_2O_3$ terurai sempurna. Bagas, insinyur muda, menghitung massa besi yang akan diperoleh. (Ar Fe = 56, O = 16)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa besi yang diperoleh adalah ....

A. 280 kg
B. 560 kg
C. 700 kg
D. 448 kg
E. 862 kg

**21.** Pabrik pembekuan ikan di Bitung mendinginkan ikan dengan larutan kalsium klorida ($CaCl_2$) dalam air (2027). Ferdi, teknisi, menetapkan bahwa titik beku larutan harus



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

−5,58 °C. Ia akan melarutkan $CaCl_2$ dalam 1,00 kg air dan menganggap $CaCl_2$ terionisasi sempurna. (Kf air = 1,86 °C·kg/mol; Mr $CaCl_2$ = 111)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa $CaCl_2$ yang harus dilarutkan adalah ....

A. 37 g
B. 167 g
C. 111 g
D. 333 g
E. 999 g

**22.** Laboratorium pabrik pengolahan air mengelektrolisis larutan natrium sulfat ($Na_2SO_4$) dengan dua elektrode karbon, dan beberapa tetes indikator universal ditambahkan ke larutan (2027). Larutan awal berwarna hijau (netral). Setelah arus searah dialirkan, gelembung gas muncul di kedua elektrode; larutan di sekitar katode menjadi ungu (basa) dan di sekitar anode menjadi merah (asam). Pak Heru, instruktur, meminta siswa menjelaskan pengamatan itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Di katode air tereduksi menjadi gas $H_2$ dan ion $OH^-$ sehingga larutan di sekitarnya menjadi basa
☐ B. Di anode air teroksidasi menjadi gas $O_2$ dan ion $H^+$ sehingga larutan di sekitarnya menjadi asam
☐ C. Di katode terbentuk logam natrium karena ion $Na^+$ tertarik ke kutub negatif
☐ D. Di anode ion $SO_4^{2-}$ teroksidasi menjadi gas berbau menyengat sehingga larutan menjadi asam
☐ E. Volume gas yang terkumpul di katode kira-kira dua kali volume gas di anode

**23.** Bengkel pelapisan memasang dua bak elektrolisis secara seri pada satu catu daya arus searah (2027). Bak 1 berisi larutan $AgNO_3$ untuk menyepuh sendok dengan perak, dan bak 2 berisi larutan $CuSO_4$ untuk menyepuh baut dengan tembaga. Setelah beberapa menit, lapisan perak pada sendok bermassa 5,4 g. Pak Bondan meminta Salma menghitung massa tembaga yang menempel pada baut dalam waktu yang sama. (Ar Cu = 63,5, Ag = 108)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa tembaga yang menempel pada baut adalah ....

A. 0,79 g
B. 1,59 g
C. 3,18 g
D. 5,40 g
E. 9,18 g

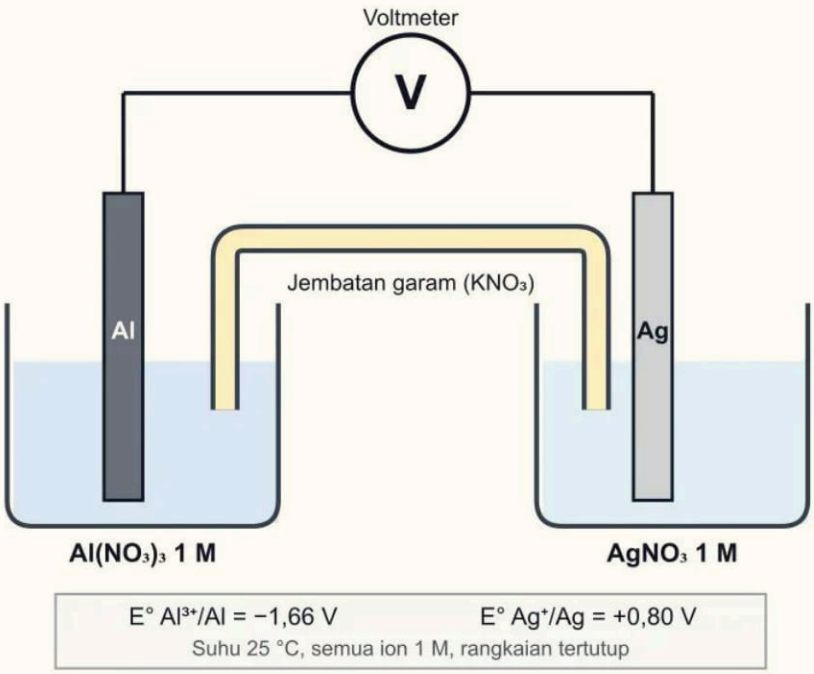


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

**24.** Bengkel pelapisan logam membuat sel volta dari aluminium dan perak sebagai praktik bagi siswa magang (2027). Rangkaian dan data potensial elektrode standar ditunjukkan pada gambar. Pak Salim, instruktur, meminta Doni, siswa magang, menilai peristiwa yang terjadi selama sel bekerja.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Pernyataan yang tepat tentang sel volta pada gambar adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)




*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Elektrode Al menjadi katode karena E° $Al^{3+}/Al$ lebih negatif daripada E° $Ag^{+}/Ag$

☐ B. Elektron mengalir dari elektrode Al ke elektrode Ag melalui kawat luar

☐ C. Potensial sel standar 2,46 V dan nilainya tidak berubah bila persamaan reaksi dikalikan dua

☐ D. Anion dalam jembatan garam bergerak menuju larutan $AgNO_3$ untuk menetralkan muatan

☐ E. Massa elektrode Ag bertambah selama sel bekerja karena ion $Ag^{+}$ tereduksi menjadi logam Ag



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

**25.** Instalasi pengolahan air tanah di sebuah pabrik tekstil menghilangkan besi terlarut dengan menambahkan klorin ke air (2027). Besi(II) terlarut diubah menjadi besi(III) yang kemudian mengendap sebagai $Fe(OH)_3$ dan disaring. Persamaan reaksinya $2Fe^{2+} + Cl_2 \rightarrow 2Fe^{3+} + 2Cl^-$. Lutfi, siswa PKL, diminta menunjukkan peran tiap zat dalam reaksi itu. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Ion $Fe^{2+}$ mengalami oksidasi karena bilangan oksidasinya naik dari +2 menjadi +3. | ○ | ○ |
| Gas $Cl_2$ mengalami reduksi karena bilangan oksidasi klorin turun dari 0 menjadi −1. | ○ | ○ |
| Gas $Cl_2$ berperan sebagai reduktor karena mengubah $Fe^{2+}$ menjadi $Fe^{3+}$. | ○ | ○ |

## Tabel skor dan anjuran

| Sub bab / subtopik | Nomor soal | Benar | Jika kurang separuh benar |
|---|---|---|---|
| Sub bab 3.1 · Hidrokarbon: struktur, tata nama, dan sifat | 1, 6, 8 | ___ / 3 | Ulangi hlm. 166 |
| Sub bab 3.2 · Gugus fungsi alkohol dan penerapannya di industri | 10, 16 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 181 |
| Sub bab 3.3 · Persamaan reaksi dan konsep mol | 4, 12, 14, 18, 20 | ___ / 5 | Ulangi hlm. 195 |
| Sub bab 3.4 · Stoikiometri dan konversi satuan larutan standar | 2, 11, 13, 19 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 209 |
| Sub bab 3.5 · Laju reaksi dan kesetimbangan kimia | 3, 5, 9, 17 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 221 |
| Sub bab 3.6 · Sifat koligatif larutan | 7, 15, 21 | ___ / 3 | Ulangi hlm. 240 |
| Sub bab 3.7 · Reaksi redoks dan elektrokimia: sel volta dan elektrolisis | 22, 23, 24, 25 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 253 |

*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 · Dasar Mikrobiologi

SMKTKI-B4

**Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:**

- menjelaskan konsep dasar mikrobiologi dan faktor pertumbuhan mikroba
- menyiapkan media pertumbuhan skala laboratorium
- memilih teknik sterilisasi basah atau kering yang sesuai
- menerapkan isolasi, inokulasi, perhitungan ALT, dan pewarnaan bakteri dasar

## Peta bab

| Sub bab | Judul |
|---|---|
| 4.1 | Konsep dasar mikrobiologi |
| 4.2 | Media pertumbuhan skala laboratorium |
| 4.3 | Teknik sterilisasi basah dan kering |
| 4.4 | Isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba (ALT/TPC) |
| 4.5 | Pewarnaan bakteri dasar |



**Bab 4 di LMS**

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-B4



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

# Sub bab 4.1 · Konsep dasar mikrobiologi

SMKTKI-4.1

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 4, dasar mikrobiologi) meminta kamu memahami **prinsip mikrobiologi**: apa itu mikroorganisme, bagaimana mereka tumbuh, dan apa yang membuat mereka bermanfaat atau merugikan di industri. Levelnya pemahaman sampai penalaran. Soalnya hampir selalu berupa **kasus di pabrik atau laboratorium**: fermentasi yang gagal, produk yang menggembung, bahan baku yang berjamur, atau data jumlah sel yang harus kamu baca.

Pola soal yang sering muncul: (1) **mendiagnosis kegagalan** dengan membandingkan batch yang berhasil dan batch yang gagal, lalu menunjuk satu faktor lingkungan (suhu, air, oksigen, pH, nutrisi) yang berbeda; (2) **menebak jenis mikroba** dari gejala produk (gas, bau alkohol, benang halus, lendir); (3) **membaca fase kurva pertumbuhan**; (4) **memilih tindakan aseptik** yang benar.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan bakteri, khamir, dan kapang serta sel prokariot dan eukariot;
- menjelaskan empat fase kurva pertumbuhan dan menghitung jumlah sel dari waktu generasi;
- menjelaskan pengaruh suhu, pH, oksigen, air, dan nutrisi terhadap pertumbuhan mikroba;
- memberi contoh mikroba yang bermanfaat (tempe, yogurt, tape, bioetanol), mikroba pembusuk, dan mikroba patogen;
- menjelaskan prinsip kerja aseptik.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pernahkah kamu melihat roti yang tiba-tiba berbulu hijau, atau sebotol sari buah yang tutupnya menggembung? Itu hasil kerja makhluk hidup yang terlalu kecil untuk dilihat mata, yaitu **mikroorganisme** atau mikroba. Di sisi lain, tempe, yogurt, tape, kecap, dan roti yang mengembang juga hasil kerja mikroba. Mikrobiologi mempelajari makhluk-makhluk kecil ini. Bagi lulusan Teknik Kimia Industri, ilmu ini penting karena pabrik pangan, minuman, obat, dan kosmetik harus **memanfaatkan mikroba yang berguna dan mencegah mikroba yang merugikan**.

### 1. Dunia yang tidak terlihat: ukuran mikroba

Mikroba diukur dengan satuan **mikrometer** (μm). Satu μm sama dengan seperseribu milimeter (0,001 mm). Sehelai rambut manusia kira-kira selebar 70 μm, sedangkan satu sel bakteri



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

umumnya hanya sekitar 1 sampai 5 µm. Karena itu satu sel bakteri hanya tampak dengan **mikroskop**, tetapi jutaan sel yang tumbuh bersama di atas media padat membentuk **koloni**, yaitu bintik atau noda yang bisa dilihat mata. Konsep koloni ini penting sekali di sub bab 4.4, karena menghitung koloni berarti menghitung sel hidup.

Kalau kamu menyebut "mikroba" di laboratorium, yang dimaksud terutama tiga kelompok: bakteri, khamir, dan kapang. Virus juga sangat kecil, tetapi virus bukan sel dan tidak bisa tumbuh di media agar biasa. Virus hanya berkembang biak di dalam sel makhluk hidup lain, sehingga tidak dibahas dalam pekerjaan media dan inokulasi di buku ini.

### 2. Tiga kelompok mikroba: bakteri, khamir, dan kapang

**Bakteri** (*bacteria*) adalah makhluk bersel satu yang paling kecil dan paling banyak jenisnya. Bakteri berkembang biak dengan **pembelahan biner**: satu sel membesar, menggandakan materi genetiknya, lalu membelah menjadi dua sel anak. Bentuk selnya bulat (kokus), batang (basil), atau melengkung seperti spiral (spiril); bentuk ini dibahas lagi di sub bab 4.5. Contohnya: *Lactobacillus* pembuat yogurt, *Acetobacter* pembuat cuka, *Escherichia coli* penghuni usus, dan *Salmonella* penyebab keracunan makanan. Beberapa bakteri, misalnya *Bacillus* dan *Clostridium*, membentuk **endospora**, yaitu bentuk istirahat yang sangat tahan panas. Endospora inilah yang membuat sterilisasi harus memakai suhu yang cukup tinggi (sub bab 4.3).

**Khamir** (*yeast*) adalah jamur bersel satu yang bentuknya bulat atau lonjong dengan ukuran sekitar 3 sampai 10 µm. Khamir berkembang biak dengan **bertunas**: sebuah tonjolan kecil tumbuh dari sel induk, membesar, lalu lepas menjadi sel baru. *Saccharomyces cerevisiae* adalah khamir paling terkenal: ia dipakai untuk membuat roti, tape, bir, dan bioetanol. Koloni khamir di cawan biasanya licin, bulat, dan berwarna putih krem, sehingga sekilas mirip koloni bakteri.

**Kapang** (*mold*) adalah jamur bersel banyak yang tubuhnya berupa benang halus bernama **hifa**. Kumpulan hifa disebut **miselium**, yang tampak seperti kapas atau bulu pada roti berjamur. Kapang berkembang biak dengan **spora** yang ringan dan melayang di udara; warna hijau, hitam, atau kuning pada kapang berasal dari spora ini. *Rhizopus* membuat tempe, *Aspergillus oryzae* membuat kecap, dan *Penicillium* kita kenal pada keju biru. Namun kapang lain, misalnya *Aspergillus flavus*, dapat menghasilkan racun (aflatoksin) pada kacang yang disimpan lembap.

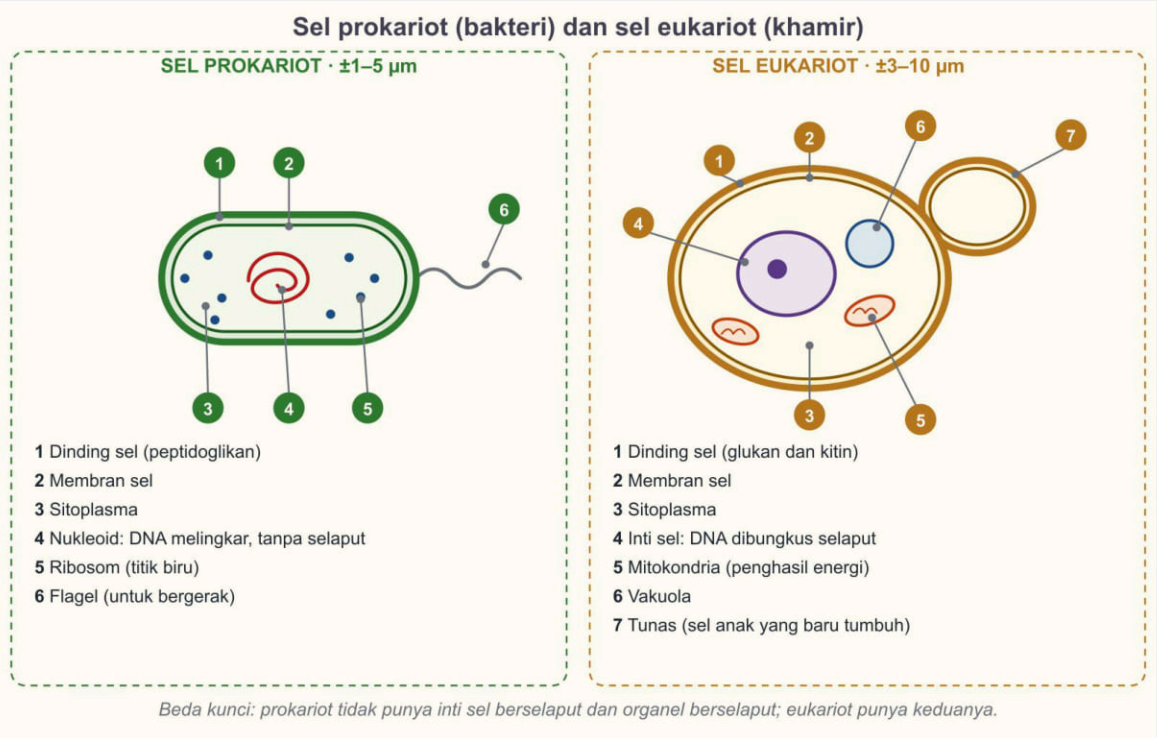
Bagian 7 menunjukkan foto ketiganya di bawah mikroskop, sehingga perbedaan ukuran dan bentuknya bisa kamu lihat sendiri.

### 3. Sel prokariot dan sel eukariot

Semua mikroba di atas adalah makhluk hidup bersel, tetapi susunan selnya dibagi menjadi dua tipe (Gambar 4.1).



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




*Gambar 4.1 Perbandingan sel prokariot (bakteri) dan sel eukariot (khamir). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Sel prokariot** (bakteri) tidak punya inti sel yang dibungkus selaput. Materi genetiknya, yaitu DNA, berupa untaian melingkar yang berada bebas di dalam sitoplasma pada daerah yang disebut **nukleoid**. Sel ini juga tidak punya organel berselaput seperti mitokondria. Bakteri dikelilingi **dinding sel** yang mengandung peptidoglikan, dan sebagian punya kapsul atau flagel (cambuk untuk bergerak).
- **Sel eukariot** (khamir dan kapang, juga sel tumbuhan dan hewan) punya **inti sel sejati** yang dibungkus membran, dan punya organel berselaput seperti mitokondria penghasil energi. Dinding sel khamir dan kapang tersusun dari zat lain (glukan dan kitin), bukan peptidoglikan.

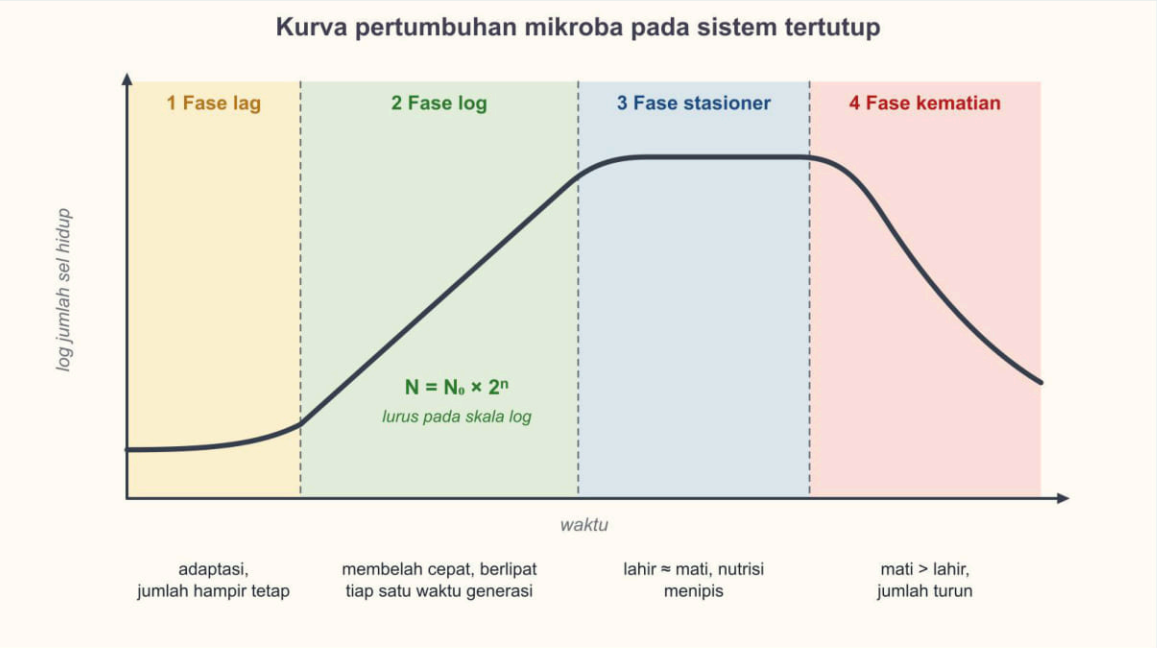
Perbedaan ini punya akibat praktis. Misalnya, antibiotik yang menyerang dinding peptidoglikan bakteri tidak berpengaruh pada khamir atau kapang. Itu sebabnya untuk menghitung kapang dan khamir, analis memakai media yang diberi zat penghambat bakteri agar bakteri tidak ikut tumbuh (sub bab 4.2).

### 4. Cara mikroba bertambah banyak: kurva pertumbuhan

Ketika satu bakteri dimasukkan ke media yang cocok, jumlahnya tidak naik dengan laju tetap sejak awal. Pertumbuhan mikroba dalam sistem tertutup (satu tangki atau satu tabung tanpa penambahan nutrisi) mengikuti pola yang digambarkan sebagai **kurva pertumbuhan** dengan empat fase (Gambar 4.2).



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




*Gambar 4.2 Kurva pertumbuhan mikroba pada sistem tertutup. Sumbu tegak memakai skala logaritma jumlah sel hidup. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Fase lag (adaptasi).** Sel baru dipindahkan ke lingkungan baru. Sel belum membelah banyak, tetapi sibuk membuat enzim dan menyesuaikan diri. Jumlah sel hampir tetap.
2. **Fase log (eksponensial).** Sel membelah dengan laju paling cepat dan tetap. Jumlah sel berlipat dua setiap satu **waktu generasi** (*generation time*), yaitu waktu yang dibutuhkan satu sel untuk menjadi dua. Pada skala logaritma, fase ini tampak sebagai garis lurus yang menanjak. Inilah fase saat sel paling aktif dan paling sehat, sehingga starter fermentasi sebaiknya dipakai pada fase ini.
3. **Fase stasioner (tetap).** Nutrisi menipis dan zat buangan (misalnya asam atau alkohol) menumpuk. Jumlah sel yang membelah kira-kira sama dengan jumlah sel yang mati, sehingga jumlah sel hidup tidak banyak berubah.
4. **Fase kematian.** Nutrisi habis dan racun hasil buangan menumpuk, sehingga sel yang mati lebih banyak daripada yang membelah. Jumlah sel hidup turun.

Pada fase log, jumlah sel dihitung dengan rumus sederhana. Bila jumlah awal $N_0$ dan terjadi n kali pembelahan, jumlah sel menjadi $\mathbf{N = N_0 \times 2^n}$. Banyak pembelahan n sama dengan lama waktu t dibagi waktu generasi g, yaitu $\mathbf{n = t \div g}$. Contohnya, jika satu bakteri membelah tiap 30 menit, setelah 3 jam terjadi n = 180 ÷ 30 = 6 pembelahan, sehingga satu sel menjadi $2^6 = 64$ sel. Waktu generasi berbeda tiap jenis mikroba dan tiap kondisi. Pada kondisi yang sangat cocok, *E. coli* dapat membelah sekitar tiap 20 menit, sedangkan banyak mikroba lain jauh lebih lambat.

## 5. Faktor yang memengaruhi pertumbuhan

Mikroba tumbuh baik bila lima kebutuhan dasarnya terpenuhi. Bila satu saja jauh dari kondisi cocok, pertumbuhan melambat atau berhenti. Inilah dasar diagnosis kegagalan di pabrik.

| Faktor | Penjelasan | Contoh nyata |
|---|---|---|



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

| | | |
|---|---|---|
| **Suhu** | Tiap mikroba punya suhu optimum. **Mesofil** menyukai suhu sedang (kira-kira 20 sampai 45 °C), termasuk bakteri penyebab penyakit pada manusia (sekitar 37 °C) dan khamir roti (sekitar 30 °C). **Psikrofil** menyukai suhu dingin, **termofil** menyukai suhu tinggi. Suhu rendah memperlambat pertumbuhan tetapi tidak membunuh semua sel; suhu tinggi merusak protein sel sehingga sel mati. | Susu disimpan di lemari es agar bakteri tumbuh lambat; susu dipanaskan (pasteurisasi) untuk membunuh sel. |
| **pH** | Bakteri pada umumnya menyukai pH mendekati netral. Khamir dan kapang menyukai suasana lebih asam. Produk yang asam menghambat banyak bakteri pembusuk. | Yogurt dan acar awet karena asam. |
| **Oksigen** | **Aerob** memerlukan oksigen (kapang tempe), **anaerob** tidak tahan atau tidak memerlukan oksigen (bakteri *Clostridium*), **fakultatif** dapat hidup dengan atau tanpa oksigen (khamir). | Tangki fermentasi etanol ditutup, sedangkan pembuatan tempe memerlukan lubang udara. |
| **Air** | Mikroba memerlukan air bebas. Produk yang kering, sangat asin, atau sangat manis menahan air sehingga mikroba sulit tumbuh. Bakteri memerlukan lingkungan lebih basah daripada kapang, sehingga bahan agak lembap lebih dulu ditumbuhi kapang. | Tepung yang lembap berjamur; gula pasir kering tidak. |
| **Nutrisi** | Mikroba memerlukan sumber karbon (gula, pati), sumber nitrogen (protein, asam amino), mineral, dan kadang vitamin. Media laboratorium disusun dari bahan-bahan ini. | Nira tebu cocok bagi khamir karena kaya gula. |

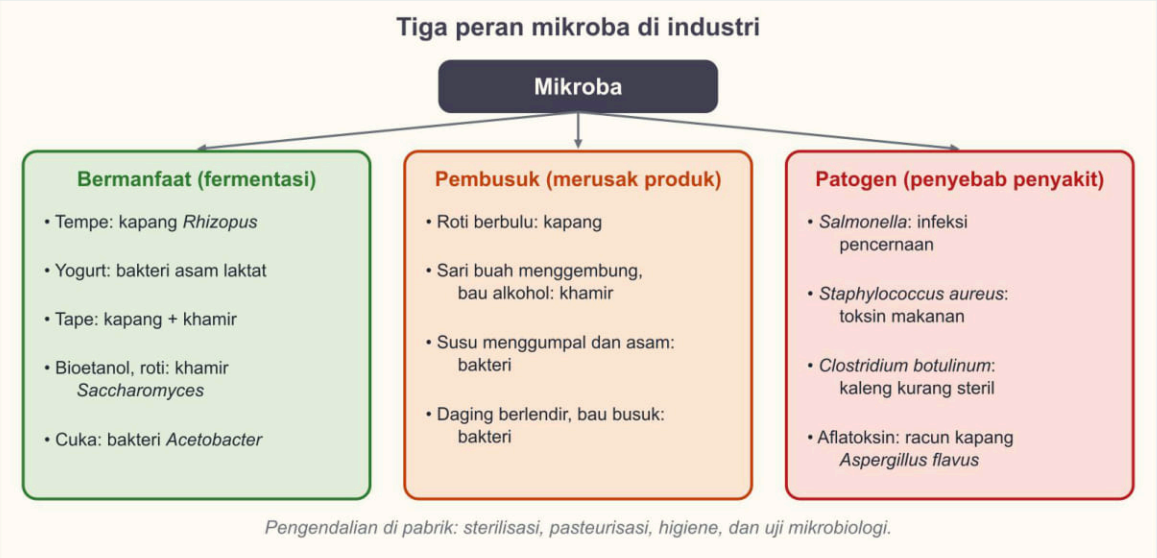
Dua catatan penting. Pertama, **tiap kelompok punya kisaran sendiri**: suhu yang membuat bakteri patogen tumbuh subur belum tentu cocok bagi khamir roti. Kedua, **faktor yang sama bisa bermanfaat atau merusak** tergantung mikrobanya. Misalnya, tangki tertutup rapat menghambat kapang tempe yang memerlukan oksigen, tetapi cocok bagi khamir yang memfermentasi gula tanpa oksigen.

## 6. Mikroba di industri: bermanfaat, membusukkan, atau menyakitkan

Mikroba tidak selalu merugikan. Perannya di industri dapat dibagi tiga (Gambar 4.3).



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




*Gambar 4.3 Tiga peran mikroba di industri dan contohnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**a. Mikroba yang bermanfaat (fermentasi). Fermentasi** adalah proses ketika mikroba mengubah bahan organik menjadi produk lain dengan menghasilkan energi.

- **Tempe.** Kapang *Rhizopus oligosporus* tumbuh di atas kedelai yang sudah direbus dan dikupas. Hifanya menyatukan kedelai menjadi satu kue padat. Kapang ini aerob, sehingga kemasan tempe diberi lubang kecil.
- **Yogurt.** Bakteri asam laktat (misalnya *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*) mengubah laktosa pada susu menjadi asam laktat. pH turun sehingga protein susu menggumpal dan rasanya asam. Inkubasi memakai suhu hangat, sekitar 40 sampai 45 °C, menurut kebiasaan produsen.
- **Tape.** Ragi tape berisi campuran kapang, khamir, dan bakteri. Kapang menguraikan pati singkong atau ketan menjadi gula, lalu khamir mengubah gula menjadi alkohol. Karena itu tape terasa manis, sedikit asam, dan beraroma alkohol.
- **Bioetanol.** Khamir *Saccharomyces cerevisiae* memfermentasi gula dari nira atau molase tanpa oksigen menurut persamaan $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$. Gelembung gas $CO_2$ adalah tanda fermentasi sedang berjalan. Etanol kemudian dimurnikan dengan distilasi (sub bab 3.2).
- **Roti.** Khamir yang sama menghasilkan $CO_2$ yang mengembangkan adonan.
- **Contoh lain.** Kecap (kapang *Aspergillus*), cuka (bakteri *Acetobacter* mengubah etanol menjadi asam asetat dengan bantuan oksigen), dan nata de coco (bakteri *Komagataeibacter xylinus* membentuk lembaran selulosa).

**b. Mikroba pembusuk.** Bahan pangan kaya nutrisi sehingga cocok bagi mikroba yang tidak diundang. Gejalanya berbeda-beda menurut mikrobanya, sehingga gejala dapat dipakai untuk menebak penyebab:

- **Kapang**: benang halus atau serbuk berwarna di permukaan (roti, buah, tepung lembap).
- **Khamir**: gas, buih, bau seperti tape atau alkohol; tutup botol menggembung (sari buah,



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

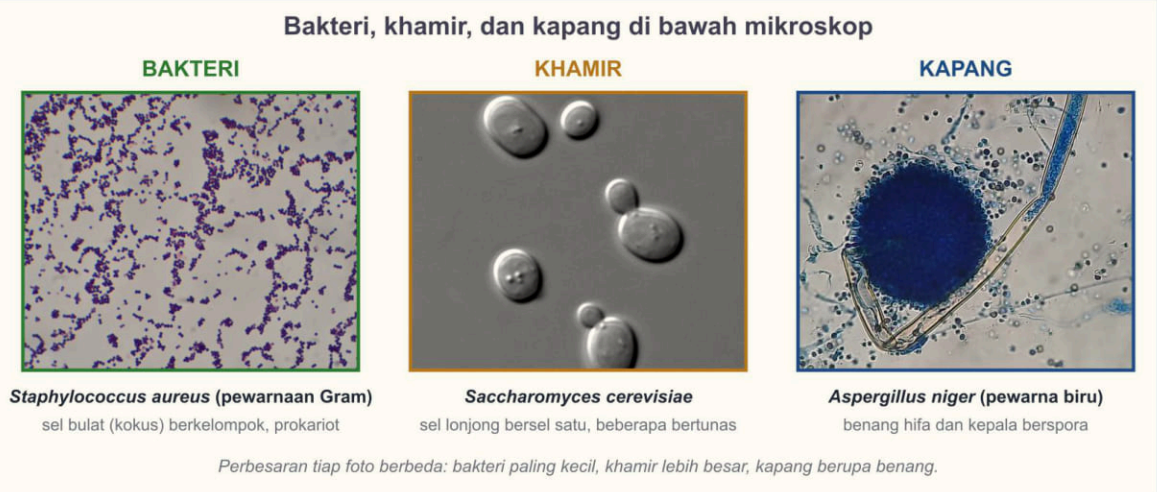
sirup).

- **Bakteri**: bau asam, lendir, atau cairan yang menggumpal dan berubah bau (susu, daging, santan).

**c. Mikroba patogen. Patogen** adalah mikroba penyebab penyakit. Contohnya *Salmonella* dan *Escherichia coli* patogen (infeksi pencernaan), *Staphylococcus aureus* (toksin penyebab keracunan makanan), dan *Clostridium botulinum* yang tumbuh tanpa oksigen pada makanan kaleng yang kurang steril. Mikroba patogen sering tidak mengubah rasa atau bau makanan, sehingga produk yang tampak normal tidak otomatis aman. Itulah alasan pabrik melakukan uji mikrobiologi dan menetapkan batas jumlah mikroba (sub bab 4.4).

### 7. Ketiga kelompok di bawah mikroskop

Gambar 4.4 menunjukkan ketiga kelompok itu di bawah mikroskop. Ukuran ketiganya jelas berbeda: bakteri paling kecil, khamir kira-kira beberapa kali lebih besar, dan kapang berupa benang panjang.




*Gambar 4.4 Tiga kelompok mikroba di bawah mikroskop. Sumber foto: bakteri (Dr Graham Beards, CC BY-SA 4.0), khamir (Masur, domain publik), kapang (Ajay Kumar Chaurasiya, CC0), Wikimedia Commons; label dan tata letak oleh Tim Next Level Study Indonesia. Perbesaran tiap foto berbeda.*



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

### 8. Prinsip kerja aseptik

Di mana-mana ada mikroba: di udara, di tangan, di meja, di pakaian, bahkan di ujung pipet yang dibiarkan terbuka. Bila kita sedang membiakkan satu jenis mikroba, mikroba lain bisa masuk dan merusak hasil. **Teknik aseptik** adalah cara bekerja yang mencegah mikroba yang tidak diinginkan masuk ke bahan atau biakan, dan mencegah biakan lepas ke lingkungan. Prinsipnya:

1. **Sterilkan semua alat dan media** sebelum dipakai (sub bab 4.3).
2. **Bersihkan area kerja**, misalnya meja diseka alkohol 70 % sebelum dan sesudah bekerja.
3. **Kurangi paparan ke udara**: bekerja dekat nyala api atau di kabinet aliran udara, membuka tutup seperlunya, dan tidak bicara atau bersin di atas cawan terbuka.
4. **Bekerja cepat dan rapi** dengan tangan bersih dan alat pelindung diri.
5. **Sertakan kontrol steril** (cawan atau tabung tanpa contoh). Bila kontrol tumbuh, ada pencemaran dari media atau cara kerja.

Detail teknik di atas dipraktikkan pada sub bab 4.4 (ose, nyala, kuadran) dan sub bab 4.5 (preparat).

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: mengenali fase pertumbuhan dari data

Pada 2027, Bima, analis QC di pabrik yogurt, menumbuhkan starter bakteri dalam susu dan menghitung jumlah sel hidup tiap beberapa jam. Datanya:

| Jam ke- | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sel per mL | $2{,}0 \times 10^4$ | $2{,}2 \times 10^4$ | $8{,}8 \times 10^4$ | $3{,}5 \times 10^5$ | $1{,}4 \times 10^6$ | $3{,}0 \times 10^6$ | $3{,}1 \times 10^6$ | $3{,}0 \times 10^6$ | $1{,}0 \times 10^6$ |

Tentukan fase tiap rentang waktu dan waktu generasinya pada fase log. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Jam 0 sampai 2.** Jumlah naik sangat sedikit ($2{,}0 \times 10^4$ menjadi $2{,}2 \times 10^4$). Sel masih beradaptasi: fase lag.
2. **Jam 2 sampai 8.** Jumlah naik kira-kira empat kali lipat tiap 2 jam: $8{,}8 \times 10^4 \div 2{,}2 \times 10^4 = 4$; $3{,}5 \times 10^5 \div 8{,}8 \times 10^4 \approx 4$; $1{,}4 \times 10^6 \div 3{,}5 \times 10^5 = 4$. Itu fase log.
3. **Waktu generasi.** Naik 4 kali lipat berarti berlipat dua sebanyak 2 kali ($2^2 = 4$) dalam 2 jam. Jadi 1 generasi = 2 jam ÷ 2 = 1 jam.
4. **Jam 10 sampai 14.** Jumlah hampir tetap, sekitar $3{,}0 \times 10^6$: fase stasioner, karena nutrisi menipis dan asam laktat menumpuk.
5. **Jam 14 sampai 18.** Jumlah turun menjadi $1{,}0 \times 10^6$: fase kematian.

Jawaban: lag (jam 0–2), log (jam 2–8), stasioner (jam 10–14), kematian (setelah jam 14); waktu generasi 1 jam. Cek akal sehat: bila pertumbuhan log berlanjut, jam 10 akan $5{,}6 \times 10^6$ ($1{,}4 \times 10^6$



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

× 4), tetapi data hanya $3{,}0 \times 10^6$, jadi laju pertumbuhan sudah melambat dan memang mendekati fase stasioner.

### Contoh 2: mendiagnosis produksi tempe yang gagal

Pada 2027, usaha tempe kecil "Sari Kedelai" memproduksi tempe tiap hari. Pada satu hari, tempe berlendir, berbau tajam seperti amonia, dan miseliumnya hampir tidak tumbuh. Bu Nita mencatat perbedaan batch hari itu dan batch kemarin yang berhasil. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

| Kondisi | Batch berhasil | Batch gagal |
|---|---|---|
| Kedelai | direbus, dikupas, ditiriskan | sama |
| Ragi tempe | merek dan takaran sama | sama |
| Suhu ruang | sekitar 30 °C | sekitar 30 °C |
| Kemasan | plastik **berlubang** | plastik **tanpa lubang**, diikat rapat |

1. **Cari yang berbeda.** Tiga baris pertama sama; hanya kemasan yang berbeda.
2. **Hubungkan dengan kebutuhan mikroba.** Kapang *Rhizopus* memerlukan oksigen untuk tumbuh. Kemasan tanpa lubang hampir tidak menyediakan oksigen.
3. **Jelaskan gejala.** Kapang tempe tidak tumbuh baik, sedangkan bakteri pembusuk yang tidak terlalu membutuhkan oksigen ikut berkembang. Bakteri ini menguraikan protein kedelai sehingga timbul lendir dan bau amonia.
4. **Tentukan perbaikan.** Beri lubang udara pada kemasan; kondisi lain tidak perlu diubah.

Jawaban: penyebabnya kekurangan oksigen karena kemasan tanpa lubang; perbaikannya memberi lubang udara. Cek akal sehat: suhu, bahan, dan ragi sama dengan batch berhasil, sehingga tidak bisa menjadi penyebab.

### Contoh 3: memilih kondisi inkubasi

Pada 2027, laboratorium pabrik minuman "Segar Nusa" harus menyiapkan tiga pekerjaan: (a) menghitung bakteri pada susu kemasan, (b) menghitung kapang dan khamir pada sari buah, dan (c) menumbuhkan starter khamir untuk fermentasi. Tentukan kondisi inkubasi yang cocok untuk tiap pekerjaan. *(Kasus fiktif untuk latihan; angka suhu dan waktu adalah contoh umum, ikuti SOP laboratorium masing-masing.)*

1. **Pekerjaan (a): bakteri.** Bakteri yang menjadi perhatian pada pangan adalah mesofil, termasuk yang tumbuh pada suhu tubuh. Inkubasi pada sekitar 35 sampai 37 °C selama 24 sampai 48 jam; sebuah metode resmi pangan yang kami buka memakai 35 °C selama 48 jam.
2. **Pekerjaan (b): kapang dan khamir.** Keduanya lebih menyukai suhu yang lebih rendah dan tumbuh lebih lambat. Contoh metode memakai sekitar 25 °C selama 3 sampai 5 hari. Jika dimasukkan ke inkubator bakteri 35 °C selama 48 jam, banyak kapang dan khamir belum tumbuh atau tumbuh lemah sehingga hasil menjadi terlalu rendah.
3. **Pekerjaan (c): starter khamir.** Khamir roti dan bioetanol tumbuh baik pada sekitar 30 °C. Starter dipakai saat fase log supaya sel aktif.

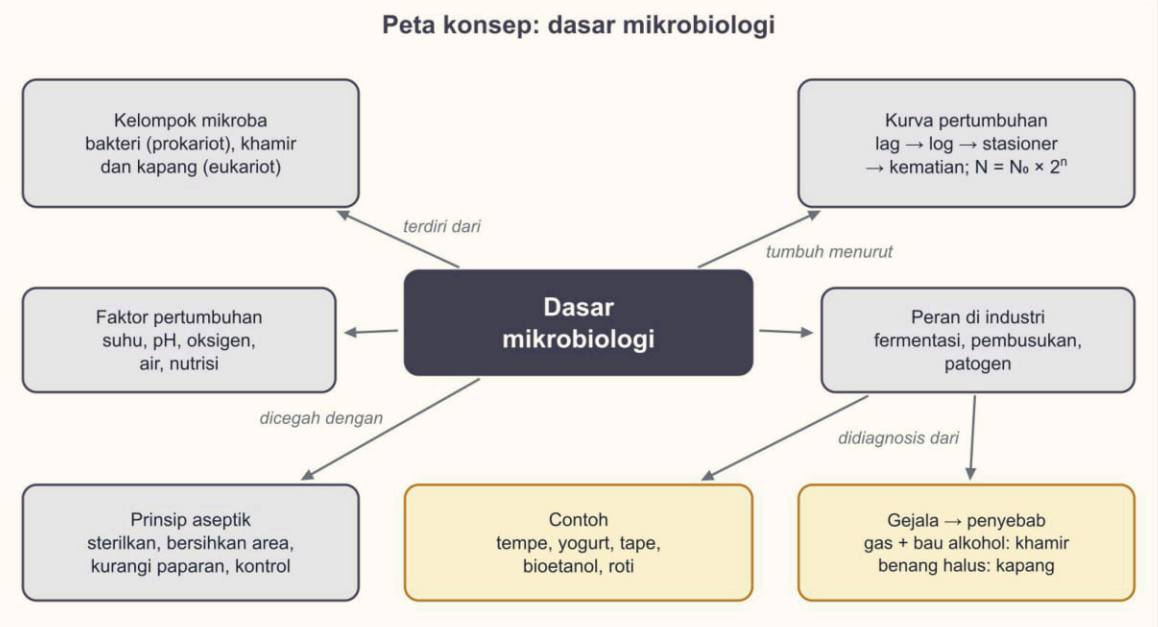


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Jawaban: (a) sekitar 35–37 °C, 24–48 jam; (b) sekitar 25 °C, 3–5 hari; (c) sekitar 30 °C. Cek akal sehat: makin dingin suhunya, makin lambat pertumbuhan, sehingga kelompok yang lebih menyukai suhu rendah memerlukan waktu inkubasi lebih lama.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 4.5 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 4.5 Peta konsep dasar mikrobiologi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Tiga kelompok:** bakteri (prokariot, membelah biner), khamir (eukariot bersel satu, bertunas), kapang (eukariot berbenang, berspora).
- **Kurva pertumbuhan:** lag → log → stasioner → kematian; di fase log $N = N_0 \times 2^n$ dan $n = t \div g$.
- **Lima faktor:** suhu, pH, oksigen, air, nutrisi; kegagalan diagnosis dilakukan dengan mencari satu faktor yang berbeda.
- **Peran:** fermentasi (tempe, yogurt, tape, bioetanol), pembusukan (gejala menunjuk jenis mikroba), patogen (tidak selalu terlihat).
- **Aseptik:** sterilkan alat, bersihkan area, kurangi paparan udara, sertakan kontrol steril.

**Istilah penting:** mikroba (makhluk hidup sangat kecil); koloni (kumpulan sel dari satu sel awal yang terlihat di media padat); prokariot (sel tanpa inti sejati); eukariot (sel berinti sejati); hifa (benang tubuh kapang); miselium (kumpulan hifa); fase lag (fase adaptasi); fase log (fase pertumbuhan cepat); waktu generasi (waktu satu sel menjadi dua); aerob (butuh oksigen); anaerob (tanpa oksigen); fermentasi (perubahan bahan oleh mikroba); patogen (penyebab penyakit); aseptik (bebas pencemaran).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal tentang mikroba:

1. **Bandingkan batch gagal dan batch berhasil.** Cari satu hal yang berbeda, lalu hubungkan dengan lima faktor pertumbuhan.
2. **Tebak mikroba dari gejala.** Gas dan bau alkohol menunjuk khamir; benang halus menunjuk kapang; lendir dan bau busuk menunjuk bakteri.
3. **Untuk kurva pertumbuhan,** lihat apakah jumlah naik, tetap, atau turun, lalu cocokkan dengan empat fase.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Fermentasi gagal dikira karena gula terlalu pekat**, padahal catatan menunjukkan perbedaan lain (misalnya suhu saat ragi dimasukkan).
- **Fase pertumbuhan tertukar**, misalnya fase lag dikira fase stasioner karena jumlah sama-sama hampir tetap.
- **Mikroba dianggap selalu merugikan**, atau sebaliknya produk yang tampak normal dianggap pasti aman.
- **Suhu dingin dianggap membunuh mikroba**, padahal hanya memperlambat.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa jumlah sel yang hampir tetap pada awal pengamatan adalah fase stasioner. Pada awal, sel belum membelah karena masih beradaptasi (fase lag). Fase stasioner terjadi setelah fase log, ketika nutrisi menipis dan jumlah sel yang lahir sama dengan yang mati.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan mendiagnosis kegagalan fermentasi: bandingkan batch gagal dan batch berhasil, temukan satu faktor yang berbeda, lalu hubungkan dengan kebutuhan mikroba. Pakai bagian 5 (faktor pertumbuhan) dan bagian 6 (peran mikroba).



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

►. Unit produksi bioetanol skala kecil di sekolah memfermentasi nira tebu dengan ragi roti (khamir Saccharomyces) (2027). Pada batch terakhir, Laila memasukkan ragi segera setelah nira selesai direbus, saat suhunya masih sekitar 80 °C, lalu menutup tangki. Setelah tiga hari tidak ada gelembung gas dan kadar gula nira hampir tidak berubah. Batch-batch sebelumnya memakai nira, cara perebusan, tangki tertutup, dan ragi dari kemasan yang sama, tetapi ragi baru dimasukkan setelah nira didinginkan semalam.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penyebab paling mungkin kegagalan batch itu adalah ....

A. Khamir mati karena dimasukkan ke nira yang masih terlalu panas
B. Nira terlalu pekat setelah direbus sehingga khamir terhambat tumbuh
C. Tangki ditutup rapat sehingga khamir kekurangan oksigen untuk fermentasi
D. Ragi dari kemasan itu sudah kedaluwarsa dan tidak aktif lagi
E. Nira menjadi terlalu asam setelah direbus sehingga khamir tidak aktif

**Pembahasan** **Kunci: A**

**Konsep:** Khamir tumbuh optimal pada suhu sekitar 25–35 °C. Suhu tinggi merusak protein sel sehingga khamir mati. Fermentasi alkohol berjalan tanpa oksigen dan tidak memerlukan cahaya.

**Langkah:**
1. Yang berbeda dari batch sebelumnya: ragi dimasukkan pada suhu 80 °C.
2. Suhu itu mematikan khamir → tidak ada gas dan gula tidak terpakai.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Suhu 80 °C mematikan khamir sehingga fermentasi tidak terjadi.
• **B.** ✗ Jebakan: kepekatan gula memang dapat menghambat khamir, tetapi batch sebelumnya memakai nira dan perebusan yang sama dan berhasil.
• **C.** ✗ Jebakan: fermentasi alkohol justru berlangsung tanpa oksigen; tangki tertutup juga dipakai pada batch yang berhasil.
• **D.** ✗ Jebakan: kemungkinan ini terbantah karena batch sebelumnya berhasil dengan ragi dari kemasan yang sama.
• **E.** ✗ Perebusan tidak membuat nira menjadi asam, dan perebusannya sama dengan batch yang berhasil.

**Jawaban: A.**

## ✎ LATIHAN

Soal latihan sub bab ini hanya satu dan sudah dibedah di atas. Latihan tambahan ada di Kuis Akhir Bab 4. Sebelum mengerjakannya, ulangi Contoh 1 sampai 3 dengan menutup jawabannya, lalu cocokkan.



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Apa perbedaan sel prokariot dan eukariot, dan di kelompok mana bakteri, khamir, dan kapang?
- Mengapa jumlah sel hampir tetap pada fase lag dan pada fase stasioner, padahal sebabnya berbeda?
- Mengapa botol sari buah yang menggembung dan berbau alkohol lebih mungkin disebabkan khamir daripada kapang?
- **Yang harus kuingat:** empat fase kurva pertumbuhan; lima faktor pertumbuhan; contoh fermentasi; prinsip aseptik.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 4.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-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 · Media pertumbuhan skala laboratorium

SMKTKI-4.2

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 4, dasar mikrobiologi) meminta kamu memahami **media pertumbuhan skala laboratorium**. Level soalnya mencakup pemahaman (apa isi media dan apa gunanya), aplikasi (menghitung massa serbuk media), dan penalaran (mencari penyebab media gagal atau memilih media untuk tujuan tertentu). Satu contoh soal resmi Pusmendik menanyakan pembuatan media *Skim Milk Agar* (media susu) yang harus disterilkan dengan cara khusus karena susu tidak tahan suhu autoklaf.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menghitung massa serbuk** dari takaran per liter, jumlah cawan, volume tiap cawan, dan cadangan; (2) **menilai langkah pembuatan** (air yang dipakai, kapan pH diatur, kapan disterilkan, bagaimana disimpan); (3) **mencari penyebab embun atau media menggumpal** dari suhu tuang dan posisi simpan; (4) **memilih media** menurut tujuan; (5) **memilih cara sterilisasi** untuk media yang rusak karena panas.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebut komponen media pertumbuhan dan fungsi tiap komponen;
- membedakan media cair dan padat serta media umum, selektif, dan diferensial;
- menghitung massa serbuk media dari takaran per liter, termasuk cadangan;
- menjelaskan langkah membuat dan menuang media beserta alasannya;
- menjelaskan mengapa media susu dan bahan peka panas disterilkan dengan cara lain.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

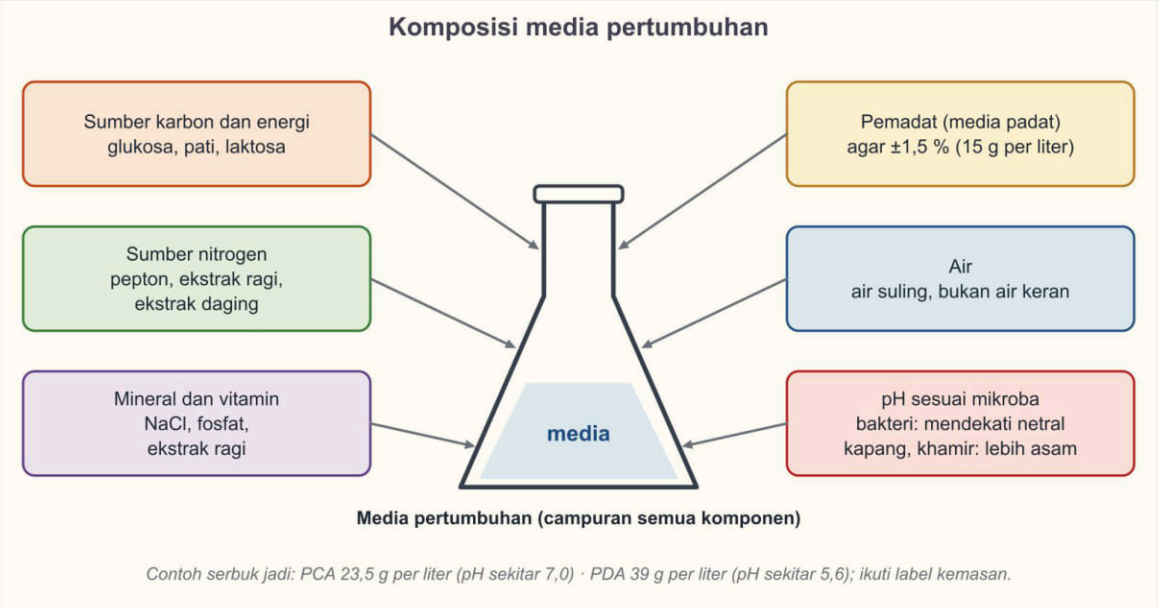
Kalau kamu ingin menumbuhkan tanaman di pot, kamu menyiapkan tanah, air, dan pupuk. Mikroba juga perlu "tanah dan pupuk" agar bisa tumbuh dan terlihat. Di laboratorium, makanan buatan ini disebut **media pertumbuhan** (*culture medium*). Tanpa media yang tepat, mikroba tidak bisa dibiakkan, dihitung, atau dikenali. Karena media harus bebas dari mikroba lain sejak awal, pembuatan media adalah pekerjaan paling dasar sekaligus paling teliti di laboratorium mikrobiologi.

### 1. Komposisi media pertumbuhan

Media pertumbuhan terdiri dari beberapa komponen (Gambar 4.6), masing-masing menjawab satu kebutuhan mikroba yang sudah kamu pelajari di sub bab 4.1.



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




*Gambar 4.6 Komponen utama media pertumbuhan dan contoh bahannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Sumber karbon dan energi:** gula (glukosa atau dekstrosa), pati, atau laktosa.
- **Sumber nitrogen: pepton** (protein yang sudah dipecah menjadi potongan kecil), ekstrak ragi, atau ekstrak daging. Nitrogen dibutuhkan untuk membuat protein sel.
- **Mineral dan vitamin:** garam seperti NaCl dan fosfat; vitamin umumnya sudah ada pada ekstrak ragi.
- **Pemadat: agar**, yaitu zat berserat dari rumput laut merah (agar-agar). Agar dipakai sekitar 1,5 persen (15 g per liter) untuk membuat media padat. Kebanyakan mikroba tidak menguraikan agar, sehingga permukaannya tetap padat dan koloni terlihat jelas. Agar mencair mendekati 85 °C, tetapi baru memadat saat dingin, sekitar 32 sampai 40 °C. Selisih suhu ini sangat berguna, karena media agar yang sudah dilelehkan bisa didinginkan sampai kira-kira 45 sampai 50 °C dan masih cair.
- **Air:** air suling (*aquadest*), bukan air keran. Air keran mengandung mineral dan sisa klorin yang mengubah komposisi media.
- **Derajat keasaman (pH):** disesuaikan dengan jenis mikroba. Bakteri umumnya menyukai pH mendekati netral, sedangkan kapang dan khamir menyukai pH lebih asam.

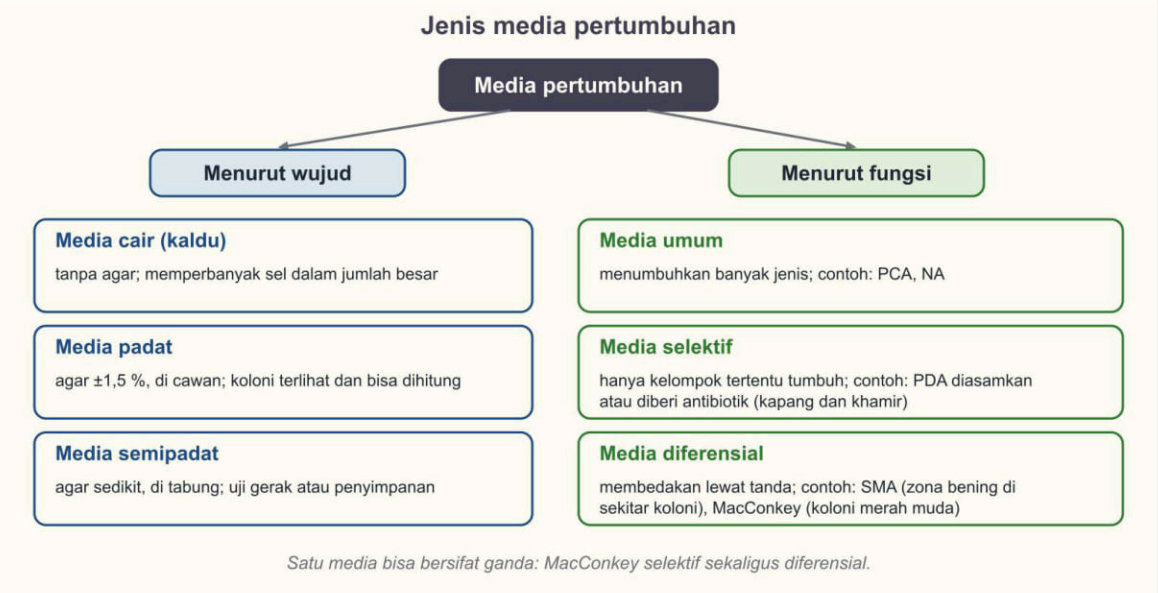
Pabrik penyedia media menjual campuran kering (serbuk media dehidrasi) yang sudah berisi semua komponen kecuali air. Pada label tertulis **takaran dalam gram per liter** dan pH akhir. Sebagai contoh yang diterbitkan produsen dan metode pangan yang kami buka: *Plate Count Agar* (PCA) terdiri dari 5,0 g tripton (sumber protein), 2,5 g ekstrak ragi, 1,0 g glukosa, dan 15,0 g agar per liter, sehingga 23,5 g serbuk per liter dengan pH akhir sekitar 7,0 ± 0,2. *Potato Dextrose Agar* (PDA) dibuat dari infus kentang (4 g), dekstrosa (20 g), dan agar (15 g) per liter, sehingga 39 g serbuk per liter dengan pH akhir sekitar 5,6 ± 0,2. Komposisi *Nutrient Agar* (NA) berbeda antar produsen, jadi selalu ikuti label kemasan yang kamu pakai (soal di buku ini memberi takaran pada soalnya).

## 2. Jenis media pertumbuhan



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

Media dikelompokkan menurut wujud dan menurut fungsinya (Gambar 4.7).




*Gambar 4.7 Pengelompokan media menurut wujud dan fungsi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

**Menurut wujud:**

- **Media cair (kaldu, *broth*)** tidak memakai agar. Cocok untuk memperbanyak sel dalam jumlah besar, tetapi koloni tunggal tidak terlihat.
- **Media padat** memakai agar dan dituang ke cawan petri. Cocok untuk menghitung koloni dan memisahkan jenis mikroba.
- **Media semipadat** memakai agar lebih sedikit, misalnya untuk menguji pergerakan bakteri atau menyimpan biakan dalam tabung.

**Menurut fungsi:**

- **Media umum** menumbuhkan banyak jenis mikroba. Contohnya PCA dan NA untuk menghitung bakteri secara keseluruhan.
- **Media selektif** hanya menumbuhkan kelompok tertentu karena ada zat penghambat bagi kelompok lain. Contohnya, PDA yang pH-nya diturunkan dengan sedikit asam atau diberi antibiotik dipakai untuk kapang dan khamir karena bakteri sulit tumbuh pada kondisi itu. Contoh lain: media yang mengandung garam empedu dan zat warna kristal violet menghambat bakteri Gram positif sehingga cocok untuk bakteri usus.
- **Media diferensial** membedakan mikroba lewat perubahan yang terlihat. Pada *Skim Milk Agar* (SMA), susu membuat media tampak keruh. Mikroba yang menguraikan protein susu (kasein) membentuk **zona bening** di sekeliling koloninya. Pada media MacConkey, bakteri yang memfermentasi laktosa menghasilkan koloni merah muda.

Satu media bisa bersifat ganda: MacConkey bersifat selektif sekaligus diferensial.

### 3. Menghitung massa serbuk media

Karena label menyebut takaran per liter, kamu menghitung massa serbuk dari volume media yang dibutuhkan:



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

**massa serbuk (g) = takaran (g/L) × volume total media (L)**

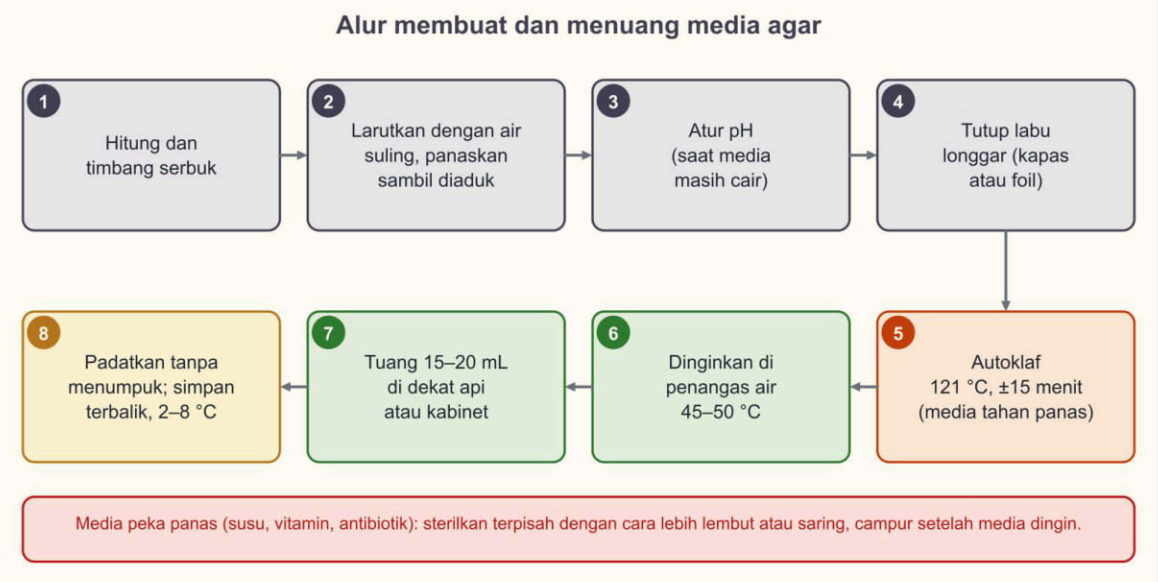
Volume total tidak hanya jumlah media yang masuk ke cawan. Cara menentukannya:

1. **Volume kebutuhan** = jumlah cawan × volume media tiap cawan. Cawan petri berdiameter sekitar 9 cm biasanya diisi 15 sampai 20 mL; pedoman pangan yang kami buka menyebut 12 sampai 15 mL untuk metode tuang.
2. **Tambah cadangan** (misalnya 10 persen dari kebutuhan). Alasannya: sebagian media menempel di dinding labu dan pipet, ada yang menguap selama pemanasan dan autoklaf, dan selalu ada yang tumpah atau tertinggal.
3. **Ubah mL menjadi L** (bagi 1.000) sebelum dikalikan takaran.
4. **Periksa kapasitas labu.** Labu yang akan diautoklaf sebaiknya hanya terisi sebagian (kira-kira setengah sampai dua pertiganya) supaya media tidak meluap saat mendidih.

Cadangan 10 persen artinya kebutuhan dikalikan 1,10, **bukan** ditambah 10 mL. Kesalahan yang sering terjadi adalah menghitung massa hanya dari jumlah cawan tanpa cadangan; hasilnya terlalu sedikit dan media habis sebelum semua cawan terisi. Prinsip pelarutan dan konversi satuan ini sama dengan pembuatan larutan di sub bab 2.2.

## 4. Membuat media: urutan dan alasan

Urutan kerja menyiapkan media agar ditunjukkan pada Gambar 4.8.




*Gambar 4.8 Alur membuat dan menuang media agar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Hitung dan timbang** serbuk dengan neraca. Serbuk media menyerap uap air dari udara, sehingga botol harus segera ditutup rapat setelah dipakai.
2. **Larutkan** serbuk dengan air suling di labu Erlenmeyer, lalu **panaskan sambil diaduk** sampai larut sempurna dan cairan jernih. Agar baru larut mendekati titik didih. Bila masih ada butiran, media tidak merata dan konsentrasi agar tidak seragam.
3. **Atur pH** bila perlu, saat media masih cair. Pengaturan pH dilakukan sebelum sterilisasi karena media yang sudah memadat tidak dapat diatur secara merata.
4. **Tutup labu** dengan sumbat kapas atau aluminium foil yang dilonggarkan, agar uap bisa



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

masuk saat sterilisasi tetapi mikroba dari udara tidak masuk setelahnya.

5. **Sterilkan dengan autoklaf**, pada 121 °C selama sekitar 15 menit untuk media tahan panas (cara kerja alat dibahas di sub bab 4.3). Media yang rusak oleh panas disterilkan dengan cara lain (bagian 5 di bawah).
6. **Dinginkan** di penangas air sampai sekitar 45 sampai 50 °C.
7. **Tuang** ke cawan petri steril di dekat nyala api atau di dalam kabinet aliran udara, lalu biarkan memadat.

### 5. Media yang tidak tahan panas: contoh media susu

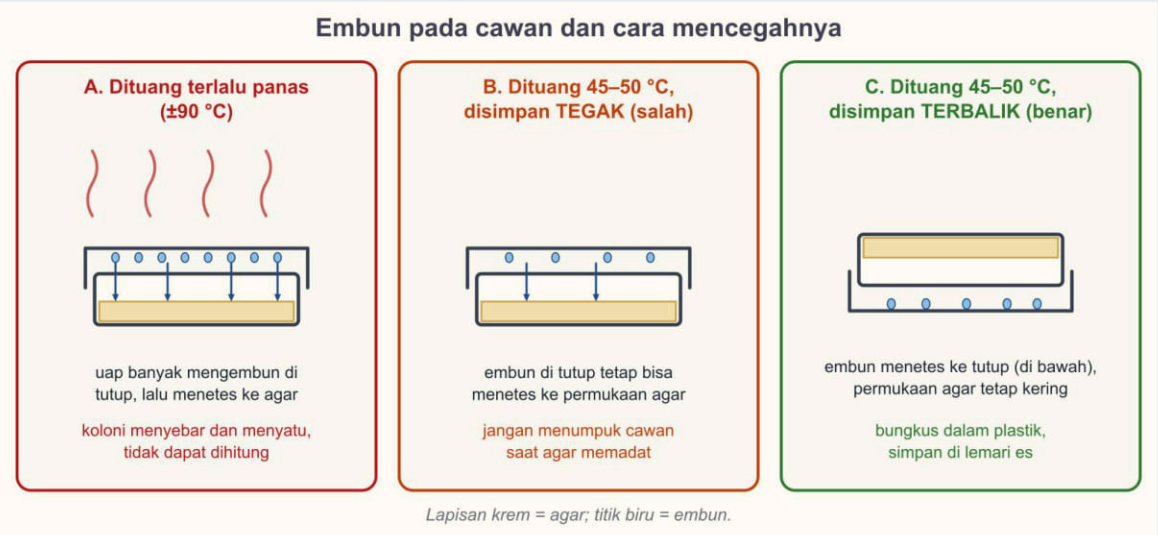
Tidak semua bahan boleh diautoklaf. **Media susu**, misalnya *Skim Milk Agar*, memakai susu skim sebagai sumber protein. Bila susu diautoklaf bersama agar pada 121 °C, susu berubah cokelat dan menggumpal, sehingga media rusak dan kehilangan fungsinya. Bahan seperti ini disebut **termolabil** (tidak tahan panas). Pilihan untuk menanganinya:

- **Sterilkan susu secara terpisah dengan cara lebih lembut.** Satu cara adalah pemanasan 100 °C berulang beberapa hari (**tyndalisasi**, sub bab 4.3). Sebagian SOP memakai autoklaf pada suhu lebih rendah dan waktu lebih singkat (misalnya sekitar 115 °C selama 10 sampai 15 menit); angka tepatnya mengikuti SOP laboratorium.
- **Sterilkan agar secara terpisah** pada 121 °C, lalu **dinginkan** ke sekitar 45 sampai 50 °C.
- **Campur keduanya secara aseptik** di dekat api, kemudian tuang.

Bahan peka panas lain, seperti beberapa vitamin, antibiotik, dan serum, disaring dengan membran steril dan ditambahkan setelah media dingin. Dasar pemikirannya selalu sama: **sterilkan tiap komponen dengan cara terkuat yang masih bisa ditahannya, lalu campur tanpa mencemari**.

### 6. Menuang media, embun, dan penyimpanan

Suhu tuang menentukan hasil. Gambar 4.9 menunjukkan penyebab dan cara mencegah embun.




*Gambar 4.9 Penyebab embun pada cawan dan cara menyimpan cawan agar embun tidak menetes ke permukaan agar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

- **Mengapa tidak dituang saat masih sangat panas?** Media panas melepaskan banyak uap. Uap menempel di tutup yang lebih dingin menjadi **embun**. Tetesan embun yang jatuh ke permukaan agar membuat koloni menyebar dan menyatu, sehingga tidak bisa dihitung. Untuk metode tuang yang mencampur contoh ke dalam media, media juga tidak boleh terlalu panas karena sel contoh akan ikut mati. Pedoman pangan yang kami buka memakai media bersuhu 45 ± 1 °C untuk dicampur dengan contoh. Salah satu contoh soal resmi Pusmendik membahas media bersuhu di atas 60 °C pada metode tuang: suhu setinggi itu membunuh bakteri yang akan dihitung.
- **Mengapa tidak dibiarkan terlalu dingin?** Agar mulai memadat di sekitar 32 sampai 40 °C. Bila dibiarkan terlalu lama di labu, media menggumpal sebelum sempat dituang merata. Karena itu labu dijaga di penangas air 45 sampai 50 °C.
- **Cara menuang:** tutup cawan dibuka sedikit, media dituang kira-kira 15 sampai 20 mL, cawan digoyang perlahan secara memutar agar rata, lalu dibiarkan memadat di permukaan datar. **Cawan jangan ditumpuk saat masih memadat**, karena tumpukan menahan panas dan memperbanyak embun.
- **Menyimpan:** setelah memadat, cawan disimpan **terbalik** (tutup di bawah, dasar berisi agar di atas) supaya embun yang terbentuk menetes ke tutup dan bukan ke agar. Cawan dibungkus dalam plastik dan disimpan di lemari es (sekitar 2 sampai 8 °C). Lama simpan mengikuti SOP; salah satu pedoman yang kami buka menyebut paling lama sekitar satu bulan untuk cawan siap pakai yang disimpan 0 sampai 4,4 °C. Sebelum dipakai, cawan dibiarkan mencapai suhu ruang.
- **Memeriksa kesterilan:** satu cawan dari tiap pembuatan diinkubasi tanpa diisi contoh sebagai **kontrol steril**. Bila ada koloni, seluruh media dibuang.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: massa serbuk media dengan cadangan

Pada 2027, Rangga di laboratorium QC pabrik sirup akan menghitung bakteri dengan media PCA pada 36 cawan petri. Tiap cawan diisi 12 mL. Label kemasan: 23,5 g serbuk per liter. Prosedur laboratorium meminta cadangan 10 persen dari kebutuhan. Berapa gram serbuk yang ditimbang, dan apakah labu 500 mL cukup? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Volume kebutuhan.** 36 × 12 mL = 432 mL.
2. **Tambah cadangan 10 persen.** 432 × 1,10 = 475,2 mL.
3. **Ubah ke liter.** 475,2 mL = 0,4752 L.
4. **Massa serbuk.** 23,5 g/L × 0,4752 L = 11,17 g (dibulatkan dua desimal).
5. **Periksa labu.** Volume 475 mL hampir memenuhi labu 500 mL, padahal labu sebaiknya terisi kira-kira setengah sampai dua pertiga. Gunakan labu 1.000 mL.

Jawaban: timbang sekitar 11,17 g serbuk PCA, larutkan dalam 475,2 mL air suling dan gunakan labu 1.000 mL. Cek akal sehat: 23,5 g untuk 1 L; untuk kira-kira setengah liter diperlukan sekitar setengahnya, yaitu 11,75 g, dan 11,17 g masuk akal karena volumenya sedikit di bawah 0,5 L.



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

### Contoh 2: memilih media menurut tujuan

Pada 2027, laboratorium pabrik saus "Rasa Nusantara" harus menyelesaikan tiga pekerjaan: (a) menghitung seluruh bakteri pada saus botol, (b) menghitung kapang dan khamir pada saus yang sama, dan (c) mencari apakah suatu isolat bakteri dapat menguraikan protein susu. Tentukan media untuk tiap pekerjaan. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Pekerjaan (a): semua bakteri.** Perlu media yang menumbuhkan banyak jenis bakteri tanpa membeda-bedakan, yaitu **media umum**. Pilih PCA (atau NA).
2. **Pekerjaan (b): kapang dan khamir.** Keduanya menyukai suasana lebih asam, sedangkan bakteri akan menutupi pertumbuhan mereka. Pilih **media selektif** untuk jamur, yaitu PDA yang pH-nya diturunkan atau diberi antibiotik untuk menekan bakteri.
3. **Pekerjaan (c): penguraian protein susu.** Perlu media yang membuat hasilnya terlihat. Pilih **media diferensial** *Skim Milk Agar*: koloni yang menguraikan kasein dikelilingi zona bening.

Jawaban: (a) PCA/NA, (b) PDA selektif, (c) SMA. Cek akal sehat: pekerjaan yang tujuannya "semua" butuh media umum; "hanya kelompok tertentu" butuh media selektif; "ada atau tidak ada kemampuan tertentu" butuh media diferensial.

### Contoh 3: mengatasi cawan penuh embun

Pada 2027, Salma di laboratorium pabrik tahu menuang media PCA pada suhu sekitar 47 °C ke 10 cawan. Ia kemudian menutup cawan, menumpuknya, dan memasukkan tumpukan itu ke lemari es dalam posisi tegak. Besok paginya tutup cawan penuh embun dan tetesan jatuh ke agar. Apa yang salah dan bagaimana memperbaikinya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Periksa suhu tuang.** 47 °C berada dalam rentang 45 sampai 50 °C, jadi bukan penyebabnya.
2. **Periksa cara memadatkan.** Cawan ditumpuk saat agar baru dituang. Tumpukan menahan panas sehingga uap tetap banyak dan mengembun di tutup.
3. **Periksa posisi simpan.** Cawan disimpan tegak. Embun di tutup menetes ke permukaan agar.
4. **Rancang perbaikan.** Biarkan cawan memadat di permukaan datar **tanpa ditumpuk**. Setelah padat, simpan **terbalik** dalam plastik pembungkus.

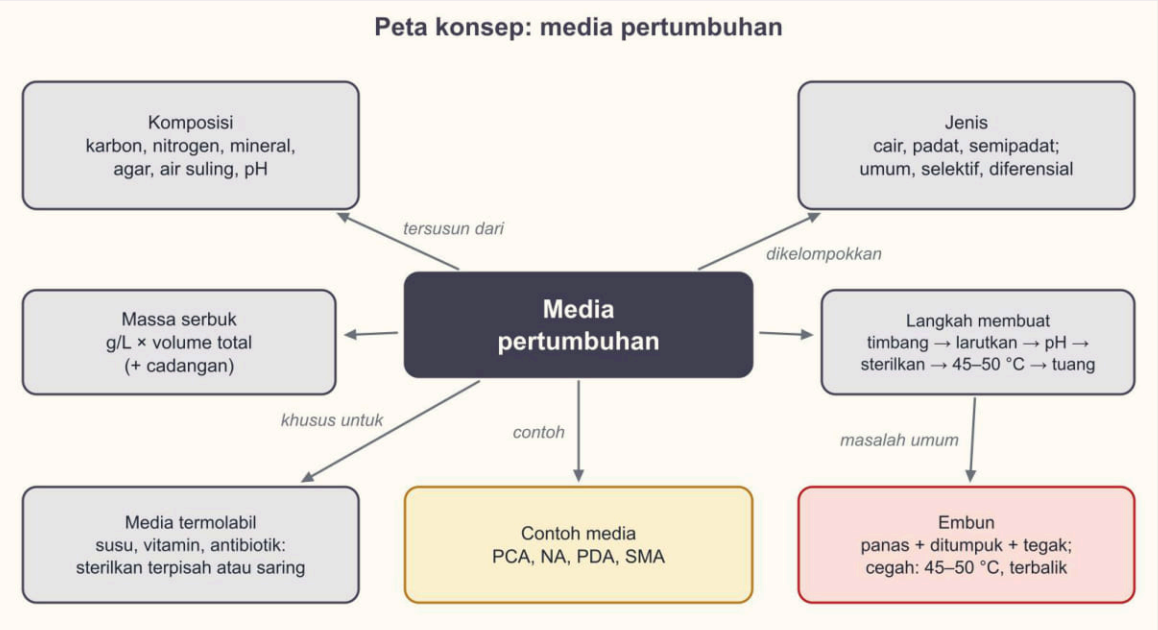
Jawaban: kesalahannya menumpuk cawan saat memadat dan menyimpannya tegak; perbaikannya memadatkan tanpa tumpukan dan menyimpan terbalik. Cek akal sehat: suhu tuang sudah benar, sehingga yang harus diubah adalah dua kebiasaan lain yang memengaruhi embun.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 4.10 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 4.10 Peta konsep media pertumbuhan skala laboratorium. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Komposisi:** sumber karbon, sumber nitrogen, mineral, pemadat (agar ±1,5 %), air suling, pH sesuai mikroba.
- **Jenis:** cair, padat, semipadat; menurut fungsi umum, selektif, diferensial.
- **Massa serbuk** = takaran (g/L) × volume total (L); volume total = cawan × isi tiap cawan × 1,10 (bila cadangan 10 %).
- **Urutan:** timbang → larutkan sambil dipanaskan → atur pH → sterilkan → dinginkan 45–50 °C → tuang → padatkan tanpa menumpuk → simpan terbalik.
- **Media termolabil** (susu, vitamin, antibiotik): sterilkan terpisah dengan cara lebih lembut atau disaring, campur secara aseptik.

**Istilah penting:** media pertumbuhan (makanan buatan mikroba); agar (pemadat dari rumput laut); pepton (protein yang dipecah); media selektif (menumbuhkan kelompok tertentu); media diferensial (membedakan mikroba lewat tanda yang terlihat); termolabil (tidak tahan panas); embun (uap yang mengembun di tutup cawan); cadangan (tambahan volume pengganti media yang hilang); kontrol steril (cawan tanpa contoh untuk memeriksa kesterilan); aquadest (air suling); kabinet aliran udara (tempat kerja bersih); tuang (memasukkan media ke cawan); inkubasi terbalik (cawan disimpan tutup di bawah).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal media:

1. **Ubah semua ke satuan sama** (mL ke L) lalu hitung berurutan: volume kebutuhan, cadangan, massa.
2. **Untuk soal urutan,** ingat alasan: pH diatur saat cair; sterilisasi dilakukan sebelum dituang; pendinginan ke 45–50 °C sebelum menuang.
3. **Untuk media rusak,** tanyakan: apakah bahan itu tahan panas? Bila tidak, cari cara sterilisasi lain.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Cadangan 10 persen tidak dihitung** atau dihitung sebagai 10 mL.
- **Menghitung cawan lebih banyak atau lebih sedikit** dari yang diminta.
- **Tutup cawan di atas** setelah memadat, sehingga embun menetes ke agar.
- **Media susu diautoklaf berlebihan** (suhu atau waktu terlalu tinggi).
- **Air keran** dipakai karena "toh nanti disterilkan".

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menyimpulkan bahwa menuang media pada 90 °C paling aman karena "suhu tinggi pasti steril". Media memang steril setelah autoklaf, tetapi pada suhu setinggi itu uap banyak mengembun di tutup dan menetes ke agar. Untuk metode tuang, sel dalam contoh juga akan ikut mati.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan menghitung massa serbuk dengan cadangan: tentukan volume kebutuhan, tambahkan cadangan, ubah ke liter, lalu kalikan takaran. Pakai bagian 3 (menghitung massa serbuk).

►. Analis mikrobiologi di pabrik saus akan menguji kapang dan khamir pada 15 cawan petri (2027). Setiap cawan diisi 20 mL media Potato Dextrose Agar (PDA). Petunjuk pada kemasan: 39 g serbuk per 1 liter air suling. Prosedur laboratorium mewajibkan cadangan volume 10% dari kebutuhan untuk mengganti media yang tertinggal di labu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa serbuk PDA yang harus ditimbang adalah ....

A. 11,70 g
B. 12,09 g
C. 12,87 g
D. 14,04 g
E. 15,60 g



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

**Pembahasan** **Kunci: C**

**Konsep:** Kebutuhan serbuk media = takaran (g/L) × volume total (L). Volume total = jumlah cawan × volume per cawan + cadangan.

**Langkah:**

1. Volume kebutuhan = 15 × 20 = 300 mL.
2. Ditambah cadangan 10% → 330 mL = 0,330 L.
3. Serbuk = 39 × 0,330 = 12,87 g.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: cadangan 10% tidak dihitung (39 × 0,300).
- **B.** ✗ Jebakan: cadangan dihitung 10 mL, bukan 10% (39 × 0,310).
- **C.** ✓ 39 × 0,330 = 12,87 g.
- **D.** ✗ Memakai cadangan 20%.
- **E.** ✗ Menghitung untuk 20 cawan.

**Jawaban: C.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal berikut, cari dulu satu penyebab yang membuat hasil gagal atau satu langkah yang keliru, lalu cocokkan dengan bagian 6.

**1.** Di laboratorium mikrobiologi pabrik roti, Sekar menuang media Plate Count Agar ke cawan segera setelah dikeluarkan dari autoklaf, saat suhunya masih hampir 100 °C (2027). Esok harinya, tutup cawan penuh embun dan tetesan air jatuh ke permukaan agar sehingga koloni menyebar. Pada percobaan lain, temannya menunggu terlalu lama sampai media menggumpal di labu.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Perbaikan yang paling tepat adalah ....

A. Menuang media saat suhunya masih di atas 90 °C tetapi cawan didinginkan lebih dulu

B. Menuang media setelah membeku di labu lalu melelehkannya sebentar di atas api

C. Menyimpan cawan dalam posisi tutup di atas segera setelah media dituang dan mengeras

D. Menunggu media turun ke sekitar 45–50 °C, masih cair dan hangat saat labu dipegang

E. Menambahkan air suling ke media agar lebih cepat dingin sebelum dituang

**Kunci singkat:** 1. D



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa agar dipakai sebagai pemadat, dan mengapa media agar bisa dituang pada 45–50 °C padahal agar mencair mendekati 85 °C?
- Mengapa media susu tidak diautoklaf bersama agar, dan bagaimana cara menyterilkannya?
- Mengapa cawan disimpan terbalik?
- **Yang harus kuingat:** rumus massa serbuk dengan cadangan; urutan membuat media; suhu tuang 45–50 °C; media termolabil.



**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 4.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-4.2



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

# Sub bab 4.3 · Teknik sterilisasi basah dan kering

SMKTKI-4.3

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 4, dasar mikrobiologi) meminta kamu memahami **teknik sterilisasi basah dan kering**. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu diminta memilih metode yang tepat untuk suatu benda atau bahan, menilai apakah sebuah siklus autoklaf sah, dan menjelaskan mengapa suatu cara gagal. Salah satu contoh soal resmi Pusmendik menggabungkan media susu, tyndalisasi, oven 170 °C, dan autoklaf dalam satu soal.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memasangkan benda dengan metode** (media, alat kaca, ose, larutan peka panas, plastik, limbah); (2) **membaca layar atau catatan autoklaf** lalu memutuskan apakah media boleh dipakai; (3) **memilih cara untuk bahan yang rusak oleh panas**; (4) **membedakan sterilisasi dan pasteurisasi**; (5) **menilai langkah tyndalisasi**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan arti steril dan membedakan sterilisasi, pasteurisasi, dan desinfeksi;
- menjelaskan cara kerja autoklaf dan oven serta syarat suhu dan waktunya;
- menjelaskan tyndalisasi, filtrasi, dan pemijaran serta kapan dipakai;
- membaca data siklus autoklaf dan indikator untuk memutuskan sah atau tidaknya sterilisasi;
- memilih metode sterilisasi yang tepat untuk benda dan bahan tertentu.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Bayangkan kamu sudah menyiapkan media dengan teliti, tetapi besoknya cawan penuh koloni di mana-mana. Penyebabnya hampir pasti mikroba yang sudah ada sejak awal di dalam media atau alat. Pekerjaan mikrobiologi hanya bermakna bila yang tumbuh adalah mikroba yang memang kita tanam, sehingga semua yang menyentuh media dan biakan harus **steril**.

### 1. Apa itu steril dan siapa musuh utamanya

**Steril** berarti bebas dari semua bentuk kehidupan mikroba, termasuk spora. Tidak ada tingkat "agak steril". **Sterilisasi** adalah proses membuat benda atau bahan menjadi steril. Istilah di sekitarnya perlu dibedakan:

- **Desinfeksi** menggunakan zat kimia (misalnya alkohol 70 % atau larutan klorin) untuk membunuh sebagian besar mikroba pada permukaan atau alat, tetapi tidak menjamin spora mati.
- **Pasteurisasi** memanaskan bahan pangan (susu, sari buah) pada suhu tertentu untuk mengurangi mikroba penyebab penyakit dan pembusuk. Bahan tidak menjadi steril.



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

- **Sterilisasi** mematikan semuanya, termasuk spora.

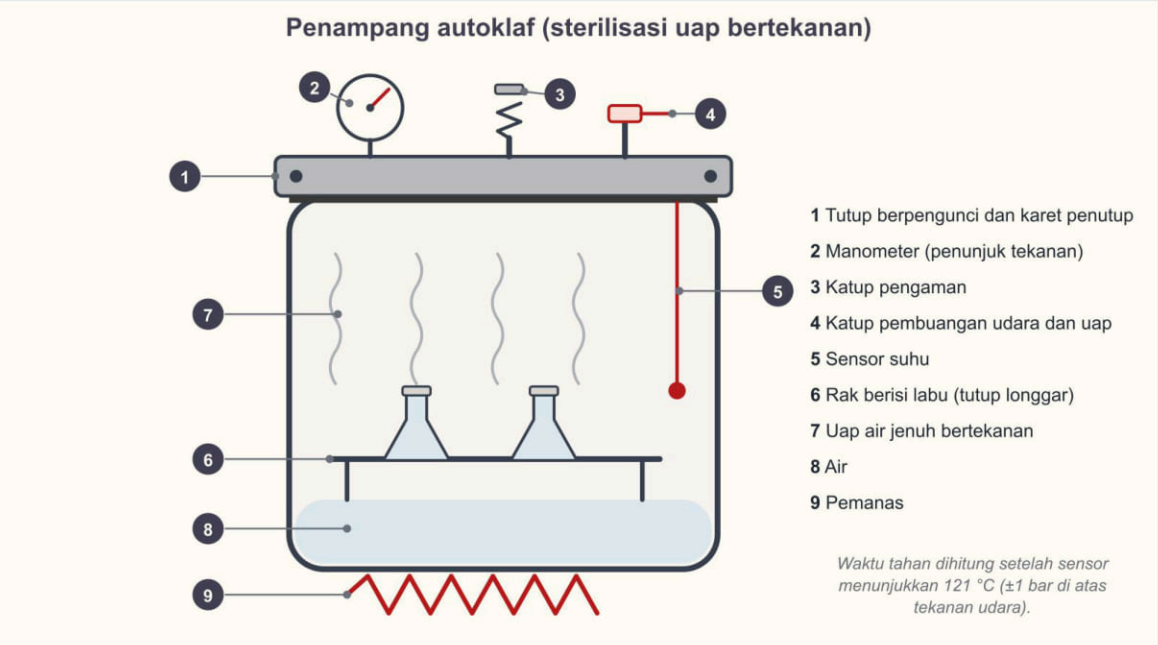
Yang membuat sterilisasi sulit adalah **endospora bakteri** (sub bab 4.1). Spora dapat bertahan pada pemanasan 100 °C, bahkan setelah air mendidih berjam-jam. Karena itu patokan sterilisasi yang tepercaya adalah suhu yang mampu mematikan spora, bukan sekadar membunuh sel biasa. Pada sterilisasi basah, patokan itu adalah 121 °C.

Ada dua keluarga metode panas, ditambah dua cara khusus (Gambar 4.12 merangkum semuanya):

- **Panas basah** (uap bertekanan): autoklaf.
- **Panas kering**: oven dan pemijaran.
- **Cara untuk bahan peka panas**: tyndalisasi dan penyaringan (filtrasi).

### 2. Sterilisasi basah: autoklaf

**Autoklaf** adalah bejana tertutup rapat yang mengisi ruangnya dengan **uap air jenuh bertekanan**. Air di dasar bejana dipanaskan sehingga menghasilkan uap. Karena bejana tertutup, uap tidak bisa lolos, tekanannya naik, dan **titik didih air ikut naik** sehingga suhu uap dapat melebihi 100 °C. Pada tekanan sekitar 1 bar di atas tekanan udara luar (kira-kira 15 psi), suhu uap mencapai **121 °C**. Pada tekanan yang lebih rendah, suhu uapnya juga lebih rendah; misalnya pada sekitar 0,5 bar di atas tekanan udara, suhunya hanya sekitar 111 °C. Perlu kamu pahami bahwa yang membunuh mikroba adalah **suhunya**, bukan tekanannya; tekanan hanyalah cara untuk mendapatkan suhu itu.




*Gambar 4.11 Penampang autoklaf dan bagian-bagian utamanya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Gambar 4.11 menunjukkan bagian-bagiannya: tutup berpengunci dengan karet penutup (agar tidak bocor), pemanas dan air di dasar, rak tempat benda, sensor suhu, manometer (penunjuk tekanan), katup pengaman, dan katup pembuangan uap. **Udara harus dibuang dulu** dari ruang sebelum suhu dihitung, karena campuran udara dan uap lebih dingin



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

daripada uap murni pada tekanan yang sama.

Mengapa uap lebih efektif daripada udara panas? Uap air menembus bahan, melepaskan banyak panas ketika mengembun pada benda yang lebih dingin, dan merusak protein sel dengan sangat efisien. Akibatnya, sterilisasi basah cukup dengan 121 °C selama kira-kira 15 menit untuk media dan alat dalam jumlah kecil, sedangkan panas kering memerlukan suhu 160 sampai 170 °C selama 1 sampai 2 jam.

Langkah memakai autoklaf secara umum:

1. **Isi air** sampai batas yang ditentukan dan periksa karet penutup.
2. **Susun benda** di rak. Tutup botol dan labu dilonggarkan atau memakai sumbat yang meloloskan uap, agar uap masuk dan tekanan di dalam botol tidak membuatnya pecah. Jangan menjejalkan benda terlalu rapat, supaya uap bisa menembus.
3. **Tutup dan kunci rapat**, pilih program (misalnya 121 °C selama 15 menit), lalu hidupkan.
4. **Tunggu sampai suhu 121 °C tercapai.** Hanya setelah itu **waktu tahan** dihitung. Waktu tahan 15 menit berarti 15 menit pada 121 °C, bukan 15 menit sejak alat dihidupkan. Botol atau volume besar memerlukan waktu tahan lebih lama daripada volume kecil karena panasnya perlu waktu untuk sampai ke tengah cairan; ikuti SOP (satu sumber terbuka yang kami baca menyebut 20 menit atau lebih untuk beban besar).
5. **Matikan pemanas dan tunggu** sampai tekanan turun mendekati nol dan suhu turun. Membuka autoklaf saat masih bertekanan sangat berbahaya, dan cairan yang diangkat terlalu cepat dapat mendidih mendadak lalu menyembur.
6. **Keluarkan benda** dengan sarung tangan tahan panas, lalu dinginkan.

Autoklaf cocok untuk media, larutan yang tahan panas (garam, air suling), alat kaca dan logam yang tahan lembap, dan **limbah biakan** sebelum dibuang. Autoklaf tidak cocok untuk bahan yang rusak oleh panas atau uap (susu, vitamin, antibiotik) dan benda plastik biasa yang meleleh.

### 3. Sterilisasi kering: oven dan pemijaran

**Oven sterilisasi** (*hot air oven*) memakai **udara panas kering**. Karena udara kering menghantarkan panas lebih lambat daripada uap, suhu dan waktunya lebih tinggi. Sumber terbuka yang kami baca menyebut kombinasi seperti 160 °C selama 2 jam atau 170 °C selama 1 jam; ada SOP yang memakai 170 °C sekitar 2 jam. Secara umum, suhu 160 sampai 180 °C selama 1 sampai 2 jam, dan waktu mulai dihitung setelah seluruh isi oven mencapai suhu itu. Ikuti SOP laboratorium untuk angka tepatnya.

Aturan pemakaian oven:

- **Benda harus kering** dan tahan panas tinggi: cawan petri kaca, pipet kaca, tabung kaca, dan alat logam. Cawan dan pipet **dibungkus kertas** atau diletakkan di wadah logam tertutup, sehingga tetap steril setelah keluar dari oven.
- **Tidak untuk cairan dan media.** Air dalam media akan menguap dan media rusak, sedangkan plastik meleleh dan kertas terbakar.



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

- **Dinginkan dulu di dalam oven** sebelum membukanya. Suhu yang turun mendadak dapat meretakkan kaca, dan udara luar yang masuk membawa mikroba.

**Pemijaran** (*flaming*) adalah sterilisasi kering paling cepat. Kawat ose, jarum, dan ujung pinset logam dipanaskan di nyala api sampai membara merah, lalu **didinginkan beberapa detik** sebelum menyentuh biakan, karena ose yang masih membara membunuh sel yang akan diambil. Mulut tabung dan labu juga dilewatkan di atas nyala api setelah tutup dibuka, agar udara bergerak keluar dan mikroba dari udara tidak masuk. Teknik ini dipraktikkan pada sub bab 4.4.

**Ringkasan metode sterilisasi**

| Metode | Suhu dan waktu (contoh) | Cocok untuk | Tidak cocok / catatan |
|---|---|---|---|
| **Autoklaf (panas basah)** | 121 °C, ±15 menit (waktu tahan) | media, larutan tahan panas, alat tahan lembap, limbah biakan | bahan peka panas (susu, vitamin); plastik biasa meleleh |
| **Oven (panas kering)** | 160–180 °C, 1–2 jam (mis. 160 °C 2 jam) | cawan dan pipet kaca terbungkus, alat logam kering | cairan, media, plastik (meleleh); kertas dapat terbakar |
| **Pemijaran** | sampai membara merah, lalu didinginkan sebentar | ose, jarum, ujung pinset logam | benda besar; ose panas membunuh sel yang diambil |
| **Tyndalisasi** | 100 °C, ±30 menit, 3 hari + jeda ±24 jam | bahan peka autoklaf dan keruh (mis. susu skim) | kurang andal dibanding autoklaf; makan waktu |
| **Filtrasi** | membran pori 0,22 µm | larutan jernih peka panas (vitamin, antibiotik) | larutan keruh menyumbat; virus tidak tertahan |
| **Pasteurisasi** | 63 °C 30 menit atau 72 °C 15 detik | susu dan sari buah (mengurangi mikroba) | BUKAN sterilisasi: spora bertahan, simpan dingin |

*Angka tepat mengikuti SOP laboratorium dan petunjuk alat.*

*Gambar 4.12 Ringkasan metode sterilisasi: suhu dan waktu contoh, bahan yang cocok, dan keterbatasannya. Angka tepat mengikuti SOP. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

### 4. Tyndalisasi untuk bahan yang rusak oleh autoklaf

Sebagian bahan, misalnya susu skim untuk media susu, berubah cokelat dan menggumpal bila diautoklaf pada 121 °C. Bahan seperti itu juga terlalu keruh untuk disaring. Untuk bahan ini dipakai **tyndalisasi** (sterilisasi bertahap), yang memanfaatkan sifat spora (Gambar 4.13).




*Gambar 4.13 Skema tyndalisasi: pemanasan 100 °C berulang tiga hari dengan jeda inkubasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Hari 1:** bahan dikukus pada 100 °C selama sekitar 30 menit. Sel biasa (sel vegetatif) mati, tetapi spora bertahan.
2. **Jeda sekitar 24 jam** pada suhu ruang atau suhu hangat. Dalam jeda ini, spora yang bertahan **bertunas** menjadi sel biasa yang kembali peka terhadap panas.
3. **Hari 2:** dikukus lagi sekitar 30 menit. Sel hasil tunas mati. Spora yang masih tertinggal bertunas pada jeda berikutnya.
4. **Hari 3:** pemanasan ketiga mematikan sisa sel hasil tunas, sehingga bahan menjadi steril atau sangat mendekati steril.

Sumber yang berbeda memakai lama pemanasan yang berbeda (15 sampai 30 menit); buku ini memakai 30 menit sesuai contoh soal. Tyndalisasi tidak seandal autoklaf, tetapi tidak merusak bahan yang peka panas. Cara lain untuk bahan yang peka panas adalah penyaringan, dibahas berikut.

### 5. Penyaringan (filtrasi)

Pada **filtrasi**, larutan dilewatkan melalui **membran** berpori sangat halus, yaitu sekitar 0,22 µm (ada yang menyebut 0,2 µm), cukup kecil untuk menahan sel bakteri yang berukuran sekitar 1 µm. Larutan yang lolos menjadi steril tanpa dipanaskan. Karena itu filtrasi dipakai untuk larutan peka panas yang jernih: vitamin, antibiotik, dan beberapa larutan enzim. Peralatan penyaring (corong dan wadah penampung) harus steril. Beberapa batasan: larutan keruh atau kental menyumbat membran (susu skim tidak bisa disaring), dan membran 0,22 µm tidak menahan virus. Karena itu hasil saringan tetap perlu diperlakukan aseptik.

**Penyinaran ultraviolet (UV)** juga dipakai untuk menyucihamakan permukaan kabinet dan ruangan. Namun sinar UV tidak menembus cairan keruh atau bahan padat, sehingga tidak



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

cocok untuk menyterilkan media atau susu.

### 6. Pasteurisasi bukan sterilisasi

Pasteurisasi memanaskan bahan pangan cukup untuk mematikan sel penyebab penyakit dan pembusuk, tetapi **spora bertahan**. Karena itu produk pasteurisasi harus disimpan dingin dan umur simpannya pendek. Dua contoh klasik pada susu: pasteurisasi suhu rendah waktu lama (sekitar 63 °C selama 30 menit) dan pasteurisasi suhu tinggi waktu singkat (sekitar 72 °C selama 15 detik). Pada proses **UHT** (*ultra high temperature*), susu dipanaskan sekitar 135 sampai 138 °C selama beberapa detik, sehingga hasilnya dapat disimpan lama tanpa lemari es dalam kemasan steril. Perhatikan bahwa pemanasan pada 100 °C satu kali (merebus air) juga tidak menyterilkan.

### 7. Indikator dan membaca layar autoklaf

Bagaimana kamu tahu bahwa sterilisasi berhasil? Ada tiga petunjuk, dengan kekuatan yang berbeda.

- **Data siklus** (layar atau catatan): program, suhu tertinggi, tekanan tertinggi, waktu tahan, dan status. Syarat sah yang utama: **suhu minimal yang ditetapkan (121 °C) tercapai dan ditahan selama waktu yang ditetapkan.** Status "siklus selesai" hanya berarti program sudah berjalan sampai habis; status itu tidak membuktikan suhunya tercapai. Bila suhu atau tekanan lebih rendah dari yang diharapkan (misalnya karena udara belum terbuang atau katup bocor), siklus tidak sah walaupun waktu tahan tercatat penuh.
- **Indikator kimia**, misalnya pita autoklaf dengan garis putih yang berubah menjadi hitam bila suhu tertentu tercapai. Pita hanya menunjukkan bahwa suhu tercapai, bukan bahwa waktu cukup, sehingga pita yang berubah warna **belum membuktikan benda steril**.
- **Indikator biologis**, yaitu strip atau ampul berisi spora *Geobacillus stearothermophilus* yang sangat tahan panas. Strip ikut diautoklaf lalu diinkubasi. Bila spora tumbuh (cairan keruh atau berubah warna), sterilisasi gagal; bila tidak tumbuh, sterilisasi efektif. Ini bukti yang paling kuat.

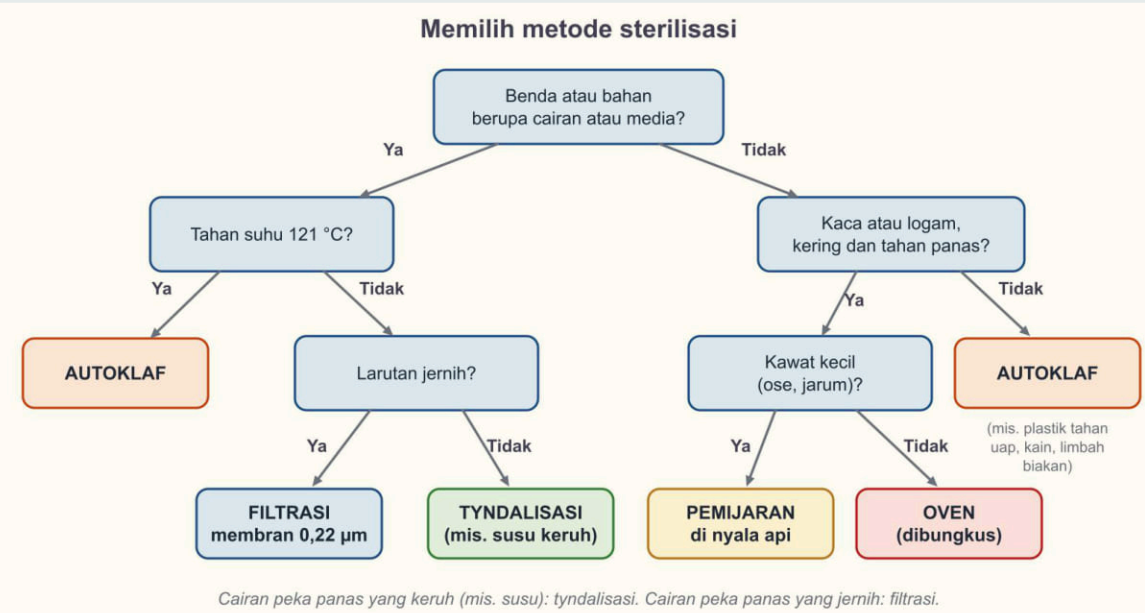
Bila ada pertentangan, ambil yang paling kuat: indikator biologis mengalahkan pita kimia, dan suhu yang tidak tercapai mengalahkan status "selesai". Media atau alat dari siklus yang tidak sah **tidak boleh dipakai**; setelah penyebabnya diperiksa dan diperbaiki, sterilisasi diulang.

### 8. Memilih metode untuk tiap benda

Pilih metode dengan bertanya berurutan (Gambar 4.14): apakah benda itu cair atau padat, tahan panas atau tidak, jernih atau keruh, kaca atau logam.



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




*Gambar 4.14 Pohon pilihan metode sterilisasi menurut sifat benda atau bahan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: memilih metode untuk lima benda

Pada 2027, Dewi, teknisi laboratorium pabrik kecap, harus menyiapkan: (a) larutan pengencer garam fisiologis dalam botol, (b) pipet kaca yang sudah dibungkus kertas, (c) kawat ose dari nikrom, (d) larutan antibiotik jernih yang rusak oleh panas, dan (e) cawan berisi biakan bekas yang akan dibuang. Pilih metode sterilisasi untuk tiap benda. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **(a) Larutan pengencer.** Cair dan tahan 121 °C: **autoklaf**.
2. **(b) Pipet kaca terbungkus.** Padat, kaca kering, tahan panas kering: **oven** (dingin dulu di dalam oven sebelum dibuka).
3. **(c) Kawat ose.** Kawat logam kecil yang dipakai berulang selama bekerja: **pemijaran** di nyala api sampai membara, didinginkan sebentar sebelum menyentuh biakan.
4. **(d) Larutan antibiotik.** Cair, jernih, tetapi tidak tahan panas: **filtrasi** membran 0,22 µm steril.
5. **(e) Biakan bekas.** Harus dimatikan sebelum dibuang agar mikroba tidak lolos ke lingkungan: **autoklaf**.

Jawaban: (a) autoklaf, (b) oven, (c) pemijaran, (d) filtrasi, (e) autoklaf. Cek akal sehat: cairan tahan panas masuk autoklaf, kaca kering masuk oven, kawat kecil dipijarkan, cairan peka panas disaring.

### Contoh 2: menyusun jadwal tyndalisasi

Pada 2027, Gilang membuat 100 mL larutan susu skim untuk media susu. Susu itu keruh dan rusak bila diautoklaf. Ia mulai tyndalisasi pada hari Senin pukul 08.00 dengan pengukusan 30



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

menit. Buat jadwalnya dan hitung berapa lama dari mulai sampai akhir. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hari 1 (Senin).** Kukus 08.00 sampai 08.30 pada 100 °C. Sel biasa mati, spora bertahan. Simpan pada suhu ruang.
2. **Jeda 24 jam.** Spora bertunas menjadi sel biasa.
3. **Hari 2 (Selasa).** Kukus 08.00 sampai 08.30. Sel hasil tunas mati. Simpan lagi.
4. **Jeda 24 jam.** Spora yang tersisa bertunas.
5. **Hari 3 (Rabu).** Kukus 08.00 sampai 08.30. Pemanasan ketiga mematikan sisa sel hasil tunas.
6. **Hitung lama.** Dari Senin 08.00 sampai Rabu 08.30 ada 48 jam 30 menit; waktu pemanasan total 3 × 30 = 90 menit.

Jawaban: tiga pengukusan 30 menit tiap hari berturut-turut, dengan jeda sekitar 24 jam; seluruh proses 48 jam 30 menit. Cek akal sehat: jeda harus ada, karena tanpa jeda spora tidak sempat bertunas dan tidak ada sel baru yang bisa dimatikan oleh pemanasan berikutnya.

### Contoh 3: menilai hasil sterilisasi dari data siklus dan indikator

Pada 2027, tiga siklus autoklaf media di laboratorium QC dicatat sebagai berikut. Program semuanya 121 °C selama 15 menit. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

| Siklus | Suhu tertinggi | Waktu tahan | Status | Pita autoklaf | Strip spora setelah inkubasi |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 121,4 °C | 15:00 menit | selesai | hitam penuh | tidak tumbuh |
| B | 121,2 °C | 15:00 menit | selesai | hitam penuh | tumbuh (keruh) |
| C | 118,0 °C | 15:00 menit | selesai | abu-abu | belum diuji |

Tentukan siklus mana yang sah. Untuk yang tidak sah, jelaskan apa yang harus dilakukan.

1. **Siklus A.** Suhu minimal 121 °C tercapai, waktu tahan cukup, pita hitam penuh, dan strip spora tidak tumbuh. **Sah.**
2. **Siklus B.** Data layar dan pita tampak baik, tetapi strip spora tumbuh. Indikator biologis adalah bukti terkuat, jadi sterilisasi **tidak sah**. Sensor layar mengukur suhu uap di ruang, bukan di dalam botol, sehingga bagian dalam beban yang terlalu penuh dapat tidak mencapai suhu itu.
3. **Siklus C.** Suhu tertinggi hanya 118,0 °C (di bawah 121 °C), pita belum berubah penuh. Status "selesai" tidak cukup. **Tidak sah.**
4. **Tindakan.** Media dari siklus B dan C tidak dipakai. Periksa penyebab (udara belum terbuang, katup atau karet bocor, beban terlalu rapat, volume besar tanpa penambahan waktu), perbaiki, lalu ulangi sterilisasi.

Jawaban: hanya siklus A yang sah; B dan C diulang setelah penyebabnya diperbaiki. Cek akal sehat: tidak ada satu pun yang diterima hanya karena kata "selesai" atau karena waktu tahan 15 menit; syarat utamanya adalah suhu dan bukti biologis.



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

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 4.15 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 4.15 Peta konsep teknik sterilisasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Steril** = bebas semua mikroba termasuk spora; pasteurisasi dan desinfeksi bukan sterilisasi.
- **Autoklaf:** uap bertekanan, 121 °C, ±15 menit waktu tahan (dihitung setelah 121 °C tercapai); untuk media, larutan tahan panas, limbah biakan.
- **Oven:** panas kering 160–180 °C, 1–2 jam; untuk kaca dan logam kering terbungkus; tidak untuk cairan dan plastik.
- **Pemijaran** untuk ose; **tyndalisasi** (100 °C, 3 hari, jeda inkubasi) dan **filtrasi 0,22 µm** untuk bahan peka panas.
- **Siklus sah** = suhu tercapai dan ditahan; "selesai" saja tidak cukup; indikator biologis paling kuat.

**Istilah penting:** steril (bebas semua mikroba); sterilisasi (proses menjadikan steril); desinfeksi (pembunuhan mikroba dengan zat kimia); pasteurisasi (pemanasan yang tidak menyterilkan); autoklaf (alat sterilisasi uap bertekanan); waktu tahan (lama pada suhu sterilisasi); sterilisasi kering (panas kering di oven); pemijaran (pemanasan sampai membara); tyndalisasi (pemanasan berulang dengan jeda); filtrasi (penyaringan membran); indikator kimia (pita warna); indikator biologis (strip spora); endospora (bentuk istirahat tahan panas); termolabil (tidak tahan panas).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sterilisasi:

1. **Kenali sifat bahan:** cair atau padat, tahan panas atau tidak, jernih atau keruh.
2. **Cocokkan dengan metode** memakai pohon pilihan (Gambar 4.14).
3. **Untuk data autoklaf,** cek tiga hal berurutan: suhu minimal tercapai, waktu tahan cukup, indikator (biologis lebih kuat dari kimia).

Jebakan yang sering dipasang:

- **Media cair dimasukkan oven.**
- **Mengira 100 °C satu kali menyterilkan,** padahal spora bertahan.
- **Autoklaf dipakai untuk semua bahan,** termasuk susu dan larutan peka panas.
- **Memperpanjang waktu autoklaf** untuk bahan yang rusak panas, bukan mengganti metode.
- **Status "selesai" atau waktu tahan penuh dianggap cukup** padahal suhu belum 121 °C.
- **Filtrasi dipakai untuk bahan keruh,** misalnya susu.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menyatakan sterilisasi berhasil karena layar autoklaf menunjukkan "selesai" dan waktu tahan 15 menit, padahal suhu tertinggi hanya 118 °C. Sterilisasi basah mensyaratkan suhu 121 °C; tanpa suhu itu spora dapat bertahan walaupun waktunya cukup.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan memasangkan benda dengan metode sterilisasi: kenali sifat tiap benda (cair atau padat, tahan panas atau tidak), lalu pilih metode dari bagian 2 sampai 5.

►. Di laboratorium mikrobiologi unit QC pabrik minuman, Tegar menyiapkan uji cemaran mikroba (2027). Ia harus mensterilkan: media Nutrient Agar dalam labu, cawan petri kaca dan pipet kaca yang dibungkus kertas, jarum ose logam, serta larutan vitamin yang rusak bila dipanaskan. Tersedia autoklaf, oven, pembakar spiritus, dan penyaring membran 0,22 µm steril.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pasangan benda dan metode sterilisasi yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Media Nutrient Agar disterilkan dalam oven pada 170 °C selama 2 jam.
☐ B. Cawan petri dan pipet kaca terbungkus disterilkan dalam oven.
☐ C. Jarum ose dipijarkan pada nyala pembakar spiritus sampai merah sebelum dan sesudah dipakai.
☐ D. Larutan vitamin disaring dengan penyaring membran 0,22 µm steril.
☐ E. Media Nutrient Agar disterilkan dalam autoklaf pada 121 °C selama sekitar 15 menit.



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

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

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

**Konsep:** Sterilisasi basah (autoklaf 121 °C, ±15 menit) untuk media dan larutan tahan panas; sterilisasi kering (oven 160–180 °C, 1–2 jam) untuk alat kaca/logam; pemijaran untuk ose; penyaringan membran untuk larutan tidak tahan panas.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: oven (panas kering) untuk alat kaca/logam; media cair/agar disterilkan dengan autoklaf karena air dalam media akan menguap dan media rusak di oven.

• **Pernyataan 2** ✓ Alat kaca kering tahan panas kering dan tetap kering setelah sterilisasi.

• **Pernyataan 3** ✓ Pemijaran (flambir) cepat dan tuntas untuk alat logam kecil.

• **Pernyataan 4** ✓ Bahan tidak tahan panas disterilkan dengan penyaringan; mikroba tertahan pada membran.

• **Pernyataan 5** ✓ Uap bertekanan pada 121 °C membunuh mikroba termasuk spora.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 4, 5.**

## ✎ LATIHAN

Soal latihan sub bab ini hanya satu dan sudah dibedah di atas. Latihan tambahan ada di Kuis Akhir Bab 4. Sebelum mengerjakannya, ulangi Contoh 1 sampai 3 dengan menutup jawabannya, lalu cocokkan.

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa waktu tahan autoklaf baru dihitung setelah suhu 121 °C tercapai?
- Mengapa media cair tidak boleh disterilkan di oven, dan mengapa susu tidak boleh diautoklaf?
- Mengapa tyndalisasi memerlukan jeda sekitar 24 jam di antara pemanasan?
- **Yang harus kuingat:** autoklaf 121 °C ±15 menit; oven 160–180 °C, 1–2 jam untuk kaca dan logam kering; tyndalisasi dan filtrasi untuk bahan peka panas; siklus sah bila suhu tercapai.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 4.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-4.3



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

# Sub bab 4.4 · Isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba (ALT/TPC)

SMKTKI-4.4

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 4, dasar mikrobiologi) meminta kamu memahami **isolasi dan inokulasi dengan metode tuang, gores, dan sebar**, serta **angka lempeng total** (ALT, juga disebut TPC atau *total plate count*). Levelnya pemahaman sampai penalaran, dan sub bab ini termasuk yang paling banyak soalnya di Bab 4 karena memuat hitungan. Salah satu contoh soal resmi Pusmendik membahas metode tuang dengan media yang suhunya di atas 60 °C.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menghitung ALT** dari tabel jumlah koloni pada beberapa pengenceran dan menentukan apakah produk memenuhi batas; (2) **memilih cawan** yang boleh dipakai (rentang hitung); (3) **menghitung faktor pengenceran** dari volume pipet dan massa contoh; (4) **membandingkan metode tuang dan sebar** untuk jenis mikroba tertentu; (5) **menilai hasil gores kuadran** dan memilih koloni yang tepat; (6) **menyusun atau menilai langkah kerja aseptik**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan tujuan isolasi, inokulasi, dan inkubasi serta teknik aseptik dengan ose dan nyala api;
- membuat pengenceran bertingkat dan menghitung faktor pengencerannya;
- membedakan metode tuang, sebar, dan gores serta memilih metode yang tepat;
- memilih cawan yang memenuhi rentang hitung dan menghitung ALT dalam CFU per mL atau per gram;
- menilai hasil gores kuadran dan alasan di balik kegagalannya.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pabrik minuman, roti, dan air kemasan perlu menjawab dua pertanyaan tentang mikroba. Pertama, **berapa banyak** mikroba hidup di dalam produk ini? Kedua, **mikroba apa** yang ada, dan bisakah saya memisahkan satu jenis agar bisa dikenali atau dibiakkan? Pertanyaan pertama dijawab dengan **perhitungan** (ALT), pertanyaan kedua dengan **isolasi**. Keduanya memakai alat dan cara kerja yang saling berkaitan, yaitu pengenceran, penanaman di media padat, dan penghitungan atau pemisahan koloni.

### 1. Istilah dasar

- **Inokulasi** adalah memindahkan mikroba (dari contoh atau biakan) ke media. Bahan yang dipindahkan disebut **inokulum**.
- **Inkubasi** adalah menyimpan media yang sudah diinokulasi pada suhu dan waktu tertentu supaya mikroba tumbuh.



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

- **Koloni** adalah kumpulan sel dari satu sel atau satu kelompok sel awal yang tampak di media padat. Karena satu koloni berasal dari satu **unit** sel hidup, hasil hitungan ditulis dalam **CFU** (*colony forming unit*, unit pembentuk koloni), bukan "jumlah sel".
- **Isolasi** adalah memisahkan satu jenis mikroba dari campuran sampai diperoleh **biakan murni**, yaitu biakan yang hanya berisi satu jenis mikroba, biasanya dari satu koloni terpisah.

### 2. Teknik aseptik di meja kerja

Sub bab 4.1 sudah memperkenalkan prinsip aseptik; berikut caranya pada saat menanam (kamu juga akan memakainya pada preparat di sub bab 4.5).

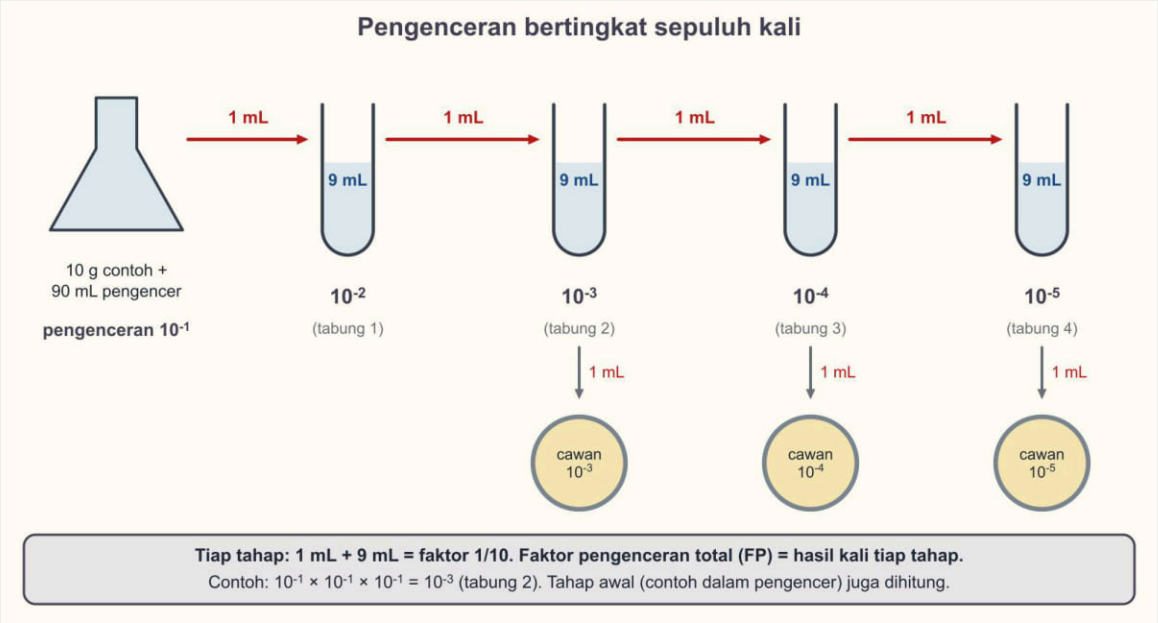
- **Ose** adalah alat tanam berupa kawat logam (nikrom) bergagang. Ose lingkar (berujung cincin kecil) dipakai untuk menggores; ose lurus (jarum) dipakai untuk menusuk media tegak.
- **Pijarkan ose** di nyala api sampai membara merah, **tunggu beberapa detik sampai dingin**, baru ambil biakan. Ose yang masih membara membunuh sel yang akan diambil. Setelah selesai, pijarkan lagi.
- **Mulut tabung dan labu** dilewatkan di atas nyala api setelah tutupnya dibuka dan sebelum ditutup kembali, supaya udara mengalir keluar dan mikroba dari udara tidak masuk.
- **Tutup cawan** dibuka sedikit seperlunya, jangan lebar-lebar dan jangan diletakkan terbuka di meja.
- **Bekerja di dekat nyala api** atau di dalam kabinet aliran udara; meja diseka alkohol 70 % sebelum dan sesudah bekerja.
- **Beri label** pada dasar cawan, bukan pada tutup, karena tutup mudah tertukar. Tulis kode contoh, pengenceran, tanggal, dan metode.

### 3. Pengenceran bertingkat

Contoh pangan bisa mengandung jutaan mikroba per mL. Bila contoh pekat ditanam langsung, koloni akan berdesakan dan menyatu sehingga tidak bisa dihitung. Karena itu contoh **diencerkan bertahap** dengan **larutan pengencer steril**, misalnya larutan garam fisiologis atau larutan pepton (menurut SOP), sampai jumlah koloni di cawan cukup untuk dihitung (Gambar 4.16).



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




*Gambar 4.16 Pengenceran bertingkat sepuluh kali: satu mililiter dipindahkan ke sembilan mililiter pengencer pada tiap tahap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

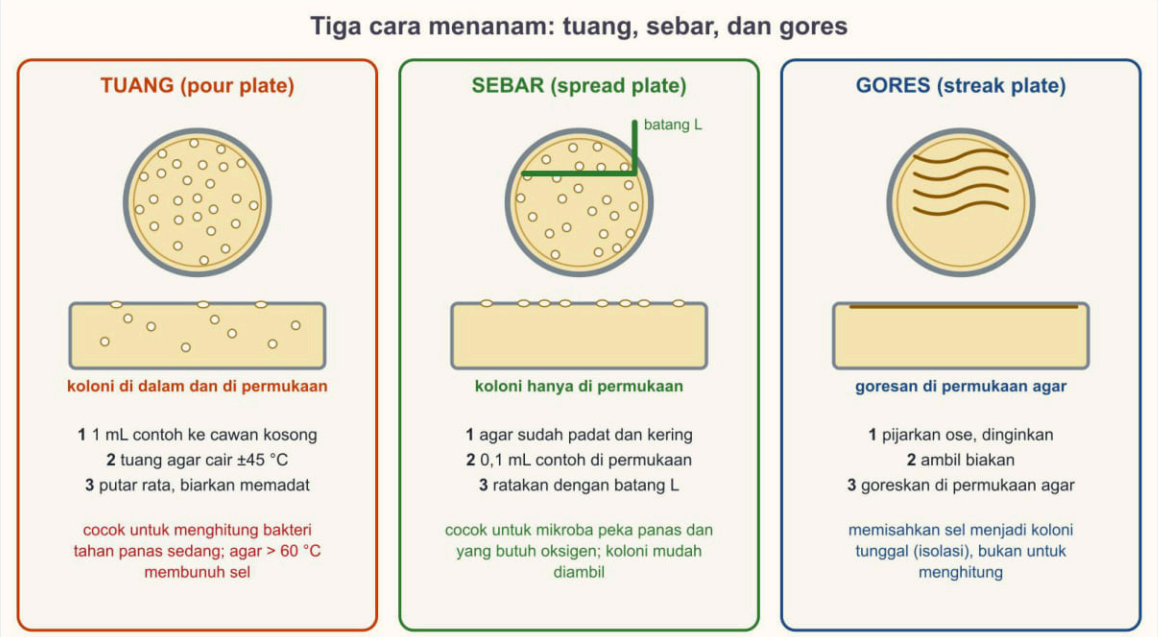
Prinsipnya:

1. **Tahap awal:** contoh dihomogenkan dengan pengencer. Untuk contoh padat, misalnya 10 g contoh ditambah 90 mL pengencer. Hasilnya **pengenceran $10^{-1}$**, karena 10 g berada dalam total sekitar 100 mL (satu bagian dari sepuluh). Sumber terbuka yang kami baca (metode analisis pangan) memakai pola yang sama.
2. **Tahap berikutnya:** dengan pipet steril, **1 mL** dari pengenceran sebelumnya dipindahkan ke tabung berisi **9 mL** pengencer steril dan dikocok. Tiap tahap mengencerkan **sepuluh kali**, sehingga faktor tahap ini adalah $1 \div (1 + 9) = 10^{-1}$. Hasilnya berturut-turut $10^{-2}$, $10^{-3}$, $10^{-4}$, dan seterusnya.
3. **Pipet baru** dipakai untuk tiap tahap agar sisa contoh pekat tidak terbawa.
4. **Faktor pengenceran total (FP)** adalah hasil kali faktor tiap tahap. Contoh: tahap awal $10^{-1}$, lalu dua tahap 1 : 10 menghasilkan $10^{-1} \times 10^{-1} \times 10^{-1} = 10^{-3}$. Cara cepat: jumlah pangkat negatifnya dijumlahkan.
5. Bila tahap memakai perbandingan lain, hitung faktor tahap sebagai volume contoh dibagi volume total. Contoh: 1 mL dalam 99 mL berarti $1 \div 100 = 10^{-2}$.

Perhatikan bahwa **FP bukan "banyak tahap"**, melainkan hasil kali. Dua tahap 1 : 10 menghasilkan $10^{-2}$, bukan $10^{-1}$, dan bila tahap awal (contoh dalam pengencer) lupa dihitung, jawaban akhir meleset sepuluh kali lipat.

### 4. Tiga cara menanam: tuang, sebar, dan gores

Setelah diencerkan, contoh ditanam di media agar. Ada tiga cara utama (Gambar 4.17).




*Gambar 4.17 Perbandingan metode tuang, sebar, dan gores. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

**a. Metode tuang (*pour plate*).** Langkahnya:

1. **Pipet 1 mL** contoh atau pengenceran ke cawan petri **kosong** yang steril.
2. **Tuang media agar cair** yang suhunya sekitar **45 °C** (pedoman pangan yang kami buka memakai 45 ± 1 °C dan 12 sampai 15 mL media per cawan), segera setelah pengenceran (dalam kira-kira 15 menit).
3. **Campur** dengan memutar cawan perlahan pada permukaan datar (gerakan memutar dan maju mundur), lalu biarkan memadat. Jangan menumpuk cawan saat memadat.

Koloni tumbuh **di dalam agar dan di permukaannya**. Metode ini cocok untuk menghitung bakteri dalam volume contoh yang lebih besar (1 mL). Kelemahannya: sel harus bertahan pada suhu media saat tercampur. Karena itu **media tidak boleh terlalu panas**. Media yang suhunya di atas sekitar 60 °C membunuh bakteri yang akan dihitung, sehingga hasil hitungan jauh lebih rendah daripada yang sebenarnya. Selain itu, bakteri yang peka panas atau yang sangat membutuhkan oksigen kurang cocok ditanam dengan metode ini.

**b. Metode sebar (*spread plate*).** Langkahnya:

1. **Siapkan cawan agar yang sudah padat** dan permukaannya cukup kering (tanpa embun).
2. **Teteskan 0,1 mL** contoh atau pengenceran di tengah permukaan agar.
3. **Ratakan** dengan batang kaca berbentuk L yang sudah disterilkan sambil memutar cawan, sampai cairan terserap.

Semua koloni tumbuh **di permukaan**. Metode ini cocok untuk mikroba yang **mudah mati oleh panas** (karena tidak bertemu media panas) dan yang **membutuhkan oksigen**. Bentuk koloninya mudah diamati dan diambil untuk isolasi. Kelemahannya, volume contoh hanya 0,1 mL, sehingga perhitungan harus membagi dengan 0,1 (bagian 8).

**c. Metode gores (*streak plate*).** Contoh atau biakan diambil dengan ose dan **digoreskan** di permukaan agar. Metode ini dipakai untuk **memisahkan** sel agar terbentuk koloni tunggal, bukan untuk menghitung. Teknik penggoresan paling umum dibahas di bagian 6.

Perbedaan utama tuang dan sebar:

| Hal | Tuang | Sebar |
|---|---|---|
| Media saat contoh masuk | cair, sekitar 45 °C | padat, sudah membeku |
| Volume contoh | 1 mL | 0,1 mL |
| Letak koloni | di dalam dan di permukaan agar | hanya di permukaan |
| Cocok untuk | menghitung bakteri tahan panas sedang | bakteri peka panas dan butuh oksigen |

## 5. Inkubasi dan membaca cawan

Setelah ditanam, cawan **diinkubasi terbalik** (tutup di bawah) di inkubator. Alasannya sama dengan penyimpanan cawan di sub bab 4.2: embun yang terbentuk menetes ke tutup, bukan ke agar, sehingga koloni tidak menyebar. Suhu dan lama inkubasi tergantung mikroba: sebagai



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

contoh umum, bakteri pada pangan diinkubasi sekitar 35 sampai 37 °C selama 24 sampai 48 jam (sebuah metode resmi yang kami baca memakai 35 °C selama 48 jam), sedangkan kapang dan khamir sekitar 25 °C selama beberapa hari (contoh: 3 sampai 5 hari). Ikuti SOP.

Setelah inkubasi, koloni dihitung dari dasar cawan (dibantu alat penghitung koloni atau spidol untuk menandai) dengan hati-hati. Tidak semua cawan layak dihitung (Gambar 4.18).




*Gambar 4.18 Tiga cawan hasil pengenceran berbeda: koloni terlalu sedikit, dalam rentang hitung, dan terlalu banyak (digambar ulang sebagai skema). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

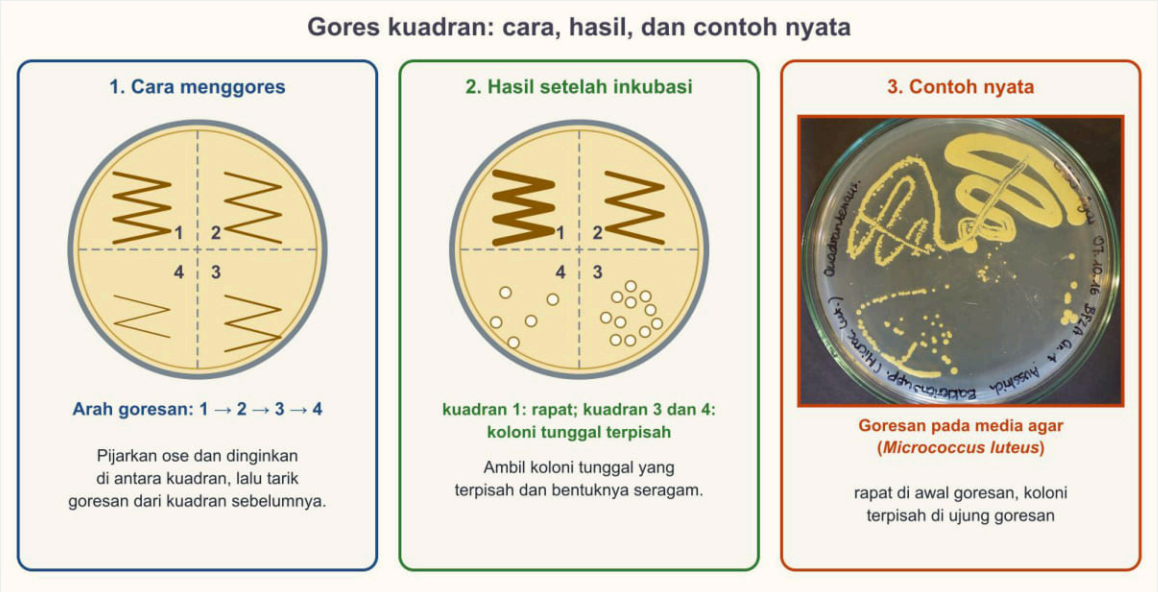
- **Terlalu sedikit (kurang dari 25 koloni).** Jumlah sedikit membuat hasil hitungan sangat dipengaruhi kebetulan: selisih satu atau dua koloni mengubah ALT secara berarti, dan koloni hasil pencemaran kecil ikut berpengaruh besar.
- **Terlalu banyak (lebih dari 250 koloni).** Koloni berdesakan dan menyatu, ada yang tertutup koloni lain, dan sel saling bersaing nutrisi sehingga hasil hitungan menjadi lebih rendah dari sebenarnya.
- **Rentang hitung.** Cawan yang boleh dihitung berada di antara dua batas itu. Buku ini dan soal di Bank Soal memakai rentang **25 sampai 250 koloni per cawan**. Kebiasaan lain ada: pedoman FDA mencatat bahwa lembaga berbeda memakai rentang berbeda, yaitu 25 sampai 250 (APHA), 30 sampai 300 (USDA dan AOAC), dan 15 sampai 300 (ISO, yang kini juga dipakai FDA). Ikuti rentang yang ditetapkan SOP; soal di buku ini selalu menyebut rentangnya.
- **Koloni menyebar (*spreader*).** Bila koloni menyebar menutupi sebagian besar cawan (pedoman FDA menyebut lebih dari 50 % luas cawan), cawan itu tidak dihitung.

### 6. Isolasi dengan penggoresan kuadran

Tujuan isolasi adalah mendapatkan **koloni tunggal** yang terpisah dari tetangganya, yang kemudian dipindahkan menjadi biakan murni. Teknik yang paling umum adalah **gores kuadran** (Gambar 4.19).



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




*Gambar 4.19 Urutan gores kuadran, hasil setelah inkubasi, dan contoh nyata cawan hasil goresan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia; foto: A doubt, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons.*

1. **Bagi dasar cawan** menjadi empat bagian (kuadran 1 sampai 4) dengan spidol.
2. **Pijarkan ose**, dinginkan, ambil sedikit biakan. Goreskan **kuadran 1** secara rapat (zigzag) dari tepi ke tengah.
3. **Pijarkan dan dinginkan ose lagi.** Putar cawan, lalu tarik goresan dari ujung kuadran 1 ke **kuadran 2** (beberapa goresan lewat kuadran 1 lalu menyebar ke kuadran 2).
4. **Ulangi pemijaran,** lalu tarik dari kuadran 2 ke **kuadran 3**, kemudian dari kuadran 3 ke **kuadran 4**.
5. **Inkubasi terbalik.**

Alasan pemijaran di antara kuadran: setiap pemijaran membersihkan ose, sehingga ose hanya membawa **sedikit sel** dari kuadran sebelumnya. Jumlah sel yang tersebar makin sedikit pada tiap kuadran, dan di kuadran 3 atau 4 sel cukup jarang sehingga tumbuh sebagai koloni terpisah. Gambar 4.19 (kanan) menunjukkan pola yang sama pada cawan nyata: goresan rapat di awal, koloni terpisah di ujung.

Cara menilai hasil goresan:

- **Berhasil:** koloni terpisah di kuadran 3 atau 4, bentuknya **seragam** (satu jenis).
- **Gagal, pertumbuhan menyatu sampai kuadran akhir:** ose tidak dipijarkan di antara kuadran, atau terlalu banyak biakan diambil.
- **Gagal, hanya kuadran 1 yang tumbuh:** goresan berikutnya tidak melewati goresan sebelumnya, sehingga sel tidak terbawa.
- **Koloni terpisah tetapi bentuknya beragam** (misalnya dua warna): biakan tidak murni atau tercemar; ambil koloni yang seragam dan ulangi goresan.
- **Koloni di luar jalur goresan** (misalnya kapang berbulu di tepi cawan): pencemar dari udara, bukan dari biakan.

Biakan yang terpilih kemudian diperiksa dengan pewarnaan Gram (sub bab 4.5) untuk



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

memastikan bentuk dan jenisnya.

### 7. ALT: menghitung jumlah mikroba hidup

**Angka Lempeng Total (ALT)** adalah jumlah mikroba hidup (CFU) per **mL** (cairan) atau per **gram** (padatan) contoh yang tumbuh pada media padat dengan kondisi inkubasi tertentu. Rumusnya:

**ALT (CFU/mL) = jumlah koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume contoh yang ditanam (mL)**

Arti tiap faktor:

- **Jumlah koloni**: rata-rata koloni pada cawan yang memenuhi rentang (bila duplo, rata-ratakan dua cawan dari pengenceran yang sama).
- **1 ÷ FP**: kebalikan faktor pengenceran, mengembalikan hitungan ke contoh asli. Pada FP = $10^{-3}$, 1 ÷ FP = $10^{3}$.
- **Volume yang ditanam**: 1 mL pada metode tuang, 0,1 mL pada metode sebar (membagi 0,1 sama dengan mengalikan 10).

Contoh singkat: pada metode tuang 1 mL, FP = $10^{-4}$, ada 41 koloni. ALT = 41 × $10^{4}$ ÷ 1 = 4,1 × $10^{5}$ CFU/mL.

**Memilih cawan.** Aturannya berurutan:

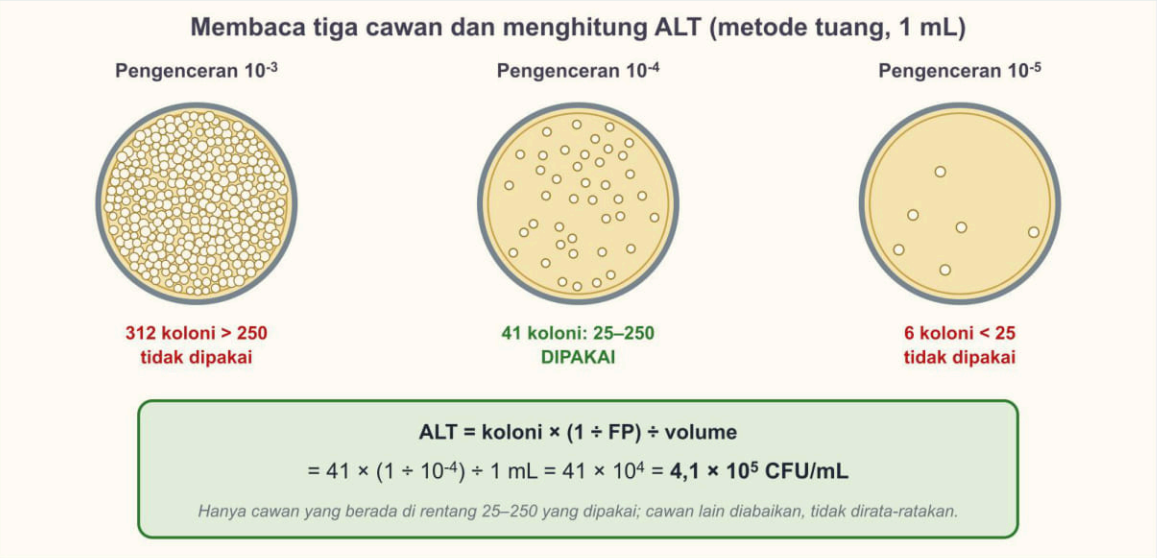
1. **Buang cawan di luar rentang** (kurang dari 25 atau lebih dari 250 pada buku ini).
2. **Bila hanya satu pengenceran yang memenuhi rentang,** pakai pengenceran itu saja (bila duplo, rata-ratakan keduanya).
3. **Bila dua pengenceran berurutan sama-sama memenuhi rentang,** banyak SOP menghitung ALT dari masing-masing lalu merata-ratakannya, atau memakai yang lebih kecil bila selisih keduanya terlalu besar; ikuti SOP.
4. **Bila tidak ada cawan yang memenuhi rentang,** hasil hanya dilaporkan sebagai **perkiraan** dengan tanda khusus (misalnya "perkiraan" atau tanda bintang), bukan angka pasti.

Jangan **merata-ratakan semua cawan** tanpa menyaring dulu; cawan di luar rentang justru menyebabkan hasil tidak teliti. Jangan pula memilih cawan karena koloninya "paling banyak" (lebih banyak tidak berarti lebih teliti bila melebihi rentang).

Gambar 4.20 menunjukkan bagaimana data tiga cawan dibaca.



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




*Gambar 4.20 Contoh membaca tiga cawan dari tiga pengenceran dan menghitung ALT. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

### 8. Melaporkan hasil

- Tulis **satuan**: CFU/mL untuk cairan, CFU/g untuk padatan. Jangan hanya menulis "koloni".
- Tulis hasil dengan **dua angka penting** dan notasi ilmiah (pedoman FDA menyarankan dua angka penting). Contoh: 4,1 × $10^5$ CFU/mL, bukan 410.000,5.
- **Bandingkan dengan batas mutu produk** yang ditetapkan standar atau SOP (batas pada soal dan contoh di buku ini hanya angka latihan). Hasil yang lebih rendah dari batas berarti memenuhi syarat.
- Sertakan **kontrol steril** (cawan tanpa contoh, hanya media dan pengencer). Bila kontrol tumbuh, seluruh hasil perlu dipertanyakan.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: menghitung ALT dari tiga cawan

Pada 2027, Nadia, analis QC di pabrik minuman kopi susu, menanam contoh dengan metode tuang, 1 mL tiap pengenceran, satu cawan per pengenceran. Rentang hitung 25 sampai 250 koloni. Hasil setelah inkubasi: pengenceran $10^{-3}$ ada 312 koloni, $10^{-4}$ ada 41 koloni, $10^{-5}$ ada 6 koloni. Hitung ALT. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Periksa tiap cawan terhadap rentang.** 312 lebih dari 250: terlalu banyak, tidak dipakai. 41 berada di antara 25 dan 250: dipakai. 6 kurang dari 25: tidak dipakai.
2. **Tulis rumus.** ALT = koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume.
3. **Masukkan data.** 41 × $10^4$ ÷ 1 mL = 410.000 = 4,1 × $10^5$ CFU/mL.

Jawaban: 4,1 × $10^5$ CFU/mL. Cek akal sehat: bila 312 dipakai, hasilnya 3,1 × $10^5$; bila 6 dipakai, 6 × $10^5$. Ketiganya berada pada orde $10^5$ yang sama, sehingga 4,1 × $10^5$ masuk akal.



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

### Contoh 2: menilai goresan kuadran yang gagal

Pada 2027, Rahma menggores biakan khamir dari tape pada tiga cawan K, L, dan M dengan metode gores kuadran. Setelah inkubasi: **cawan K** menunjukkan koloni terpisah dan seragam di kuadran 3 dan 4. **Cawan L** menunjukkan pertumbuhan rapat di keempat kuadran. **Cawan M** menunjukkan koloni terpisah di kuadran 3 dan 4, tetapi ada satu koloni berbulu hijau di dekat tepi, di luar jalur goresan. Pilih cawan untuk mengambil koloni dan jelaskan cawan lainnya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tujuan gores kuadran:** mendapat koloni tunggal terpisah dan seragam.
2. **Cawan K:** memenuhi tujuan.
3. **Cawan L:** sel tidak berkurang di tiap kuadran, jadi koloni menyatu. Kemungkinan ose tidak dipijarkan di antara kuadran atau terlalu banyak biakan diambil. Goresan diulang.
4. **Cawan M:** koloni berbulu di luar jalur goresan adalah kapang pencemar dari udara. Koloni khamirnya sendiri masih bisa dipakai, tetapi cawan ini kurang baik bila ada pilihan; cawan K lebih bersih.
5. **Putuskan.** Ambil koloni tunggal dari cawan K.

Jawaban: ambil koloni dari cawan K; cawan L diulang (gores tanpa pijar di antara kuadran), cawan M berisi pencemar kapang. Cek akal sehat: yang dipilih harus berasal dari koloni terpisah, seragam, dan tanpa tanda pencemar.

### Contoh 3: faktor pengenceran dan ALT per gram dengan metode sebar

Pada 2027, laboratorium pabrik bumbu menimbang 25 g contoh tepung bumbu ke dalam 225 mL pengencer steril dan menghomogenkannya. Dari larutan itu, 1 mL dipindahkan ke 9 mL pengencer, kemudian 1 mL dari tabung itu ke 9 mL berikutnya, dan sekali lagi ke 9 mL berikutnya (jadi tiga tabung 9 mL). Dari tabung kedua dan ketiga, masing-masing 0,1 mL disebar duplo. Hasil: tabung kedua 210 dan 232 koloni; tabung ketiga 24 dan 19 koloni. Rentang hitung 25 sampai 250. Hitung ALT per gram. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **FP tiap tabung.** Tahap awal: 25 g dalam 250 mL total = 1/10 = $10^{-1}$. Tabung pertama $10^{-2}$, tabung kedua $10^{-3}$, tabung ketiga $10^{-4}$.
2. **Pilih cawan.** Tabung kedua ($10^{-3}$): 210 dan 232, keduanya dalam rentang. Tabung ketiga ($10^{-4}$): 24 dan 19, keduanya kurang dari 25, tidak dipakai.
3. **Rata-rata koloni.** (210 + 232) ÷ 2 = 221.
4. **ALT.** 221 × (1 ÷ $10^{-3}$) ÷ 0,1 mL = 221 × $10^{3}$ ÷ 0,1 = 2.210.000 CFU/g.
5. **Dua angka penting.** 2,2 × $10^{6}$ CFU/g.

Jawaban: 2,2 × $10^{6}$ CFU/g. Cek akal sehat: cawan $10^{-4}$ yang tidak dipakai bila dihitung memberi (21,5 × $10^{4}$) ÷ 0,1 = 2,15 × $10^{6}$, selaras dengan hasil tadi. Bila lupa membagi dengan 0,1 mL, hasilnya salah sepuluh kali lipat (2,2 × $10^{5}$).

### Contoh 4: menilai suhu tuang media

Pada 2027, Pak Hari menanam contoh air kemasan yang sama dua kali dengan metode tuang. Pada percobaan pertama media dituang saat suhunya 65 °C, hasilnya 31 koloni pada



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

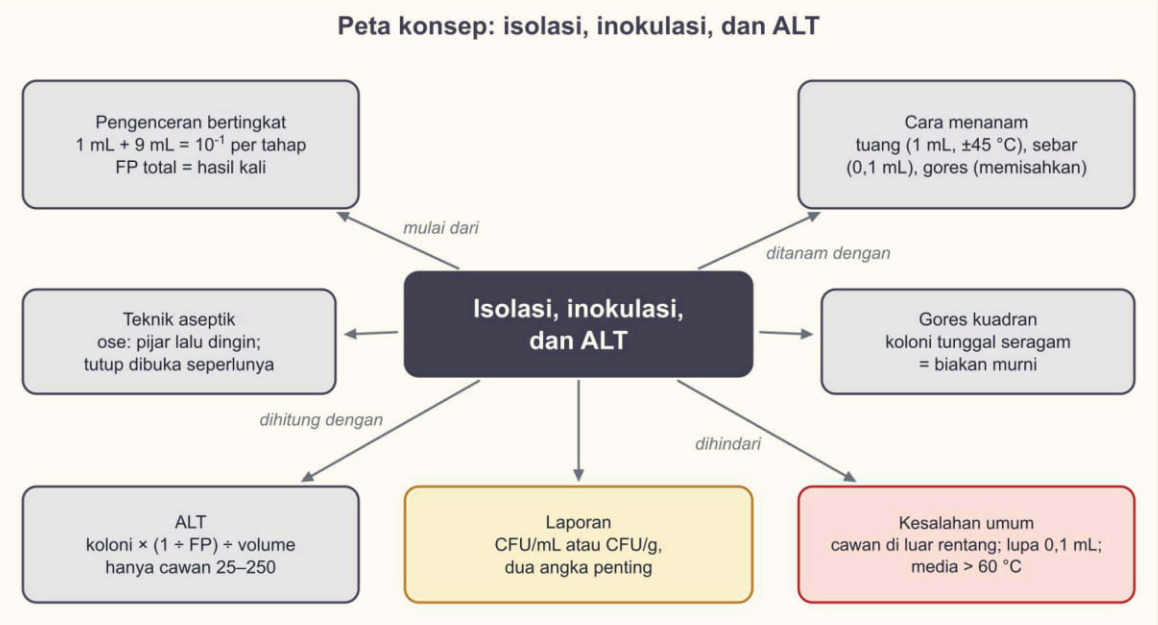
pengenceran $10^{-1}$. Pada percobaan kedua media dituang pada 45 °C, hasilnya 190 koloni. Tidak ada perbedaan lain. Mana yang lebih benar? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Cari perbedaan.** Hanya suhu media saat dituang.
2. **Hubungkan dengan sel.** Pada metode tuang, sel tercampur langsung dengan media. Pada 65 °C (di atas sekitar 60 °C), sebagian besar sel mati sebelum sempat membentuk koloni.
3. **Bandingkan hasil.** Kedua cawan berada dalam rentang hitung (25 sampai 250), sehingga perbedaan 31 dan 190 tidak bisa dijelaskan oleh ketidakpastian hitung. Selisih sekitar enam kali lipat itu sesuai dengan dugaan sel mati pada 65 °C.
4. **Putuskan.** Hasil 45 °C lebih dapat dipercaya; percobaan 65 °C tidak sah.

Jawaban: hasil pada 45 °C (190 koloni) lebih benar; percobaan pada 65 °C menghasilkan angka terlalu rendah karena sel mati oleh media yang terlalu panas. Cek akal sehat: bila suhu tidak mematikan sel, jumlah koloni pada kedua percobaan seharusnya hampir sama.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 4.21 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 4.21 Peta konsep isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Pengenceran bertingkat:** 1 mL + 9 mL = $10^{-1}$ per tahap; FP total = hasil kali tahap (termasuk tahap awal contoh dalam pengencer).
- **Tuang** (1 mL, media ±45 °C, koloni di dalam dan permukaan; media > 60 °C membunuh sel), **sebar** (0,1 mL di agar padat, koloni di permukaan; untuk mikroba peka panas dan butuh oksigen), **gores** (memisahkan, bukan menghitung).
- **Inkubasi terbalik;** ose dipijarkan lalu didinginkan; kuadran dipijarkan di antara goresan.
- **ALT (CFU/mL) = koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume;** hanya cawan 25–250 (rentang buku ini) yang dipakai.
- **Laporan:** CFU/mL atau CFU/g, dua angka penting, bandingkan dengan batas mutu.

**Istilah penting:** inokulasi (pemindahan mikroba ke media); inokulum (bahan yang dipindahkan); inkubasi (penyimpanan agar tumbuh); koloni (kumpulan sel dari satu unit sel); CFU (unit pembentuk koloni); biakan murni (satu jenis mikroba); ose (kawat tanam); pengenceran bertingkat (pengenceran berulang); faktor pengenceran, FP (kebalikan tingkat pengenceran); ALT atau TPC (jumlah mikroba hidup per mL atau gram); rentang hitung (batas koloni per cawan yang boleh dihitung); metode tuang, sebar, gores; kuadran (empat bagian cawan); kontrol steril.



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal ALT:

1. **Tulis FP tiap cawan,** termasuk tahap awal contoh.
2. **Coret cawan di luar rentang.** Baru setelah itu pakai rumus.
3. **Kalikan dengan 1 ÷ FP, lalu bagi dengan volume** yang ditanam (0,1 mL pada sebar).
4. **Bandingkan dengan batas** dan jawab pertanyaan (memenuhi atau tidak).

Untuk soal aseptik dan gores: cari apa yang menjamin sel tidak tercemar atau terpisah (pijar–dingin, di dekat api, tutup dibuka seperlunya).

Jebakan yang sering dipasang:

- **Cawan di luar rentang dipakai,** atau semua cawan dirata-ratakan.
- **Lupa membagi dengan volume** (0,1 mL) atau salah menghitung FP (tahap awal tidak dihitung).
- **Ose masih membara** langsung dicelupkan ke biakan.
- **Media di atas 60 °C** dituang pada metode tuang.
- **Koloni terpisah disangka berhasil** padahal bentuknya beragam.
- **Metode tuang dipilih untuk bakteri peka panas.**

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa merata-ratakan tiga cawan, yaitu 312, 41, dan 6 koloni, menjadi 120 koloni lalu menghitung ALT. Cawan 312 melebihi rentang dan cawan 6 kurang dari rentang. Hanya cawan 41 yang boleh dipakai, sehingga ALT dihitung dari 41 koloni.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan menghitung ALT dari tabel: coret cawan di luar rentang, pakai rumus pada cawan yang tersisa, lalu bandingkan dengan batas mutu. Pakai bagian 7 (ALT).

►. Analis QC sebuah pabrik sari buah menguji satu batch dengan metode tuang (2027). Sebanyak 1 mL dari setiap pengenceran dituang ke cawan, lalu diinkubasi 48 jam. Rentang cawan yang dapat dihitung adalah 25–250 koloni. Batas ALT produk maksimum $5 \times 10^4$ koloni/mL.

| Pengenceran | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ |
|---|---|---|---|
| Jumlah koloni | 286 | 42 | 5 |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Nilai ALT dan keputusan yang tepat adalah ....

A. $4{,}2 \times 10^3$ koloni/mL; batch memenuhi batas
B. $2{,}9 \times 10^4$ koloni/mL; batch memenuhi batas
C. $4{,}0 \times 10^4$ koloni/mL; batch memenuhi batas
D. $4{,}2 \times 10^4$ koloni/mL; batch memenuhi batas
E. $5{,}0 \times 10^4$ koloni/mL; batch tepat di batas

**Pembahasan** **Kunci: D**

**Konsep:** ALT = jumlah koloni pada cawan yang memenuhi rentang hitung × (1 ÷ faktor pengenceran) ÷ volume yang dituang.

**Langkah:**

1. Cawan $10^{-2}$ (286) melebihi 250; cawan $10^{-4}$ (5) kurang dari 25 → hanya $10^{-3}$ yang dipakai.
2. ALT = $42 \times 10^3 = 4{,}2 \times 10^4$ koloni/mL.
3. $4{,}2 \times 10^4 < 5 \times 10^4$ → batch memenuhi batas.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Salah pangkat: 42 dikalikan $10^2$, padahal faktor pengencerannya $10^{-3}$.
- **B.** ✗ Jebakan: memakai cawan $10^{-2}$ ($286 \times 10^2$) yang melebihi rentang hitung.
- **C.** ✗ Jebakan: merata-ratakan ketiga cawan [(28.600 + 42.000 + 50.000) ÷ 3], padahal cawan di luar rentang tidak dipakai.
- **D.** ✓ Hanya cawan $10^{-3}$ yang memenuhi rentang; $4{,}2 \times 10^4$ di bawah batas.
- **E.** ✗ Memakai cawan $10^{-4}$ ($5 \times 10^4$) yang jumlah koloninya terlalu sedikit.

**Jawaban: D.**

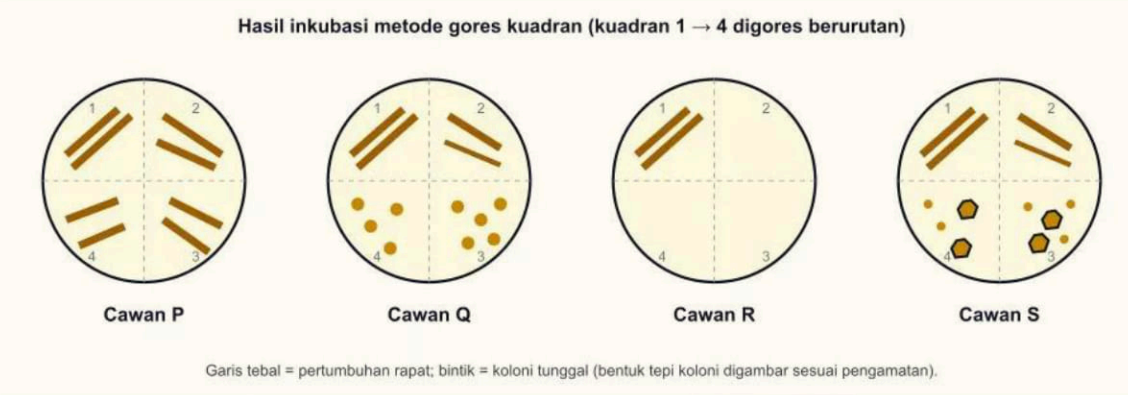
## ✎ LATIHAN

Untuk soal berikut, tentukan dulu metode atau tujuan yang dibicarakan (isolasi atau perhitungan), lalu periksa apa yang menjamin hasilnya sah: cawan terpisah dan seragam, media yang cocok, atau pijar-dingin ose.



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

**1.** Analis di pabrik tempe kemasan memeriksa kemurnian biakan bakteri pemicu fermentasi yang seharusnya hanya berisi satu jenis bakteri (2027). Ia menggores biakan itu pada empat cawan dengan metode gores kuadran. Hasilnya terlihat pada gambar. Satu koloni akan diambil dari cawan terbaik untuk dijadikan biakan stok baru.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Keputusan yang paling tepat adalah ....




A. Mengambil koloni dari cawan P karena pertumbuhannya paling banyak
B. Mengambil koloni dari cawan R karena kuadran 2–4 bersih dari pencemar
C. Mengambil koloni dari cawan S karena koloninya terpisah di dua kuadran
D. Mengulang semua cawan karena tidak ada koloni yang terpisah dengan baik
E. Mengambil koloni dari cawan Q karena koloni terpisah dan seragam

**2.** Laboratorium mikrobiologi pabrik minuman isotonik akan menghitung bakteri yang mudah mati oleh panas dan perlu oksigen untuk tumbuh (2027). Danu membandingkan metode tuang (contoh dicampur media agar cair bersuhu ±45 °C) dan metode sebar (contoh diratakan di permukaan agar yang sudah membeku).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Metode tuang lebih sesuai untuk bakteri ini karena contoh tercampur merata di dalam media. | ○ | ○ |
| Pada metode sebar, contoh diratakan selagi media agar masih cair agar koloni tersebar merata. | ○ | ○ |
| Pada metode sebar, koloni tumbuh di permukaan sehingga bentuknya mudah diamati dan diambil. | ○ | ○ |

**3.** Toni akan menggores biakan khamir pada cawan agar di laboratorium pabrik kecap (2027). Ia menuliskan langkah-langkahnya di buku kerja dan meminta pembimbingnya memeriksa sebelum mulai bekerja.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*



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

Langkah yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Ose dipijarkan sampai merah lalu segera dicelupkan ke biakan agar tidak sempat tercemar udara.
☐ B. Bekerja di dekat nyala pembakar spiritus atau di dalam kabinet aliran udara yang sudah dinyalakan.
☐ C. Tutup cawan dibuka lebar dan diletakkan di meja agar penggoresan lebih leluasa.
☐ D. Mulut tabung biakan dilewatkan di atas api setelah tutupnya dibuka dan sebelum ditutup kembali.
☐ E. Meja kerja diseka alkohol 70% sebelum dan sesudah bekerja.

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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa media di atas sekitar 60 °C tidak boleh dipakai pada metode tuang, dan mengapa metode sebar cocok untuk mikroba yang peka panas?
- Mengapa cawan dengan lebih dari 250 koloni tidak dipakai, padahal jumlah koloninya "lebih banyak"?
- Mengapa ose harus dipijarkan di antara kuadran, dan mengapa harus didinginkan sebentar sebelum menyentuh biakan?
- **Yang harus kuingat:** FP = hasil kali tiap tahap; ALT = koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume; hanya cawan 25–250 yang dipakai; satuan CFU/mL atau CFU/g.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 4.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-4.4



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

# Sub bab 4.5 · Pewarnaan bakteri dasar

SMKTKI-4.5

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 4, dasar mikrobiologi) meminta kamu memahami **pewarnaan bakteri dasar**. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu diminta menyusun urutan pewarnaan Gram, menjelaskan peran tiap zat, memperkirakan warna sel bila ada tahap yang terlewat atau terlalu lama, dan menilai apakah hasil pewarnaan sah berdasarkan kontrol.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menentukan warna sel** (ungu atau merah muda) dari tahap yang dilakukan, dilewati, atau diperpanjang; (2) **menentukan peran zat** (kristal violet, iodin, alkohol, safranin); (3) **memilih atau menilai kontrol**; (4) **menyimpulkan pencemaran** dari warna dan bentuk sel yang tidak sesuai dengan biakan; (5) **menyusun urutan langkah** dari pembuatan apusan sampai pengamatan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membuat apusan (preparat) dan menjelaskan tujuan fiksasi;
- membedakan pewarnaan sederhana dan pewarnaan Gram;
- menyebutkan urutan dan fungsi tiap zat pada pewarnaan Gram serta alasan bakteri Gram positif dan negatif berbeda warna;
- mengenali bentuk sel (kokus, basil, spiril) dan menghitung perbesaran total mikroskop;
- menjelaskan fungsi kontrol dan akibat kesalahan umum seperti alkohol yang terlalu lama.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sel bakteri sangat kecil, hampir tidak berwarna, dan hampir bening seperti air. Bila setetes biakan bakteri diletakkan di bawah mikroskop tanpa diwarnai, kamu hanya melihat bayangan samar. Karena itu bakteri **diwarnai** agar kontras dengan latar belakang, sehingga bentuk, susunan, dan sifat dindingnya terlihat. Pewarnaan Gram, yang ditemukan oleh Hans Christian Gram pada abad ke-19, adalah pewarnaan paling banyak dipakai di laboratorium mikrobiologi karena membagi hampir semua bakteri menjadi dua golongan besar.

### 1. Mikroskop cahaya dan perbesaran total

Sebelum mewarnai, kamu perlu tahu alat untuk melihat hasilnya. **Mikroskop cahaya** memiliki bagian-bagian ini: **lensa okuler** (dekat mata, biasanya 10×), **lensa objektif** pada revolver (biasanya 4× atau 10×, 40×, dan 100×), **meja objek** tempat kaca objek, **kondensor** dan **diafragma** yang mengatur cahaya, **sumber cahaya**, serta **pemutar fokus** kasar dan halus.

**Perbesaran total = perbesaran okuler × perbesaran objektif.** Contoh: okuler 10× dengan objektif 10× menghasilkan 100×; dengan objektif 40× menghasilkan 400×; dengan objektif 100×



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

menghasilkan **1.000×**. Pada perbesaran 1.000× bakteri tampak cukup besar untuk dibedakan bentuknya. Objektif 100× dipakai dengan **minyak imersi** yang diteteskan di antara kaca objek dan lensa. Minyak itu memiliki indeks bias yang dekat dengan kaca, sehingga cahaya tidak banyak tersebar dan gambar tampak lebih tajam.

Cara memakai: mulai dari perbesaran **terendah** untuk menemukan medan pandang dan menajamkan gambar dengan fokus kasar, lalu naikkan perbesaran sambil memakai fokus halus. Pada objektif 100×, hanya fokus halus yang dipakai dan lensa dibersihkan dengan kertas lensa setelah selesai agar tidak tersisa minyak.

### 2. Membuat preparat: apusan dan fiksasi

Sel bakteri harus ditempelkan pada kaca objek sebelum diwarnai. Hasilnya disebut **preparat apusan** (*smear*). Langkahnya:

1. **Bersihkan kaca objek** dan bebas lemak agar cairan menyebar rata.
2. **Teteskan setetes kecil air steril** (atau larutan garam) di tengah kaca. Bila biakan berasal dari media cair, tetesan biakan itu sendiri sudah cukup.
3. **Ambil sedikit biakan** dari koloni dengan ose yang sudah dipijarkan dan didinginkan, campurkan dengan tetesan, lalu **ratakan tipis** membentuk lingkaran kecil. Biakan jangan terlalu banyak.
4. **Keringkan di udara** sampai benar-benar kering. Jangan dipanaskan sampai mendidih.
5. **Fiksasi panas:** lewatkan kaca (sisi apusan menghadap atas) dua sampai tiga kali di atas nyala api secara cepat. Kaca jangan terlalu panas di punggung tangan.

**Fiksasi** memiliki dua tujuan. Pertama, sel **melekat** pada kaca sehingga tidak hanyut saat dibilas berulang. Kedua, sel dimatikan sehingga aman diperiksa, dan bentuknya terjaga. Apusan yang terlalu tebal menghasilkan warna yang tidak merata dan membuat zat peluntur sulit menembus lapisan sel, sehingga sel bisa tampak seperti Gram positif padahal bukan.

### 3. Pewarnaan sederhana

**Pewarnaan sederhana** memakai **satu zat warna**, misalnya metilen biru, kristal violet, atau safranin. Zat warna basa bermuatan positif melekat pada permukaan sel bakteri yang cenderung bermuatan negatif. Preparat ditutup zat warna selama sekitar satu sampai dua menit, dibilas dengan air, lalu dikeringkan dengan menyerapnya dengan kertas hisap (tanpa digosok). Hasilnya semua sel berwarna sama. Pewarnaan sederhana cukup untuk melihat **bentuk, ukuran, dan susunan** sel, tetapi **tidak membedakan** Gram positif dan Gram negatif.

### 4. Pewarnaan Gram: urutan dan fungsi tiap zat

**Pewarnaan Gram** adalah pewarnaan **diferensial**: memakai beberapa zat berurutan sehingga dua golongan bakteri tampak berwarna berbeda. Gambar 4.22 menunjukkan urutan dan hasil di setiap tahap.



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




*Gambar 4.22 Tahap pewarnaan Gram dan warna sel Gram positif dan Gram negatif pada tiap tahap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Kristal violet** (pewarna utama, *primary stain*), sekitar 1 menit, lalu dibilas. **Semua sel menjadi ungu.**
2. **Iodin** (larutan Gram), sekitar 1 menit, lalu dibilas. Iodin bukan pewarna: ia berfungsi sebagai **pengikat** (mordan) yang membentuk kompleks besar bersama kristal violet di dalam sel, sehingga warna lebih sulit lepas. Sel tetap ungu.
3. **Alkohol atau campuran alkohol–aseton** (peluntur, *decolorizer*), **hanya beberapa detik** (kira-kira 10 detik atau sampai tetesan yang mengalir jernih), lalu segera dibilas. **Sel Gram positif tetap ungu; sel Gram negatif kehilangan warna.** Inilah tahap penentu.
4. **Safranin** (pewarna tandingan, *counterstain*), sekitar 1 sampai 2 menit, lalu dibilas. Safranin berwarna merah muda dan hanya tampak pada sel yang sudah tidak berwarna. **Sel Gram negatif menjadi merah muda;** sel Gram positif tetap ungu karena ungu yang pekat menutupi merah muda.
5. **Bilas, serap, dan amati** pada perbesaran 1.000× dengan minyak imersi.

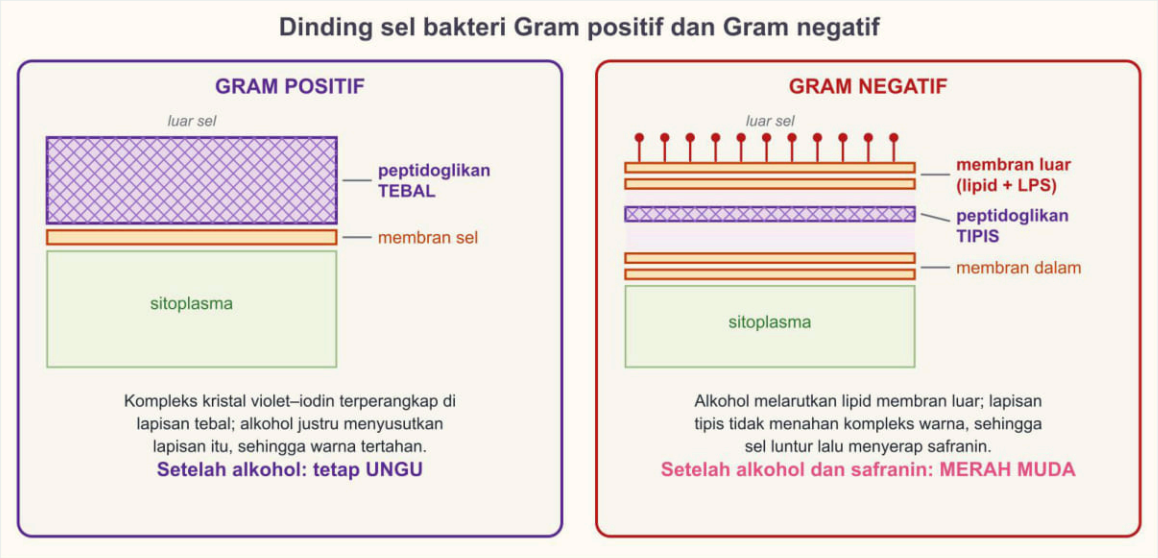
Waktu tiap tahap berbeda sedikit antar SOP; yang tidak boleh berubah adalah **urutannya** dan fakta bahwa tahap alkohol **singkat**. Perhatikan juga bahwa alkohol bukan zat warna: ia hanya melunturkan, sehingga pada jawaban soal alkohol tidak pernah "mewarnai" sel merah muda.

### 5. Mengapa Gram positif dan negatif berbeda warna

Perbedaan warna berasal dari **susunan dinding sel** (Gambar 4.23).



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




*Gambar 4.23 Penampang dinding sel bakteri Gram positif dan Gram negatif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Bakteri Gram positif** punya lapisan **peptidoglikan yang tebal** di luar membran selnya. Kompleks kristal violet–iodin terperangkap di dalam lapisan tebal ini. Alkohol justru menyusutkan lapisan itu sehingga zat warna tetap tertahan. Sel tetap ungu.
- **Bakteri Gram negatif** punya lapisan **peptidoglikan tipis** yang terjepit di antara membran dalam dan **membran luar** yang kaya lipid (membawa lipopolisakarida). Alkohol melarutkan lipid pada membran luar dan peptidoglikan yang tipis tidak mampu menahan kompleks warna, sehingga ungu lepas. Setelah tidak berwarna, sel menyerap safranin dan tampak merah muda.

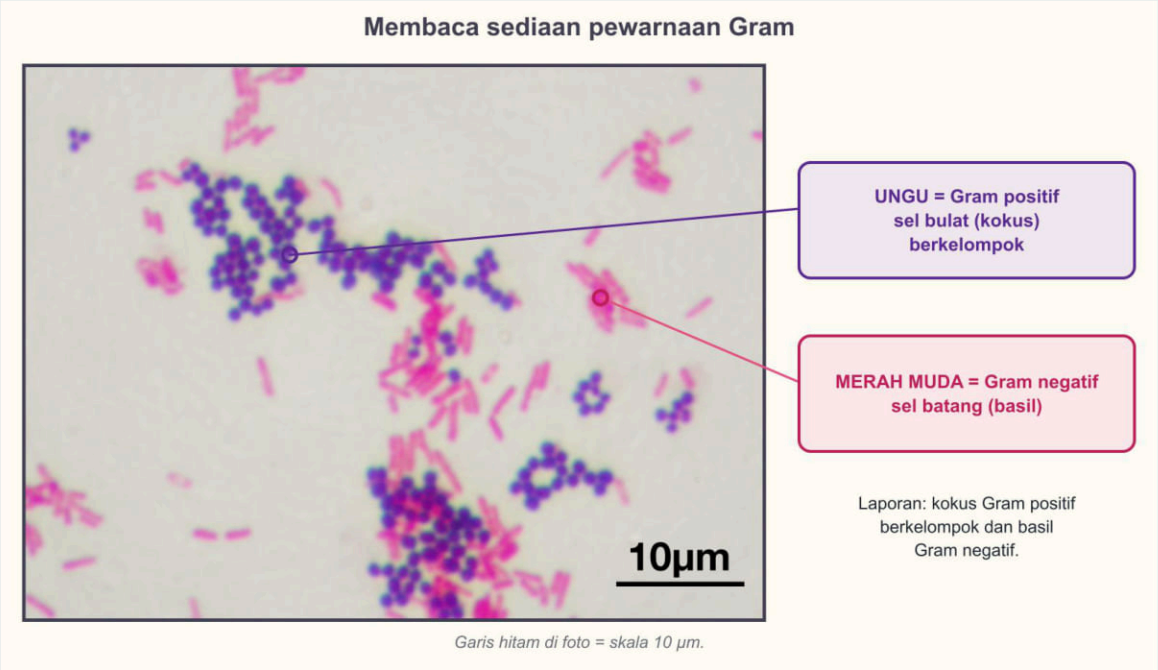
Contoh Gram positif: *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, dan *Lactobacillus* (bakteri pembuat yogurt). Contoh Gram negatif: *Escherichia coli*, *Salmonella*, dan *Acetobacter*.

### 6. Membaca sediaan Gram

Gambar 4.24 memperlihatkan foto sediaan yang berisi campuran dua jenis bakteri. Cara membacanya: lihat **warna** (menentukan golongan Gram) lalu **bentuk** (kokus atau basil).



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

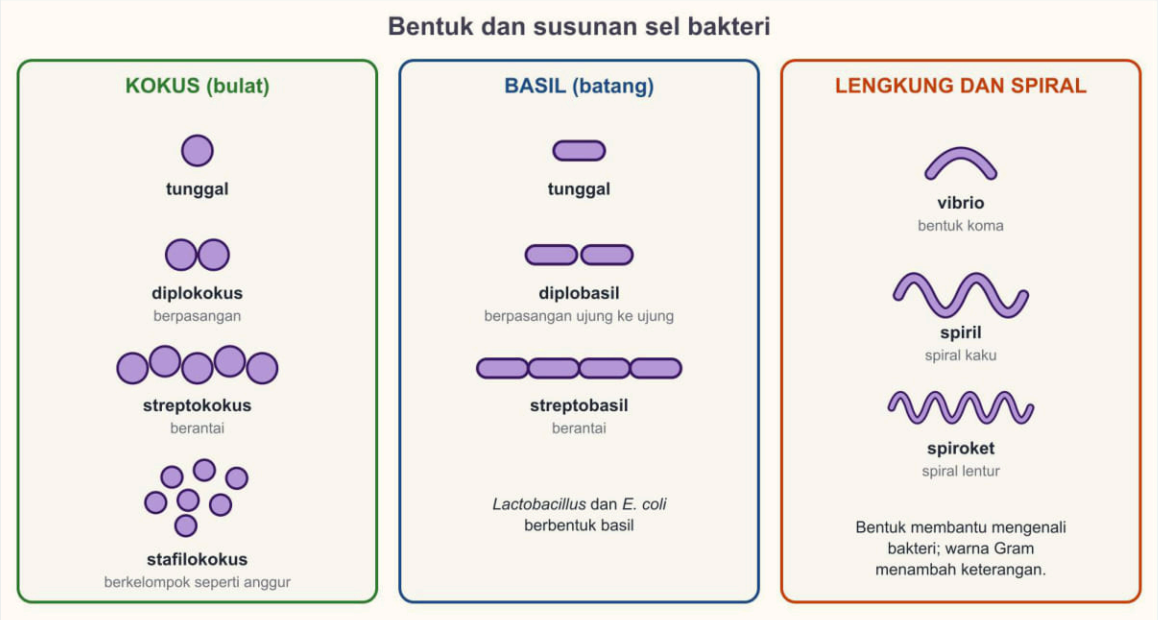



*Gambar 4.24 Sediaan pewarnaan Gram yang berisi campuran bakteri Gram positif berbentuk bulat dan bakteri Gram negatif berbentuk batang. Sumber foto: Y tambe, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons; label dan tata letak oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Pada foto itu sel bulat berkelompok berwarna ungu (Gram positif) dan sel batang berwarna merah muda (Gram negatif). Hasil yang dilaporkan menyebut keduanya: misalnya "kokus Gram positif berkelompok dan basil Gram negatif".

### 7. Bentuk sel bakteri

Bentuk sel dan susunannya membantu mengenali bakteri (Gambar 4.25).




*Gambar 4.25 Bentuk dan susunan sel bakteri. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Kokus**: bulat. Susunannya bisa tunggal, berpasangan (diplokokus), berantai (streptokokus), atau berkelompok seperti buah anggur (stafilokokus).



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

- **Basil**: batang. Bisa tunggal, berpasangan (diplobasil), atau berantai (streptobasil). *Lactobacillus* dan *E. coli* berbentuk basil.
- **Lengkung dan spiral**: **vibrio** berbentuk koma, **spiril** berbentuk spiral kaku, dan **spiroket** berbentuk spiral lentur.

Bentuk dan warna saling melengkapi: sel bulat ungu berkelompok kemungkinan stafilokokus, sedangkan sel batang merah muda kemungkinan basil Gram negatif. Bila bentuk atau warna tidak sesuai dengan biakan yang diharapkan, itu tanda **pencemaran**.

### 8. Kontrol positif dan negatif

Pewarnaan bergantung pada waktu, kualitas zat, dan ketelitian tangan, sehingga hasilnya perlu diuji dengan **kontrol**. Prinsipnya:

- **Kontrol positif Gram:** biakan bakteri Gram positif yang sudah diketahui (misalnya *Staphylococcus aureus*) diwarnai bersama contoh. Harapannya **ungu**.
- **Kontrol negatif Gram:** biakan bakteri Gram negatif yang sudah diketahui (misalnya *E. coli*) diwarnai bersama. Harapannya **merah muda**.
- Kontrol sebaiknya **biakan muda** (sekitar 18 sampai 24 jam). Biakan yang sudah tua dapat kehilangan kemampuan menahan zat warna sehingga bakteri Gram positif tampak seperti Gram negatif.
- **Aturan keputusan:** bila kedua kontrol berwarna sesuai harapan, prosedur sah dan hasil contoh bisa dipercaya. **Bila ada kontrol yang tidak sesuai, seluruh hasil hari itu tidak sah** (contoh dan kontrol diwarnai ulang), karena warna merah muda pada contoh tidak bisa lagi ditafsirkan.

### 9. Kesalahan umum dan akibatnya

| Kesalahan | Akibat pada hasil |
|---|---|
| Alkohol **terlalu lama** | Gram positif ikut luntur, tampak merah muda; dilaporkan salah sebagai Gram negatif |
| Alkohol **dilewati atau terlalu singkat** | Gram negatif tetap ungu; dilaporkan salah sebagai Gram positif |
| **Iodin dilewati** | kristal violet tidak terkunci; Gram positif ikut luntur sebagian |
| **Safranin dilewati** | Gram negatif hampir tidak berwarna dan sulit terlihat |
| **Kristal violet dilewati** | semua sel tampak merah muda |
| **Apusan terlalu tebal** | warna tidak merata; peluntur tidak menembus, sel Gram negatif dapat tampak ungu |
| **Biakan terlalu tua** | Gram positif tampak seperti Gram negatif |
| **Tanpa fiksasi** | sel terbilas dan hilang dari kaca |

Satu hal yang harus kamu ingat: **kesalahan peluntur adalah sumber salah baca yang paling sering**, sehingga tahap alkohol harus singkat dan segera dibilas.



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

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: menentukan warna sel dari tahap yang bermasalah

Pada 2027, Bayu di laboratorium pabrik susu fermentasi mewarnai preparat yang berisi campuran *Staphylococcus* (Gram positif) dan *E. coli* (Gram negatif). Pada tiga preparat terjadi masalah: (a) iodin dilewati, (b) safranin dilewati, dan (c) alkohol dibiarkan 60 detik. Tentukan warna tiap jenis sel dan kesimpulan yang salah yang bisa muncul. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Dasar:** tanpa masalah, *Staphylococcus* ungu dan *E. coli* merah muda.
2. **(a) Iodin dilewati.** Tanpa iodin, kompleks kristal violet tidak terbentuk, sehingga warna mudah lepas oleh alkohol. *E. coli* luntur lalu merah muda seperti biasa; *Staphylococcus* ikut luntur sebagian sehingga tampak ungu pucat atau merah muda. Kesimpulan salah: *Staphylococcus* dikira Gram negatif.
3. **(b) Safranin dilewati.** *Staphylococcus* tetap ungu. *E. coli* sudah luntur dan tidak ada zat warna lain, sehingga hampir tidak berwarna dan sulit terlihat. Kesimpulan salah: hanya ada satu jenis bakteri.
4. **(c) Alkohol 60 detik.** Alkohol terlalu lama melunturkan juga *Staphylococcus*, sehingga kedua jenis menjadi merah muda. Kesimpulan salah: semuanya Gram negatif.

Jawaban: (a) *Staphylococcus* ungu pucat atau merah muda, *E. coli* merah muda; (b) *Staphylococcus* ungu, *E. coli* hampir tidak berwarna; (c) keduanya merah muda. Cek akal sehat: hanya iodin dan alkohol yang berhubungan dengan kemampuan sel Gram positif menahan warna, sehingga hanya kesalahan di dua tahap itu yang mengubah warna sel Gram positif.

### Contoh 2: memilih kontrol dan menilai hasilnya

Pada 2027, Nurul memeriksa isolat dari starter yogurt (dugaan: basil Gram positif). Ia menyiapkan biakan *S. aureus* (Gram positif) dan *E. coli* (Gram negatif), keduanya berumur 20 jam, sebagai kontrol, lalu mewarnai ketiganya bersamaan. Hasil: kontrol *S. aureus* ungu, kontrol *E. coli* merah muda, dan isolat berupa batang berwarna ungu. Apa kesimpulannya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Pilih kontrol:** perlu kontrol positif dan negatif yang diketahui, dan sebaiknya biakan muda; biakan 20 jam termasuk muda.
2. **Periksa kontrol:** *S. aureus* ungu (sesuai Gram positif) dan *E. coli* merah muda (sesuai Gram negatif). Prosedur sah.
3. **Baca isolat:** batang berwarna ungu = basil Gram positif, sesuai dugaan (misalnya *Lactobacillus*).
4. **Nyatakan kesimpulan:** isolat adalah basil Gram positif; hasil dapat dilaporkan.

Jawaban: isolat adalah basil Gram positif dan hasilnya sah karena kedua kontrol sesuai. Cek akal sehat: bila kontrol *S. aureus* tampak merah muda, seluruh hasil harus dianggap tidak sah walaupun isolat berwarna ungu.



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

### Contoh 3: menyusun urutan pewarnaan dan menghitung perbesaran

Pada 2027, kartu kerja Tari berisi langkah yang tercampur: safranin, bilas, fiksasi panas, alkohol, kristal violet, iodin, buat apusan tipis, keringkan di udara, amati dengan objektif 100× dan okuler 10×. Susunlah urutan yang benar dan hitung perbesaran totalnya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Preparat dulu:** buat apusan tipis → keringkan di udara → fiksasi panas (sel melekat sebelum dibilas).
2. **Pewarna utama:** kristal violet → bilas.
3. **Pengikat:** iodin → bilas.
4. **Peluntur:** alkohol (singkat) → bilas segera.
5. **Pewarna tandingan:** safranin → bilas.
6. **Amati.** Perbesaran total = 10 × 100 = 1.000× (dengan minyak imersi).

Jawaban: apusan tipis, keringkan, fiksasi, kristal violet, bilas, iodin, bilas, alkohol, bilas, safranin, bilas, amati pada 1.000×. Cek akal sehat: urutan warna selalu ungu (kristal violet) → pengunci (iodin) → peluntur (alkohol) → merah muda (safranin); safranin tidak boleh mendahului alkohol karena akan ikut luntur dan tidak membedakan golongan.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 4.26 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 4.26 Peta konsep pewarnaan bakteri dasar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Preparat:** apusan tipis → kering → fiksasi panas (melekatkan dan mematikan sel).
- **Sederhana:** satu zat warna, untuk bentuk dan susunan. **Gram:** kristal violet → iodin → alkohol (singkat) → safranin.
- **Gram positif** tetap **ungu** (peptidoglikan tebal); **Gram negatif** menjadi **merah muda** (peptidoglikan tipis, membran luar larut).
- **Bentuk:** kokus, basil, spiril; **perbesaran total** = okuler × objektif (10 × 100 = 1.000×).
- **Kontrol positif dan negatif** harus sesuai; kontrol gagal berarti hasil tidak sah; alkohol terlalu lama menyebabkan Gram positif tampak merah muda.

**Istilah penting:** apusan (lapisan tipis sel di kaca objek); fiksasi (pelekatan dan pematian sel dengan panas); pewarnaan sederhana (satu zat warna); pewarnaan diferensial (beberapa zat; membedakan golongan); kristal violet (pewarna utama); iodin (pengikat atau mordan); peluntur (alkohol); safranin (pewarna tandingan); Gram positif (peptidoglikan tebal, tetap ungu); Gram negatif (membran luar, merah muda); kokus, basil, spiril (bentuk sel); minyak imersi (minyak untuk objektif 100×); kontrol (biakan pembanding yang sifatnya diketahui).

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pewarnaan Gram:

1. **Tulis urutan** kristal violet → iodin → alkohol → safranin, lalu tandai tahap yang dilewati atau diperpanjang di soal.
2. **Ikuti warna sel selangkah demi selangkah:** ungu di awal; setelah alkohol, Gram negatif tidak berwarna; setelah safranin, Gram negatif merah muda.
3. **Untuk soal kontrol,** periksa dulu kontrolnya; bila kontrol tidak sesuai, hasil contoh tidak sah.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Alkohol dianggap pewarna** atau dianggap hanya "pembersih".
- **Kontrol yang gagal diabaikan** dan hasil contoh tetap dilaporkan.
- **Alkohol terlalu lama** tidak dikenali sebagai penyebab Gram positif tampak merah muda.
- **Safranin dianggap menutupi ungu** pada Gram positif.
- **Warna merah muda otomatis dianggap Gram negatif** tanpa memeriksa kontrol dan waktu peluntur.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa berkata sel yang tampak merah muda pasti Gram negatif karena "safranin menutupi kristal violet". Safranin tidak menutupi kristal violet yang masih terikat di dalam sel Gram positif; sel hanya tampak merah muda bila ungunya sudah luntur, entah karena memang Gram negatif atau karena peluntur terlalu lama. Kontrol yang diwarnai bersamaan yang membedakannya.



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

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji kemampuan menentukan hasil dan tindakan bila satu tahap Gram terlewat. Susun urutan lengkap, lalu perkirakan warna tiap golongan. Pakai bagian 4 (urutan Gram) dan bagian 9 (kesalahan).

►. Di laboratorium QC pabrik susu fermentasi, Dimas mewarnai preparat campuran dua jenis bakteri dengan pewarnaan Gram (2027). Ia lupa melakukan tahap pencucian dengan alkohol, tetapi tahap lain dikerjakan berurutan: fiksasi panas, kristal violet, iodin, lalu safranin. Di bawah mikroskop semua sel tampak ungu. Supervisor meminta Dimas menjelaskan hasilnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penjelasan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Bakteri Gram negatif ikut tampak ungu sehingga dapat salah dilaporkan sebagai Gram positif.
☐ B. Bakteri Gram positif seharusnya tampak merah karena safranin menutupi kristal violet.
☐ C. Hasil tetap dapat dilaporkan karena alkohol hanya berfungsi membersihkan sisa zat warna.
☐ D. Pewarnaan diulang dengan urutan kristal violet → iodin → alkohol → safranin.
☐ E. Untuk pengulangan, sediaan baru dibuat dan difiksasi panas lebih dulu agar sel melekat pada kaca objek.

**Pembahasan** **Kunci: A, D, E**

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

**Konsep:** Pewarnaan Gram: fiksasi → kristal violet (warna utama) → iodin (pengikat) → alkohol (peluntur) → safranin (warna tandingan). Gram positif tetap ungu; Gram negatif luntur lalu berwarna merah muda.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 ✓** Tanpa alkohol, kristal violet tidak luntur dari sel Gram negatif.
• **Pernyataan 2 ✗** Jebakan: Gram positif tetap ungu; safranin hanya terlihat pada sel yang sudah luntur warnanya.
• **Pernyataan 3 ✗** Alkohol adalah tahap peluntur yang membedakan kedua golongan, bukan sekadar pembersih.
• **Pernyataan 4 ✓** Urutan lengkap pewarnaan Gram.
• **Pernyataan 5 ✓** Sediaan lama sudah terwarnai; sediaan baru perlu fiksasi agar sel tidak hanyut saat pembilasan.

**Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.**



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

## ✎ LATIHAN

Pada soal berikut, periksa dulu kontrolnya: apakah warna kontrol sesuai harapan, lalu putuskan apakah hasil contoh dapat dipercaya. Pakai bagian 8 (kontrol).

**1.** Di laboratorium pabrik yogurt, Ani mewarnai preparat contoh bersama preparat kontrol bakteri Gram positif yang sudah diketahui (2027). Hasilnya: sel contoh dan sel kontrol sama-sama tampak merah muda. Biakan kontrol diambil dari stok yang sama yang selama ini memberi hasil ungu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kesimpulan dan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Hasil tidak sah karena kontrol gagal; contoh dan kontrol diwarnai ulang
B. Contoh adalah bakteri Gram negatif karena tampak merah muda; hasil dapat dilaporkan
C. Kontrol tercemar bakteri Gram negatif, jadi hanya preparat kontrol yang diganti
D. Safranin terlalu pekat sehingga menutupi warna ungu; safranin perlu diencerkan
E. Iodin lupa ditambahkan sehingga semua sel luntur; hasil contoh tetap dapat dipakai

**Kunci singkat:** 1. A

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa alkohol dalam pewarnaan Gram harus hanya beberapa detik?
- Mengapa bakteri Gram positif tetap ungu setelah alkohol, sedangkan Gram negatif menjadi tidak berwarna?
- Mengapa preparat difiksasi dan apusan harus tipis?
- **Yang harus kuingat:** urutan kristal violet → iodin → alkohol → safranin; Gram positif ungu, Gram negatif merah muda; kontrol harus sesuai; perbesaran total = okuler × objektif.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 4.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-4.5



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

# Kuis Akhir Bab 4

SMKTKI-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-smktki&node=SMKTKI-KB4

**1.** Pabrik minuman susu "Sapi Nusantara" memasteurisasi susu pada 72 °C selama 15 detik, mengisinya ke gelas plastik, lalu menjualnya ke warung yang menyimpan produk di suhu ruang (2027). Pada hari ke-5 beberapa gelas menggembung dan susunya berbau asam. Manajer QC, Vina, diminta menjelaskan kejadian itu dan memberi solusi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

- ☐ A. Susu pasteurisasi bebas semua mikroba sehingga aman disimpan di suhu ruang tanpa batas waktu simpan
- ☐ B. Memperpanjang pemanasan 72 °C dari 15 detik menjadi 15 menit membuat susu menjadi steril sepenuhnya
- ☐ C. Pasteurisasi mematikan sel pembusuk, tetapi spora bertahan sehingga produk perlu disimpan dingin
- ☐ D. Agar tahan di suhu ruang, susu perlu diproses UHT sekitar 135–138 °C dengan kemasan steril
- ☐ E. Merebus susu sekali pada 100 °C sudah menyterilkan sehingga boleh disimpan di suhu ruang biasa



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

**2.** Unit produksi pupuk cair hayati "Tani Subur" memperbanyak starter bakteri dalam tangki sebelum dipakai (2027). Biakan yang dimasukkan berisi $2{,}5 \times 10^3$ sel per mL. Selama 2 jam pertama sel belum membelah (fase lag), kemudian masuk fase log dengan waktu generasi 30 menit tanpa hambatan. Starter baru boleh dipakai bila jumlah sel mencapai $1{,}28 \times 10^6$ per mL. Teknisi Dika menghitung kapan starter siap.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Starter siap dipakai paling cepat setelah biakan dimasukkan selama ....

A. 4,5 jam
B. 6,0 jam
C. 6,5 jam
D. 7,0 jam
E. 11,0 jam

**3.** Laboratorium pabrik sambal "Sambal Rimba" menimbang 20 g contoh sambal ke dalam 180 mL pengencer steril dan menghomogenkannya (2027). Dari homogenat itu, 1 mL dipindahkan ke 9 mL pengencer (tabung 1). Dari tabung 1, 1 mL dipindahkan ke 99 mL pengencer (botol 2). Dari botol 2, 0,1 mL disebar di permukaan agar. Setelah inkubasi tumbuh 78 koloni, di dalam rentang hitung 25–250 koloni.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
ALT contoh adalah ....

A. $7{,}8 \times 10^4$ CFU/g
B. $7{,}8 \times 10^5$ CFU/g
C. $7{,}7 \times 10^6$ CFU/g
D. $7{,}8 \times 10^6$ CFU/g
E. $7{,}8 \times 10^7$ CFU/g



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

**4.** Laboratorium pabrik sari buah "Segar Alami" menyterilkan 200 mL larutan sari buah keruh untuk media jamur dengan tyndalisasi (2027). Karena libur, tim hanya mengukus larutan dua kali, masing-masing 100 °C selama 30 menit dengan jeda 24 jam di antaranya; pengukusan ketiga dilewati. Botol ditutup rapat dan tidak pernah dibuka, tetapi pada hari ke-5 larutan menjadi berlendir dan berbau asam. Kepala lab, Surya, meminta analis menjelaskan penyebabnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Pemanasan 100 °C selama 30 menit sudah mematikan seluruh spora, sehingga pencemar pasti masuk saat botol dibuka

☐ B. Spora yang bertunas setelah jeda kedua tidak sempat dimatikan sehingga tumbuh dan berkembang biak dalam larutan

☐ C. Memperpanjang tiap pengukusan menjadi 60 menit membuat dua kali pengukusan cukup untuk menyterilkan larutan

☐ D. Larutan keruh itu lebih baik disaring dengan membran 0,22 µm agar spora tertahan dan tidak perlu dikukus

☐ E. Dua kali pengukusan mematikan sel biasa, tetapi sebagian spora tetap bertahan pada suhu 100 °C

**5.** Pabrik tahu "Sumber Gizi" menyimpan tahu segar dalam bak berisi air bersih di ruang pendingin bersuhu 5 °C (2027). Pada hari ke-6, sebagian tahu berlendir dan berbau asam, padahal bak dibersihkan setiap hari dan termometer ruang menunjukkan 5 °C stabil. Kepala gudang menduga pendingin tidak bekerja, lalu meminta Nila dari bagian QC menjelaskan penyebabnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penjelasan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Pendinginan 5 °C seharusnya membunuh bakteri, sehingga lendir hanya muncul bila pendingin rusak

☐ B. Suhu 5 °C hanya memperlambat pertumbuhan bakteri, sehingga lendir tetap muncul setelah beberapa hari

☐ C. Tahu kaya protein dan air, sehingga menyediakan nutrisi dan air bebas bagi bakteri pembusuk

☐ D. Tahu yang direndam air bersih tidak mungkin ditumbuhi mikroba karena air bersih bersifat steril

☐ E. Lendir dan bau asam lebih mengarah pada bakteri pembusuk daripada kapang yang berbenang halus

**6.** Tiga siswa PKL di laboratorium pabrik minuman jeruk "Jeruk Mentari" menanam contoh dengan metode tuang pada 18 cawan (2027). Kode contoh dan pengenceran ditulis pada tutup cawan. Saat menghitung koloni, siswa membuka beberapa cawan sekaligus dan meletakkan tutupnya di meja sehingga tutup tertukar dan kode tidak lagi cocok dengan



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

cawannya. Hasil 18 cawan itu tidak dapat dipakai.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Perbaikan yang paling tepat agar kejadian itu tidak terulang adalah ....

A. Menulis kode dengan huruf lebih besar memakai spidol permanen pada tutup cawan
B. Menulis kode contoh dan pengenceran pada dasar cawan, bukan pada tutup cawan
C. Menempelkan kertas label pada tutup cawan memakai selotip yang kuat
D. Menyusun cawan menurut kode di rak bertanda dan membuka semuanya sekaligus saat dihitung
E. Menyimpan semua tutup dalam satu wadah bersama supaya tutup tidak hilang

**7.** Teknisi laboratorium pabrik minuman "Teh Nusa" mensterilkan cawan petri kaca dan pipet kaca terbungkus kertas dalam oven (2027). SOP: suhu 170 °C selama 60 menit. Oven dinyalakan pukul 08.00. Termometer udara oven menunjukkan 170 °C mulai pukul 08.25, sedangkan termometer di tengah tumpukan cawan baru menunjukkan 170 °C pada pukul 09.10.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Waktu paling cepat oven boleh dimatikan dan perlakuan sesudahnya yang tepat adalah ....

A. Pukul 09.00; dibuka segera setelah dimatikan agar cawan cepat dingin
B. Pukul 09.10; dibiarkan dingin dulu di dalam oven sebelum dibuka
C. Pukul 09.25; dibiarkan dingin dulu di dalam oven sebelum dibuka
D. Pukul 10.10; dibiarkan dingin dulu di dalam oven sebelum dibuka
E. Pukul 10.10; dibuka segera setelah dimatikan agar cawan cepat dingin

**8.** Analis Fani di laboratorium pabrik tempe kemasan "Tempe Kita" mengisolasi bakteri dengan metode gores kuadran (2027). Catatannya: ose dipijarkan sampai merah lalu didinginkan beberapa detik sebelum mengambil biakan dan sebelum pindah kuadran; setiap kuadran digores dimulai dari tepi kuadran itu sendiri. Setelah inkubasi 24 jam, kuadran 1 penuh pertumbuhan rapat, tetapi kuadran 2, 3, dan 4 bersih sama sekali. Cawan kontrol tanpa inokulasi juga bersih.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penyebab paling mungkin dan perbaikannya adalah ....

A. Ose yang dipijarkan membunuh semua sel; ulangi tanpa memijarkan ose di antara kuadran
B. Inkubasi terlalu singkat bagi kuadran 2 sampai 4; ulangi dengan inkubasi yang lebih lama
C. Biakan yang diambil terlalu sedikit; ulangi dengan mengambil biakan yang lebih banyak
D. Media di kuadran 2 sampai 4 mengandung zat penghambat; ulangi dengan media yang baru
E. Goresan kuadran 2 tidak melewati kuadran 1; ulangi dengan menarik goresan dari kuadran 1 ke 2



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

**9.** Laboratorium pabrik sirup "Sirup Pelangi" menyiapkan Potato Dextrose Agar (PDA) selektif untuk menghitung kapang dan khamir (2027). Ke dalam media harus ditambahkan antibiotik penekan bakteri yang rusak oleh panas. Larutan antibiotik sudah dibuat dan disaring melalui membran 0,22 µm steril. Teknisi Hilman menyusun urutan kerja untuk diperiksa pembimbingnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Urutan kerja yang paling tepat adalah ....

A. Campur serbuk PDA dan antibiotik, autoklaf 121 °C, dinginkan, lalu tuang ke cawan
B. Autoklaf PDA, tambahkan antibiotik saat media masih sekitar 90 °C, lalu tuang ke cawan
C. Autoklaf PDA, dinginkan hingga 45–50 °C, campur antibiotik hasil saringan, lalu tuang
D. Autoklaf PDA dan antibiotik terpisah pada 121 °C, dinginkan, campur, lalu tuang ke cawan
E. Saring PDA cair melalui membran 0,22 µm, campur antibiotik, lalu tuang ke cawan

**10.** Pabrik cuka "Asam Bahari" di Cilacap mengubah larutan beralkohol menjadi cuka dengan bantuan bakteri Acetobacter (2027). Pada batch terakhir, operator Rosa menutup tangki sangat rapat dengan tutup berkaret agar tidak ada pencemar masuk. Setelah dua minggu, kadar alkohol hampir tidak turun dan rasa asam tidak muncul. Batch-batch sebelumnya memakai larutan, biakan, suhu 30 °C, dan lama inkubasi yang sama, tetapi tangkinya hanya ditutup kain berpori.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penyebab paling mungkin gagalnya batch itu adalah ....

A. Bakteri kekurangan oksigen karena tangki yang tertutup rapat tidak menyediakan udara
B. Gas karbon dioksida hasil fermentasi menumpuk di tangki tertutup dan meracuni bakteri
C. Khamir pencemar masuk lewat tutup berkaret dan menghabiskan alkohol lebih dulu
D. Biakan bakteri pada batch terakhir sudah mati sebelum dimasukkan ke dalam tangki
E. Suhu 30 °C menjadi terlalu panas bagi bakteri setelah tangki ditutup rapat



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

**11.** Laboratorium QC pabrik minuman jahe "Hangat Rempah" akan menghitung bakteri pada 22 cawan petri memakai Nutrient Agar (2027). Tiap cawan diisi 15 mL media. Takaran pada label kemasan: 20 g serbuk per liter air suling. SOP meminta cadangan 10 % dari kebutuhan volume, dan labu yang diautoklaf hanya boleh terisi paling banyak dua pertiga kapasitasnya. Tersedia labu 500 mL dan 1.000 mL.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa serbuk yang ditimbang dan labu yang dipakai adalah ....

A. 6,60 g serbuk; labu 500 mL
B. 6,80 g serbuk; labu 1.000 mL
C. 7,26 g serbuk; labu 500 mL
D. 7,33 g serbuk; labu 1.000 mL
E. 7,26 g serbuk; labu 1.000 mL

**12.** Pabrik acar "Renyah Tani" di Brebes menumbuhkan starter bakteri asam laktat dalam tangki kecil sebelum dipakai memfermentasi sawi (2027). Analis QC, Sandi, menghitung sel hidup tiap 2 jam dan mencatat hasilnya pada tabel.

| Jam ke- | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sel hidup per mL | $1{,}0 \times 10^3$ | $1{,}1 \times 10^3$ | $8{,}8 \times 10^3$ | $7{,}0 \times 10^4$ | $5{,}6 \times 10^5$ | $6{,}0 \times 10^5$ | $6{,}1 \times 10^5$ |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Waktu generasi bakteri pada fase log dan keadaan pertumbuhan pada jam ke-10 sampai ke-12 adalah ....

A. Waktu generasi 15 menit; sel masih naik cepat (fase log)
B. Waktu generasi 40 menit; sel hampir tetap (fase stasioner)
C. Waktu generasi 40 menit; sel masih naik cepat (fase log)
D. Waktu generasi 120 menit; sel hampir tetap (fase stasioner)
E. Waktu generasi 120 menit; sel masih naik cepat (fase log)

**13.** Setelah menghitung koloni, Ayu di laboratorium pabrik minuman "Kelapa Ceria" memiliki 30 cawan petri berisi agar dan biakan bakteri yang akan dibuang (2027). Pembimbingnya mengingatkan bahwa mikroba dari cawan itu tidak boleh lolos ke lingkungan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Perlakuan yang paling tepat sebelum cawan dibuang adalah ....

A. Menyemprot cawan dengan alkohol 70 % lalu membuangnya ke tempat sampah umum
B. Merendam cawan dalam air keran semalaman lalu menuang isinya ke saluran pembuangan
C. Merebus cawan dalam air mendidih selama 10 menit lalu membuangnya ke tempat sampah
D. Memijarkan cawan di atas nyala pembakar spiritus sampai agarnya mengering
E. Mengautoklaf cawan pada 121 °C selama sekitar 15 menit sebelum dibuang



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

**14.** Analis Doni di pabrik roti "Roti Mentari" menanam contoh adonan dengan metode tuang, 1 mL tiap cawan, pada pengenceran $10^{-2}$, $10^{-3}$, dan $10^{-4}$ (2027). Ia juga menyertakan satu cawan kontrol steril berisi 1 mL pengencer steril tanpa contoh, ditambah media. Setelah inkubasi, cawan contoh berisi 60, 7, dan 1 koloni, sedangkan cawan kontrol steril ditumbuhi 6 koloni yang bentuknya mirip koloni pada cawan contoh. Rentang hitung 25–250 koloni.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

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

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Kontrol yang tumbuh menunjukkan ada pencemaran, sehingga hasil semua cawan contoh dipertanyakan

☐ B. Hasil dapat dikoreksi dengan mengurangi 6 koloni dari tiap cawan contoh sebelum menghitung ALT

☐ C. Cawan kontrol boleh diabaikan karena 6 koloni kurang dari batas 25 koloni sehingga tidak dihitung

☐ D. Pengujian diulang dengan media, pengencer, dan alat steril yang baru setelah sumber pencemar dicari

☐ E. Sumber pencemar dapat berupa pengencer tercemar, pipet tidak steril, atau cawan terbuka terlalu lama

**15.** Analis QC pabrik tepung tapioka "Tapioka Sejahtera" menguji 10 g contoh yang dihomogenkan dalam 90 mL pengencer; homogenat itu adalah pengenceran $10^{-1}$ (2027). Dari homogenat dibuat pengenceran bertingkat 1 mL ke 9 mL. Tiap pengenceran ditanam 1 mL dengan metode tuang, duplo. Rentang hitung 25–250 koloni per cawan. Batas ALT produk maksimum $2{,}0 \times 10^5$ CFU/g.

| Pengenceran | Cawan 1 | Cawan 2 |
|---|---|---|
| $10^{-1}$ | menyatu | menyatu |
| $10^{-2}$ | 410 | 372 |
| $10^{-3}$ | 142 | 158 |
| $10^{-4}$ | 9 | 15 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Nilai ALT dan keputusan yang tepat adalah ....

A. $1{,}5 \times 10^4$ CFU/g; memenuhi batas

B. $1{,}2 \times 10^5$ CFU/g; memenuhi batas

C. $1{,}5 \times 10^5$ CFU/g; memenuhi batas

D. $3{,}0 \times 10^5$ CFU/g; tidak memenuhi batas

E. $1{,}5 \times 10^6$ CFU/g; tidak memenuhi batas



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

**16.** Laboratorium pabrik air minum isi ulang "Tirta Bening" memeriksa satu contoh air memakai dua media (2027): Plate Count Agar (PCA) dan MacConkey. Dari contoh yang sama, 1 mL ditanam pada masing-masing media. Setelah inkubasi, PCA ditumbuhi 180 koloni. MacConkey ditumbuhi 17 koloni: 12 berwarna merah muda dan 5 tidak berwarna. Analis Wulan menulis kesimpulan dari hasil itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kesimpulan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Selisih 180 dan 17 koloni wajar: PCA menumbuhkan banyak jenis bakteri, MacConkey hanya kelompok tertentu
☐ B. Lima koloni tak berwarna pasti bakteri Gram positif karena koloninya tidak menyerap warna dari media itu
☐ C. Dua belas koloni merah muda memfermentasi laktosa, sedangkan lima koloni tak berwarna tidak memfermentasinya
☐ D. MacConkey selektif karena menekan bakteri Gram positif, dan diferensial karena warna koloni menunjukkan laktosa
☐ E. Tujuh belas koloni pada MacConkey adalah ALT contoh karena media itu menumbuhkan semua jenis bakteri yang ada

**17.** Laboratorium pabrik minuman "Segar Rimba" menyiapkan empat benda yang harus steril untuk uji mikroba (2027). Sifat tiap benda dicatat pada tabel.

| No | Benda | Keadaan | Sifat |
|---|---|---|---|
| 1 | Kaldu pepton 10 mL dalam tabung | cair, jernih | tahan 121 °C |
| 2 | Larutan enzim 20 mL | cair, jernih | rusak di atas 60 °C |
| 3 | Santan encer untuk media khusus | cair, keruh | rusak pada 121 °C, tahan 100 °C |
| 4 | Pipet kaca kosong terbungkus kertas | padat, kering | tahan 170 °C |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Metode sterilisasi yang tepat untuk benda 1, 2, 3, dan 4 secara berurutan adalah ....

A. Autoklaf, filtrasi membran, tyndalisasi, oven
B. Autoklaf, tyndalisasi, filtrasi membran, oven
C. Oven, filtrasi membran, tyndalisasi, autoklaf
D. Autoklaf, filtrasi membran, autoklaf, oven
E. Autoklaf, tyndalisasi, tyndalisasi, oven

**18.** Analis Rina di pabrik teh botol "Teh Rimba" menghitung bakteri peka panas dengan metode sebar (2027). Cawan PCA yang baru keluar dari lemari es masih berembun, sehingga 0,1 mL contoh pengenceran $10^{-3}$ tidak terserap dan koloni di cawan itu melebar dan menyatu. Rina meratakan contoh dengan batang kaca L yang hanya dibilas air keran, lalu memakainya lagi untuk cawan lain. Pada satu cawan yang baik tumbuh 80 koloni.



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Batang kaca L yang hanya dibilas air keran sudah cukup bersih untuk dipakai lagi pada cawan lain. | ○ | ○ |
| Permukaan agar yang berembun sebaiknya dikeringkan lebih dulu, sebab contoh yang tidak terserap membuat koloni melebar dan menyatu. | ○ | ○ |
| Dari 80 koloni pada pengenceran $10^{-3}$ dengan volume tanam 0,1 mL, ALT contoh adalah $8{,}0 \times 10^{4}$ CFU/mL. | ○ | ○ |

**19.** Unit pakan ternak fermentasi "Ternak Maju" memerlukan biakan bakteri asam laktat dalam jumlah besar sebagai starter silase (2027). Di laboratorium QC unit yang sama, bakteri pada pakan jadi harus dihitung jumlah koloninya. Teknisi Aldi diminta memilih wujud media pertumbuhan untuk kedua pekerjaan itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pilihan wujud media yang paling tepat adalah ....

A. Media padat untuk memperbanyak starter, media cair untuk menghitung koloni
B. Media cair untuk memperbanyak starter, media padat untuk menghitung koloni
C. Media cair untuk memperbanyak starter dan juga untuk menghitung koloni
D. Media padat untuk memperbanyak starter dan juga untuk menghitung koloni
E. Media semipadat untuk memperbanyak starter, media cair untuk menghitung koloni

**20.** Analis QC pabrik minuman teh kemasan gelas "Teh Gelas Sedap" menanam contoh pada Plate Count Agar dan menginkubasinya pada 35 °C selama 48 jam (2027). ALT yang diperoleh $2{,}0 \times 10^{3}$ CFU/mL, memenuhi batas $1{,}0 \times 10^{4}$ CFU/mL. Tiga minggu setelah produk dikirim, pedagang mengembalikan beberapa gelas yang permukaan minumannya ditumbuhi gumpalan berbenang halus. Kepala QC meminta analis menilai hubungan kedua hal itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| ALT tersebut hanya menghitung mikroba yang tumbuh pada media dan kondisi inkubasi yang dipakai, sehingga PCA pada 35 °C selama 48 jam tidak dirancang untuk menghitung kapang dan khamir. | ○ | ○ |
| Untuk menelusuri retur itu, kapang dan khamir perlu dihitung dengan media selektif dan inkubasi sekitar 25 °C selama beberapa hari. | ○ | ○ |
| Karena ALT memenuhi batas, produk pasti bebas mikroba pembusuk, sehingga gumpalan berbenang pasti berasal dari pencemaran setelah produk sampai di pedagang. | ○ | ○ |



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

**21.** Dua analis pabrik minuman, Mira dan Yoga, menguji contoh yang sama (2027). Mira memakai metode tuang 1 mL pada pengenceran $10^{-4}$, menghitung 52 koloni, dan melaporkan ALT 5,2 × $10^{5}$ CFU/mL. Yoga memakai metode sebar 0,1 mL pada pengenceran $10^{-3}$, juga menghitung 52 koloni, tetapi melaporkan ALT 5,2 × $10^{4}$ CFU/mL. Pembimbing meminta keduanya mencari penyebab selisih itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Metode sebar selalu menghasilkan ALT lebih rendah daripada metode tuang, sehingga selisih itu wajar

☐ B. ALT yang benar menurut data Yoga adalah 5,2 × $10^{5}$ CFU/mL, sama dengan hasil milik Mira

☐ C. Yoga lupa membagi hasilnya dengan volume contoh yang ditanam, yaitu 0,1 mL pada metode sebar

☐ D. Mira yang keliru karena pada metode tuang 1 mL hasilnya harus lebih dulu dikalikan dengan 10

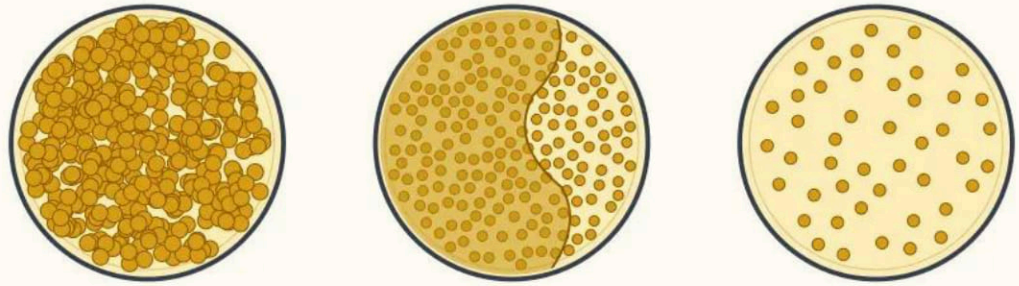
☐ E. Bila Yoga memakai pengenceran $10^{-4}$, ia hanya mendapat sekitar 5 koloni sehingga cawan tidak dihitung



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

**22.** Analis pabrik air minum kemasan "Tirta Kencana" menanam 1 mL contoh air dengan metode tuang pada tiga pengenceran, satu cawan tiap pengenceran (2027). Hasil setelah inkubasi tampak pada gambar; alat penghitung menuliskan jumlah koloni yang terhitung di bawah tiap cawan. Rentang hitung 25–250 koloni per cawan, dan cawan yang koloninya menyebar menutupi lebih dari separuh luasnya tidak dihitung. Batas ALT produk maksimum $3{,}0 \times 10^5$ CFU/mL.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Nilai ALT dan keputusan yang tepat adalah ....

**Hasil inkubasi metode tuang (1 mL tiap cawan)**



**Pengenceran $10^{-2}$**
tidak dapat dihitung (menyatu)

**Pengenceran $10^{-3}$**
186 koloni terhitung

**Pengenceran $10^{-4}$**
47 koloni terhitung

Jumlah koloni dibaca dari alat penghitung koloni; gambar berupa skema.

A. $4{,}7 \times 10^4$ CFU/mL; memenuhi batas
B. $1{,}9 \times 10^5$ CFU/mL; memenuhi batas
C. $3{,}3 \times 10^5$ CFU/mL; tidak memenuhi batas
D. $4{,}7 \times 10^5$ CFU/mL; tidak memenuhi batas
E. $4{,}7 \times 10^6$ CFU/mL; tidak memenuhi batas

**23.** Di laboratorium QC pabrik yogurt, Salsa mewarnai preparat berisi campuran Lactobacillus (Gram positif) dan Escherichia coli (Gram negatif) (2027). Botol kristal violet habis, sehingga ia melewatkan tahap kristal violet. Tahap lain dikerjakan berurutan dengan benar: fiksasi panas, iodin, alkohol beberapa detik, lalu safranin.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Hasil yang paling mungkin terlihat di bawah mikroskop adalah ....

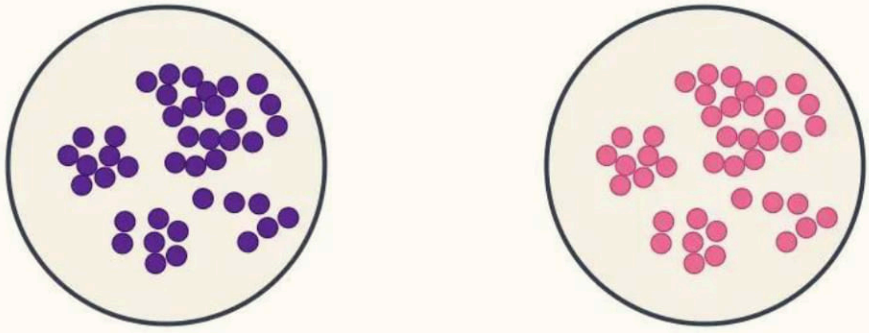
A. Semua sel tampak merah muda, sehingga Gram positif dapat salah dilaporkan sebagai Gram negatif
B. Sel Gram positif tetap ungu karena iodin sudah mengikatnya, sedangkan sel Gram negatif merah muda
C. Semua sel tampak tidak berwarna karena alkohol melunturkan zat warna dari seluruh sel yang ada
D. Hanya sel Gram positif yang tampak merah muda, sedangkan sel Gram negatif tidak berwarna sama sekali
E. Semua sel tampak ungu muda karena iodin juga berfungsi sebagai pewarna sel bakteri tersebut



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

**24.** Analis QC pabrik susu bubuk "Susu Prima" memeriksa isolat dari satu koloni cemaran (2027). Dari biakan yang sama dibuat dua sediaan. Sediaan 1 diwarnai Gram dengan alkohol 10 detik sesuai SOP, sedangkan sediaan 2 dengan alkohol 60 detik karena petugas terlambat membilas. Tahap lain sama dan dikerjakan benar. Hasil pengamatan pada perbesaran 1.000× tampak pada gambar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

**Pewarnaan Gram satu isolat, perbesaran 1.000×**



**Sediaan 1**
alkohol 10 detik

**Sediaan 2**
alkohol 60 detik

Gambar berupa skema; tiap lingkaran adalah medan pandang mikroskop.

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Isolat berbentuk kokus yang tersusun berkelompok seperti buah anggur dan termasuk Gram positif

☐ B. Isolat adalah bakteri Gram negatif karena sebagian besar sel pada sediaan 2 tampak merah muda

☐ C. Sediaan 2 lebih dapat dipercaya karena alkohol yang lebih lama membuat pewarnaan lebih bersih

☐ D. Warna merah muda sediaan 2 terjadi karena alkohol terlalu lama melunturkan kristal violet sel

☐ E. Isolat berbentuk batang yang tersusun berantai panjang dan termasuk bakteri Gram positif



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

**25.** Analis Eka di pabrik minuman fermentasi "Sehat Mandiri" mewarnai Gram isolat dari biakan berumur 5 hari yang diduga Bacillus, bakteri Gram positif berbentuk batang (2027). Bersamaan dengan itu ia mewarnai kontrol positif Staphylococcus aureus dan kontrol negatif Escherichia coli, keduanya biakan berumur 20 jam. Hasilnya: kontrol positif ungu, kontrol negatif merah muda, sedangkan isolat berupa batang berwarna merah muda. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Karena kedua kontrol sesuai dan isolat merah muda, isolat pasti Gram negatif dan hasilnya dapat langsung dilaporkan. | ○ | ○ |
| Biakan yang sudah tua dapat kehilangan kemampuan menahan zat warna sehingga bakteri Gram positif tampak merah muda; pewarnaan sebaiknya diulang dari biakan muda. | ○ | ○ |
| Kontrol yang sesuai menunjukkan zat warna dan lama peluntur bukan penyebab warna merah muda pada isolat. | ○ | ○ |

## Tabel skor dan anjuran

| Sub bab / subtopik | Nomor soal | Benar | Jika kurang separuh benar |
|---|---|---|---|
| Sub bab 4.1 · Konsep dasar mikrobiologi | 2, 5, 10, 12 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 283 |
| Sub bab 4.2 · Media pertumbuhan skala laboratorium | 9, 11, 16, 19 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 296 |
| Sub bab 4.3 · Teknik sterilisasi basah dan kering | 1, 4, 7, 13, 17 | ___ / 5 | Ulangi hlm. 307 |
| Sub bab 4.4 · Isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba (ALT/TPC) | 3, 6, 8, 14, 15, 18, 20, 21, 22 | ___ / 9 | Ulangi hlm. 318 |
| Sub bab 4.5 · Pewarnaan bakteri dasar | 23, 24, 25 | ___ / 3 | Ulangi hlm. 334 |

*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 5 · Teknik Dasar Pekerjaan Laboratorium

SMKTKI-B5

**Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:**

- memilih dan memakai peralatan gelas laboratorium sesuai SOP
- memakai neraca dan pH meter dengan benar
- menjalankan analisis titrimetri dan gravimetri konvensional
- menganalisis data hasil uji untuk memastikan validitasnya

## Peta bab

| Sub bab | Judul |
|---|---|
| 5.1 | Peralatan gelas laboratorium sesuai SOP |
| 5.2 | Peralatan non-gelas: neraca dan pH meter |
| 5.3 | Prosedur analisis titrimetri konvensional |
| 5.4 | Prosedur analisis gravimetri konvensional |
| 5.5 | Analisis data hasil uji untuk memastikan validitas |

### Bab 5 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-B5



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

# Sub bab 5.1 · Peralatan gelas laboratorium sesuai SOP

SMKTKI-5.1

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 5, teknik dasar pekerjaan laboratorium) meminta kamu **menggunakan peralatan gelas dan non-gelas sesuai SOP** dalam analisis dasar laboratorium. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu diminta memilih alat yang tepat untuk sebuah pekerjaan, membaca skala alat, menilai langkah merawat alat, dan memperkirakan akibat kesalahan memakai alat terhadap hasil analisis. Soal-soalnya selalu berupa kasus kerja di laboratorium pabrik, sering disertai gambar alat atau data galat dari sertifikat alat.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih alat** untuk mengambil, menakar, atau menampung larutan menurut ketelitian yang diminta prosedur; (2) **membaca skala** buret atau alat lain pada gambar; (3) **menilai cara membersihkan dan membilas** alat; (4) **memperkirakan arah kesalahan** hasil bila alat dipakai dengan cara yang salah.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebut fungsi gelas kimia, erlenmeyer, gelas ukur, labu takar, pipet volume, pipet ukur, pipet tetes, dan buret;
- membedakan alat takar kasar dari alat volumetrik teliti, dan menjelaskan arti tanda TC dan TD;
- menghitung galat relatif sebuah alat dan memilih alat yang galatnya memenuhi syarat prosedur;
- membaca meniskus dan skala buret dengan benar;
- membilas, mengisi, dan membersihkan alat gelas sesuai SOP.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

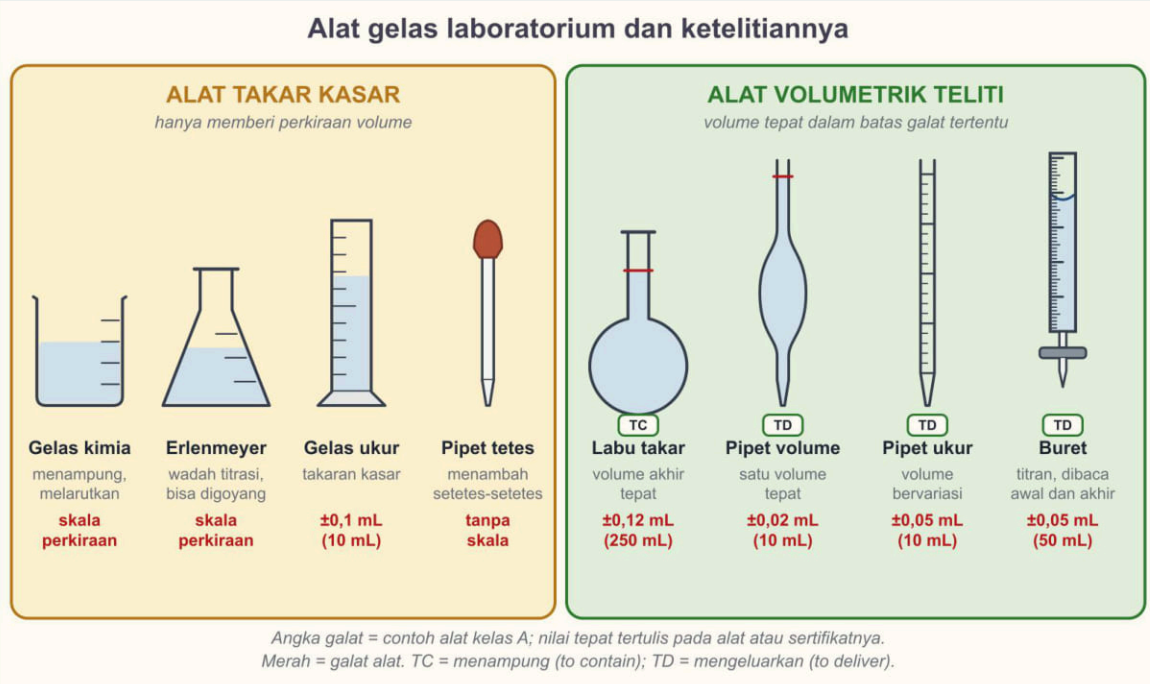
Hampir semua analisis di laboratorium kimia industri dimulai dengan satu pertanyaan sederhana: **berapa volume larutan ini?** Hasil akhir sebuah analisis, misalnya kadar asam cuka, hanya dapat dipercaya bila volume yang dipakai di tengah perhitungan benar. Karena itu laboratorium memiliki banyak alat gelas, dan tiap alat dibuat untuk tingkat ketelitian yang berbeda. Memilih dan memakai alat yang tepat adalah keterampilan dasar seorang analis.

### 1. Dua golongan alat gelas

Alat gelas laboratorium dapat dibagi menjadi dua golongan (Gambar 5.1).



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




*Gambar 5.1 Alat gelas laboratorium dikelompokkan menurut ketelitiannya, dengan contoh galat alat kelas A. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

**Alat takar kasar** hanya memberi perkiraan volume. Skalanya jarang dan galatnya besar. Yang termasuk golongan ini:

- **Gelas kimia** (*beaker*): wadah berdinding lurus dengan paruh tuang. Dipakai untuk menampung, melarutkan, mencampur, dan memanaskan. Skala di dindingnya hanya untuk perkiraan kasar; galatnya dapat mencapai beberapa persen dari volume.
- **Labu erlenmeyer** (*Erlenmeyer flask*): wadah berbentuk kerucut dengan leher sempit. Bentuk ini membuat larutan dapat digoyang melingkar tanpa tumpah, sehingga dipakai sebagai tempat titrasi dan tempat melarutkan contoh. Skalanya juga kasar.
- **Gelas ukur** (*measuring cylinder*): tabung tinggi berskala. Dipakai untuk menakar pelarut atau pereaksi yang jumlahnya tidak perlu tepat. Galat gelas ukur 10 mL kelas A sekitar ±0,1 mL, jauh lebih besar daripada buret atau pipet volume.
- **Pipet tetes**: tabung kecil dengan karet penghisap. Tidak berskala. Dipakai untuk menambah indikator atau menepatkan meniskus pada tanda tera dengan setetes demi setetes.

**Alat volumetrik teliti** dibuat dan diperiksa pabriknya agar volumenya tepat dalam batas galat tertentu:

- **Labu takar** (*volumetric flask*): labu berleher panjang dengan satu garis tanda tera. Bila diisi sampai tanda tera, ia berisi volume tepat sebesar yang tertulis, misalnya 250 mL. Dipakai untuk membuat larutan baku dan mengencerkan sampai volume tepat (sub bab 2.2).
- **Pipet volume** (*volumetric pipette*, *transfer pipette*): tabung dengan bagian tengah menggembung dan satu garis tanda tera. Memindahkan **satu volume tertentu** yang tepat, misalnya 10,00 mL atau 25,00 mL.
- **Pipet ukur** (*graduated pipette*): tabung lurus berskala. Dapat memindahkan berbagai volume, tetapi ketelitiannya lebih rendah daripada pipet volume karena volumenya dibaca dari skala.
- **Buret** (*burette*): tabung panjang berskala dengan kran di bawah. Skalanya bertambah **ke bawah**, nol di atas. Mengeluarkan larutan sedikit demi sedikit dan volumenya diketahui dari selisih dua pembacaan. Buret 50 mL dengan garis skala tiap 0,1 mL adalah yang paling umum.

Perhatikan satu pembeda penting: gelas ukur, pipet ukur, dan buret sama-sama berskala, tetapi hanya buret dan pipet yang dibuat teliti. Bentuk yang ramping membuat perubahan volume kecil terlihat sebagai perubahan tinggi cairan yang besar. Itulah sebabnya alat yang ramping dan panjang lebih teliti daripada alat yang lebar.

### 2. Tanda TC dan TD

Pada badan alat volumetrik ada tulisan kecil yang perlu kamu baca. Tulisan **TC** (*to contain*, "untuk menampung") atau **In** berarti alat berisi volume tertulis ketika terisi sampai tanda tera. Labu takar bertanda TC. Tulisan **TD** (*to deliver*, "untuk mengeluarkan") atau **Ex** berarti alat mengeluarkan volume tertulis. Pipet dan buret bertanda TD. Pada alat TD, sedikit cairan memang tertinggal di dinding dan ujungnya. Pabrik sudah memperhitungkan sisa itu ketika memberi tanda, sehingga **sisa di ujung pipet tidak boleh ditiup keluar**. Meniup sisa itu



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

menambah volume yang keluar melebihi yang ditera.

Tulisan lain pada alat: volume (misalnya 25 mL), suhu kalibrasi (biasanya 20 °C), dan kelas ketelitian. Suhu penting karena cairan dan kaca memuai bila panas, sehingga alat dipakai pada suhu ruang.

### 3. Galat alat dan kelas ketelitian

Tidak ada alat yang sempurna. Pabrik menuliskan **galat alat** sebagai angka ± pada alat atau pada sertifikatnya, misalnya buret 50 mL ±0,05 mL. Artinya, volume yang sebenarnya boleh berbeda sampai 0,05 mL dari yang terbaca. Alat **kelas A** dibuat dengan batas galat yang ketat; alat **kelas B** boleh memiliki galat sekitar dua kali lebih besar. Besar galat tepatnya bergantung pada standar dan pabrik pembuat, jadi analis selalu membaca angka pada alatnya atau pada sertifikat dari laboratorium. Contoh angka kelas A yang umum ada pada Gambar 5.1: pipet volume 10 mL ±0,02 mL, buret 50 mL ±0,05 mL, labu takar 250 mL ±0,12 mL.

Cara membandingkan alat yang ukurannya berbeda adalah dengan **galat relatif**:

galat relatif = (galat alat ÷ volume yang diukur) × 100 %

Alasannya: galat 0,05 mL tidak berarti banyak bila volumenya 50 mL, tetapi sangat berarti bila volumenya 1 mL. Galat relatif menyatakan galat sebagai bagian dari hasil. Contoh: pipet volume 10 mL (±0,02 mL) memiliki galat relatif 0,02 ÷ 10 × 100 % = 0,2 %, sedangkan gelas ukur 10 mL (±0,1 mL) memiliki 0,1 ÷ 10 × 100 % = 1 %. Untuk volume yang sama, gelas ukur lima kali lebih tidak teliti.

Dua catatan penting. Pertama, galat relatif buret mengecil bila volume yang dipakai besar: pembacaan 40 mL pada buret 50 mL memiliki galat relatif ±0,05 ÷ 40 = 0,125 %, sedangkan 5 mL memiliki 1 %. Karena itu titrasi dirancang agar memakai volume titran sekitar 20 sampai 30 mL. Kedua, **volume yang diukur dengan buret adalah selisih dua pembacaan**, sehingga galat buret dapat muncul dua kali (awal dan akhir).

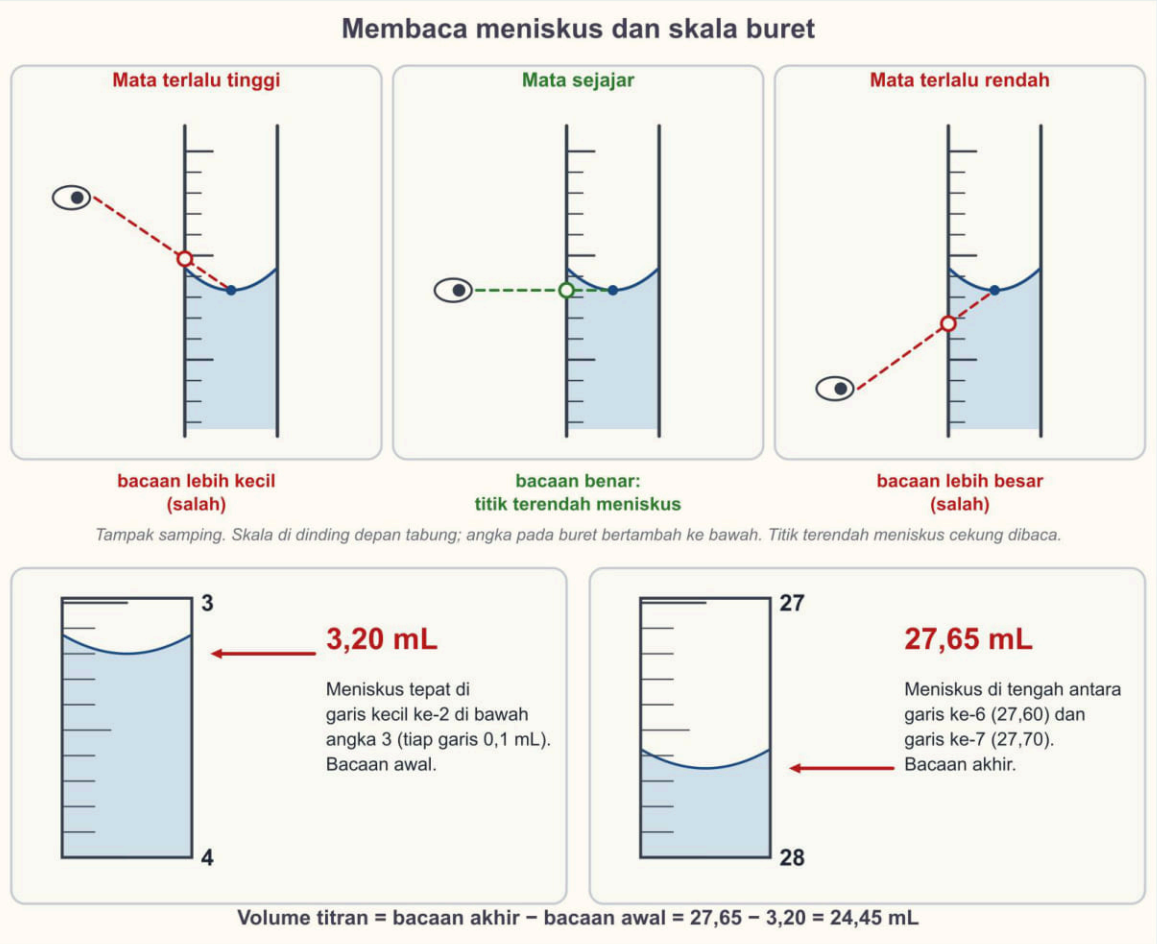
### 4. Membaca meniskus dan skala buret

Permukaan cairan dalam tabung sempit tidak datar, melainkan melengkung. Lengkungan itu disebut **meniskus**. Air dan larutan encer membentuk meniskus **cekung** (tepi naik, tengah turun). Aturan membacanya (Gambar 5.2):

1. Letakkan alat tegak lurus. Pada buret yang dijepit di statif, pastikan statif tidak miring.
2. Posisikan **mata sejajar dengan permukaan cairan**. Pada buret (skala bertambah ke bawah), bila mata terlalu tinggi bacaan menjadi lebih kecil daripada yang benar, dan bila terlalu rendah bacaan lebih besar. Kesalahan ini disebut **paralaks**.
3. Baca **titik terendah** meniskus cekung.
4. Agar garis lengkung mudah terlihat, taruh selembar kertas putih bergaris hitam atau kartu gelap tepat di bawah meniskus. Lengkungan tampak sebagai bayangan gelap yang jelas.
5. Larutan yang sangat gelap, misalnya kalium permanganat atau iodium, sukar dilihat bagian bawahnya. Untuk buret yang berisi larutan seperti itu, SOP menyuruh membaca bagian atas meniskus, asalkan awal dan akhir dibaca dengan cara yang sama.



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




*Gambar 5.2 Membaca meniskus: mata sejajar, baca titik terendah. Kanan: dua contoh pembacaan buret (3,20 mL dan 27,65 mL). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

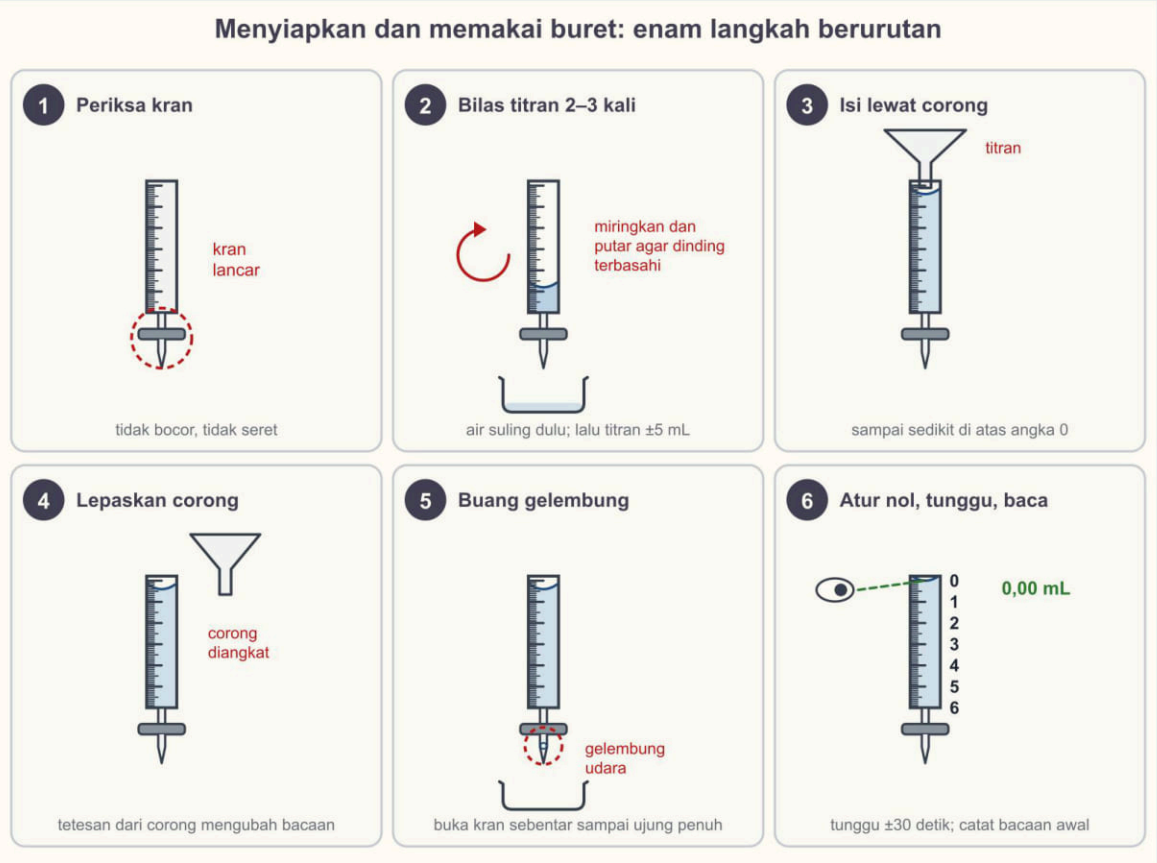
**Skala buret bertambah ke bawah.** Angka di atas lebih kecil daripada angka di bawah, kebalikan penggaris. Pada buret 50 mL, angka bulat (0, 1, 2, ...) ditulis tiap 1 mL, dan di antara dua angka bulat ada sepuluh ruas kecil yang masing-masing 0,1 mL. Pembacaan dilaporkan sampai **dua desimal**: satu desimal dibaca langsung dari garis, dan desimal kedua ditaksir (0,00 atau 0,05 bila meniskus tepat di garis atau di tengah dua garis). Contoh: meniskus 2 garis kecil di bawah angka 3 dibaca 3,20 mL. Meniskus di tengah antara garis keenam dan ketujuh di bawah angka 27 dibaca 27,65 mL. Volume yang dikeluarkan = pembacaan akhir − pembacaan awal.

### 5. Menyiapkan dan memakai buret dan pipet

Buret dipakai dengan urutan yang tetap (Gambar 5.3).



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




*Gambar 5.3 Langkah menyiapkan buret: bilas, isi, buang gelembung, atur meniskus, baca awal. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Periksa buret.** Pastikan kran tidak bocor dan tidak seret. Buret yang bocor membuat volume tercatat lebih besar daripada yang dipakai.
2. **Bilas dengan air suling**, lalu **bilas dua sampai tiga kali dengan sedikit titran** (sekitar 5 mL tiap kali). Miringkan dan putar buret agar seluruh dinding terbasahi, lalu alirkan lewat kran. Alasannya: dinding buret yang masih basah air akan mengencerkan titran, sehingga konsentrasi titran lebih kecil daripada yang tertulis.
3. **Pasang tegak pada statif** dan isi titran melalui corong sampai sedikit di atas angka nol.
4. **Lepaskan corong.** Tetesan dari corong yang tertinggal dapat jatuh ke dalam buret saat titrasi dan mengubah bacaan.
5. **Buang gelembung udara** di ujung bawah buret dengan membuka kran sebentar sampai ujungnya penuh cairan. Alasannya: gelembung yang keluar saat titrasi terbaca sebagai volume titran padahal bukan cairan.
6. **Atur meniskus** ke angka nol atau sedikit di bawahnya, lalu **tunggu sekitar 30 detik** agar cairan di dinding turun. Catat pembacaan awal.

**Pipet volume** dipakai dengan cara berikut. Bilas pipet dengan sedikit larutan yang akan dipipet, bukan air suling. Hisap larutan dengan bola penghisap sampai di atas tanda tera, tahan, lalu hapus bagian luar ujung pipet. Turunkan meniskus tepat ke tanda tera. Alirkan ke wadah dengan pipet tegak dan ujungnya menyentuh dinding wadah, tunggu sekitar 15 detik setelah cairan berhenti mengalir, dan **jangan meniup sisa di ujung**. Mulut tidak boleh dipakai menghisap



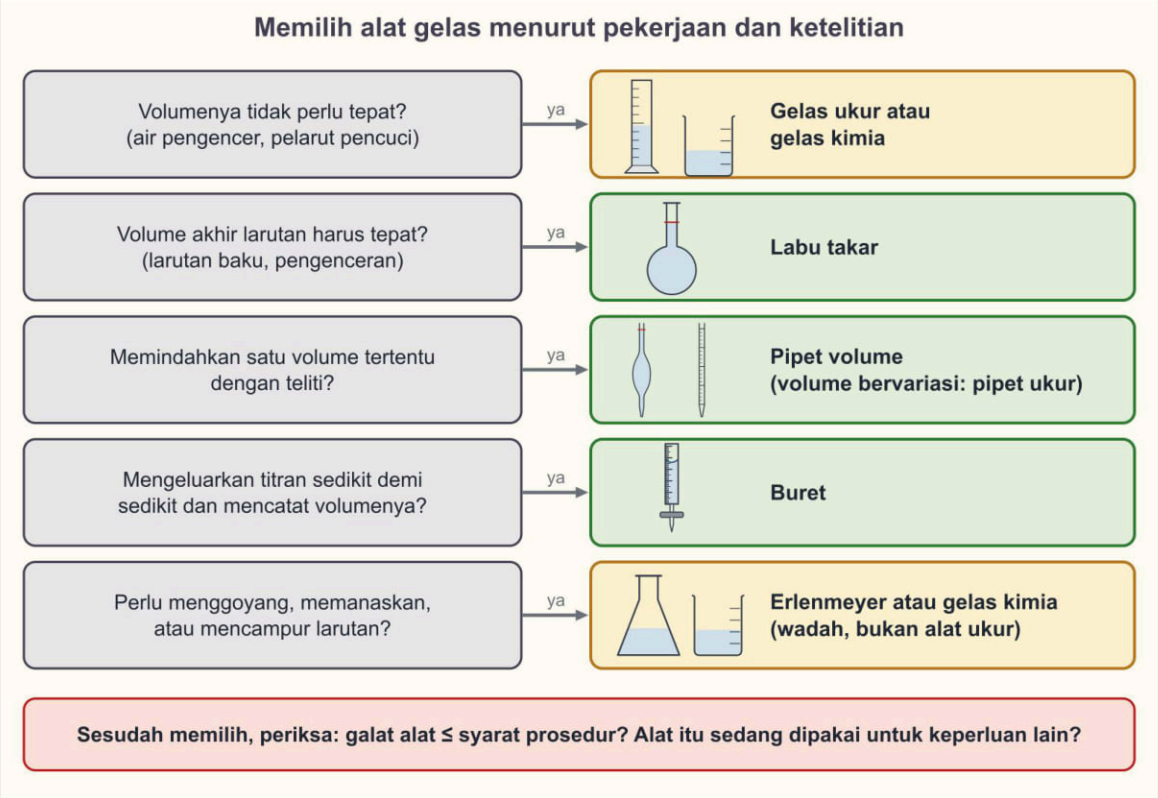
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bahan kimia.

**Labu takar** diperlakukan lain. Ia tidak dibilas dengan larutan, sebab volume akhirnya ditentukan oleh tanda tera, bukan oleh jumlah zat di dinding. Labu boleh basah air suling karena air itu akan menjadi bagian pelarut. Setelah melarutkan zat, tambahkan pelarut sampai hampir tanda tera, lalu teteskan dengan pipet tetes sampai meniskus tepat di tanda tera, tutup, dan balikkan berkali-kali agar larutan tercampur. Urutan menyiapkan larutan baku lengkap ada di sub bab 2.2, dan perhitungan konsentrasinya di sub bab 3.4.

### 6. Memilih alat menurut ketelitian

Prosedur analisis menetapkan seberapa teliti sebuah volume harus diukur. Alat dipilih supaya **galat alatnya tidak melebihi syarat prosedur**. Gambar 5.4 merangkum cara berpikirnya.




*Gambar 5.4 Bagan pemilihan alat gelas menurut pekerjaan dan ketelitian yang diminta. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Pertanyaan yang diajukan berurutan:

1. **Apakah volumenya perlu tepat?** Bila tidak, misalnya menambah air pengencer sekitar 50 mL ke wadah titrasi, gunakan gelas ukur atau gelas kimia. Air itu tidak mengubah jumlah zat yang dititrasi.
2. **Apakah volume akhir larutan harus tepat?** Bila ya (membuat larutan baku), gunakan labu takar.
3. **Apakah satu volume tetap dipindahkan dengan teliti?** Gunakan pipet volume. Bila volumenya bervariasi dan ketelitiannya cukup, gunakan pipet ukur.
4. **Apakah volume cairan yang keluar harus diketahui teliti dan jumlahnya berubah-ubah?** Gunakan buret. Inilah alat untuk titran.
5. **Apakah larutan perlu digoyang atau dipanaskan?** Gunakan erlenmeyer atau gelas kimia sebagai wadah.

Satu aturan yang sering terlupa: **satu alat kasar dalam rantai kerja dapat merusak seluruh ketelitian**. Bila larutan baku dibuat di gelas ukur, ketelitian pipet dan buret yang dipakai sesudahnya tidak menolong, sebab konsentrasi awalnya sudah meleset.

### 7. Apa yang dibilas dengan apa

Salah satu pertanyaan yang sering muncul: sebuah alat dibilas dengan apa sebelum dipakai? Jawabannya bergantung pada apakah **jumlah zat yang ada di dinding alat ikut menentukan hasil**.

| Alat | Dibilas dengan | Alasan |
|---|---|---|
| Buret | air suling lalu titran | air di dinding mengencerkan titran |
| Pipet volume dan pipet ukur | air suling lalu larutan yang dipipet | air di dinding mengencerkan contoh |
| Erlenmeyer untuk titrasi | air suling saja; boleh masih basah | air tidak mengubah jumlah zat yang dititrasi |
| Labu takar | air suling | volume akhir ditentukan oleh tanda tera |
| Gelas ukur untuk air pengencer | air suling | jumlah pelarut tidak perlu tepat |

Perhatikan bahwa erlenmeyer **tidak** dibilas dengan contoh. Sisa contoh di dinding labu menambah jumlah zat yang dititrasi, sehingga volume titran yang dipakai menjadi terlalu besar. Air tidak melakukan itu karena ia tidak mengandung zat yang dititrasi.

### 8. Membersihkan dan merawat alat gelas

Alat yang kotor memberi volume yang salah. Lemak atau debu di dinding membuat cairan menempel tidak rata, sehingga meniskus berubah bentuk dan volume yang tertinggal tidak menentu. Cara memeriksa kebersihan: alirkan air suling ke dinding alat. Alat bersih dibasahi air secara **merata**, membentuk lapisan tipis tanpa butiran. Bila air membentuk butiran atau garis putus-putus, masih ada lemak dan alat harus dicuci ulang.



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

Urutan pembersihan umum: bilas air kran, cuci dengan larutan detergen laboratorium dan sikat lembut yang sesuai bentuk alat (jangan menggores), bilas air kran sampai bebas busa, lalu bilas tiga kali dengan air suling. Bila kotoran membandel, gunakan larutan pencuci yang ditetapkan SOP dengan APD lengkap (sub bab 2.3).

Aturan perawatan lain:

- **Alat volumetrik tidak dikeringkan dalam oven panas.** Kaca yang dipanaskan memuai dan dapat berubah ukuran, sehingga tanda teranya tidak lagi tepat. Keringkan di rak pada suhu ruang.
- Alat yang retak, bergores dalam, atau tanda teranya pudar **tidak dipakai lagi** karena volumenya tidak lagi dapat dipercaya.
- Kran buret diperiksa dan dilumasi menurut petunjuk pabrik; jangan memaksa kran yang macet.
- Alat gelas dipegang pada badan, bukan pada leher yang tipis. Pecahan kaca dibuang ke wadah khusus pecahan kaca, tidak ke tempat sampah biasa.
- Simpan buret dan pipet dengan posisi aman agar tidak jatuh.

Semua langkah ini ditulis dalam **SOP** (*standard operating procedure*, prosedur operasional baku) laboratorium. SOP membuat setiap analis bekerja dengan cara yang sama, sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan dan dipertanggungjawabkan.

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: memilih alat dari syarat galat

Pada 2027, Sari, analis di laboratorium pabrik sirup, harus mengambil tepat 20,00 mL contoh sirup untuk ditimbang kadar gulanya. Prosedur mensyaratkan galat pengambilan maksimum ±0,03 mL. Di mejanya ada gelas ukur 25 mL (galat ±0,3 mL), pipet ukur 25 mL (galat ±0,10 mL), pipet volume 20 mL (galat ±0,03 mL), dan buret 50 mL yang sedang berisi titran. Alat mana yang dipakai? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tulis syarat.** Galat alat tidak boleh melebihi ±0,03 mL.
2. **Bandingkan galat tiap alat dengan syarat.** Gelas ukur: 0,3 mL, sepuluh kali terlalu besar. Pipet ukur: 0,10 mL, lebih besar dari syarat. Pipet volume 20 mL: 0,03 mL, tepat memenuhi. Buret: ketelitiannya cukup, tetapi sedang dipakai untuk titran.
3. **Pilih yang memenuhi.** Pipet volume 20 mL, satu-satunya alat yang memenuhi syarat dan memang tersedia.

Jawaban: pipet volume 20 mL. Cek akal sehat: tugasnya memindahkan satu volume tetap dengan teliti, dan itulah fungsi pipet volume. Pipet ukur 25 mL tidak dipilih walaupun skalanya melewati 20 mL, karena galatnya melebihi syarat.



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

### Contoh 2: membaca buret

Pada 2027, Raka mencatat dua pembacaan buret 50 mL (garis kecil = 0,1 mL). Sebelum titrasi, meniskus berada 2 garis kecil di bawah angka 3. Sesudah titrasi, meniskus berada di tengah antara garis keenam dan ketujuh di bawah angka 27. Berapa volume titran yang dipakai? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Ingat arah skala.** Angka bertambah ke bawah, sehingga "di bawah angka 3" berarti lebih dari 3.
2. **Pembacaan awal.** 2 garis kecil di bawah 3 = 3,00 + 2 × 0,10 = 3,20 mL.
3. **Pembacaan akhir.** Garis keenam di bawah 27 = 27,60 mL, garis ketujuh = 27,70 mL, dan di tengah-tengah keduanya = 27,65 mL.
4. **Volume titran.** Pembacaan akhir − pembacaan awal = 27,65 − 3,20 = 24,45 mL.

Jawaban: 24,45 mL. Cek akal sehat: volume yang dikeluarkan harus lebih besar dari nol dan lebih kecil dari 50 mL. Bila skala dianggap bertambah ke atas seperti penggaris, hasilnya akan keliru.

### Contoh 3: galat relatif dan alat yang memenuhi syarat

Pada 2027, Pak Dedi, kepala laboratorium pabrik minuman, menetapkan bahwa volume contoh 5,00 mL harus diambil dengan galat relatif tidak lebih dari 0,5 %. Di rak ada pipet ukur 10 mL (±0,05 mL) dan pipet volume 5 mL (±0,01 mL). Mana yang memenuhi? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Rumus.** Galat relatif = galat alat ÷ volume yang diambil × 100 %.
2. **Pipet ukur 10 mL.** 0,05 ÷ 5,00 × 100 % = 1,0 %. Perhatikan: pembaginya volume yang **diambil** (5,00 mL), bukan kapasitas pipet.
3. **Pipet volume 5 mL.** 0,01 ÷ 5,00 × 100 % = 0,2 %.
4. **Bandingkan dengan syarat 0,5 %.** 1,0 % melebihi syarat, 0,2 % memenuhi.

Jawaban: pipet volume 5 mL. Cek akal sehat: galat pipet ukur 5 kali lebih besar daripada pipet volume untuk volume yang sama; hasil 1,0 % dan 0,2 % konsisten dengan perbandingan 0,05 dan 0,01.

### Contoh 4: urutan alat untuk 250 mL larutan baku

Pada 2027, Indah akan membuat 250 mL larutan baku dari padatan lalu memipet 25,00 mL ke wadah titrasi dan menambah sekitar 50 mL air pengencer. Tentukan alat untuk tiap langkah. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Melarutkan padatan.** Gelas kimia: jumlah pelarut belum perlu tepat dan zat perlu diaduk.
2. **Menepatkan volume 250 mL.** Labu takar 250 mL: volume akhir harus tepat.
3. **Memindahkan 25,00 mL.** Pipet volume 25 mL, dibilas dengan larutan baku itu lebih dulu.
4. **Wadah titrasi.** Erlenmeyer: mudah digoyang tanpa tumpah.
5. **Menakar sekitar 50 mL air pengencer.** Gelas ukur: air tidak mengubah jumlah zat yang dititrasi.

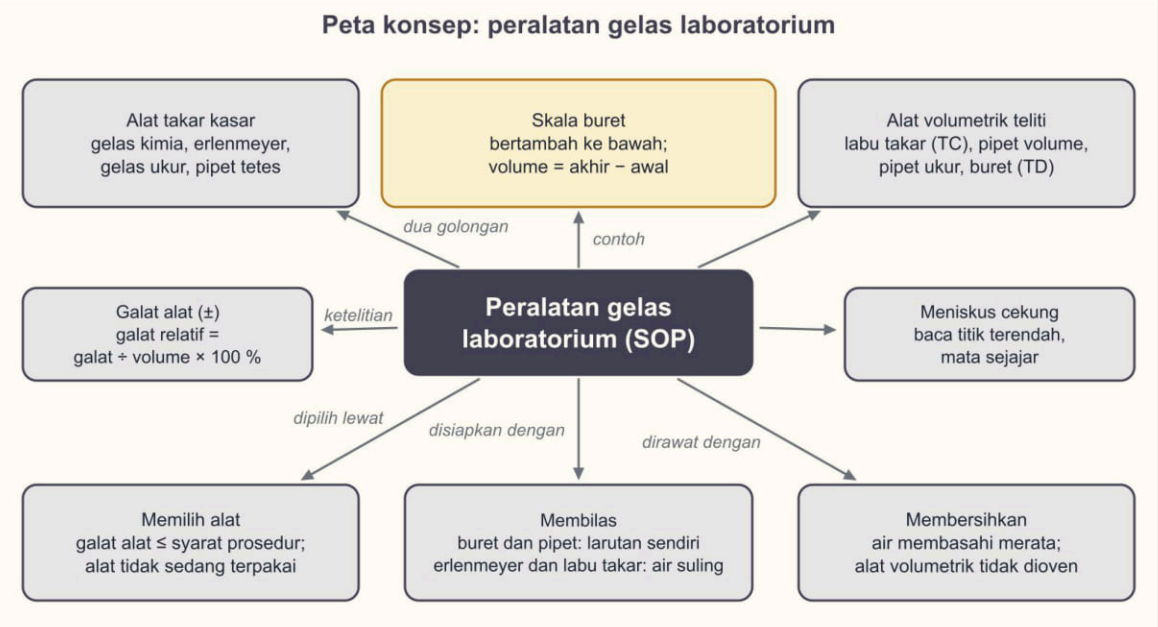


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Jawaban: gelas kimia → labu takar → pipet volume → erlenmeyer → gelas ukur. Cek akal sehat: alat teliti dipakai hanya di langkah yang menentukan jumlah zat (labu takar dan pipet volume), alat kasar untuk langkah yang tidak menentukan.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 5.5 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 5.5 Peta konsep peralatan gelas laboratorium. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

Yang harus kamu ingat:

- **Dua golongan:** alat takar kasar (gelas kimia, erlenmeyer, gelas ukur, pipet tetes) dan alat volumetrik teliti (labu takar, pipet volume, pipet ukur, buret).
- **TC** = berisi volume tertulis (labu takar); **TD** = mengeluarkan volume tertulis (pipet, buret). Sisa di ujung pipet tidak ditiup.
- **Galat relatif** = galat alat ÷ volume yang diukur × 100 %. Pilih alat yang galatnya memenuhi syarat prosedur.
- **Meniskus cekung** dibaca di titik terendah dengan mata sejajar. Skala buret bertambah ke bawah; volume = akhir − awal.
- **Bilas dengan larutan sendiri:** buret dan pipet. **Bilas air suling saja:** erlenmeyer titrasi dan labu takar.
- **Alat bersih** dibasahi air merata; alat volumetrik tidak dikeringkan di oven panas.

**Istilah penting:** gelas kimia (*beaker*, wadah serba guna); erlenmeyer (labu kerucut, tempat titrasi); gelas ukur (alat takar kasar); labu takar (alat membuat volume tepat, TC); pipet volume (memindahkan satu volume teliti, TD); pipet ukur (pipet berskala); buret (alat titrasi berskala, kran di bawah); meniskus (permukaan cairan yang melengkung); paralaks (kesalahan baca karena mata tidak sejajar); TC (*to contain*, menampung); TD (*to deliver*, mengeluarkan); galat alat (batas ± volume alat); kelas A (alat dengan galat paling kecil); SOP (prosedur operasional baku).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal alat gelas:

1. **Cari syarat ketelitian di soal**, misalnya "galat maksimum ±0,02 mL" atau "tepat 10,00 mL", lalu bandingkan dengan galat tiap alat yang tersedia.
2. **Periksa apakah alatnya sedang dipakai** untuk keperluan lain (misalnya buret berisi titran).
3. **Untuk soal membaca skala**, tentukan dulu arah skala dan nilai satu garis kecil sebelum menulis angka.
4. **Untuk soal pembilasan**, tanya: apakah sisa zat di dinding alat ikut menentukan jumlah zat yang bereaksi? Bila ya, bilas dengan larutannya; bila tidak, air suling cukup.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Pipet ukur dianggap setara dengan pipet volume** padahal galatnya lebih besar dari syarat.
- **Skala buret dibaca seperti penggaris** (angka bertambah ke atas).
- **Gelas ukur dipakai untuk membuat larutan baku** karena ukurannya sesuai, padahal galatnya besar.
- **Alat yang ketelitiannya cukup tetapi sedang terpakai** dipilih sebagai jawaban.
- **Sisa di ujung pipet ditiup** "agar tidak ada yang tertinggal", padahal itu menambah volume.
- **Labu takar dikeringkan di oven** supaya cepat siap pakai.
- **Erlenmeyer dibilas dengan contoh** supaya "tidak mengencerkan", padahal sisa contoh menambah jumlah zat yang dititrasi.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa memilih gelas ukur 10 mL untuk mengambil "tepat 10,00 mL" contoh karena ukurannya sama dengan volume yang diminta. Ukuran yang sama bukan berarti ketelitian yang sama: galat gelas ukur ±0,1 mL, jauh lebih besar daripada pipet volume ±0,02 mL. Yang menentukan pilihan adalah **galat alat**, bukan kecocokan ukuran.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pemilihan alat dari syarat galat: tulis syarat, bandingkan galat tiap alat, lalu coret alat yang sedang terpakai. Pakai bagian 3 (galat alat) dan bagian 6 (memilih alat).



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

►. Prosedur analisis kadar asam cuka di laboratorium QC menuliskan: "ambil tepat 10,00 mL contoh, masukkan ke labu erlenmeyer, lalu titrasi" (2027). Di meja Bima tersedia gelas kimia 100 mL, gelas ukur 10 mL, pipet ukur 10 mL, pipet volume 10 mL, dan buret 50 mL. Buret sedang dipakai untuk larutan NaOH (titran). Prosedur mensyaratkan galat pengambilan contoh paling besar ±0,02 mL; menurut sertifikat, galat gelas ukur 10 mL ±0,10 mL, pipet ukur 10 mL ±0,05 mL, dan pipet volume 10 mL ±0,02 mL.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Alat yang paling tepat untuk mengambil contoh adalah ....

A. Gelas kimia 100 mL
B. Gelas ukur 10 mL
C. Pipet ukur 10 mL
D. Buret 50 mL
E. Pipet volume 10 mL

**Pembahasan** **Kunci: E**

**Konsep:** Pipet volume memindahkan satu volume tertentu dengan ketelitian tinggi (dua desimal). Gelas ukur dan gelas kimia hanya untuk takaran kasar.

**Langkah:**
1. "Tepat 10,00 mL" → perlu ketelitian dua desimal.
2. Buret sudah dipakai untuk titran.
3. Pilihan: pipet volume 10 mL.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Gelas kimia hanya untuk menampung atau takaran sangat kasar.
• **B.** ✗ Jebakan: ukurannya sesuai 10 mL, tetapi galatnya ±0,10 mL.
• **C.** ✗ Jebakan: pipet ukur cukup teliti untuk banyak keperluan, tetapi galatnya ±0,05 mL melebihi syarat ±0,02 mL.
• **D.** ✗ Jebakan: buret teliti, tetapi sedang dipakai untuk titran NaOH.
• **E.** ✓ Pipet volume memindahkan tepat 10,00 mL.

**Jawaban: E.**

## ✎ LATIHAN

Sub bab ini hanya punya satu soal di paket latihan (dibedah di atas). Untuk berlatih lebih jauh, kerjakan tiga tugas berikut, lalu cocokkan dengan bagian yang disebut, dan kerjakan soal alat gelas pada Kuis Bab 5.

1. Sebuah buret 25 mL (galat ±0,03 mL) dipakai untuk mengeluarkan 12 mL titran. Hitung galat relatifnya. Jawaban: 0,03 ÷ 12 × 100 % = 0,25 %. (Bagian 3.)
2. Sebuah pembacaan buret awal 0,45 mL dan akhir 18,90 mL. Berapa volumenya? Jawaban: 18,90 − 0,45 = 18,45 mL. (Bagian 4.)



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

3. Seorang siswa menulis di catatannya: "bilas labu takar 100 mL dengan larutan baku sebelum diisi". Apakah langkah itu perlu? Jawaban: tidak; labu takar boleh basah air suling karena volume akhir ditentukan oleh tanda tera. (Bagian 5 dan 7.)

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pipet volume lebih tepat daripada gelas ukur untuk mengambil 10,00 mL, padahal keduanya berskala 10 mL?
- Mengapa erlenmeyer untuk titrasi boleh masih basah air suling tetapi tidak boleh dibilas dengan contoh?
- **Yang harus kuingat:** alat dipilih dari galat alatnya (galat relatif = galat ÷ volume × 100 %); skala buret bertambah ke bawah; bilas buret dan pipet dengan larutan sendiri; alat volumetrik tidak dioven; sisa di ujung pipet tidak ditiup.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 5.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-5.1



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

# Sub bab 5.2 · Peralatan non-gelas: neraca dan pH meter

SMKTKI-5.2

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 5, teknik dasar pekerjaan laboratorium) meminta kamu **menggunakan peralatan non-gelas, yaitu neraca dan pH meter, sesuai SOP**. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta membaca gambar kondisi alat, menentukan tindakan sebelum alat dipakai, dan menilai kebiasaan kerja mana yang benar. Soal biasanya berupa kasus analis di laboratorium pabrik, sering dengan gambar neraca atau data larutan penyangga.

Pola soal yang sering muncul: (1) **kondisi neraca** yang membuat angka tidak stabil (tidak datar, pintu terbuka, ada aliran udara, wadah panas); (2) **memilih larutan penyangga** (*buffer*) untuk kalibrasi pH meter dari perkiraan pH contoh; (3) **menilai kebiasaan merawat** neraca dan elektroda pH; (4) **urutan langkah** sebelum menimbang atau mengukur.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan bagian dan prinsip kerja neraca analitik serta syarat tempat dan kondisinya;
- melakukan penimbangan teliti dengan tara, baik langsung maupun dengan selisih;
- menjelaskan prinsip elektroda kaca dan alasan pH meter harus dikalibrasi;
- memilih larutan penyangga yang mengapit pH contoh dan menyusun urutan kalibrasi;
- merawat, membersihkan, dan menyimpan elektroda pH sesuai SOP.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sub bab sebelumnya membahas alat gelas untuk mengukur volume. Dua besaran lain sering diukur di laboratorium kimia industri: **massa** (dengan neraca) dan **keasaman** (dengan pH meter). Keduanya alat elektronik yang peka. Peka berarti pembacaannya mudah terganggu bila kamu bekerja sembarangan. Karena itu kebiasaan kerja yang benar sama pentingnya dengan alatnya.

### 1. Neraca dan tingkat ketelitiannya

**Massa** adalah jumlah zat dalam benda (satuan gram, kilogram), sedangkan **berat** adalah gaya tarik bumi pada benda itu. Di laboratorium kita ingin tahu massa, dan alatnya disebut **neraca**. Neraca dibagi menurut **keterbacaan**, yaitu angka terkecil yang dapat ditampilkan:

| Jenis neraca | Keterbacaan | Dipakai untuk |
|---|---|---|
| Neraca teknis | 0,01 g (dua desimal) | menimbang bahan kasar, pelarut, wadah |



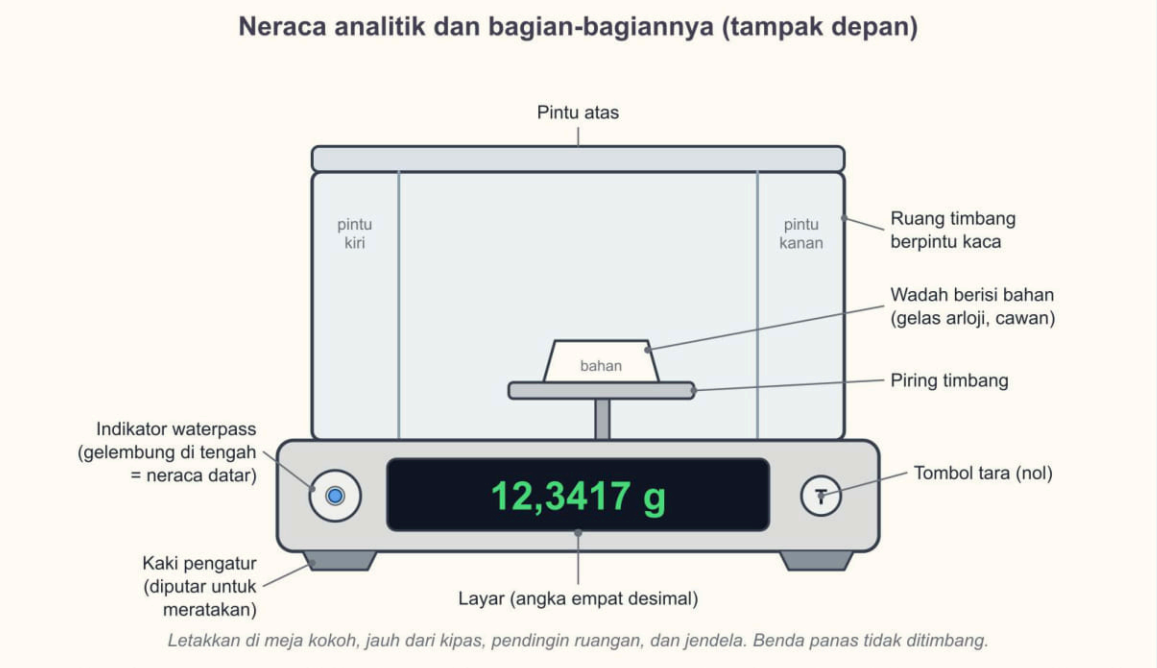
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

| | | |
|---|---|---|
| Neraca semi-analitik | 0,001 g (tiga desimal) | menimbang bahan yang perlu ketelitian sedang |
| **Neraca analitik** | **0,0001 g (0,1 mg, empat desimal)** | menimbang standar, contoh analisis, bobot tetap |

Sama seperti alat gelas, ketelitian yang dipilih mengikuti kebutuhan prosedur. Menimbang 0,5 g asam oksalat untuk standardisasi memakai neraca analitik; menyiapkan 2 liter air garam kasar cukup dengan neraca teknis.

## 2. Bagian neraca analitik

Neraca analitik modern bekerja dengan **sensor gaya elektronik**: benda di atas piring menimbulkan gaya, sensor mengubahnya menjadi angka di layar. Bagian-bagiannya (Gambar 5.6): **piring timbang** tempat benda diletakkan; **ruang timbang** berdinding kaca dengan **pintu** (kiri, kanan, atas) agar aliran udara tidak mengganggu; **layar**; **tombol tara** (nol); **indikator waterpass** (gelembung udara dalam lingkaran kecil) untuk memeriksa kerataan; dan **kaki pengatur** yang dapat diputar untuk meratakan neraca.




*Gambar 5.6 Neraca analitik dan bagian-bagian utamanya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Neraca analitik peka terhadap gangguan yang sangat kecil. Selisih 0,0001 g sama dengan berat sebutir debu halus. Itulah sebabnya semua syarat berikut diperhatikan.

## 3. Tempat, kerataan, dan kalibrasi neraca

**Tempat.** Neraca diletakkan pada meja yang **kokoh dan bebas getaran**, jauh dari pintu, jendela, kipas, pendingin ruangan, dan sinar matahari langsung. Aliran udara dan perubahan suhu membuat angka di layar bergerak terus. Meja juga harus rata dan bersih, dan tidak dipakai untuk pekerjaan lain.



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

**Kerataan.** Neraca harus **datar**. Lihat gelembung waterpass: bila gelembung tepat di tengah lingkaran, neraca datar. Bila gelembung di tepi, putar kaki pengatur sampai gelembung kembali ke tengah. Neraca yang miring memberi angka yang bergeser karena sensor gaya dirancang untuk menerima gaya tegak lurus.

**Pemanasan awal.** Sebagian besar neraca analitik dinyalakan dan didiamkan beberapa menit sampai puluhan menit sebelum dipakai agar rangkaian elektroniknya stabil. Lamanya mengikuti petunjuk pabrik dan SOP.

**Pemeriksaan dan kalibrasi.** Dua kegiatan sering tertukar:

- **Pemeriksaan harian** (*daily check*): menimbang **anak timbangan standar** yang massanya diketahui, lalu membandingkan angka di layar dengan nilai sebenarnya. Bila selisihnya masih dalam toleransi SOP, neraca boleh dipakai.
- **Kalibrasi (penyetelan)**: bila selisih melebihi toleransi atau sesuai jadwal, neraca disetel memakai anak timbangan standar (internal atau eksternal) menurut petunjuk pabrik, atau dikirim ke laboratorium kalibrasi. Neraca yang gagal pemeriksaan tidak dipakai sampai disetel.

Anak timbangan dipegang dengan penjepit, tidak dengan tangan, karena keringat dan minyak di jari menambah massanya.

### 4. Langkah menimbang dan arti tara

Urutan menimbang teliti ditunjukkan pada Gambar 5.7.




*Gambar 5.7 Urutan penimbangan teliti dengan tara. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Periksa neraca**: datar, bersih, layar menyala dan stabil. Bersihkan debu atau serbuk di piring dengan kuas halus.
2. **Tutup pintu** dan **tekan tara** sehingga layar menunjukkan 0,0000 g.
3. **Letakkan wadah kosong** (gelas arloji, botol timbang, atau cawan) di tengah piring, **tutup pintu**, tunggu angka stabil.



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

4. **Tekan tara lagi** sehingga layar kembali 0,0000 g. Sekarang neraca "mengabaikan" massa wadah.
5. **Tambahkan bahan** sedikit demi sedikit dengan spatula. Untuk menambah, keluarkan wadah dari ruang timbang atau gunakan pintu samping; jangan menjatuhkan serbuk di piring.
6. **Tutup pintu**, tunggu tanda stabil, lalu **catat seluruh angka** (semua empat desimal) segera.
7. **Keluarkan wadah** dan bersihkan sisa bahan di piring dan ruang timbang.

**Tara** artinya menolkan layar dengan wadah di atas piring, sehingga angka berikutnya hanya massa bahan. Perhatikan: tara dilakukan **dengan wadah kosong**, bukan dengan bahan di dalamnya. Menolkan layar ketika bahan sudah ada akan membuat massa bahan tidak tercatat.

Ada dua cara menimbang:

- **Penimbangan langsung** (dengan tara), seperti urutan di atas. Cocok bila bahan tidak menguap, tidak menyerap uap air, dan tidak menempel kuat pada wadah.
- **Penimbangan dengan selisih.** Botol timbang berisi bahan ditimbang (massa 1), sebagian bahan dituang ke wadah penampung, lalu botol ditimbang lagi (massa 2). Massa bahan yang dituang = massa 1 − massa 2. Cara ini baik untuk bahan yang menyerap uap air (higroskopis) atau bila tidak boleh ada bahan yang tertinggal di wadah penimbangan.

### 5. Gangguan pada penimbangan

Penyebab angka tidak stabil atau salah:

- **Neraca tidak datar** atau meja bergetar.
- **Pintu terbuka** atau ada aliran udara dari kipas, AC, atau orang berjalan.
- **Wadah atau bahan masih panas.** Udara di sekitar benda panas naik, menimbulkan gaya ke atas pada piring, sehingga angka terus turun. Bahan yang baru keluar dari oven atau tanur didinginkan lebih dulu dalam desikator (dibahas di sub bab 5.4).
- **Wadah basah atau luar wadah berembun**, atau wadah yang dingin dari lemari pendingin: uap air mengembun dan menambah massa.
- **Bahan higroskopis** yang menyerap uap air udara, sehingga angka naik terus.
- **Sidik jari atau kotoran** di wadah. Pegang wadah dengan penjepit atau tisu.
- **Listrik statis** pada wadah plastik atau serbuk halus, yang menarik atau menolak piring.
- **Wadah menyentuh dinding ruang timbang** atau piring tidak bebas bergerak.

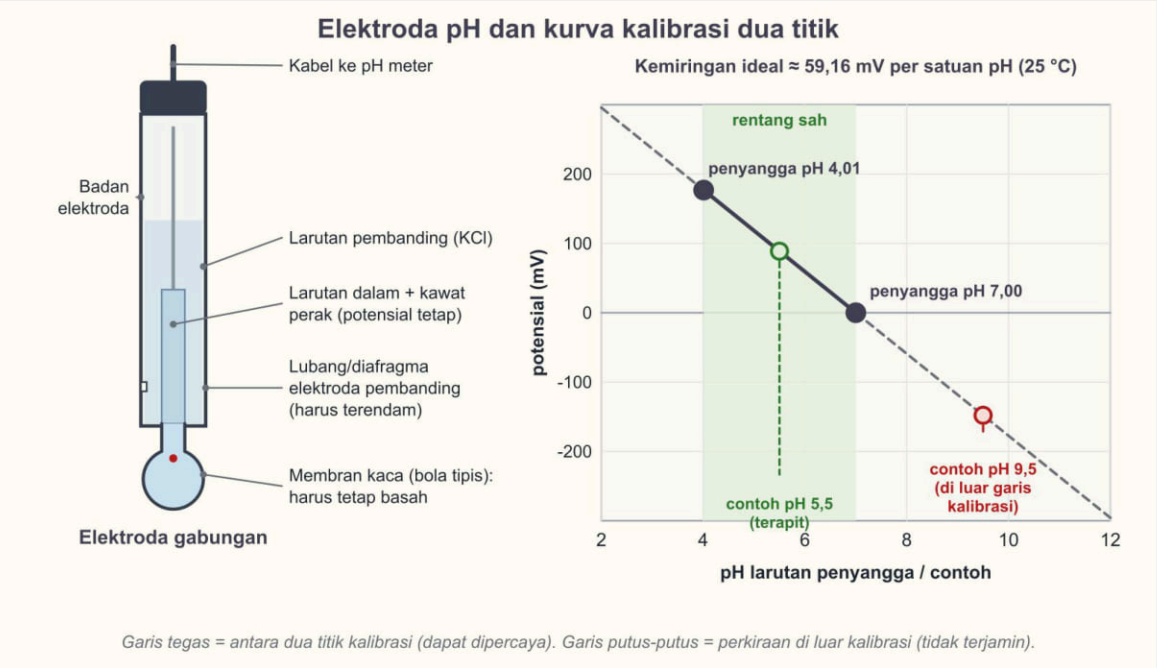
Menggabungkan beberapa angka yang bergerak (misalnya merata-ratakan angka tertinggi dan terendah) bukan solusi: penyebab gangguannya harus dibetulkan, lalu penimbangan diulang.

### 6. pH meter: elektroda kaca dan prinsipnya

**pH** adalah ukuran keasaman larutan; pH 7 netral, di bawah 7 asam, di atas 7 basa. Alat yang mengukurnya secara elektronik adalah **pH meter**. Bagian pentingnya adalah **elektroda**, biasanya **elektroda gabungan** (Gambar 5.8).



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




*Gambar 5.8 Kiri: elektroda gabungan pH. Kanan: kurva kalibrasi dua titik; pH contoh 5,5 diapit pH 4,01 dan 7,00. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Ujung elektroda berupa **membran kaca tipis** berbentuk bola. Lapisan luar kaca yang basah (lapisan gel terhidrasi) menukar ion $H^+$ dengan larutan di luar. Akibatnya timbul **beda potensial listrik** antara larutan contoh dan larutan di dalam elektroda. Beda potensial ini dibandingkan dengan elektroda pembanding yang potensialnya tetap. Hubungan antara potensial dan pH berupa **garis lurus**: pada 25 °C, setiap kenaikan 1 satuan pH mengubah potensial sekitar 59,16 mV (persamaan Nernst). Karena membran harus basah agar bekerja, elektroda tidak boleh dibiarkan kering.

## 7. Mengapa dan bagaimana mengalibrasi pH meter

Garis lurus potensial terhadap pH tidak sama untuk setiap elektroda. Dua hal berbeda: **titik nol** (potensial di pH 7, yang bergeser karena bentuk dan umur elektroda) dan **kemiringan** (*slope*, berapa mV per satuan pH, yang menurun seiring pemakaian). Karena itu pH meter harus dikalibrasi memakai **larutan penyangga** (*buffer*) yang pH-nya diketahui dan stabil. Larutan penyangga yang umum dijual: **pH 4,01** (asam), **pH 7,00** (netral), dan **pH 10,01** (basa), berlaku pada 25 °C; pH penyangga sedikit berubah menurut suhu.

**Kalibrasi dua titik** menentukan garis lurus itu dari dua titik: pH 7 untuk titik nol, dan penyangga kedua untuk kemiringan. **Kalibrasi tiga titik** menambah satu titik lagi untuk memeriksa apakah responsnya benar-benar lurus. Garis lurus hanya dapat dipercaya **di antara titik-titik kalibrasinya**. Di luar rentang itu, pH meter memperkirakan dengan meluaskan garis, dan keakuratannya tidak terjamin. Itulah alasan aturan pemilihan penyangga:

> **Pilih dua penyangga yang MENGAPIT pH perkiraan contoh.** Contoh asam (pH di bawah 7): pH 7 dan pH 4. Contoh basa (pH di atas 7): pH 7 dan pH 10.



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

Urutan kalibrasi menurut SOP umum:

1. **Bilas elektroda** dengan air suling dari botol semprot, lalu **keringkan dengan menyentuhkan tisu** (jangan digosok).
2. **Celupkan ke penyangga pH 7,00**, tunggu angka stabil, lalu simpan sebagai titik pertama. (Banyak SOP mensyaratkan pH 7 lebih dulu.)
3. **Bilas lagi** dan keringkan dengan tisu.
4. **Celupkan ke penyangga kedua** (pH 4,01 untuk contoh asam atau pH 10,01 untuk contoh basa), tunggu stabil, simpan.
5. **Periksa kemiringan.** pH meter menampilkan kemiringan dalam persen dari nilai ideal 59,16 mV/pH. Nilai yang diterima umumnya sekitar 95 sampai 105 %. Di luar itu, elektroda perlu dibersihkan atau diganti, atau penyangga diganti baru.
6. **Bilas** dan mulai mengukur contoh.

Penyangga untuk kalibrasi dituang baru dan tidak dipakai ulang. Kalibrasi dilakukan **tiap hari pakai**, setelah elektroda diganti, dan bila hasil pemeriksaan dengan penyangga menyimpang. Larutan penyangga yang sudah kedaluwarsa atau tercemar tidak dipakai.

### 8. Mengukur contoh dan merawat elektroda

Mengukur contoh: bilas elektroda, keringkan dengan tisu, celupkan sampai bagian kaca dan lubang pembanding terendam, aduk pelan, **tunggu angka stabil**, lalu catat pH dan suhunya. Contoh dan penyangga sebaiknya bersuhu sama, sebab pH dan respons elektroda dipengaruhi suhu (pH meter yang dilengkapi sensor suhu mengoreksinya otomatis).

Aturan merawat elektroda:

- **Jangan digosok** dengan tisu. Membran kaca yang digosok dapat rusak dan menyimpan muatan listrik statis sehingga bacaan tidak stabil. Cukup disentuhkan.
- **Jangan dikeringkan keras** atau dibiarkan kering di udara. Membran yang kering kehilangan lapisan gel dan bereaksi lambat.
- **Simpan basah** dalam **larutan penyimpan** yang ditentukan pabrik (umumnya larutan kalium klorida, KCl, pekat) dengan tutup botol penyimpan. **Jangan merendamnya dalam air suling**: air suling hampir tidak mengandung ion sehingga ion dari dalam elektroda dapat keluar dan respons menjadi lambat.
- Hindari benturan karena membran kaca tipis; hindari mengaduk dengan elektroda.
- Bila elektroda sudah lama kering, rendam dalam larutan penyimpan atau larutan yang dianjurkan pabrik beberapa jam sebelum dikalibrasi.
- Kalibrasi ulang setelah elektroda diganti, karena tiap elektroda memiliki titik nol dan kemiringan sendiri.



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

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: memilih penyangga dan memeriksa kemiringan

Pada 2027, Ratih di laboratorium pengolahan air limbah pabrik tahu akan mengukur pH air limbah yang diperkirakan sekitar 5,5. Di rak ada penyangga pH 4,01; 7,00; dan 10,01. Kalibrasi dua titik menghasilkan potensial 0 mV pada pH 7,00 dan +172,5 mV pada pH 4,01. Penyangga mana yang dipakai, dan apakah elektrodanya layak? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Perkiraan pH contoh.** 5,5, yaitu asam (di bawah 7).
2. **Penyangga yang mengapit 5,5.** pH 4,01 (di bawahnya) dan pH 7,00 (di atasnya). Penyangga pH 10,01 jauh dari contoh sehingga tidak dipakai.
3. **Urutan.** pH 7,00 lebih dulu, bilas dan keringkan dengan tisu, lalu pH 4,01.
4. **Kemiringan hasil kalibrasi.** Selisih potensial = 172,5 mV untuk selisih pH 7,00 − 4,01 = 2,99. Kemiringan = 172,5 ÷ 2,99 = 57,7 mV per satuan pH.
5. **Persen kemiringan.** 57,7 ÷ 59,16 × 100 % = 97,5 %. Nilai ini berada dalam rentang 95 sampai 105 %.

Jawaban: kalibrasi dengan pH 7,00 lalu pH 4,01; elektroda layak karena kemiringan 97,5 %. Cek akal sehat: pH contoh 5,5 berada di antara 4,01 dan 7,00, sehingga tidak ada pembacaan yang di luar garis kalibrasi.

### Contoh 2: menimbang langsung dan menimbang dengan selisih

Pada 2027, Dewi, siswa PKL di laboratorium pabrik minuman, perlu menimbang sekitar 1,25 g natrium klorida dan juga sekitar 0,5 g bahan higroskopis yang cepat menyerap uap air. Susun langkahnya dan hitung massa dari data selisih bila botol timbang berisi bahan menunjuk 18,4326 g sebelum bahan dituang dan 17,9381 g sesudahnya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Natrium klorida (penimbangan langsung).** Periksa kerataan neraca, tutup pintu, tara. Letakkan gelas arloji kosong, tutup pintu, tara lagi. Tambah garam sampai sekitar 1,25 g, tutup pintu, tunggu stabil, catat semua empat desimal (misalnya 1,2514 g). Alasan: garam tidak menguap dan tidak cepat menyerap uap air, jadi penimbangan langsung sudah cukup.
2. **Bahan higroskopis (penimbangan dengan selisih).** Timbang botol timbang tertutup berisi bahan (massa 1), tuang sebagian bahan ke labu penampung, tutup botol, timbang lagi (massa 2). Alasan: botol tertutup membatasi penyerapan uap air, dan tidak ada bahan yang tertinggal di wadah penimbangan.
3. **Hitung massa.** Massa bahan yang dituang = 18,4326 − 17,9381 = 0,4945 g.

Jawaban: 0,4945 g. Cek akal sehat: hasilnya mendekati 0,5 g yang diminta, dan pengurangan dua angka empat desimal memberi empat desimal.

### Contoh 3: pH meter yang bacaannya bergeser

Pada 2027, Gilang memeriksa pH meter di laboratorium pabrik kosmetik tiap setengah jam dengan penyangga pH 7,00. Hasilnya: 7,02; 7,09; 7,17; 7,26. SOP membolehkan penyimpangan paling besar ±0,05 pH. Apa kesimpulan dan tindakannya? *(Kasus fiktif untuk latihan.)*



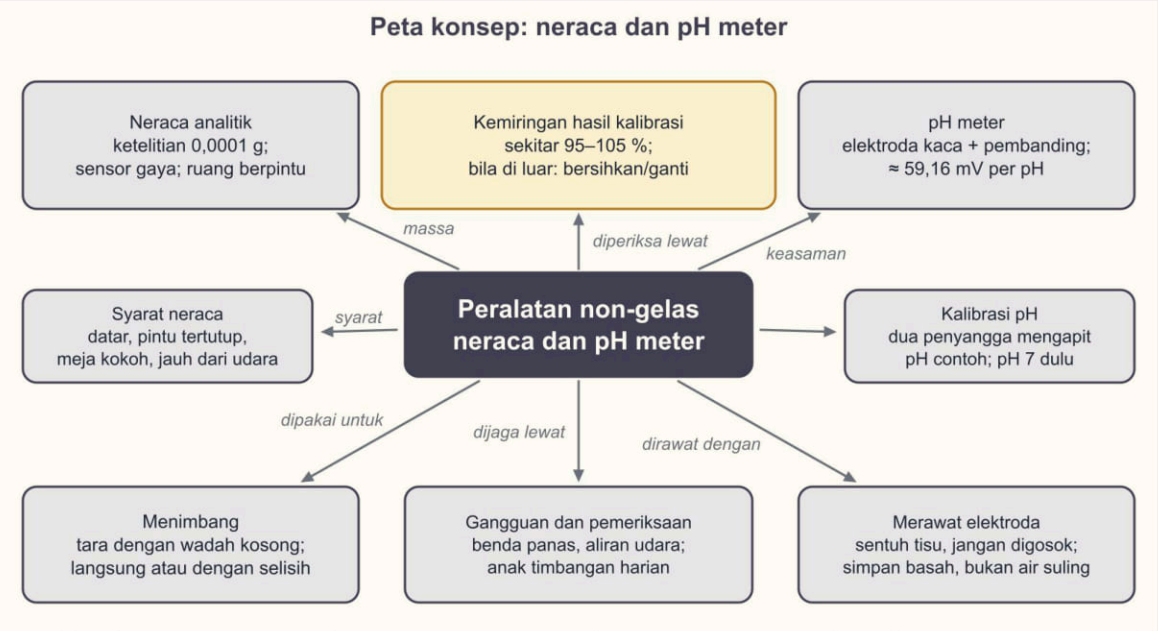
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Bandingkan dengan batas.** Penyimpangan: +0,02; +0,09; +0,17; +0,26. Hanya pembacaan pertama dalam batas ±0,05.
2. **Lihat polanya.** Bacaan naik terus dan makin jauh dari 7,00. Pola searah menunjukkan penyebab yang bekerja terus, misalnya elektroda belum stabil, membran kering atau kotor, atau larutan penyangga tercemar. Ini bukan gangguan acak.
3. **Tentukan tindakan.** Hasil pH contoh sesudah pembacaan kedua tidak boleh dipercaya. Bilas elektroda, kalibrasi ulang dengan penyangga baru dan periksa kemiringannya, lalu cek lagi dengan penyangga. Bila bacaan tetap bergeser, rendam elektroda dalam larutan penyimpan atau ganti elektroda.

Jawaban: pH meter tidak layak dipakai sampai dikalibrasi ulang, dan pengukuran sesudah pembacaan kedua perlu diulang. Cek akal sehat: bila batas ±0,05 dilanggar dan pola searah, tindakan korektif harus mencari penyebab, bukan sekadar mengurangi angka dengan koreksi tetap.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 5.9 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 5.9 Peta konsep peralatan non-gelas: neraca dan pH meter. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Neraca analitik** berketelitian 0,0001 g; letakkan di meja kokoh, jauh dari aliran udara; **datar** (gelembung waterpass di tengah); **pintu tertutup** saat membaca.
- **Tara** dengan wadah kosong; bahan panas didinginkan dulu di desikator; catat semua digit saat angka stabil.
- **Pemeriksaan harian** dengan anak timbangan; di luar toleransi berarti neraca tidak dipakai sampai disetel.
- **pH meter** memakai elektroda kaca; dikalibrasi dengan dua penyangga yang **mengapit pH contoh**, pH 7 lebih dulu; kemiringan sekitar 95 sampai 105 %.
- **Elektroda:** bilas air suling, sentuhkan tisu (jangan digosok), jangan dikeringkan, simpan basah dalam larutan penyimpan, bukan air suling.
- **Gangguan** dicari penyebabnya; angka tidak dikoreksi atau dirata-ratakan begitu saja.

**Istilah penting:** neraca analitik (neraca berketelitian 0,0001 g); keterbacaan (angka terkecil yang ditampilkan); waterpass (gelembung penunjuk kerataan); tara (menolkan layar dengan wadah); anak timbangan standar (massa acuan); penimbangan dengan selisih (massa awal dikurangi massa akhir); desikator (wadah pengering); elektroda kaca (sensor pH berbahan membran kaca); larutan penyangga (*buffer*, larutan pH tetap untuk kalibrasi); kalibrasi (penyetelan alat dengan acuan); kemiringan (*slope*, mV per satuan pH); larutan penyimpan (larutan untuk menyimpan elektroda); higroskopis (mudah menyerap uap air); mengapit (satu penyangga di bawah dan satu di atas pH contoh).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal neraca dan pH meter:

1. **Baca kondisi alat pada gambar atau teks**: gelembung waterpass, pintu, kipas, suhu benda, penyangga yang sudah dipakai, pH perkiraan contoh.
2. **Daftar semua gangguan sekaligus**, lalu pilih tindakan yang memperbaiki semuanya; jawaban yang hanya memperbaiki sebagian biasanya jebakan.
3. **Untuk pilihan penyangga**, tulis pH contoh di garis bilangan, lalu cari dua penyangga yang berada di kedua sisinya; pH 7 selalu ikut.
4. **Untuk soal kebiasaan merawat**, periksa tiap pernyataan: elektroda disimpan basah dalam larutan penyimpan, tidak digosok, tidak diseka kering; benda panas tidak ditimbang.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Kalibrasi yang tidak mengapit pH contoh**, misalnya pH 4 dan 7 untuk contoh pH 9,5.
- **Pintu neraca dibiarkan terbuka** atau hanya memperbaiki kerataan tanpa menutup pintu.
- **Tara dilakukan dengan bahan di atas piring**.
- **Menimbang benda panas** atau mendinginkannya di udara terbuka.
- **Merata-ratakan angka yang bergerak** sebagai pengganti memperbaiki penyebabnya.
- **Elektroda direndam air suling** atau dikeringkan sampai kering.
- **"Sudah dikalibrasi pagi tadi"** dianggap cukup padahal rentang kalibrasinya tidak mencakup pH contoh.
- **Waktu celup yang lebih lama** dianggap memperbaiki kalibrasi yang keliru.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa mengalibrasi pH meter hanya dengan satu penyangga, pH 7,00, karena "pH 7 itu netral, jadi mewakili semua contoh". Satu titik hanya menentukan titik nol; kemiringan garis kalibrasi tidak diketahui, sehingga pembacaan pH 4 atau pH 10 bisa meleset jauh. Kalibrasi yang benar memakai dua penyangga yang mengapit pH contoh, dengan pH 7,00 sebagai titik pertama.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

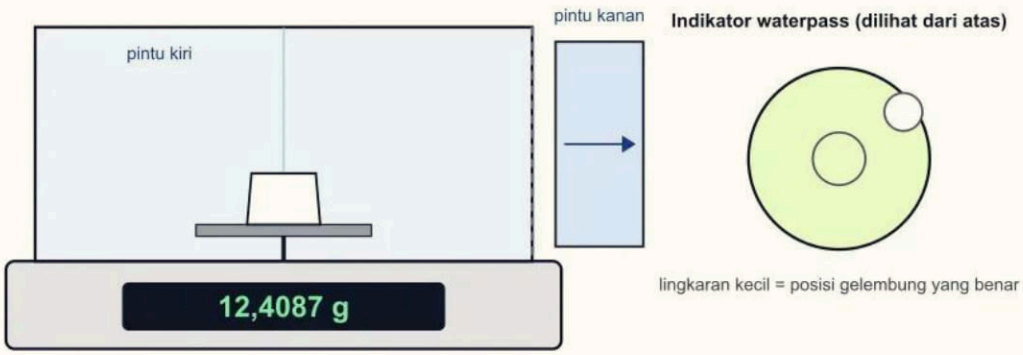
Soal berikut menguji kondisi neraca sebelum menimbang. Baca gambarnya: perhatikan gelembung waterpass dan posisi pintu, lalu tentukan tindakan yang memperbaiki semua gangguan. Pakai bagian 3 (tempat dan kerataan), bagian 4 (tara), dan bagian 5 (gangguan).



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

►. Ayu menimbang contoh pupuk untuk analisis kadar air di laboratorium pabrik pupuk (2027). Angka di layar neraca terus berubah di digit terakhir sehingga ia ragu mencatat hasilnya. Ruang timbang berada dekat kipas angin. Kondisi neraca saat itu terlihat pada gambar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling tepat sebelum mencatat hasil adalah ....

**Neraca analitik di meja timbang laboratorium (tampak depan) dan indikator waterpass**




A. Mendatarkan neraca, menutup pintu kanan, menolkan (tara), lalu menimbang ulang
B. Menutup pintu kanan lalu langsung mencatat angka setelah layar menunjukkan angka stabil
C. Mengatur kaki neraca sampai gelembung di tengah lalu mencatat angka yang tampil di layar
D. Menekan tombol tara selagi wadah dan contoh masih di atas piring, lalu mencatat angka
E. Mencatat rata-rata angka tertinggi dan terendah yang muncul di layar selama satu menit



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

**Pembahasan** **Kunci: A**

**Konsep:** Neraca analitik harus datar (gelembung waterpass di tengah lingkaran), pintu ruang timbang tertutup agar aliran udara tidak mengganggu, dinolkan (tara), baru menimbang.

**Langkah:**
1. Gambar: gelembung di luar lingkaran → neraca tidak datar.
2. Gambar: pintu kanan terbuka dan ada kipas → aliran udara mengganggu pembacaan.
3. Perbaiki keduanya, tara, lalu timbang ulang.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Kedua penyebab diperbaiki dan penimbangan diulang dari nol.
• **B.** ✗ Jebakan: pintu memang harus ditutup, tetapi neraca yang tidak datar tetap memberi hasil kurang tepat.
• **C.** ✗ Jebakan: kedataran diperbaiki, tetapi pintu masih terbuka dan neraca tidak dinolkan ulang setelah diatur.
• **D.** ✗ Menolkan (tara) dengan contoh di piring membuat massa contoh tercatat nol.
• **E.** ✗ Merata-ratakan angka yang terganggu tidak menghilangkan penyebab gangguan.

**Jawaban: A.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal berikut, tulis dulu pH perkiraan contoh dan rentang kalibrasi yang sudah ada, lalu putuskan apakah rentang itu mengapit contoh. Pakai bagian 7 (kalibrasi).

**1.** Analis pabrik sabun cair, Rina, akan mengukur pH produk pembersih lantai yang biasanya sekitar pH 9,5 (2027). Pagi itu pH meter sudah dikalibrasi rekannya dengan larutan penyangga pH 7,00 dan 4,01 untuk mengukur cuka. Di rak tersedia larutan penyangga pH 4,01; 7,00; dan 10,01 yang belum kedaluwarsa. SOP laboratorium: kalibrasi dua titik wajib dimulai dengan penyangga pH 7,00.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling tepat sebelum mengukur contoh adalah ....

A. Mengalibrasi ulang dengan penyangga pH 7,00 lalu 10,01 dan membilas elektrode
B. Langsung mengukur karena pH meter sudah dikalibrasi pada pagi hari yang sama
C. Mengalibrasi ulang dengan penyangga pH 4,01 lalu 10,01 tanpa memakai pH 7,00
D. Mengalibrasi dengan penyangga pH 7,00 saja karena nilai tengah mewakili semua contoh
E. Mencelupkan elektrode ke contoh lebih lama agar pembacaan pH lebih tepat

**Kunci singkat:** 1. A



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pH 4 dan pH 7 tidak cukup untuk mengukur contoh berpH 9,5?
- Mengapa wadah panas tidak boleh langsung ditimbang, dan apa yang dilakukan sebelum menimbang?
- **Yang harus kuingat:** neraca datar, pintu tertutup, tara dengan wadah kosong, bahan panas didinginkan di desikator; pH meter dikalibrasi dengan penyangga yang mengapit pH contoh (pH 7 lebih dulu); elektroda disentuh tisu, disimpan basah dalam larutan penyimpan.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 5.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-5.2

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

# Sub bab 5.3 · Prosedur analisis titrimetri konvensional

SMKTKI-5.3

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 5, teknik dasar pekerjaan laboratorium) meminta kamu **melakukan analisis dasar dengan titrimetri konvensional sesuai SOP**. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta membaca buret, menghitung konsentrasi atau kadar dari data titrasi, memilih ulangan yang boleh dirata-ratakan, dan menilai langkah persiapan serta pengerjaan titrasi. Soal berupa kasus analis di laboratorium pabrik, sering dengan gambar buret atau tabel data ulangan.

Pola soal yang sering muncul: (1) **menghitung konsentrasi** larutan dari volume titran (termasuk membaca dua pembacaan buret); (2) **standardisasi** NaOH dengan padatan standar; (3) **memilih ulangan** yang memenuhi batas selisih; (4) **menilai langkah persiapan** (membilas, membuang gelembung, memakai indikator); (5) **memperkirakan arah kesalahan** hasil bila ada kekeliruan prosedur.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan prinsip titrasi, istilah titran dan titrat, titik ekuivalen, dan titik akhir;
- memilih indikator asam-basa yang sesuai dan menjelaskan perubahan warnanya;
- melakukan standardisasi NaOH dan menghitung molaritasnya;
- menghitung konsentrasi atau kadar contoh dari volume titran dengan rumus $n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$;
- menentukan ulangan yang boleh dirata-ratakan dan menyusun urutan prosedur titrasi.

NEXT LEVEL STUDY

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

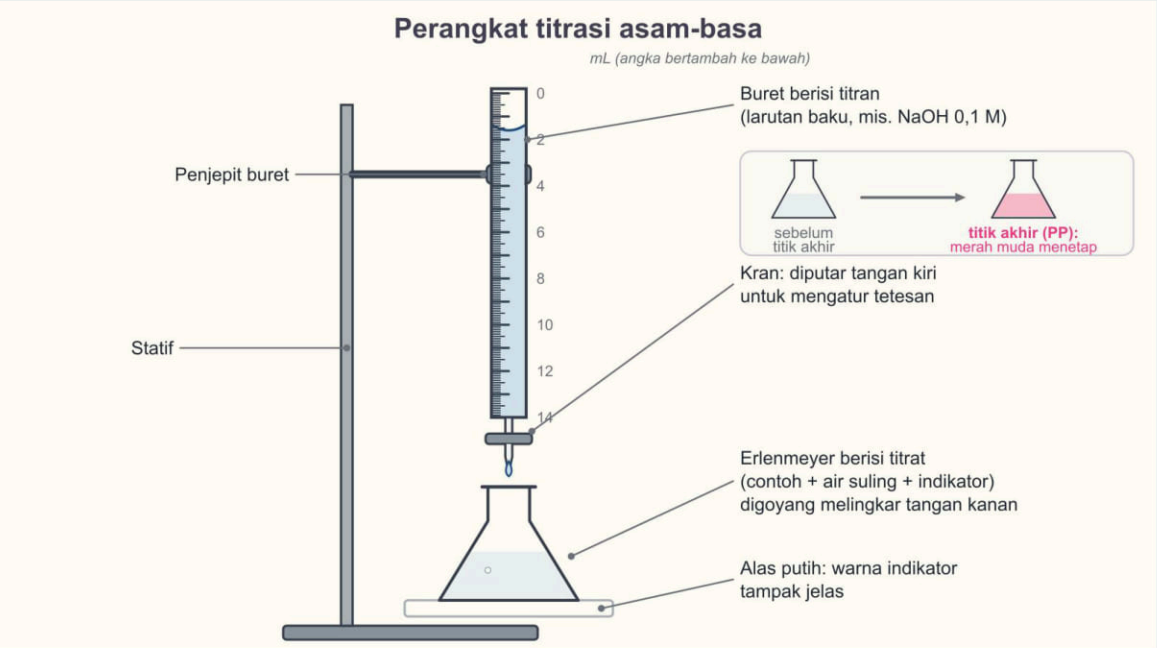
Di sub bab 5.1 kamu belajar mengukur volume dengan teliti. **Titrasi** adalah cara menggunakan ketelitian itu untuk mengetahui **berapa banyak suatu zat** dalam contoh: kita mengukur volume larutan yang konsentrasinya sudah diketahui sampai tepat habis bereaksi dengan zat itu. Metode ini cepat, murah, dan teliti, sehingga menjadi analisis rutin di pabrik makanan, minuman, pupuk, dan sabun. Karena yang diukur adalah volume, cabang analisis ini disebut **titrimetri** atau **analisis volumetri**.

### 1. Prinsip dan istilah titrasi

Perhatikan perangkat titrasi pada Gambar 5.10.



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




*Gambar 5.10 Perangkat titrasi asam-basa: buret berisi titran pada statif, erlenmeyer berisi contoh dan indikator di atas alas putih. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Titran**: larutan yang konsentrasinya diketahui (**larutan baku** atau **larutan standar**), diisikan ke dalam buret.
- **Titrat** (analit): larutan contoh yang akan ditentukan jumlah zatnya; berada di erlenmeyer, diukur volumenya dengan pipet volume.
- **Indikator**: zat yang berubah warna di dekat titik akhir.
- **Titrasi**: proses menambahkan titran dari buret sedikit demi sedikit ke titrat sampai reaksi tepat tuntas.

Syarat sebuah reaksi dapat dipakai untuk titrasi: **berlangsung cepat, berlangsung lengkap, perbandingan mol zat-zat yang bereaksi jelas** (persamaan reaksinya diketahui), dan ada cara yang jelas untuk mengetahui kapan reaksi tuntas. Pada titrasi asam-basa, yang bereaksi adalah $H^+$ dan $OH^-$:

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

Contoh: $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$, dan $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$.

## 2. Titik ekuivalen dan titik akhir

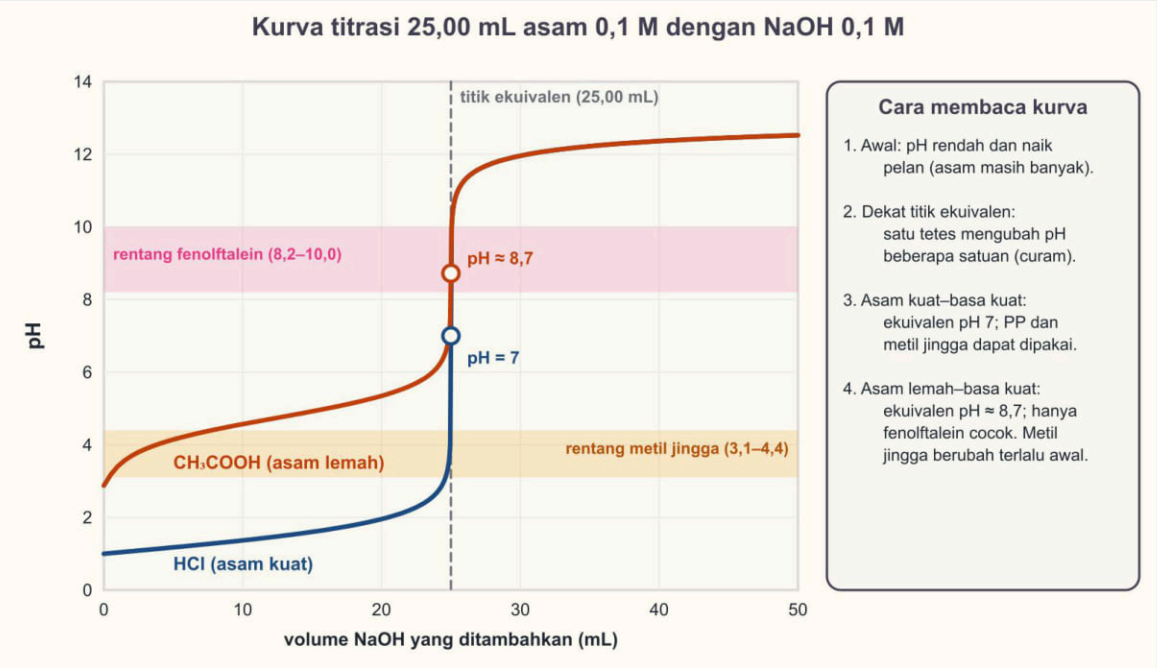
Dua istilah ini sering tertukar. Bedanya jelas:

- **Titik ekuivalen** adalah keadaan **teoretis** saat jumlah mol titran tepat setara dengan jumlah mol titrat menurut persamaan reaksi. Pada titrasi asam-basa, mol $H^+$ sama dengan mol $OH^-$.
- **Titik akhir** adalah keadaan **yang terlihat** saat indikator berubah warna dan titrasi dihentikan.

Titik akhir adalah perkiraan titik ekuivalen. Selisih keduanya disebut **galat titrasi**. Galat ini kecil bila indikator dipilih supaya perubahan warnanya terjadi tepat di sekitar titik ekuivalen. Untuk memahami alasannya, lihat bagaimana pH berubah selama titrasi (Gambar 5.11).



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




*Gambar 5.11 Kurva titrasi 25,00 mL asam 0,1 M dengan NaOH 0,1 M. Biru: asam kuat (HCl); jingga: asam lemah ($CH_3COOH$). Pita menunjukkan rentang perubahan warna indikator. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Pada awal titrasi asam kuat dengan basa kuat, pH rendah dan naik pelan karena asam masih banyak. Menjelang titik ekuivalen, asam hampir habis dan **satu tetes** titran cukup untuk mengubah pH beberapa satuan. Kurva menjadi sangat curam di daerah ini. Pada titik ekuivalen, larutannya berisi garam dari asam kuat dan basa kuat (NaCl) sehingga pH = 7. Sesudah itu pH naik pelan lagi karena kelebihan NaOH.

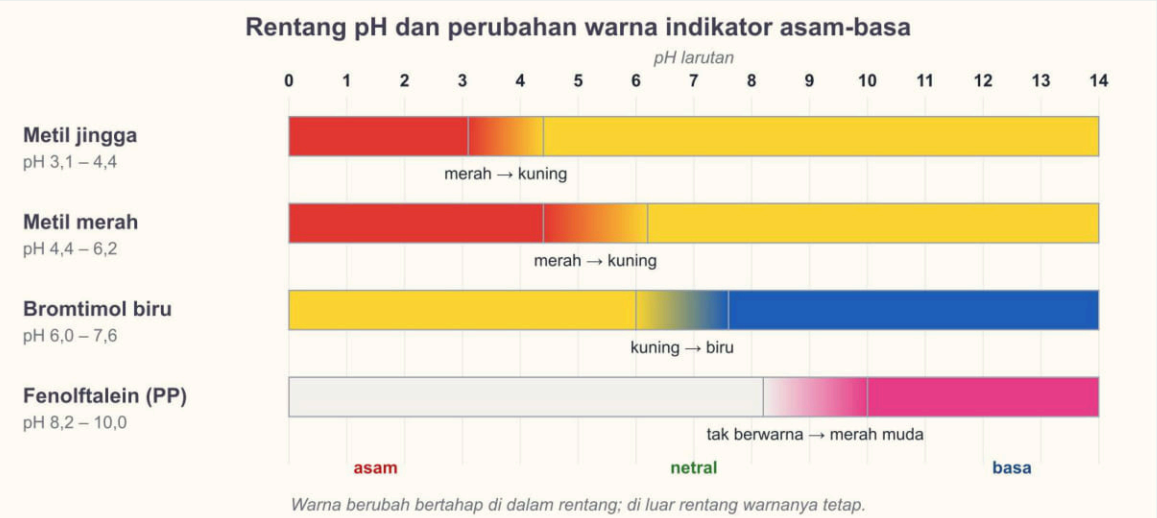
Pada asam lemah (misalnya asam asetat) yang dititrasi basa kuat, kurva mirip, tetapi titik ekuivalennya berada di **pH di atas 7** (sekitar 8,7 untuk asam asetat 0,1 M). Alasannya: pada titik ekuivalen, larutan berisi natrium asetat, garam dari asam lemah dan basa kuat, yang bersifat sedikit basa.

## 3. Indikator asam-basa

**Indikator asam-basa** adalah asam atau basa lemah organik yang bentuk asamnya dan bentuk basanya berwarna berbeda. Perubahan warna terjadi pada **rentang pH tertentu** (sekitar dua satuan pH). Gambar 5.12 menunjukkan indikator yang sering dipakai.



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




*Gambar 5.12 Rentang pH dan perubahan warna empat indikator asam-basa yang umum. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

| Indikator | Rentang pH | Perubahan warna | Cocok untuk |
|---|---|---|---|
| Metil jingga (*methyl orange*) | sekitar 3,1–4,4 | merah → kuning | asam kuat–basa kuat; basa lemah–asam kuat |
| Metil merah (*methyl red*) | sekitar 4,4–6,2 | merah → kuning | asam kuat–basa kuat; basa lemah–asam kuat |
| Bromtimol biru (BTB) | sekitar 6,0–7,6 | kuning → biru | asam kuat–basa kuat |
| **Fenolftalein (PP)** | **sekitar 8,2–10,0** | **tak berwarna → merah muda** | **asam lemah–basa kuat; asam kuat–basa kuat** |

**Aturan memilih:** rentang perubahan warna indikator harus **berada di dalam bagian curam kurva titrasi**. Pada titrasi asam asetat dengan NaOH, bagian curam kira-kira pH 7 sampai 10, sehingga fenolftalein cocok. Metil jingga berubah warna pada pH 3 sampai 4,4, jauh sebelum titik ekuivalen, sehingga titrasinya berhenti terlalu cepat. Pada asam kuat dengan basa kuat, bagian curamnya sangat lebar (sekitar pH 4 sampai 10), sehingga hampir semua indikator di atas dapat dipakai.

Pemakaian indikator: cukup **dua sampai tiga tetes**. Indikator sendiri asam atau basa lemah, sehingga bila terlalu banyak ia ikut bereaksi dengan titran dan mengubah hasil. Pada titrasi asam dengan NaOH memakai fenolftalein, titik akhir ditandai warna **merah muda pucat yang bertahan sekitar 30 detik** (menurut SOP umum). Warna yang hilang lagi saat digoyang berarti asamnya belum habis.

### 4. Larutan baku dan standardisasi

Titrasi hanya akurat bila konsentrasi titran diketahui dengan teliti. Larutan baku dibuat dengan dua cara. **Larutan baku primer** dibuat langsung dari zat **standar primer** yang ditimbang teliti dan dilarutkan sampai volume tepat di labu takar (cara membuatnya dan hitungan molaritasnya dibahas di sub bab 3.4). Syarat standar primer: sangat murni, stabil (tidak berubah di udara), tidak menyerap uap air, massa molekul relatif besar (agar galat penimbangan kecil), mudah larut, dan reaksinya pasti. Contoh standar primer untuk basa: **kalium hidrogen ftalat** (KHP, Mr = 204,2) dan **asam oksalat dihidrat** ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, Mr = 126,07).

**Larutan baku sekunder** adalah larutan yang konsentrasinya ditentukan dengan menitrasinya terhadap larutan baku primer. NaOH termasuk golongan ini. NaOH padat **menyerap uap air dan $CO_2$** dari udara, sehingga ditimbang pun massa NaOH murninya tidak pasti. Konsentrasi sebenarnya ditentukan dengan **standardisasi**, yaitu menitrasi NaOH dengan standar primer. Larutan NaOH juga perlahan menyerap $CO_2$ selama penyimpanan, sehingga standardisasi diulang secara berkala.

Reaksi standardisasi:

- KHP (asam monoprotik) : $KHC_8H_4O_4 + NaOH \rightarrow KNaC_8H_4O_4 + H_2O$, perbandingan mol **1 : 1**.
- Asam oksalat (asam diprotik): $H_2C_2O_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O$, perbandingan mol **1 : 2**.

Dua standar ini tidak diperlakukan sama. KHP dikeringkan pada suhu sekitar 110 °C lalu



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

didinginkan di desikator sebelum ditimbang (menurut SOP umum). Asam oksalat dihidrat mengandung air hablur dan disimpan tertutup pada suhu ruang; tidak dikeringkan di oven agar air hablurnya tidak lepas dan Mr 126,07 tetap berlaku.

Langkah standardisasi dengan KHP:

1. Keringkan KHP, dinginkan di desikator, timbang teliti sekitar 0,4 sampai 0,6 g ke dalam erlenmeyer, **tiga kali (tiga ulangan)**. Alasan jumlah itu: 0,5 g KHP sekitar 2,45 mmol, yang menghabiskan sekitar 24,5 mL NaOH 0,1 M. Volume 20 sampai 30 mL cukup besar agar galat membaca buret kecil, tetapi tidak melebihi kapasitas buret 50 mL.
2. Larutkan dengan sekitar 50 mL air suling (ukuran tidak perlu tepat, karena air tidak mengubah jumlah KHP).
3. Tambahkan 2 sampai 3 tetes fenolftalein.
4. Titrasi dengan NaOH sampai merah muda pucat bertahan sekitar 30 detik. Catat volume.
5. Hitung molaritas NaOH dari tiap ulangan, lalu rata-ratakan ulangan yang memenuhi batas selisih.

### 5. Perhitungan hasil titrasi

Pada titik ekuivalen asam-basa, mol $H^+$ dari asam sama dengan mol $OH^-$ dari basa. Untuk larutan, **mol = molaritas (M) × volume (V)**. Bila satu molekul asam melepas $n_1$ ion $H^+$ dan satu satuan basa melepas $n_2$ ion $OH^-$, maka:

mol $H^+ = n_1 \cdot M_1 \cdot V_1$ dan mol $OH^- = n_2 \cdot M_2 \cdot V_2$

Pada titik ekuivalen kedua jumlah itu sama:

$$\mathbf{n_1\, M_1\, V_1 = n_2\, M_2\, V_2}$$

Kedua volume harus memakai satuan sama (mL dengan mL), dan n adalah jumlah $H^+$ atau $OH^-$ per rumus zat: HCl dan $CH_3COOH$ n = 1; $H_2SO_4$ dan $H_2C_2O_4$ n = 2; NaOH n = 1; $Ca(OH)_2$ n = 2. Rumus ini bukan hafalan: ia hanya menyatakan "mol $H^+$ = mol $OH^-$".

Untuk standar padat, yang diketahui adalah massa, jadi mol standar = massa ÷ Mr. Contoh KHP: mol NaOH = mol KHP = massa KHP ÷ Mr, sehingga **M NaOH = (massa KHP ÷ Mr) ÷ V NaOH (dalam liter)**. Bila V dalam mL, hasil mol ÷ V(mL) memberi mmol/mL, yang sama dengan mol/L.

Untuk **kadar contoh**, setelah mol zat dalam contoh diketahui, kalikan dengan Mr untuk memperoleh massa, lalu bagi dengan volume contoh dan kalikan 100 % untuk kadar % b/v (gram per 100 mL). Bila contoh diencerkan lebih dulu dalam labu takar lalu hanya sebagian (alikuot) yang dititrasi, kalikan dengan **faktor pengenceran** (volume labu ÷ volume alikuot).

### 6. Ulangan, batas selisih, dan melaporkan hasil

Satu titrasi saja tidak cukup dipercaya, karena galat acak (pembacaan, tetes terakhir) dapat membuat satu titik menyimpang. Karena itu titrasi dikerjakan **dua atau tiga kali (duplo atau triplo)** dengan contoh yang diambil terpisah. Aturan menyaring ulangan:

1. Bandingkan volume titran antarulangan. SOP menetapkan **batas selisih** volume yang



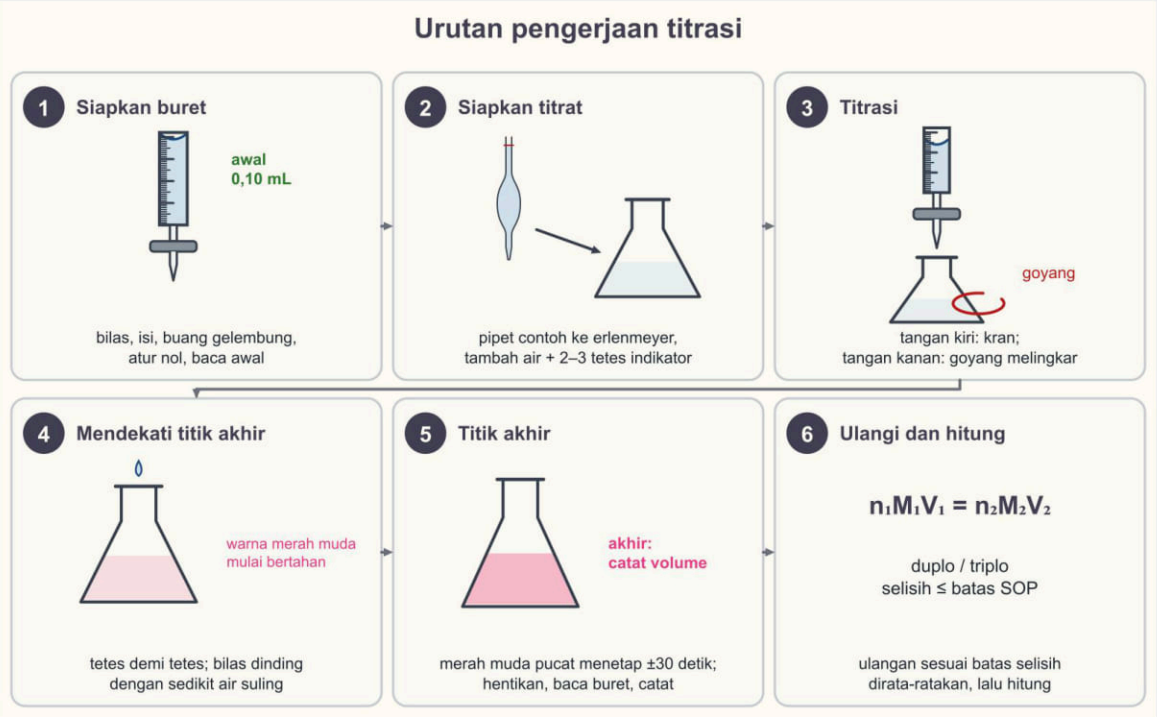
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

diperbolehkan, misalnya **0,10 mL** (angka ini kebiasaan banyak laboratorium; SOP lain dapat memakai nilai lain, sehingga selalu ikuti SOP yang diberikan).

2. Ulangan yang selisihnya dari ulangan lain **melebihi batas** tidak dipakai. Biasanya penyebabnya kekeliruan sesaat, misalnya melewati titik akhir.
3. **Rata-ratakan hanya ulangan yang memenuhi batas.** Jangan merata-ratakan semua ulangan bila ada yang menyimpang, dan jangan memilih angka yang "enak" saja.
4. Bila **tidak ada dua ulangan yang berselisih dalam batas**, hasilnya tidak dapat dilaporkan. Titrasi diulang dan penyebabnya dicari (alat, titran, teknik).
5. Laporkan hasil dengan jumlah angka penting yang sesuai: volume buret dua desimal (empat angka penting seperti 24,60 mL) sehingga molaritas dilaporkan empat angka penting (mis. 0,1018 M). Pembulatan dilakukan hanya di akhir.

### 7. Urutan prosedur dan kesalahan umum

Urutan lengkap pengerjaan titrasi ditunjukkan pada Gambar 5.13.




*Gambar 5.13 Urutan pengerjaan titrasi dari persiapan buret sampai penghitungan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Siapkan buret**: bilas air suling, bilas titran 2–3 kali, isi, lepas corong, buang gelembung, atur meniskus ke sekitar nol, tunggu sekitar 30 detik, catat pembacaan awal (sub bab 5.1).
2. **Siapkan titrat**: pipet volume tertentu ke erlenmeyer (pipet dibilas dengan contoh; erlenmeyer cukup air suling), tambahkan air suling secukupnya, tambahkan 2–3 tetes indikator.
3. **Titrasi**: tangan kiri mengatur kran, tangan kanan menggoyang erlenmeyer melingkar. Beri titran agak cepat di awal, dan **tetes demi tetes** ketika warna indikator mulai bertahan lebih lama.



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

4. **Bilas dinding** erlenmeyer dengan sedikit air suling dari botol semprot menjelang akhir agar titran yang menempel ikut bereaksi. Air tidak mengubah jumlah zat.
5. **Hentikan** pada titik akhir (misalnya merah muda pucat menetap), **baca buret** dan catat.
6. **Ulangi** untuk ulangan berikutnya (buret diisi ulang atau diatur lagi dari sekitar nol), lalu **hitung**.

Arah kesalahan yang perlu kamu pahami: **kesalahan yang membuat volume titran tercatat lebih besar** membuat hasil hitung konsentrasi atau kadar contoh **terlalu tinggi**. Contohnya gelembung udara di ujung buret yang keluar saat titrasi (volume terbaca lebih besar daripada cairan yang masuk), melewati titik akhir (warna sudah merah muda tua), titran yang terencerkan karena buret tidak dibilas, dan buret bocor. Sebaliknya, kesalahan yang mengurangi volume titran memberi hasil terlalu rendah, misalnya berhenti sebelum titik akhir. **Air di erlenmeyer tidak memengaruhi hasil**, karena tidak mengubah jumlah mol zat yang dititrasi.

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: molaritas NaOH dari asam oksalat dihidrat

Pada 2027, Nanda, analis di laboratorium pabrik deterjen, menstandardisasi larutan NaOH. Ia menimbang asam oksalat dihidrat ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, Mr = 126,07) 0,1577 g pada ulangan 1 dan 0,1602 g pada ulangan 2, melarutkannya, menambah fenolftalein, dan menitrasi. Volume NaOH ulangan 1 = 24,60 mL dan ulangan 2 = 24,95 mL. Hitung molaritas NaOH. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Tulis reaksi dan perbandingan mol.** $H_2C_2O_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O$. Mol NaOH = 2 × mol asam oksalat.
2. **Ulangan 1: mol asam oksalat.** 0,1577 g ÷ 126,07 g/mol = 0,0012509 mol = 1,2509 mmol.
3. **Ulangan 1: mol NaOH.** 2 × 1,2509 = 2,5018 mmol.
4. **Ulangan 1: molaritas.** 2,5018 mmol ÷ 24,60 mL = 0,10170 M.
5. **Ulangan 2.** 0,1602 ÷ 126,07 = 1,2707 mmol; mol NaOH = 2,5414 mmol; M = 2,5414 ÷ 24,95 = 0,10186 M.
6. **Periksa kesesuaian ulangan dan rata-ratakan.** Selisih M kedua ulangan sangat kecil (0,00016 M, sekitar 0,16 %), sehingga keduanya dipakai: (0,10170 + 0,10186) ÷ 2 = 0,10178 M.

Jawaban: molaritas NaOH = 0,1018 M (empat angka penting). Cek akal sehat: larutan dibuat sekitar 0,1 M dan hasilnya 0,1018 M, dekat dengan 0,1; volume titran 24 sampai 25 mL berada di tengah kapasitas buret 50 mL.

### Contoh 2: kadar asam asetat dalam cuka

Pada 2027, laboratorium pabrik saus menetapkan kadar asam asetat dalam cuka. Analis memipet 10,00 mL cuka ke labu takar 100,0 mL dan mengencerkannya sampai tanda tera. Lalu ia memipet 10,00 mL larutan encer (alikuot) ke erlenmeyer, menambah fenolftalein, dan



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

menitrasinya dengan NaOH 0,1018 M. Dua ulangan memerlukan 8,18 mL dan 8,24 mL. Batas selisih ulangan 0,10 mL. Hitung kadar asam asetat (% b/v; Mr = 60). *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Periksa ulangan.** Selisih 8,24 − 8,18 = 0,06 mL ≤ 0,10 mL, sehingga keduanya dipakai. Rata-rata = (8,18 + 8,24) ÷ 2 = 8,21 mL.
2. **Reaksi.** $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$, perbandingan 1 : 1.
3. **Mol NaOH.** 0,1018 mmol/mL × 8,21 mL = 0,8358 mmol = mol asam asetat dalam alikuot 10,00 mL.
4. **Mol dalam seluruh labu 100 mL.** Faktor pengenceran 100,0 ÷ 10,00 = 10, sehingga 0,8358 × 10 = 8,358 mmol. Seluruh isi labu berasal dari 10,00 mL cuka asli.
5. **Massa.** 8,358 mmol × 60 mg/mmol = 501,5 mg = 0,5015 g dalam 10,00 mL cuka.
6. **Kadar.** 0,5015 g ÷ 10,00 mL × 100 = 5,01 g per 100 mL, atau 5,01 % b/v.

Jawaban: kadar asam asetat = 5,01 % b/v. Cek akal sehat: cuka makan biasanya sekitar 4 sampai 25 %, dan 5 % masuk akal. Bila faktor pengenceran 10 dilupakan, hasilnya 0,50 %, jauh lebih rendah dari akal sehat.

### Contoh 3: memilih ulangan yang dirata-ratakan

Pada 2027, analis laboratorium pabrik minuman menitrasi larutan HCl dengan NaOH. Batas selisih antarulangan 0,10 mL. Ada dua kasus. Kasus A: ulangan 1 = 22,40 mL, ulangan 2 = 22,95 mL, ulangan 3 = 22,46 mL. Kasus B: 22,40 mL, 22,60 mL, dan 22,81 mL. Tentukan volume yang dilaporkan untuk tiap kasus. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Kasus A: bandingkan tiap pasangan.** |22,40 − 22,46| = 0,06 mL (memenuhi). |22,95 − 22,40| = 0,55 mL dan |22,95 − 22,46| = 0,49 mL (tidak memenuhi).
2. **Kasus A: tentukan ulangan yang menyimpang.** Ulangan 2 menyimpang dari kedua ulangan lain, sehingga dibuang (tidak dipakai).
3. **Kasus A: rata-rata ulangan yang memenuhi.** (22,40 + 22,46) ÷ 2 = 22,43 mL.
4. **Kasus B: bandingkan tiap pasangan.** |22,40 − 22,60| = 0,20; |22,60 − 22,81| = 0,21; |22,40 − 22,81| = 0,41. Semuanya melebihi 0,10 mL.
5. **Kasus B: simpulkan.** Tidak ada dua ulangan yang sesuai, sehingga tidak ada volume yang dapat dilaporkan. Titrasi diulang dan penyebabnya dicari (misalnya titik akhir tidak konsisten, buret bocor).

Jawaban: kasus A dilaporkan 22,43 mL; kasus B tidak dilaporkan, titrasi diulang. Cek akal sehat: bila ketiga angka kasus A dirata-ratakan (22,60 mL), hasilnya tergeser oleh ulangan yang jelas menyimpang.

### Contoh 4: menyusun ulang urutan prosedur

Pada 2027, Salsa menemukan catatan titrasi cuka yang urutannya kacau: (a) menambahkan 2–3 tetes fenolftalein, (b) membilas buret dengan NaOH baku, (c) memipet contoh ke erlenmeyer, (d) mengisi buret, membuang gelembung, mengatur meniskus, dan mencatat pembacaan awal, (e) membilas buret dengan air suling, (f) menitrasi sampai merah muda menetap lalu mencatat pembacaan akhir. Susun urutan yang benar. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*



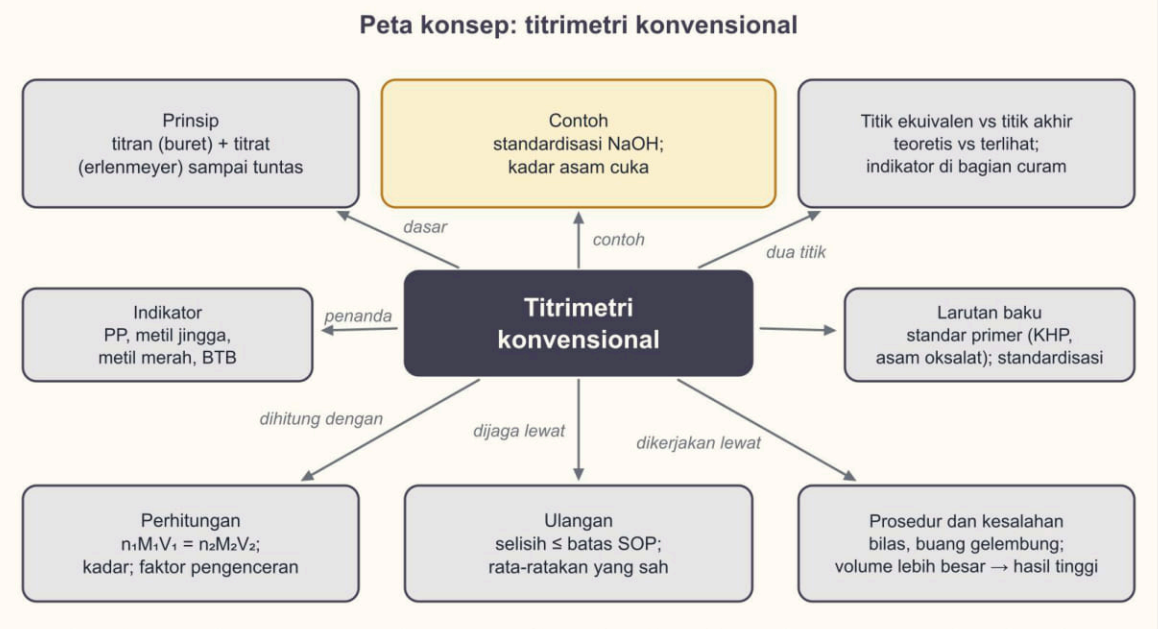
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Bilas buret** (e) dengan air suling lebih dulu untuk membuang sisa yang menempel.
2. **Bilas dengan titran** (b), dua sampai tiga kali, agar sisa air tidak mengencerkan NaOH.
3. **Isi buret** (d): isi, buang gelembung, atur meniskus, baca awal. Gelembung dibuang **sebelum** pembacaan awal supaya tidak ikut terbaca.
4. **Siapkan titrat**: pipet contoh (c) lalu tambah indikator (a). Dua langkah ini boleh sebelum atau sesudah menyiapkan buret, tetapi harus sebelum titrasi.
5. **Titrasi** (f) dan catat pembacaan akhir.

Jawaban: e → b → d → c → a → f (atau e → b → c → a → d → f). Cek akal sehat: yang tetap tidak berubah ialah dua aturan, yaitu bilas sebelum mengisi buret, dan buang gelembung sebelum membaca awal.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 5.14 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 5.14 Peta konsep titrimetri konvensional. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Titrasi**: titran (baku, di buret) ditambahkan ke titrat (contoh, di erlenmeyer) sampai tuntas; yang diukur adalah volume.
- **Titik ekuivalen** teoretis (mol setara); **titik akhir** teramati (indikator berubah). Pilih indikator yang rentang warnanya ada di bagian curam kurva.
- **Fenolftalein** untuk asam lemah–basa kuat (merah muda pucat menetap ±30 detik); **metil jingga/merah** untuk basa lemah–asam kuat.
- **NaOH distandardisasi** dengan KHP (1 : 1) atau asam oksalat dihidrat (1 : 2).
- $\mathbf{n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2}$; kadar % b/v = massa zat ÷ volume contoh × 100 %; ingat faktor pengenceran.
- **Ulangan** dirata-ratakan hanya bila memenuhi batas selisih (mis. 0,10 mL); semua menyimpang: titrasi diulang.
- **Volume titran tercatat lebih besar** membuat hasil terlalu tinggi; air di erlenmeyer tidak berpengaruh.

**Istilah penting:** titrasi (menambah titran sampai reaksi tuntas); titran (larutan baku di buret); titrat (analit di erlenmeyer); titik ekuivalen (mol titran setara mol titrat); titik akhir (indikator berubah warna); indikator (zat penanda titik akhir); larutan baku (konsentrasi diketahui); standar primer (zat murni dan stabil untuk membuat larutan baku); standardisasi (penentuan konsentrasi titran); fenolftalein (indikator, tak berwarna ke merah muda); alikuot (bagian larutan yang diambil dengan pipet); faktor pengenceran (volume labu ÷ volume alikuot); duplo/triplo (dua/tiga ulangan); galat titrasi (selisih titik akhir dan titik ekuivalen).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal titrasi:

1. **Tulis persamaan reaksi** dan tentukan perbandingan molnya (1 : 1, 1 : 2, dan seterusnya).
2. **Tentukan volume titran**: bila ada gambar buret, baca awal dan akhir, lalu kurangkan; bila ada beberapa ulangan, saring dulu dengan batas selisih.
3. **Hitung mol titran** (M × V), ubah ke mol zat dengan perbandingan reaksi, lalu ke kadar atau konsentrasi yang diminta (perhatikan volume contoh dan faktor pengenceran).
4. **Periksa kewajaran**: hasil dekat dengan nilai yang diharapkan, satuan benar, jumlah desimal sesuai permintaan.
5. **Untuk soal kesalahan prosedur**, tanya: apakah kesalahan itu membuat volume titran tercatat lebih besar atau lebih kecil? Air di erlenmeyer tidak berpengaruh.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Rumus dibalik**, misalnya M NaOH = M HCl × V NaOH ÷ V HCl (yang benar: volume yang diketahui molaritasnya dikalikan, dibagi volume zat yang dicari).
- **Skala buret dibaca seperti penggaris** atau pembacaan awal tidak dikurangkan.
- **Ketiga ulangan dirata-ratakan** padahal salah satu menyimpang.
- **Perbandingan 1 : 2 dilupakan** pada asam diprotik (asam oksalat) atau Mr tanpa air hablur.
- **Faktor pengenceran dilupakan**, atau volume contoh diganti kapasitas pipet.
- **Labu erlenmeyer dibilas dengan contoh** (menambah zat) padahal cukup air suling.
- **Gelembung di ujung buret** dianggap tidak berpengaruh, padahal membuat hasil terlalu tinggi.
- **Titik akhir dianggap tercapai** saat warna muncul sekejap, padahal harus bertahan sekitar 30 detik.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung kadar asam cuka dengan 3 ulangan: 8,18; 8,24; 8,60 mL, lalu merata-ratakan ketiganya (8,34 mL) karena "semakin banyak data semakin baik". Ulangan 8,60 mL menyimpang jauh (selisih 0,36–0,42 mL, melebihi batas 0,10 mL), sehingga harus dibuang; rata-rata yang benar adalah (8,18 + 8,24) ÷ 2 = 8,21 mL. Menambah jumlah data hanya membantu bila datanya sah.

## • BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pembacaan buret dan perhitungan konsentrasi: baca dua pembacaan pada gambar (skala bertambah ke bawah), kurangkan, lalu pakai $n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$ dengan perbandingan 1 : 1. Pakai bagian 1 sampai 5.

►. Wulan menitrasi 20,00 mL larutan NaOH hasil pengenceran di bagian produksi sabun dengan larutan standar HCl 0,1000 M dari buret, memakai indikator fenolftalein (2027). Reaksinya $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$. Gambar memperlihatkan pembacaan buret sebelum titrasi dan saat titik akhir. Produksi meminta konsentrasi NaOH yang dilaporkan dengan

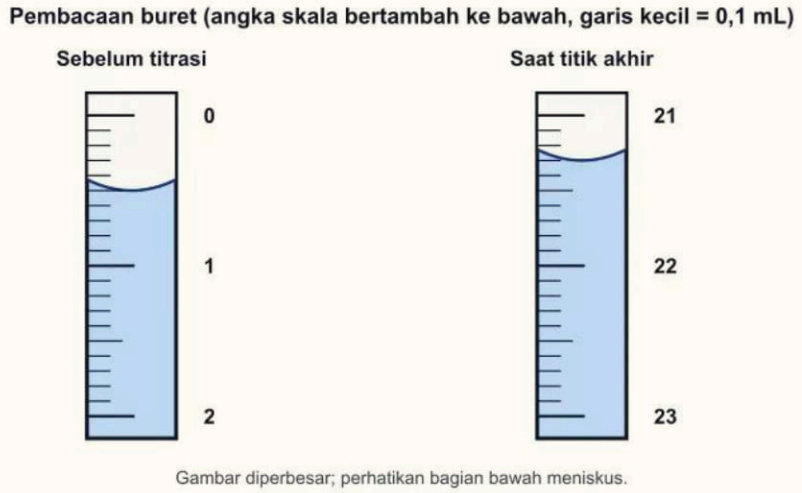


Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

empat desimal.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Konsentrasi NaOH yang tepat adalah ....




A. 0,0962 M
B. 0,1000 M
C. 0,1010 M
D. 0,1040 M
E. 0,1065 M

**Pembahasan** **Kunci: D**

**Konsep:** Pada titik akhir titrasi asam-basa 1 : 1, mol HCl = mol NaOH → M(NaOH) × V(NaOH) = M(HCl) × V(HCl). Buret dibaca pada bagian bawah meniskus; skala bertambah ke bawah.

**Langkah:**

1. Pembacaan awal: meniskus 5 garis kecil di bawah 0 → 0,50 mL.
2. Pembacaan akhir: meniskus 3 garis kecil di bawah 21 → 21,30 mL.
3. Volume HCl = 21,30 − 0,50 = 20,80 mL.
4. M NaOH = 0,1000 × 20,80 ÷ 20,00 = 0,1040 M.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: rumus terbalik (0,1000 × 20,00 ÷ 20,80).
- **B.** ✗ Menganggap volume titran sama dengan volume contoh.
- **C.** ✗ Jebakan: skala dibaca seperti penggaris yang bertambah ke atas sehingga pembacaan akhir menjadi 20,70 mL (volume 20,20 mL).
- **D.** ✓ Volume 20,80 mL → 0,1040 M.
- **E.** ✗ Jebakan: lupa mengurangkan pembacaan awal (memakai 21,30 mL).

**Jawaban: D.**



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

## ✎ LATIHAN

Untuk soal pertama, nilai tiap pernyataan dengan bertanya apakah sisa zat di dinding alat ikut menentukan jumlah zat yang bereaksi. Untuk soal kedua, saring ulangan dengan batas selisih sebelum merata-ratakan.

**1.** Sebelum menitrasi contoh cuka dengan NaOH standar (2027), Rendi menuliskan persiapannya: (1) membilas buret dua kali dengan sedikit larutan NaOH standar sebelum diisi; (2) membilas labu erlenmeyer dengan contoh cuka sebelum contoh dipipet ke dalamnya; (3) membuang gelembung udara di ujung buret sebelum mencatat pembacaan awal. Gurunya meminta Rendi menilai langkah-langkah itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Langkah (1) tepat karena sisa air di buret tidak mengencerkan larutan NaOH standar. | ○ | ○ |
| Langkah (2) tepat karena labu yang dibilas contoh tidak mengencerkan contoh. | ○ | ○ |
| Langkah (3) tepat karena gelembung yang keluar saat titrasi akan terbaca sebagai volume titran. | ○ | ○ |

**2.** Larutan pencuci CIP (NaOH) di pabrik susu diperiksa setiap hari (2027). Analis menitrasi 10,00 mL larutan dengan HCl 0,1000 M sebanyak tiga kali. Aturan laboratorium: ulangan yang berbeda lebih dari 0,10 mL dari dua ulangan lain tidak dipakai.

| Ulangan | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Volume HCl (mL) | 12,40 | 12,46 | 12,90 |

Reaksi: $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Konsentrasi NaOH yang dilaporkan adalah ....

A. 0,0805 M
B. 0,1243 M
C. 0,1259 M
D. 0,1290 M
E. 1,243 M

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



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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa fenolftalein cocok untuk titrasi asam asetat dengan NaOH, tetapi metil jingga tidak?
- Mengapa NaOH harus distandardisasi dulu, padahal ia dapat ditimbang?
- **Yang harus kuingat:** $n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$ (mol $H^+$ = mol $OH^-$); titik akhir adalah perkiraan titik ekuivalen; rata-ratakan hanya ulangan yang memenuhi batas selisih; volume titran tercatat lebih besar → hasil terlalu tinggi; air di erlenmeyer tidak berpengaruh.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 5.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-5.3



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

# Sub bab 5.4 · Prosedur analisis gravimetri konvensional

SMKTKI-5.4

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 5, teknik dasar pekerjaan laboratorium) meminta kamu **melakukan analisis dasar dengan gravimetri konvensional sesuai SOP**. Levelnya aplikasi sampai penalaran, dan soal-soal bagian ini termasuk yang paling sulit di bab ini. Kamu diminta menghitung kadar dari data penimbangan, menentukan penimbangan mana yang dipakai ketika pengeringan diulang, menilai catatan prosedur pengendapan, dan membedakan basis perhitungan.

Pola soal yang sering muncul: (1) **kadar air** dari data cawan dan beberapa penimbangan berulang; (2) **kadar abu**, termasuk konversi ke basis kering; (3) **catatan prosedur pengendapan** (pengendap berlebih, pencucian, kertas saring bebas abu, pemijaran, bobot tetap); (4) **penyebab hasil terlalu tinggi atau rendah**, misalnya menimbang benda yang masih panas.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan prinsip gravimetri dan membedakan gravimetri penguapan dari gravimetri pengendapan;
- melakukan urutan penetapan kadar air dan kadar abu serta menghitung kadarnya;
- menentukan **bobot tetap** dari beberapa penimbangan berturut-turut;
- menjelaskan fungsi desikator dan cara memakainya;
- menjelaskan tahap pengendapan, penyaringan, pencucian, dan pemijaran, serta menghitung kadar dengan faktor gravimetri.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Di laboratorium pangan, pakan, pupuk, dan air proses, pertanyaan yang sangat sering diajukan adalah: berapa persen air dalam bahan ini? Berapa banyak mineralnya? Berapa banyak sulfat dalam larutan? Semuanya dapat dijawab dengan satu keterampilan dasar: **menimbang dengan teliti**. Cara analisis yang kadarnya dihitung dari massa disebut **gravimetri** (dari kata Latin *gravis*, "berat").

### 1. Prinsip dan jenis gravimetri

Prinsip gravimetri sederhana: ubah zat yang dicari menjadi bentuk yang dapat ditimbang secara pasti, lalu hitung kadarnya dari massa itu. Tiga bentuk yang umum:

| Jenis | Apa yang ditimbang | Contoh |
|---|---|---|
| Gravimetri penguapan (hilang) | massa yang **hilang** setelah pemanasan | kadar air (air menguap) |



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

| | | |
|---|---|---|
| Gravimetri penguapan (sisa) | massa yang **tersisa** setelah pembakaran | kadar abu (mineral tersisa) |
| Gravimetri pengendapan | massa **endapan** yang dibentuk dari zat yang dicari | kadar sulfat sebagai $BaSO_4$ |

Semua jenis bergantung pada satu alat utama, yaitu neraca analitik berketelitian 0,0001 g (sub bab 5.2). Karena itu semua syarat neraca (datar, pintu tertutup, benda tidak panas) berlaku di sini. Urutan penjelasan di bawah: gravimetri pengendapan (bagian 2) yang paling rumit, desikator yang dipakai semua jenis (bagian 3), lalu kadar air (bagian 4), bobot tetap (bagian 5), dan kadar abu (bagian 6).

## 2. Gravimetri pengendapan

Pada **gravimetri pengendapan**, zat yang dicari diubah menjadi **endapan** yang sangat sedikit larut, disaring, dicuci, dikeringkan atau dipijarkan, lalu ditimbang. Contoh klasik adalah penetapan **sulfat** dengan ion barium:

$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \rightarrow BaSO_4$ (endapan putih)

Endapan harus memenuhi empat syarat: **sangat sedikit larut** (agar tidak hilang), **murni**, **butirannya cukup besar** agar mudah disaring, dan **susunannya pasti** setelah dikeringkan atau dipijarkan ($BaSO_4$ dengan rumus tetap). Tahap-tahapnya ditunjukkan pada Gambar 5.15.




*Gambar 5.15 Alur gravimetri pengendapan: dari larutan contoh sampai endapan ditimbang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Siapkan larutan contoh.** Larutan dibuat sedikit asam dengan HCl dan dipanaskan. Suasana asam mencegah endapan pengotor seperti barium karbonat dan barium fosfat, sedangkan $BaSO_4$ tidak larut dalam asam encer. Larutan panas membuat butir endapan tumbuh lebih besar.



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

2. **Tambahkan pengendap** (larutan $BaCl_2$ panas) **sedikit demi sedikit sambil diaduk**, dan **sedikit berlebih**. Penambahan pelan membuat endapan murni dan berbutir besar. Pereaksi yang sedikit berlebih membuat semua sulfat mengendap dan menekan kelarutan endapan.
3. **Pemasakan (*digestion*).** Endapan dibiarkan dalam larutan panas (sekitar 80–90 °C) beberapa jam atau semalam. Butir kecil melarut dan butir besar tumbuh, sehingga endapan lebih mudah disaring dan lebih murni. Lamanya menurut SOP.
4. **Penyaringan** dengan **kertas saring bebas abu** (kertas khusus yang terbakar habis hampir tanpa sisa). Bila kertas biasa dipakai, abunya ikut ditimbang dan hasil menjadi terlalu tinggi.
5. **Pencucian** dengan air panas sedikit demi sedikit sampai bebas pengotor. Cara memeriksa: tampung beberapa tetes cairan cucian, tambahkan larutan perak nitrat. **Bila tidak muncul keruh putih (AgCl), klorida sudah habis**, sehingga pencucian selesai.
6. **Pengeringan dan pemijaran.** Kertas dikeringkan dan diarangkan perlahan, lalu cawan dipijarkan dalam tanur (sekitar 800 °C, menurut SOP) sampai kertas habis terbakar dan endapan kering.
7. **Pendinginan di desikator dan penimbangan** (bagian 3), diulang sampai bobot tetap (bagian 5).

**Faktor gravimetri.** Yang ditimbang adalah $BaSO_4$, sedangkan yang dicari adalah sulfat. Massa sulfat dihitung dari massa endapan dengan perbandingan massa molekul relatif:

**F = (Mr zat yang dicari ÷ Mr endapan) × (perbandingan mol)**

Untuk sulfat, satu mol $BaSO_4$ mengandung satu mol $SO_4^{2-}$, sehingga perbandingan mol = 1. Dengan Ar Ba = 137, S = 32, O = 16: Mr $BaSO_4$ = 137 + 32 + 4 × 16 = 233 dan Mr $SO_4$ = 32 + 64 = 96. Maka F = 96 ÷ 233 = 0,412. Artinya, setiap 1 g endapan $BaSO_4$ mengandung 0,412 g sulfat. Alasannya hanya perbandingan bagian massa: dari 233 g $BaSO_4$, bagian sulfatnya 96 g.

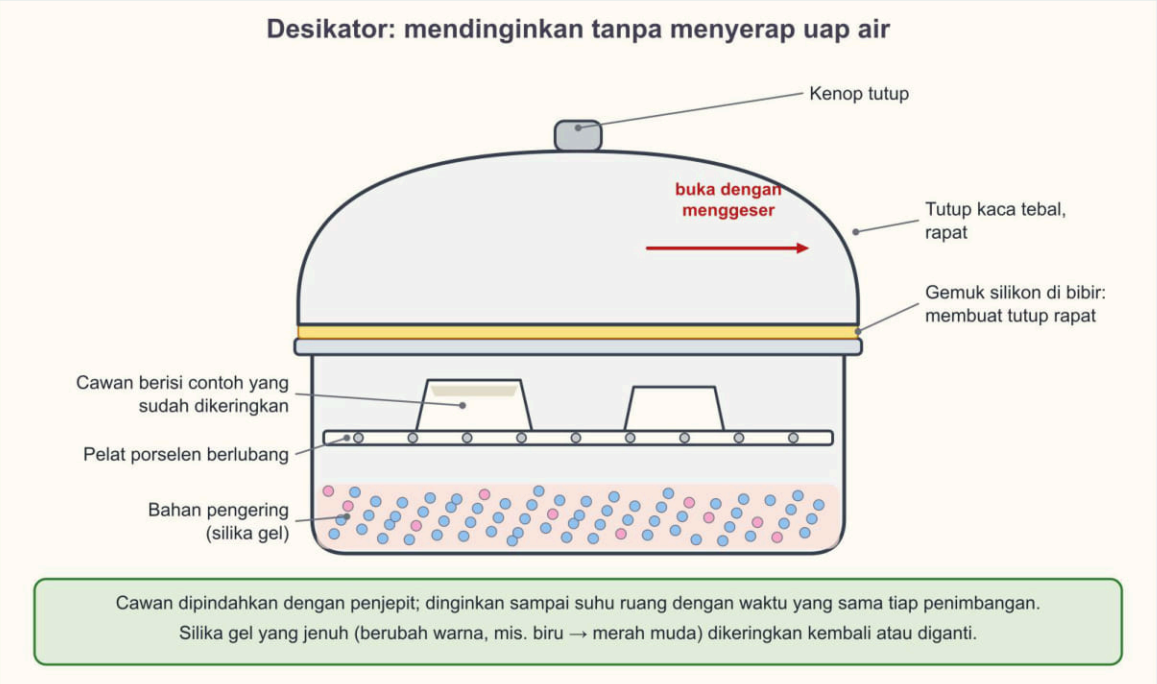
**Massa zat yang dicari = massa endapan × F**, dan **kadar (%) = massa zat yang dicari ÷ massa contoh × 100 %**.

### 3. Desikator

**Desikator** adalah wadah kaca tebal dengan tutup rapat yang berisi **bahan pengering**, tempat benda panas didinginkan tanpa menyerap uap air dari udara (Gambar 5.16).



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




*Gambar 5.16 Desikator: tutup berlapis gemuk, pelat porselen berlubang, dan bahan pengering di dasar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Bagian-bagiannya: **tutup** yang tepi kacanya diolesi gemuk silikon agar rapat; **pelat porselen berlubang** tempat cawan diletakkan; dan **bahan pengering** di bagian bawah, misalnya **silika gel** atau kalsium klorida anhidrat. Silika gel berindikator berubah warna saat jenuh, misalnya dari biru menjadi merah muda untuk jenis yang mengandung kobalt klorida; silika gel jenuh dikeringkan kembali di oven atau diganti.

Cara memakai desikator dengan benar:

1. Keluarkan cawan dari oven atau tanur dengan **penjepit**, lalu letakkan di pelat porselen. Benda yang sangat panas boleh dibiarkan sebentar di udara sebelum masuk karena udara panas yang memuai dapat mendorong tutup.
2. **Tutup rapat**, dan buka dengan **menggeser** tutup ke samping, bukan mengangkatnya langsung.
3. **Dinginkan sampai suhu ruang** dengan waktu yang **sama** untuk setiap penimbangan. Waktu yang berbeda-beda membuat suhu benda berbeda dan hasil tidak konsisten.
4. Timbang segera setelah desikator dibuka, dengan neraca berpintu tertutup.

Dua alasan memakai desikator: (a) **benda panas tidak boleh ditimbang** karena udara di sekitarnya naik dan membuat angka bergerak serta tampak lebih ringan; dan (b) **benda kering yang dibiarkan di udara terbuka menyerap uap air** sehingga massanya naik. Desikator mengatasi keduanya sekaligus.

### 4. Kadar air dengan pengeringan

**Kadar air** menyatakan berapa persen massa bahan yang berupa air. Bahan yang terlalu berair mudah dijangkiti jamur, menggumpal, dan lebih cepat rusak, sehingga kadar air menjadi syarat mutu banyak produk (tepung, pakan, garam, pupuk).



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

**Prinsip.** Contoh dipanaskan dalam oven sampai air menguap. Massa yang hilang dianggap air. Untuk bahan pangan dan pakan yang umum, SOP memakai oven pada suhu sekitar **100 sampai 105 °C** sampai **bobot tetap** (angka 105 °C dipakai pada contoh di buku ini; ikuti SOP yang diberikan). Cara ini kurang cocok untuk bahan yang mengandung zat mudah menguap selain air atau yang rusak karena dipanaskan, sehingga laboratorium memakai metode lain untuk bahan seperti itu.

**Langkah kerja (cawan dan contoh):**

1. **Keringkan cawan kosong** (cawan porselen atau botol timbang) di oven, dinginkan di desikator, timbang sampai bobot tetap. Catat massanya sebagai $\mathbf{W_0}$. Alasan: cawan sendiri dapat menyerap uap air; bila tidak dikeringkan, penurunan massa nantinya bukan hanya dari contoh.
2. **Timbang cawan berisi contoh** (sekitar 2 sampai 5 g, bergantung SOP). Catat massanya sebagai $\mathbf{W_1}$. Massa contoh = $W_1 - W_0$.
3. **Keringkan di oven** pada suhu SOP selama waktu yang ditetapkan (misalnya 3 jam).
4. **Dinginkan di desikator** sampai suhu ruang (waktu pendinginan dibuat sama setiap kali, misalnya 30 menit).
5. **Timbang** ($W_2$) dengan pintu neraca tertutup.
6. **Ulangi langkah 3 sampai 5** (pemanasan sekitar 1 jam, dinginkan, timbang) sampai **bobot tetap**, lalu pakai penimbangan **terakhir** sebagai $W_2$.

**Rumus.** Air yang hilang = massa contoh basah − massa contoh kering = $(W_1 - W_0) - (W_2 - W_0) = W_1 - W_2$. Maka:

$$\textbf{Kadar air (\%)} = (\mathbf{W_1 - W_2}) \div (\mathbf{W_1 - W_0}) \times \mathbf{100\ \%}$$

Alasan penyebutnya: kadar adalah bagian terhadap **contoh awal** (massa contoh sebelum dikeringkan), yaitu $W_1 - W_0$, **bukan** massa cawan ditambah contoh ($W_1$). Membagi dengan $W_1$ memasukkan massa cawan ke penyebut dan membuat kadar jauh terlalu kecil.

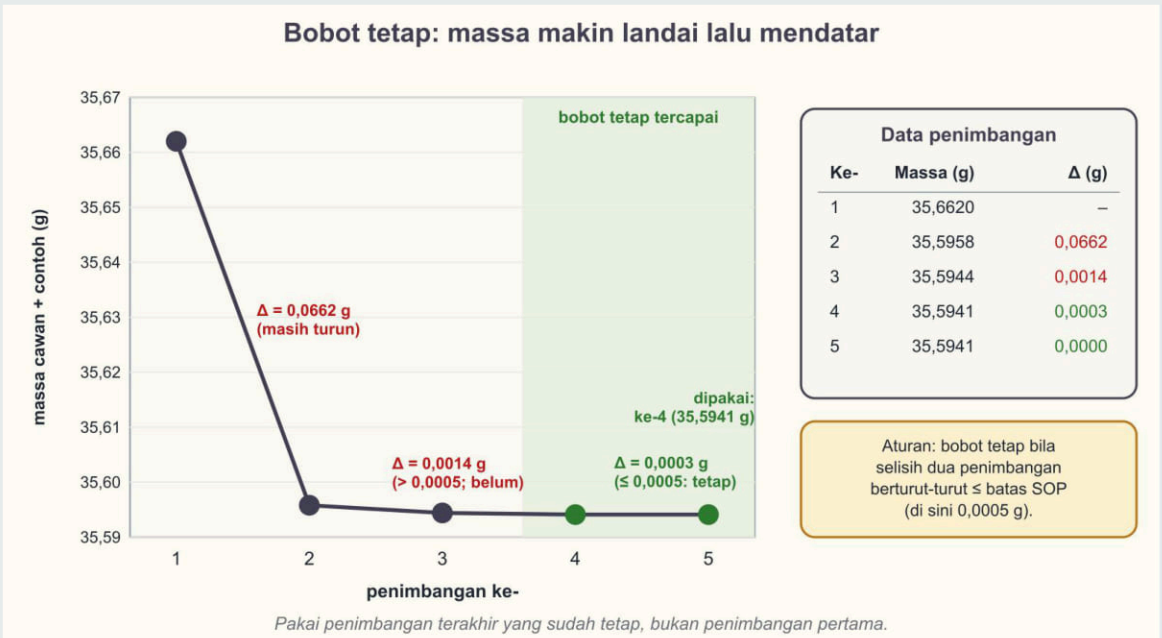
Catatan penting: kadar yang dihitung seperti di atas disebut kadar pada **basis basah** (terhadap contoh sebelum dikeringkan). Ada juga **basis kering** (terhadap contoh yang sudah kering), yang akan muncul pada kadar abu di bawah. Keduanya tidak sama, dan soal selalu menyebut basis yang diminta.

## 5. Bobot tetap

**Bobot tetap** (konstan) adalah keadaan ketika pemanasan, pendinginan, dan penimbangan yang diulang tidak lagi mengubah massa secara berarti. Mengapa harus diulang? Karena setelah pemanasan pertama kamu belum tahu apakah air sudah habis. Bila massa terus turun pada penimbangan berikutnya, berarti masih ada air yang menguap. Grafiknya (Gambar 5.17): massa turun cepat pada awalnya, lalu makin landai, dan akhirnya mendatar.



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




*Gambar 5.17 Massa cawan berisi contoh yang makin landai sampai mendatar (bobot tetap). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

SOP menetapkan **batas selisih** dua penimbangan berturut-turut. Banyak SOP memakai batas sekitar 0,0005 g sampai 0,0020 g, dan contoh di buku ini memakai angka dalam rentang itu sesuai soalnya. Selalu ikuti SOP yang diberikan. Aturan pemakaiannya:

- Bandingkan selisih **dua penimbangan berturut-turut** dengan batas SOP.
- Bila selisih **lebih besar** dari batas, belum tetap: ulangi pemanasan.
- Bila selisih **sama atau lebih kecil**, sudah tetap: pakai penimbangan **terakhir** (bukan yang pertama).

Bila massa justru naik dari penimbangan sebelumnya, periksa penyebabnya (desikator jenuh, cawan belum dingin, atau penimbangan terlalu lama), jangan memilih angka yang kebetulan paling sesuai.

### 6. Kadar abu

**Abu** adalah sisa **bahan anorganik (mineral)** setelah bahan organik dibakar habis. **Kadar abu** menggambarkan jumlah mineral dalam bahan dan sering dipakai sebagai syarat mutu (misalnya pakan, tepung, rumput laut, garam).

**Langkah kerja:**

1. **Pijarkan cawan porselen kosong** dalam tanur, dinginkan di desikator, timbang sampai bobot tetap ($W_0$).
2. **Timbang contoh** ke dalam cawan ($W_1$).
3. **Arangkan** contoh di atas pemanas atau nyala kecil sampai tidak berasap. Langkah ini mencegah contoh menyala atau memercik saat masuk tanur.
4. **Masukkan ke tanur** pada suhu sekitar 550 sampai 600 °C selama beberapa jam sampai abu berwarna putih keabu-abuan (suhu dan lama menurut SOP).
5. **Matikan tanur**, tunggu suhunya turun, pindahkan cawan dengan penjepit ke desikator, dinginkan, timbang ($W_2$).
6. **Ulangi pemijaran, pendinginan, penimbangan** sampai bobot tetap.

Keselamatan: cawan dan tanur sangat panas, sehingga dipakai penjepit panjang, sarung tangan tahan panas, dan kaca pelindung. Tidak ada bagian tubuh yang menyentuh cawan sebelum dingin.

**Rumus.** Massa abu = $W_2 - W_0$ dan massa contoh = $W_1 - W_0$. Maka:

**Kadar abu (%) = $(W_2 - W_0) \div (W_1 - W_0) \times 100$ %** (basis basah)

Bila spesifikasi meminta **basis kering**, kadar abu dibagi dengan bagian yang kering dari contoh: **kadar abu basis kering = kadar abu basis basah ÷ (1 − kadar air sebagai pecahan)**. Alasannya: pada basis kering, air dianggap tidak ada, sehingga bagian contoh yang diperhitungkan lebih kecil, dan kadarnya menjadi lebih besar daripada kadar basis basah. Contoh: kadar air 10 % berarti hanya 0,90 bagian contoh yang kering, sehingga kadar basis kering = kadar basis basah ÷ 0,90.

### 7. Sumber galat gravimetri



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

Hasil terlalu tinggi biasanya karena: benda masih panas atau lembap saat ditimbang, endapan membawa pengotor (kopresipitasi), kertas saring bukan jenis bebas abu, atau bahan pengering di desikator sudah jenuh sehingga benda menyerap uap air. Hasil terlalu rendah biasanya karena: endapan ikut hilang saat dicuci atau dipindahkan, pengendapan belum lengkap, atau pengeringan dihentikan sebelum bobot tetap pada kadar air (bahan masih berair, sehingga kadar air terhitung lebih rendah dari sebenarnya).

## ▣ CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: kadar air dari beberapa penimbangan

Pada 2027, Wawan, analis di laboratorium pabrik tapioka, menetapkan kadar air tepung. Cawan kosong (bobot tetap) 31,2650 g. Cawan + contoh 36,2650 g. Cawan + contoh dikeringkan, didinginkan di desikator, ditimbang berulang: penimbangan ke-1 35,6620 g; ke-2 35,5958 g; ke-3 35,5944 g; ke-4 35,5941 g. SOP menetapkan bobot tetap bila selisih dua penimbangan berturut-turut ≤ 0,0005 g. Hitung kadar air. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa contoh.** $W_1 - W_0 = 36{,}2650 - 31{,}2650 = 5{,}0000$ g.
2. **Cek selisih berturut-turut.** Ke-1 ke ke-2: 35,6620 − 35,5958 = 0,0662 g (> 0,0005, belum tetap). Ke-2 ke ke-3: 0,0014 g (> 0,0005, belum tetap). Ke-3 ke ke-4: 0,0003 g (≤ 0,0005, tetap).
3. **Pilih $W_2$.** Bobot tetap tercapai pada penimbangan ke-4, jadi $W_2 = 35{,}5941$ g.
4. **Air yang hilang.** $W_1 - W_2 = 36{,}2650 - 35{,}5941 = 0{,}6709$ g.
5. **Kadar air.** 0,6709 ÷ 5,0000 × 100 % = 13,42 %.

Jawaban: kadar air = 13,42 %. Cek akal sehat: kadar air tepung berada pada orde belasan persen, sehingga hasil masuk akal. Memakai penimbangan ke-1 akan memberi 12,06 %, terlalu rendah, karena air belum habis. Membagi dengan 36,2650 g (cawan + contoh) memberi 1,85 %, jauh terlalu kecil.

### Contoh 2: kadar sulfat dengan pengendapan sebagai $BaSO_4$

Pada 2027, laboratorium pabrik tekstil menganalisis sulfat dalam air proses. Dari 250,0 mL contoh diperoleh endapan $BaSO_4$ setelah disaring, dicuci, dipijarkan, dan ditimbang sampai bobot tetap sebesar 0,2330 g. (Ar Ba = 137, S = 32, O = 16.) Hitung kadar sulfat dalam mg/L. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa molekul relatif.** Mr $BaSO_4$ = 137 + 32 + 64 = 233; Mr $SO_4$ = 32 + 64 = 96.
2. **Faktor gravimetri.** F = 96 ÷ 233 = 0,4120. Perbandingan mol $BaSO_4 : SO_4^{2-} = 1 : 1$.
3. **Massa sulfat.** 0,2330 g × 0,4120 = 0,09600 g. Cara lain, lewat mol: 0,2330 ÷ 233 = 0,001000 mol $BaSO_4$ = 0,001000 mol $SO_4^{2-}$, dan massanya 0,001000 × 96 = 0,0960 g.
4. **Konsentrasi per liter.** Contoh 250,0 mL = 0,2500 L, jadi 0,0960 g ÷ 0,2500 L = 0,384 g/L = 384 mg/L.



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

Jawaban: kadar sulfat = 384 mg/L. Cek akal sehat: massa sulfat (0,096 g) harus lebih kecil dari massa endapan (0,2330 g) karena sulfat hanya sebagian dari $BaSO_4$, dan 96/233 sekitar 41 % memang sesuai.

### Contoh 3: kadar abu dan konversi ke basis kering

Pada 2027, analis laboratorium pabrik agar-agar menetapkan kadar abu rumput laut kering. Cawan porselen kosong (bobot tetap) 28,4210 g. Cawan + contoh 30,4210 g. Setelah diarangkan dan dipijarkan, cawan + abu ditimbang berulang: ke-1 28,8640 g; ke-2 28,8594 g; ke-3 28,8590 g. SOP menetapkan bobot tetap bila selisih berturut-turut ≤ 0,0010 g. Kadar air contoh 12 %, dan spesifikasi kadar abu maksimum 26,0 % (basis kering). Hitung kadar abu dan nilai kesesuaiannya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Massa contoh.** 30,4210 − 28,4210 = 2,0000 g.
2. **Bobot tetap.** Ke-1 ke ke-2: 0,0046 g (> 0,0010, belum). Ke-2 ke ke-3: 0,0004 g (≤ 0,0010, tetap). Pakai penimbangan ke-3: 28,8590 g.
3. **Massa abu.** 28,8590 − 28,4210 = 0,4380 g.
4. **Kadar abu basis basah.** 0,4380 ÷ 2,0000 × 100 % = 21,90 %.
5. **Konversi ke basis kering.** Kadar air 12 % = 0,12, jadi bagian kering = 0,88. Kadar abu basis kering = 21,90 ÷ 0,88 = 24,89 %.
6. **Bandingkan dengan spesifikasi.** Spesifikasi dinyatakan basis kering, jadi yang dibandingkan adalah 24,89 %, bukan 21,90 %. 24,89 % ≤ 26,0 %.

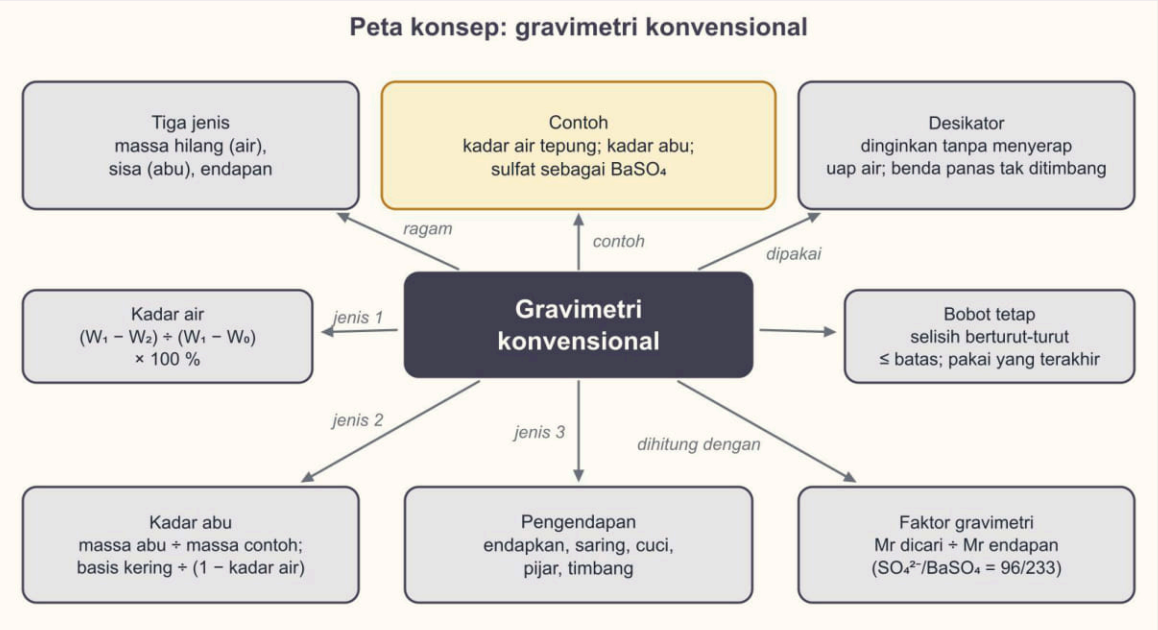
Jawaban: kadar abu basis kering = 24,89 %, memenuhi spesifikasi. Cek akal sehat: kadar basis kering selalu lebih besar daripada basis basah (24,89 > 21,90). Hasil yang lebih kecil menunjukkan konversi dilakukan dengan mengalikan, bukan membagi.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 5.18 merangkum isi sub bab ini.



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




*Gambar 5.18 Peta konsep gravimetri konvensional. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

Yang harus kamu ingat:

- **Gravimetri**: kadar dihitung dari **massa** (hilang, tersisa, atau endapan); alat utama neraca analitik.
- **Kadar air (%) = $(W_1 - W_2) \div (W_1 - W_0) \times 100$ %**; penyebut = massa **contoh**, bukan cawan + contoh.
- **Bobot tetap**: selisih dua penimbangan berturut-turut ≤ batas SOP; pakai penimbangan **terakhir**.
- **Desikator**: mendinginkan tanpa menyerap uap air; benda panas tidak ditimbang; waktu pendinginan sama.
- **Kadar abu (%) = massa abu ÷ massa contoh × 100 %**; basis kering = basis basah ÷ (1 − kadar air).
- **Pengendapan**: pengendap sedikit berlebih, saring (kertas bebas abu), cuci sampai bebas klorida (uji $AgNO_3$), pijar, timbang sampai tetap.
- **Faktor gravimetri** = Mr yang dicari ÷ Mr endapan; kadar = massa endapan × F ÷ massa contoh × 100 %.

**Istilah penting:** gravimetri (analisis berdasarkan massa); kadar air (persen air dalam bahan); kadar abu (persen mineral sisa pembakaran); bobot tetap (massa tidak berubah lagi); desikator (wadah pengering untuk mendinginkan); silika gel (bahan pengering); tanur (*muffle furnace*, tungku suhu tinggi); basis basah (terhadap contoh awal); basis kering (terhadap contoh tanpa air); endapan (padatan yang terbentuk dari larutan); pemasakan (*digestion*, endapan didiamkan panas agar butir membesar); kertas saring bebas abu (hampir tak meninggalkan sisa saat dibakar); faktor gravimetri (perbandingan massa zat dicari terhadap endapan); kopresipitasi (pengotor ikut mengendap).



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal gravimetri:

1. **Tulis semua penimbangan dan beri nama**: $W_0$ (cawan kosong), $W_1$ (cawan + contoh), $W_2$ (cawan + contoh kering atau abu).
2. **Tentukan penimbangan yang dipakai.** Hitung selisih dua penimbangan berturut-turut, bandingkan dengan batas, dan pakai penimbangan terakhir yang sudah tetap.
3. **Hitung massa contoh, yaitu $W_1 - W_0$**, dan massa yang hilang atau tersisa.
4. **Bagi dengan massa contoh**, lalu kalikan 100 %.
5. **Periksa basis yang diminta** (basah atau kering) dan konversi bila perlu, dengan membagi (1 − kadar air).
6. **Untuk catatan prosedur**, nilai tiap pernyataan: apakah ia menjaga massa tetap murni, kering, dan dingin sebelum ditimbang?

Jebakan yang sering dipasang:

- **Membagi dengan massa cawan + contoh** sebagai pengganti massa contoh.
- **Memakai penimbangan pertama atau yang bukan terakhir** sebagai bobot tetap.
- **Menimbang benda yang masih panas** atau segera setelah keluar dari tanur "agar tidak menyerap uap air".
- **Menyebut kadar bahan kering sebagai kadar air** (menghitung 100 % dikurangi kadar air).
- **Kadar basis basah dibandingkan dengan spesifikasi basis kering.**
- **Konversi basis dilakukan dengan mengalikan** (bukan membagi dengan 1 − kadar air).
- **Kertas saring biasa** dipakai pada pemijaran (abunya menambah massa).
- **Pencucian dihentikan** sebelum klorida habis, atau endapan dianggap murni tanpa uji perak nitrat.
- **Pengendap kurang**, sehingga sebagian sulfat tidak mengendap.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung kadar air tepung dari data $W_0$ = 31,2650 g; $W_1$ = 36,2650 g; $W_2$ = 35,5941 g sebagai (36,2650 − 35,5941) ÷ 36,2650 × 100 % = 1,85 %, lalu menganggap tepung itu "hampir kering". Penyebutnya keliru: yang dibagi adalah massa contoh awal, yaitu 36,2650 − 31,2650 = 5,0000 g, bukan massa cawan + contoh. Hasil yang benar adalah 13,42 %.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji penentuan bobot tetap dan kadar air: hitung selisih berturut-turut, pilih penimbangan terakhir yang sudah tetap, lalu bagi dengan massa **contoh**. Pakai bagian 4 (kadar air) dan bagian 5 (bobot tetap).

►. Analis pabrik pakan ternak mengukur kadar air dedak dengan metode pengeringan oven (2027). Cawan kosong 25,4120 g; cawan + contoh 30,4120 g. Cawan dikeringkan,



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

didinginkan dalam desikator, dan ditimbang berulang. Bobot dianggap tetap bila selisih dua penimbangan berturut-turut ≤ 0,0020 g; penimbangan terakhir yang dipakai.

| Penimbangan setelah pengeringan | Ke-1 | Ke-2 | Ke-3 |
|---|---|---|---|
| Cawan + contoh kering (g) | 30,0520 | 29,9690 | 29,9672 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kadar air dedak yang dilaporkan adalah ....

A. 1,46%
B. 7,20%
C. 8,86%
D. 8,90%
E. 91,10%

**Pembahasan** **Kunci: D**

**Konsep:** Gravimetri pengeringan: kadar air = (massa contoh basah − massa contoh kering) ÷ massa contoh basah × 100%. Pengeringan diulang sampai bobot tetap.

**Langkah:**
1. Ke-1 → ke-2 berselisih 0,0830 g (belum tetap); ke-2 → ke-3 berselisih 0,0018 g (tetap) → pakai 29,9672 g.
2. Air hilang = 30,4120 − 29,9672 = 0,4448 g; contoh = 5,0000 g.
3. Kadar air = 0,4448 ÷ 5,0000 × 100% = 8,90%.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: membagi dengan massa cawan + contoh (30,4120 g), bukan massa contoh.
• **B.** ✗ Jebakan: memakai penimbangan ke-1 yang belum mencapai bobot tetap.
• **C.** ✗ Memakai penimbangan ke-2, padahal aturan meminta penimbangan terakhir setelah bobot tetap.
• **D.** ✓ 0,4448 ÷ 5,0000 × 100% = 8,90%.
• **E.** ✗ Itu kadar bahan kering, bukan kadar air.

**Jawaban: D.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal berikut, nilai tiap catatan prosedur dengan bertanya: apakah langkah ini membuat endapan lebih murni dan massanya lebih pasti, dan apakah benda sudah dingin sebelum ditimbang? Pakai bagian 2 (pengendapan), 3 (desikator), dan 7 (sumber galat).



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

**1.** Laboratorium pabrik pupuk menetapkan kadar sulfat dengan mengendapkannya sebagai barium sulfat ($BaSO_4$) (2027). Endapan disaring, dicuci, dipijarkan dalam cawan porselen, lalu ditimbang. Fitri, analis baru, menuliskan catatan prosedur untuk diperiksa supervisor. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Catatan yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

- ☐ A. Larutan $BaCl_2$ ditambahkan sedikit berlebih agar semua sulfat mengendap.
- ☐ B. Endapan dicuci air panas sampai cairan cucian tidak keruh lagi bila ditetesi perak nitrat.
- ☐ C. Cawan dan endapan ditimbang segera setelah keluar dari tanur agar tidak sempat menyerap uap air.
- ☐ D. Kertas saring bebas abu dipakai karena kertas ikut terbakar habis saat pemijaran.
- ☐ E. Pemijaran, pendinginan, dan penimbangan diulang sampai bobot tetap.

**Kunci singkat:** 1. A, B, D, E

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pembaginya massa contoh ($W_1 - W_0$) dan bukan massa cawan + contoh?
- Mengapa benda yang baru keluar dari tanur tidak ditimbang segera, dan apa yang dilakukan sebelum menimbang?
- **Yang harus kuingat:** kadar air = air yang hilang ÷ massa contoh × 100 %; bobot tetap = selisih berturut-turut ≤ batas, pakai penimbangan terakhir; benda panas didinginkan di desikator; kadar abu basis kering = basis basah ÷ (1 − kadar air); kadar pengendapan = massa endapan × faktor gravimetri ÷ massa contoh.



**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 5.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-5.4



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

# Sub bab 5.5 · Analisis data hasil uji untuk memastikan validitas

SMKTKI-5.5

## ◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 5, teknik dasar pekerjaan laboratorium) meminta kamu **menganalisis data hasil uji untuk memastikan validitas hasil**. Levelnya penalaran: kamu diminta menilai apakah sebuah hasil analisis boleh dipercaya, menafsirkan data beberapa analis, memeriksa data duplo terhadap batas, memakai blanko dan contoh kontrol, serta memutuskan tindakan: diterima, diulang, atau ditahan. Bagian ini berisi soal-soal yang paling banyak berlevel sulit di bab ini, karena kesimpulan yang tampak benar sering keliru bila satu syarat terlewat.

Pola soal yang sering muncul: (1) **membedakan akurasi dan presisi** dari data beberapa analis atau ulangan; (2) **memeriksa duplo** terhadap batas selisih lalu memutuskan menerima, mengulang, atau menolak; (3) **menilai contoh kontrol** yang berada di luar rentang atau menunjukkan pola naik; (4) **menafsirkan blanko**; (5) **menilai pencatatan data**, misalnya cara membetulkan angka yang salah tulis; (6) **keputusan terhadap neraca atau alat** yang gagal diperiksa.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan akurasi dari presisi dan menilai keduanya dari data ulangan;
- membedakan galat sistematis, acak, dan kasar beserta cara menemukannya;
- memeriksa data duplo terhadap batas selisih dan menghitung rata-rata data yang sah;
- menjelaskan fungsi blanko dan contoh kontrol serta menerapkan koreksi blanko;
- melaporkan hasil dengan angka penting yang tepat dan mengambil keputusan menerima, mengulang, atau menahan hasil.

## ◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

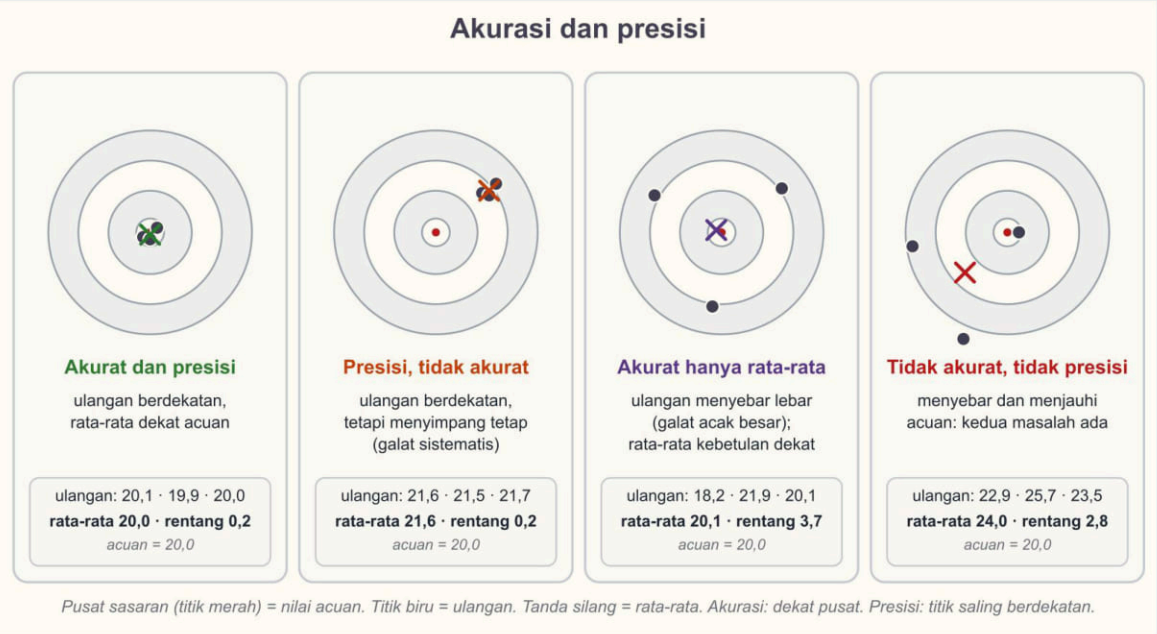
Setelah semua pekerjaan di bab ini (memilih alat, menimbang, mengukur pH, menitrasi, menimbang berulang), tersisa pertanyaan yang paling menentukan: **apakah angka yang kamu peroleh boleh dipercaya?** Hasil analisis di pabrik dipakai untuk memutuskan apakah satu batch produk dirilis atau ditahan, apakah air limbah boleh dibuang, atau berapa banyak bahan baku harus dibeli. Angka yang keliru dapat merugikan perusahaan atau membahayakan konsumen. Karena itu laboratorium tidak hanya menghasilkan angka, tetapi juga **bukti bahwa angka itu valid**.

### 1. Akurasi dan presisi

Dua istilah ini sering dipakai bergantian dalam percakapan sehari-hari, padahal artinya berbeda (Gambar 5.19).



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




*Gambar 5.19 Sasaran akurasi dan presisi, dengan contoh data ulangan untuk nilai acuan 20,0 mg/L. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

- **Akurasi** (*accuracy*, ketepatan) adalah **kedekatan hasil dengan nilai sebenarnya** atau nilai acuan, misalnya kadar contoh standar. Diukur dari selisih rata-rata terhadap nilai acuan.
- **Presisi** (*precision*, ketelitian atau kecermatan) adalah **kedekatan hasil ulangan satu sama lain**. Diukur dari sebaran: selisih antara ulangan terbesar dan terkecil (rentang), atau selisih duplo.

Perumpamaannya anak panah pada papan sasaran. Anak panah yang mengumpul rapat menunjukkan presisi, dan anak panah yang mengumpul di pusat menunjukkan akurasi. Empat kemungkinan:

| Keadaan | Ulangan | Rata-rata | Tafsiran |
|---|---|---|---|
| Akurat dan presisi | berdekatan | dekat nilai acuan | hasil dapat dipercaya |
| **Presisi tetapi tidak akurat** | berdekatan | menjauh dari acuan | ada **galat sistematis** (tetap) |
| Tidak presisi (rata-rata kebetulan dekat acuan) | menyebar lebar | dekat acuan | ada **galat acak** besar; rata-rata dekat acuan hanya kebetulan |
| Tidak akurat dan tidak presisi | menyebar | jauh dari acuan | kedua masalah ada |

Dua kekeliruan paling umum: (1) menganggap rata-rata yang tepat sama dengan acuan pasti baik, padahal ulangannya menyebar lebar (rata-rata itu kebetulan), dan (2) menganggap ulangan yang berdekatan pasti benar, padahal semuanya menyimpang ke arah yang sama. **Akurasi dan presisi harus dinilai bersama.**

Ukuran akurasi yang sering dipakai: **galat relatif (%) = (rata-rata − nilai acuan) ÷ nilai acuan**



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

**× 100 %**. Tanda minus berarti hasil terlalu rendah, tanda plus terlalu tinggi.

### 2. Galat sistematis, acak, dan kasar

**Galat** (kesalahan) adalah selisih hasil dengan nilai sebenarnya. Ada tiga jenis yang perlu kamu bedakan.

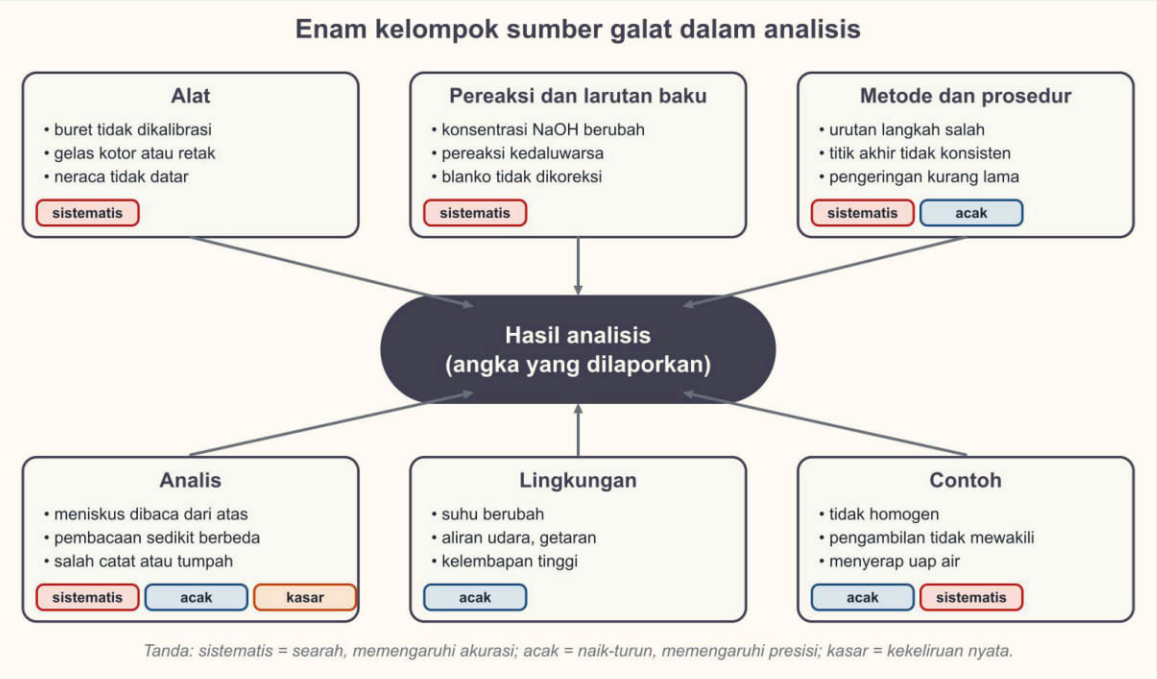
| Jenis | Ciri | Memengaruhi | Hilang bila dirata-ratakan? | Contoh |
|---|---|---|---|---|
| **Sistematis** (*systematic*, tetap) | selalu searah dan hampir sama besar | **akurasi** | **tidak** | titran yang konsentrasinya berubah; buret tidak dikalibrasi; membaca meniskus selalu dari atas; blanko tidak dikoreksi |
| **Acak** (*random*) | naik-turun tak beraturan | **presisi** | **berkurang** | pembacaan meniskus yang sedikit berbeda tiap kali; suhu berfluktuasi; tetes terakhir |
| **Kasar** (kekeliruan, *gross error*) | satu data jauh menyimpang karena kesalahan nyata | satu data | tidak; data **dibuang** dan dicatat | salah catat, tumpah, lupa menambah indikator, melewati titik akhir |

Perbedaan penting: **galat sistematis tidak hilang walaupun analisis diulang dan dirata-ratakan**, sebab setiap ulangan membawa kesalahan yang sama. Ia hanya dapat ditemukan dengan **membandingkan terhadap acuan**: contoh kontrol, blanko, kalibrasi alat, atau metode lain. Sebaliknya **galat acak mengecil bila ulangan diperbanyak**, tetapi tidak dapat dihapus total.

Galat dapat berasal dari banyak sumber yang sering diringkas dengan kelompok "alat, bahan, metode, analis, lingkungan, contoh" (Gambar 5.20).



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




*Gambar 5.20 Enam kelompok sumber galat dalam analisis laboratorium. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

### 3. Rata-rata dan ulangan yang sah

**Rata-rata** adalah jumlah semua data dibagi banyaknya data. Rata-rata adalah cara terbaik melaporkan hasil ulangan, **tetapi hanya bila semua data yang dirata-ratakan sah** (memenuhi batas penerimaan). Merata-ratakan data yang menyimpang menggeser hasil menjauhi nilai yang benar. Karena itu urutannya: periksa data satu per satu, buang atau ulangi yang tidak sah, baru rata-ratakan yang sah.

### 4. Selisih duplo dan batas penerimaan

**Duplo** adalah dua ulangan pada contoh yang sama, diambil dan dikerjakan terpisah. **Selisih duplo** = nilai terbesar − nilai terkecil (selalu positif). Laboratorium menetapkan **batas penerimaan duplo**, yaitu selisih terbesar yang masih dianggap wajar menurut sifat metode. Batas dapat berupa selisih mutlak (misalnya 0,2 %) atau selisih relatif terhadap rata-rata. Aturannya:

1. Hitung selisih duplo, bandingkan dengan batas SOP.
2. **Bila selisih ≤ batas**, data sah; rata-ratakan.
3. **Bila selisih > batas**, data **tidak sah**; analisis **diulang**. Hasilnya **tidak diputuskan** memenuhi atau tidak memenuhi spesifikasi, bahkan bila rata-ratanya tampak jauh di atas atau di bawah batas.
4. Aturan tidak diubah karena hasilnya dekat batas spesifikasi.

Bedakan dua jenis batas yang sering tertukar:

- **Batas penerimaan analisis** (duplo, kontrol, blanko): menentukan **apakah data boleh dipercaya**.
- **Spesifikasi produk** (misalnya kadar minimum 4,80 %): menentukan **apakah produk memenuhi syarat**, dan hanya dipakai setelah data dinyatakan sah.

### 5. Blanko

**Blanko** (*blank*) adalah analisis yang dikerjakan dengan **seluruh prosedur, pereaksi, dan pelarut yang sama, tetapi tanpa contoh**. Fungsinya menunjukkan berapa banyak "hasil" yang datang dari pereaksi, pelarut, atau wadah, bukan dari contoh. Pada titrasi, misalnya, pelarut atau indikator dapat memakai sedikit titran sehingga volume titran blanko tidak nol. Karena titran itu **terpakai oleh pelarut atau pereaksi, bukan oleh contoh**, volumenya dikurangkan dari volume titrasi contoh:

**V koreksi = V titrasi contoh − V blanko**

Mengapa dikurangkan dan bukan ditambahkan: titran yang terpakai oleh pelarut tidak ikut bereaksi dengan zat contoh, sehingga bila tidak dikurangkan, jumlah zat dalam contoh terhitung terlalu banyak. Blanko dikerjakan **pada setiap seri analisis**, karena pereaksi dan pelarut dapat berubah. Blanko yang hari ini 0,00 mL tidak berarti blanko tidak perlu dikerjakan lagi. Bila blanko besar atau berubah-ubah, pereaksi atau pelarut perlu diperiksa karena kemungkinan tercemar.

### 6. Contoh kontrol dan contoh standar



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

**Contoh kontrol** adalah contoh yang **kadarnya sudah diketahui** (misalnya larutan standar yang dibuat teliti atau bahan acuan bersertifikat). Contoh ini dianalisis bersama contoh produksi pada setiap seri. Hasil kontrol dibandingkan dengan **rentang penerimaan** yang ditetapkan SOP, misalnya "nilai acuan ± 0,2 satuan". Gunanya menjawab pertanyaan: **apakah seluruh proses analisis hari ini bekerja dengan benar?**

- **Kontrol di dalam rentang**: proses berjalan baik; hasil contoh boleh dipakai (setelah syarat duplo dan blanko juga terpenuhi).
- **Kontrol di luar rentang**: **seluruh seri hari itu tidak sah**. Tindakan: **tahan hasil**, cari penyebab (titran, alat, pereaksi, prosedur), perbaiki, **analisis ulang kontrol** untuk membuktikan perbaikan berhasil, lalu ulangi contoh yang terdampak. **Hasil tidak dikoreksi** dengan menambah atau mengurangi selisih, karena penyimpangan belum tentu sama besar pada setiap contoh.

Hasil kontrol dari hari ke hari biasanya dicatat pada **bagan kontrol** sederhana (titik tiap hari dengan garis batas atas dan bawah). Perhatikan juga **pola**: bila hasil kontrol naik atau turun beruntun beberapa hari walaupun masih di dalam batas, itu tanda galat sistematis yang sedang berkembang, misalnya larutan standar yang perlahan berubah. Penyebabnya perlu dicari sebelum kontrol melewati batas.

Pemeriksaan serupa berlaku untuk alat. Neraca diperiksa dengan anak timbangan standar; bila satu titik pemeriksaan di luar toleransi, neraca tidak dipakai sampai dikalibrasi, dan hasil yang sudah ditimbang sebelumnya dipertanyakan.

### 7. Angka penting

**Angka penting** adalah digit yang berarti dalam sebuah pengukuran: semua digit yang pasti ditambah **satu** digit taksiran. Cara menghitung angka penting:

- Semua angka bukan nol adalah angka penting (24,60 → ada angka 2, 4, 6).
- Nol di antara angka bukan nol adalah angka penting (2,05 → 3 angka penting).
- Nol di depan (sebelum angka bukan nol) **bukan** angka penting (0,0250 → 3 angka penting, yaitu 2, 5, 0).
- Nol di belakang angka bukan nol **setelah koma** adalah angka penting (24,60 → 4 angka penting; nol di akhir menunjukkan ketelitian).

Aturan perhitungan:

- **Perkalian dan pembagian**: hasil memiliki angka penting sebanyak data dengan angka penting **paling sedikit**.
- **Penjumlahan dan pengurangan**: hasil memiliki desimal sebanyak data dengan desimal **paling sedikit**. Contoh: 27,65 − 3,20 = 24,45 mL (dua desimal).
- **Pembulatan dilakukan di akhir**, bukan di tengah perhitungan. Angka berikutnya 5 atau lebih dibulatkan naik.

Contoh: M = 0,1018 M (4 AP), V = 24,60 mL (4 AP), 10,00 mL (4 AP). Kalkulator memberi 0,1018 × 24,60 ÷ 10,00 = 0,250428; hasil dilaporkan **0,2504** (4 angka penting), bukan 0,250428.



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

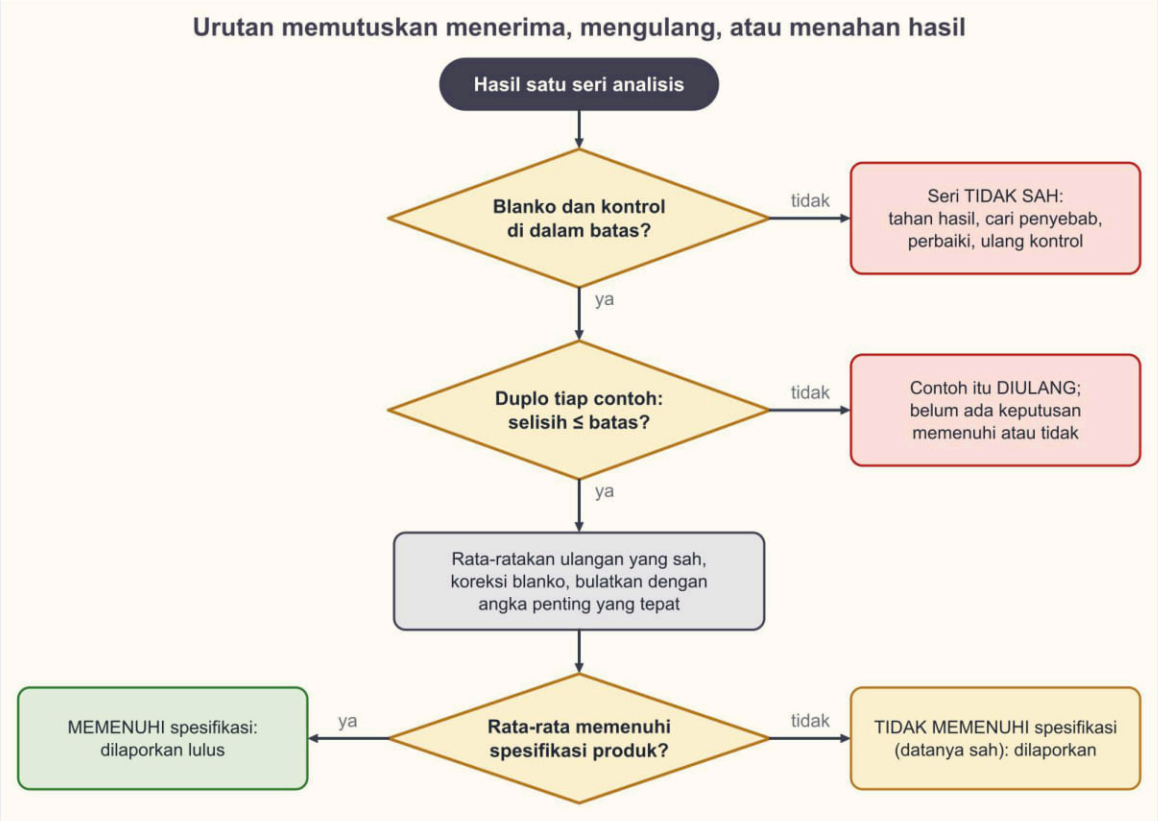
Melaporkan lebih banyak digit seolah-olah lebih teliti dari alatnya adalah kekeliruan.

### 8. Mencatat data dan membetulkan kesalahan

Data laboratorium harus **dapat ditelusuri**: siapa, kapan, dengan alat apa, dan angka aslinya apa. Aturannya: catat langsung pada lembar atau buku kerja resmi (bukan di kertas lepas), dengan tinta tetap, lengkap dengan tanggal dan paraf. **Data asli tidak dihapus**. Bila ada angka salah tulis, **coret dengan satu garis** sehingga angka lama tetap terbaca, tulis angka yang benar di dekatnya, lalu beri **paraf, tanggal, dan alasan bila perlu**. Cairan penghapus, coretan tebal, atau menimpa angka lama membuat data meragukan karena tidak dapat diperiksa lagi.

### 9. Keputusan menerima atau menolak data

Semua pemeriksaan di atas digabung menjadi urutan keputusan (Gambar 5.21).




*Gambar 5.21 Urutan memutuskan: periksa blanko dan kontrol, lalu duplo, lalu bandingkan dengan spesifikasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Periksa blanko dan kontrol.** Di luar batas: seluruh seri tidak sah; tahan hasil, cari penyebab, perbaiki, ulang kontrol.
2. **Periksa duplo tiap contoh.** Selisih melebihi batas: contoh itu diulang; belum ada keputusan.
3. **Rata-ratakan** ulangan yang sah, koreksi blanko, dan bulatkan dengan angka penting yang tepat.
4. **Bandingkan dengan spesifikasi.** Memenuhi atau tidak memenuhi, dan laporkan.

Contoh lembar data yang memuat semua elemen itu ditunjukkan pada Gambar 5.22, dan dibahas



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

pada Contoh 4.

## CONTOH TERSELESAIKAN

### Contoh 1: menilai tiga analis

Pada 2027, laboratorium pabrik minuman bubuk menguji contoh standar asam sitrat berkadar **2,00 g/100 mL** dengan metode titrasi yang sama. Tiga analis masing-masing memperoleh tiga ulangan (g/100 mL): Aldi 2,01; 1,99; 2,00. Bagas 1,80; 1,82; 1,81. Citra 1,70; 2,28; 2,02. Nilailah akurasi dan presisi setiap analis dan tentukan tindak lanjutnya. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Hitung rata-rata.** Aldi (2,01 + 1,99 + 2,00) ÷ 3 = 2,00. Bagas (1,80 + 1,82 + 1,81) ÷ 3 = 1,81. Citra (1,70 + 2,28 + 2,02) ÷ 3 = 2,00.
2. **Hitung rentang (presisi).** Aldi 2,01 − 1,99 = 0,02. Bagas 1,82 − 1,80 = 0,02. Citra 2,28 − 1,70 = 0,58.
3. **Hitung galat relatif (akurasi).** Aldi (2,00 − 2,00) ÷ 2,00 = 0 %. Bagas (1,81 − 2,00) ÷ 2,00 × 100 % = −9,5 %. Citra 0 %.
4. **Tafsirkan.** Aldi: rentang kecil dan rata-rata sama dengan acuan, jadi akurat dan presisi. Bagas: rentang kecil tetapi rata-rata 9,5 % di bawah acuan, jadi presisi tidak akurat, ada galat sistematis. Citra: rata-rata sama dengan acuan, tetapi rentang 0,58 sangat lebar, jadi tidak presisi dan akurasinya hanya kebetulan.
5. **Tindak lanjut.** Aldi: hasil diterima dan caranya dapat dijadikan acuan. Bagas: cari galat tetap, misalnya konsentrasi titran yang berubah, buret tidak terkalibrasi, atau pembacaan selalu salah. Citra: hasil tidak dilaporkan; periksa teknik (pembacaan titik akhir, pipet) lalu ulangi.

Jawaban: Aldi akurat dan presisi; Bagas presisi tetapi tidak akurat (galat sistematis); Citra akurat hanya secara rata-rata tetapi tidak presisi (galat acak besar). Cek akal sehat: rata-rata Citra tepat 2,00 tidak membuatnya baik, sebab satu ulangan 1,70 dan satu 2,28 hanya saling meniadakan.

### Contoh 2: memeriksa duplo terhadap batas

Pada 2027, laboratorium pabrik garam menetapkan kadar air tiga contoh secara duplo. Batas selisih duplo 0,20 % (mutlak). Spesifikasi kadar air maksimum 3,0 %. Hasil (%): contoh P 2,6 dan 2,7; contoh Q 3,2 dan 3,3; contoh R 2,4 dan 2,9. Tentukan keputusan tiap contoh. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Selisih duplo.** P: 2,7 − 2,6 = 0,1. Q: 3,3 − 3,2 = 0,1. R: 2,9 − 2,4 = 0,5.
2. **Bandingkan dengan batas 0,20.** P dan Q memenuhi (0,1 ≤ 0,20). R melebihi (0,5 > 0,20).
3. **Rata-ratakan data yang sah.** P: (2,6 + 2,7) ÷ 2 = 2,65 %. Q: (3,2 + 3,3) ÷ 2 = 3,25 %.
4. **Bandingkan dengan spesifikasi ≤ 3,0 %.** P: 2,65 ≤ 3,0, memenuhi. Q: 3,25 > 3,0, tidak memenuhi.
5. **Contoh R.** Datanya tidak sah, jadi **diulang**; tidak diputuskan memenuhi atau tidak.

Jawaban: P memenuhi spesifikasi; Q tidak memenuhi spesifikasi (datanya sah); R diulang. Cek akal sehat: rata-rata R (2,65 %) kebetulan sama dengan P, tetapi sebarannya melewati batas sehingga tidak boleh dipakai.



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

### Contoh 3: koreksi blanko pada titrasi

Pada 2027, laboratorium pabrik minyak sawit menetapkan asam lemak bebas (dihitung sebagai asam oleat, Mr = 282) dalam minyak sawit mentah. Contoh 4,00 g dilarutkan dalam etanol netral lalu dititrasi dengan NaOH 0,1000 M sampai titik akhir pada 8,42 mL. Blanko (etanol dan indikator tanpa contoh) memerlukan 0,12 mL. Hitung kadar asam lemak bebas dengan koreksi blanko, lalu bandingkan dengan hasil tanpa koreksi. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

1. **Koreksi volume.** 8,42 − 0,12 = 8,30 mL. Titran 0,12 mL dipakai oleh pelarut, bukan oleh asam lemak.
2. **Mol NaOH = mol asam lemak** (perbandingan 1 : 1). 0,1000 M × 8,30 mL = 0,830 mmol.
3. **Massa asam lemak bebas.** 0,830 mmol × 282 mg/mmol = 234,06 mg = 0,23406 g.
4. **Kadar.** 0,23406 g ÷ 4,00 g × 100 % = 5,85 %.
5. **Tanpa koreksi.** 8,42 × 0,1000 × 282 ÷ 4,00 ÷ 10 = 5,94 %. Selisihnya 0,09 persen, sistematis searah (terlalu tinggi).

Jawaban: kadar asam lemak bebas = 5,85 % (dengan koreksi blanko), sedangkan hasil tanpa koreksi 5,94 % terlalu tinggi. Cek akal sehat: titran pelarut ikut tercatat bila blanko diabaikan, sehingga kadar terlihat lebih besar; blanko dikurangkan, bukan ditambahkan.

### Contoh 4: keputusan dari lembar data satu seri

Gambar 5.22 menunjukkan lembar data analis laboratorium pabrik cuka pada satu seri (2027). Batas penerimaan: blanko ≤ 0,20 mL; kontrol 5,00 % diterima pada 4,90–5,10 %; selisih duplo ≤ 0,10 %. Spesifikasi cuka: kadar asam asetat minimum 4,80 %. Tentukan keputusan tiap baris. *(Kasus fiktif untuk latihan.)*

**Contoh lembar data satu seri analisis**

**Analisis: kadar asam asetat dalam cuka (titrasi NaOH) · Analis: Rani · 14 Maret 2027**

Batas: blanko ≤ 0,20 mL · kontrol 5,00 % diterima 4,90–5,10 % · selisih duplo ≤ 0,10 % · spesifikasi cuka ≥ 4,80 %

| Contoh | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Selisih | Batas | Rata-rata | Keputusan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blanko** | 0,10 mL | – | – | ≤ 0,20 mL | 0,10 mL | Diterima |
| **Kontrol 5,00 %** | 5,04 | – | – | 4,90–5,10 | 5,04 | Diterima: seri sah |
| **C-01** | 4,92 | 4,98 | 0,06 | ≤ 0,10 | 4,95 | Memenuhi (≥ 4,80) |
| **C-02** | 5,31 | 5,48 | 0,17 | ≤ 0,10 | — | DIULANG: duplo di luar batas |
| **C-03** | 4,60 | 4,64 | 0,04 | ≤ 0,10 | 4,62 | Tidak memenuhi (< 4,80) |

*Urutan memeriksa: blanko → kontrol → duplo tiap contoh → rata-rata → spesifikasi.*
*Satuan contoh: % b/v asam asetat. "—" = belum ada hasil yang sah (diulang).*

*Gambar 5.22 Lembar data satu seri analisis cuka: blanko, kontrol, dan tiga contoh duplo. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*

1. **Blanko.** 0,10 mL ≤ 0,20 mL: diterima.
2. **Kontrol.** 5,04 % berada di dalam 4,90–5,10 %: diterima, sehingga seri sah.



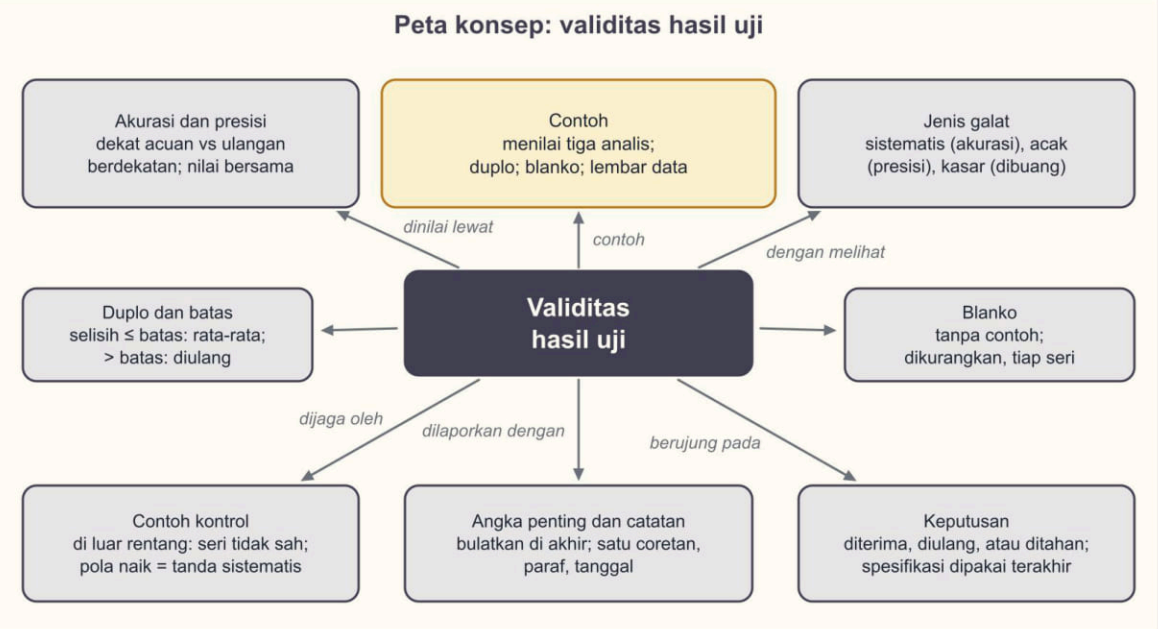
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. **Contoh C-01.** Duplo 4,92 dan 4,98: selisih 0,06 ≤ 0,10, sah. Rata-rata 4,95 %. 4,95 ≥ 4,80: **memenuhi**.
4. **Contoh C-02.** Duplo 5,31 dan 5,48: selisih 0,17 > 0,10, tidak sah. **Diulang**, belum diputuskan.
5. **Contoh C-03.** Duplo 4,60 dan 4,64: selisih 0,04, sah. Rata-rata 4,62 %. 4,62 < 4,80: **tidak memenuhi spesifikasi** (datanya sah).

Jawaban: C-01 memenuhi; C-02 diulang; C-03 tidak memenuhi spesifikasi. Cek akal sehat: urutan pemeriksaannya blanko dan kontrol, lalu duplo, baru spesifikasi, sesuai Gambar 5.21.

## ❖ PETA KONSEP

Gambar 5.23 merangkum isi sub bab ini.




*Gambar 5.23 Peta konsep analisis data untuk validitas hasil uji. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.*



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

Yang harus kamu ingat:

- **Akurasi** = dekat nilai acuan; **presisi** = ulangan saling berdekatan. Nilailah **bersama-sama**; rata-rata tepat dengan sebaran lebar bukan presisi.
- **Galat sistematis** (searah, memengaruhi akurasi, tidak hilang dengan rata-rata); **acak** (memengaruhi presisi, mengecil dengan ulangan); **kasar** (data dibuang dan dicatat).
- **Duplo**: selisih ≤ batas → rata-ratakan; selisih > batas → ulangi, jangan diputuskan.
- **Blanko** dikerjakan tiap seri; volume atau hasilnya **dikurangkan**.
- **Kontrol** di luar rentang → seri tidak sah; tahan hasil, cari penyebab, ulang kontrol; jangan dikoreksi dengan menambah selisih. Pola naik beruntun = tanda galat sistematis.
- **Angka penting**: perkalian/pembagian → angka penting terkecil; penjumlahan/pengurangan → desimal terkecil; bulatkan di akhir.
- **Catatan data**: satu coretan, paraf, tanggal; data asli tidak dihapus.

**Istilah penting:** akurasi (kedekatan dengan nilai sebenarnya); presisi (kedekatan antarulangan); galat (selisih hasil dengan nilai sebenarnya); galat sistematis (galat tetap searah); galat acak (galat naik-turun tak beraturan); galat kasar (kekeliruan nyata); duplo (dua ulangan contoh yang sama); batas penerimaan (selisih atau rentang yang diterima SOP); spesifikasi (syarat mutu produk); blanko (analisis tanpa contoh); contoh kontrol (kadar diketahui, dianalisis bersama contoh); rentang penerimaan (batas hasil kontrol); angka penting (digit pasti ditambah satu taksiran); ketertelusuran (data dapat dilacak asal-usulnya).

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

## ▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal validitas data:

1. **Cari acuan dan batas** yang disebut soal: nilai acuan, batas duplo, rentang kontrol, spesifikasi. Tulis keempatnya terpisah.
2. **Periksa kontrol dan blanko lebih dulu**; bila di luar batas, seri tidak sah dan semua hasil contoh ikut tertahan.
3. **Hitung selisih duplo atau rentang** dan bandingkan dengan batas; jangan melompat ke rata-rata.
4. **Rata-ratakan hanya data yang sah**, koreksi blanko, lalu bandingkan dengan spesifikasi.
5. **Untuk soal akurasi dan presisi**, hitung dua hal: sebaran ulangan (presisi) dan selisih rata-rata dari acuan (akurasi).
6. **Untuk soal tindak lanjut**, pilih tindakan yang mencari **penyebab** dan membuktikan perbaikan (ulang kontrol), bukan yang mengubah angka.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Rata-rata tepat dianggap hasil baik** padahal ulangannya menyebar lebar.
- **Ulangan yang berdekatan dianggap akurat** padahal rata-ratanya menyimpang.
- **Duplo yang melebihi batas diputuskan** "tidak memenuhi" atau "memenuhi" karena rata-ratanya jauh dari atau dekat batas, padahal harus diulang.
- **Koreksi angka tetap** (menambah selisih kontrol) dianggap menyelesaikan penyimpangan.
- **Hasil sah karena rata-rata memenuhi**, padahal syarat duplo atau kontrol belum terpenuhi.
- **Kontrol tidak dianalisis ulang** setelah perbaikan.
- **Blanko ditambahkan** (bukan dikurangkan), atau tidak dikerjakan karena kemarin 0,00.
- **Hasil kontrol yang naik beruntun diabaikan** karena belum melewati batas.
- **Angka salah ditutup** dengan cairan penghapus atau ditimpa.
- **Neraca yang gagal satu titik pemeriksaan** tetap dipakai karena titik lain masih baik.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menerima hasil seri analisis karena rata-rata contoh produksinya 4,95 %, di atas spesifikasi minimum 4,80 %, walaupun hasil contoh kontrol 5,00 % hari itu terbaca 4,60 % (batas 4,90–5,10 %). Rata-rata contoh yang memenuhi spesifikasi tidak membuat data sah: kontrol di luar rentang berarti seluruh proses hari itu tidak dapat dipercaya. Hasil harus ditahan, penyebab dicari, kontrol dianalisis ulang, dan contoh diulang.

## ● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji tindak lanjut ketika contoh kontrol menyimpang: tentukan dulu apakah seri sah, lalu pilih tindakan yang mencari penyebab dan membuktikan perbaikan, bukan yang mengubah angka. Pakai bagian 6 (contoh kontrol) dan bagian 9 (keputusan).

►. Setiap hari laboratorium pabrik cuka menitrasi satu contoh kontrol berkadar asam asetat 25,0% bersama contoh produksi (2027). Biasanya kontrol terbaca 24,9–25,1%. Hari ini



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

kontrol terbaca 23,1%, padahal analis dan prosedurnya sama. Kepala laboratorium meminta Rahma menyusun tindak lanjut.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Tindak lanjut yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Hasil contoh produksi hari itu ditahan sampai penyebab penyimpangan kontrol ditemukan.

☐ B. Hasil contoh produksi dikoreksi dengan menambahkan selisih 1,9% lalu dilaporkan.

☐ C. Larutan NaOH standar distandardisasi ulang karena konsentrasinya dapat berubah selama penyimpanan.

☐ D. Buret dan pipet yang dipakai diperiksa kebersihan dan kerusakannya.

☐ E. Contoh kontrol tidak perlu dianalisis ulang setelah perbaikan karena kadarnya sudah diketahui.

**Pembahasan** **Kunci: A, C, D**

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

**Konsep:** Contoh kontrol (kadar diketahui) dipakai untuk memastikan validitas hasil uji. Bila kontrol di luar rentang, cari penyebab (titran, alat, prosedur), perbaiki, uji ulang kontrol, baru laporkan hasil.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Kontrol yang menyimpang berarti proses analisis hari itu tidak dapat dipercaya.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: koreksi angka menutupi penyebab; penyimpangan belum tentu sama besar pada setiap contoh.

• **Pernyataan 3** ✓ NaOH menyerap $CO_2$ dari udara sehingga konsentrasinya berubah; ini penyebab yang umum.

• **Pernyataan 4** ✓ Alat gelas kotor atau retak memengaruhi volume yang terukur.

• **Pernyataan 5** ✗ Analisis ulang kontrol membuktikan bahwa perbaikan berhasil sebelum hasil contoh dilaporkan.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.**

## ✎ LATIHAN

Untuk soal pertama, periksa duplo tiap contoh terhadap batas sebelum menghitung rata-rata. Untuk soal kedua, nilai akurasi dan presisi masing-masing analis. Untuk soal ketiga, ingat fungsi blanko: dikerjakan tanpa contoh dan volumenya dikurangkan.



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

**1.** Laboratorium pabrik garam industri menganalisis kadar NaCl tiga contoh secara duplo (2027). Aturan laboratorium: selisih duplo maksimum 0,5%; bila lebih, analisis diulang. Contoh memenuhi spesifikasi bila rata-rata kadar NaCl ≥ 97,0%.

| Contoh | Ulangan 1 (%) | Ulangan 2 (%) |
|---|---|---|
| X | 98,2 | 98,4 |
| Y | 97,1 | 98,3 |
| Z | 96,8 | 96,9 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Keputusan yang tepat adalah ....

A. X dan Y memenuhi spesifikasi; Z tidak memenuhi
B. X memenuhi; Y dan Z tidak memenuhi spesifikasi
C. X, Y, dan Z harus dianalisis ulang
D. X memenuhi; Y dan Z diulang karena hasilnya dekat batas
E. X memenuhi; Y diulang; Z tidak memenuhi spesifikasi

**2.** Tiga analis pabrik garam beriodium menguji contoh standar berkadar $KIO_3$ 40,0 mg/kg dengan metode yang sama, masing-masing tiga kali (2027).

| Analis | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Ulangan 3 | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|
| Hendra | 40,2 | 39,9 | 40,1 | 40,1 |
| Ida | 38,1 | 41,9 | 40,0 | 40,0 |
| Joko | 42,6 | 42,7 | 42,6 | 42,6 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kesimpulan dan tindak lanjut yang paling tepat adalah ....

A. Hasil Ida paling baik karena rata-ratanya tepat sama dengan 40,0 mg/kg
B. Joko presisi tetapi tidak akurat; cari galat tetap pada titran/alat
C. Joko paling baik karena ketiga ulangannya hampir sama satu sama lain
D. Hendra presisi tetapi tidak akurat sehingga ia perlu mengulang analisis
E. Ida akurat dan presisi; cara kerjanya dijadikan acuan bagi analis lain



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

**3.** Laboratorium pabrik minyak goreng menetapkan bilangan asam minyak dengan titrasi memakai pelarut alkohol netral (2027). Pada setiap seri analisis dikerjakan juga titrasi blanko. Seorang analis magang menuliskan pemahamannya tentang blanko untuk diperiksa.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Volume titran blanko ditambahkan pada volume titrasi contoh karena blanko ikut bereaksi. | ○ | ○ |
| Blanko dikerjakan dengan pelarut, pereaksi, dan prosedur yang sama tetapi tanpa contoh minyak. | ○ | ○ |
| Bila volume blanko hari ini 0,00 mL, titrasi blanko tidak perlu lagi dikerjakan pada seri-seri berikutnya. | ○ | ○ |

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

## ✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa rata-rata yang tepat sama dengan nilai acuan belum tentu berarti analisisnya baik?
- Mengapa hasil contoh produksi tidak boleh dilaporkan ketika contoh kontrol berada di luar rentang, walaupun duplo contohnya baik?
- **Yang harus kuingat:** akurasi dan presisi dinilai bersama; galat sistematis tidak hilang dengan rata-rata; duplo di luar batas → diulang, tidak diputuskan; kontrol di luar rentang → seri tidak sah; blanko dikurangkan; angka penting dan satu coretan untuk membetulkan data.

**Latihan interaktif di LMS**

Sub bab 5.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-5.5



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

# Kuis Akhir Bab 5

SMKTKI-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-smktki&node=SMKTKI-KB5

**1.** Rani, analis di laboratorium pabrik pupuk, perlu memindahkan sekitar 1 g serbuk urea ke labu takar (2027). Karena urea mudah menyerap uap air, ia memakai penimbangan dengan selisih. Botol timbang tertutup berisi urea ditimbang 31,2480 g. Rani menuang sebagian ke labu takar, menutup botol, lalu menimbang 30,7419 g. Ia menuang lagi sebagian ke labu yang sama, menutup botol, dan menimbang 30,2655 g.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa urea yang masuk ke labu takar adalah ....

A. 0,9825 g
B. 0,5061 g
C. 0,4764 g
D. 0,7443 g
E. 1,4589 g

**2.** Pak Anton, kepala laboratorium pabrik sabun batang "Harum Pagi", menimbang 4,000 g natrium hidroksida pelet, melarutkannya dengan air suling, dan menepatkan volumenya dalam labu takar 1.000 mL (2027). Ia memipet 25,00 mL larutan itu ke erlenmeyer, menambahkan fenolftalein, lalu menitrasinya dengan larutan baku HCl 0,1000 M; titik akhir dicapai pada 23,80 mL. Reaksinya $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$ dan Mr NaOH = 40,0. Pelet itu menyerap uap air dari udara sehingga tidak murni.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kemurnian NaOH dalam pelet tersebut adalah ....

A. 95,2%
B. 2,38%
C. 105,0%
D. 4,8%
E. 59,5%



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

**3.** Dewi, analis di laboratorium pabrik minuman, menitrasi 10,00 mL larutan HCl contoh dengan larutan NaOH baku 0,1000 M (2027). Pembacaan awal buret ia catat 2,00 mL dengan mata sejajar meniskus. Pada akhir titrasi ia membaca buret dari posisi mata P seperti pada gambar, yaitu pada tanda skala yang tampak segaris dengan dasar meniskus. Reaksinya $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Konsentrasi HCl yang dilaporkan Dewi dan keadaannya terhadap konsentrasi yang sebenarnya adalah ....




*Gambar diperbesar dan tidak sesuai skala.*

A. 0,1550 M; sama dengan konsentrasi yang sebenarnya
B. 0,1560 M; lebih tinggi dari konsentrasi yang sebenarnya
C. 0,1740 M; lebih tinggi dari konsentrasi yang sebenarnya
D. 0,1540 M; lebih rendah dari konsentrasi yang sebenarnya
E. 0,1530 M; lebih rendah dari konsentrasi yang sebenarnya



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

**4.** Pagi hari, Yoga mengalibrasi pH meter di laboratorium pabrik minuman dengan penyangga pH 7,00 lalu pH 10,01 untuk memeriksa air umpan boiler, dan kemiringan elektrodanya 98% (2027). Sepanjang hari ia ditugasi mengukur empat contoh: air umpan boiler (perkiraan pH 9,1), air baku (perkiraan pH 7,6), larutan pencuci botol (perkiraan pH 8,4), dan sari buah (perkiraan pH 4,6). Di rak tersedia penyangga pH 4,01; 7,00; dan 10,01 yang belum kedaluwarsa.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

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

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Air umpan boiler (pH sekitar 9,1) dapat diukur tanpa kalibrasi ulang karena berada di antara pH 7,00 dan 10,01.

☐ B. Sari buah (pH sekitar 4,6) dapat diukur tanpa kalibrasi ulang karena pH 7,00 sudah dipakai sebagai titik pertama.

☐ C. Untuk sari buah, elektroda perlu dikalibrasi ulang dengan penyangga pH 7,00 lalu pH 4,01 lebih dulu.

☐ D. Kemiringan 98% menjamin pembacaan sari buah (pH sekitar 4,6) benar walaupun titik terendah kalibrasi pH 7,00.

☐ E. Larutan pencuci botol (pH sekitar 8,4) dapat diukur tanpa kalibrasi ulang karena berada di antara kedua penyangga pagi tadi.

**5.** Laboratorium pabrik keramik "Tanah Liat Jaya" menstandardisasi larutan NaOH dengan asam oksalat dihidrat ($H_2C_2O_4·2H_2O$, Mr = 126,07) yang bereaksi $H_2C_2O_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O$ (2027). Analis menitrasi tiga ulangan memakai fenolftalein. SOP: molaritas ulangan yang berbeda lebih dari 0,0010 M dari kedua ulangan lain tidak dipakai, dan molaritas yang dilaporkan adalah rata-rata ulangan yang dipakai.

| Ulangan | Massa asam oksalat dihidrat (g) | Volume NaOH (mL) |
|---|---|---|
| 1 | 0,2010 | 32,40 |
| 2 | 0,2046 | 32,95 |
| 3 | 0,1988 | 33,70 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Molaritas NaOH yang dilaporkan adalah ....

A. 0,0968 M

B. 0,0985 M

C. 0,0492 M

D. 0,1379 M

E. 0,0936 M

**6.** Laboratorium pabrik deterjen "Cuci Mulia" akan menstandardisasi larutan NaOH yang kira-kira 0,1000 M dengan asam oksalat dihidrat ($H_2C_2O_4·2H_2O$, Mr = 126,07), yang bereaksi $H_2C_2O_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O$ (2027). Buret berkapasitas 50 mL memiliki



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

galat ±0,05 mL. SOP menetapkan galat relatif volume titran paling besar 0,25% dan seluruh titrasi harus selesai dalam satu kali pengisian buret. Analis menyiapkan empat rencana massa asam oksalat dihidrat untuk satu ulangan.

| Rencana | Massa asam oksalat dihidrat (g) |
|---|---|
| A | 0,0800 |
| B | 0,1500 |
| C | 0,2500 |
| D | 0,3500 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Rencana yang memenuhi SOP adalah ....

A. Rencana A dan B saja
B. Hanya rencana B saja
C. Hanya rencana D saja
D. Rencana B, C, dan D saja
E. Rencana B dan C saja

**7.** Dewi, siswa PKL di laboratorium pabrik minuman, membuat 100 mL larutan baku natrium klorida dari padatan murni yang ditimbang teliti (2027). Ia melarutkan padatan itu di gelas kimia, memindahkannya ke labu takar 100 mL yang baru dicuci dan masih basah air suling, lalu menambahkan air suling. Pembimbingnya meminta Dewi menilai beberapa pernyataan tentang langkah kerjanya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Gelas kimia dan corong dibilas dengan air suling ke dalam labu takar agar seluruh padatan yang ditimbang ikut masuk. | ○ | ○ |
| Labu takar harus dikeringkan lebih dulu karena sisa air suling di dindingnya mengubah konsentrasi larutan baku. | ○ | ○ |
| Bila meniskus melewati tanda tera, kelebihan cairan disedot dengan pipet sampai tepat di tanda tera, lalu larutan tetap dipakai. | ○ | ○ |



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

**8.** Sinta, analis di laboratorium pabrik sabun, menimbang 2 g natrium hidroksida pelet di atas gelas arloji pada neraca analitik (2027). Neraca sudah datar, pintunya tertutup, tidak ada kipas atau pendingin ruangan di dekatnya, gelas arloji bersuhu ruang, dan neraca lolos pemeriksaan harian dengan anak timbangan. Namun angka di layar tidak berhenti: 2,0012 g; 2,0031 g; 2,0054 g; 2,0079 g, naik terus tiap beberapa detik.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penyebab dan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Neraca belum ditolkan; tombol tara ditekan saat pelet di atas piring lalu angka dicatat
B. Gelas arloji kotor; angka tertinggi dan terendah dirata-ratakan lalu dicatat sebagai massa pelet
C. Neraca kurang akurat; neraca disetel ulang dengan anak timbangan lalu pelet ditimbang kembali
D. Layar lambat memperbarui angka; angka pertama yang muncul dicatat sebagai massa pelet
E. Pelet menyerap uap air udara; pelet ditimbang dengan selisih memakai botol timbang tertutup

**9.** Bayu, siswa PKL di laboratorium pabrik pewarna alami, menitrasi larutan besi(II) dengan larutan kalium permanganat 0,0200 M yang berwarna ungu pekat sehingga dasar meniskusnya tidak terlihat (2027). SOP menetapkan: untuk larutan berwarna gelap, buret dibaca pada tepi atas meniskus, baik pada pembacaan awal maupun akhir. Pada buret ini, angka dasar meniskus selalu 0,10 mL lebih besar daripada angka tepi atas. Bayu membaca tepi atas pada awal titrasi (5,20 mL), tetapi pada akhir titrasi ia membaca dasar meniskus yang ia perkirakan (24,95 mL).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Volume titran yang tercatat dan pengaruhnya terhadap kadar besi(II) yang dihitung adalah ....

A. 19,75 mL; lebih kecil 0,10 mL daripada yang benar sehingga kadar terlalu rendah
B. 19,75 mL; lebih besar 0,10 mL dari yang benar sehingga kadar terlalu tinggi
C. 19,65 mL; sama dengan yang benar karena kedua bacaan saling meniadakan galat
D. 24,95 mL; pembacaan awal tidak dikurangkan sehingga kadar terlalu tinggi
E. 19,85 mL; lebih besar 0,20 mL daripada yang benar sehingga kadar terlalu tinggi



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

**10.** Ina, analis laboratorium pabrik teh kemasan, mengalibrasi pH meter dengan penyangga pH 7,00 lalu pH 4,01 sebelum mengukur teh yang berpH sekitar 5,0 (2027). Pada pH 7,00 elektroda menghasilkan potensial +1,2 mV, dan pada pH 4,01 menghasilkan +160,4 mV. Kemiringan ideal elektroda pada 25 °C adalah 59,16 mV per satuan pH, dan SOP menerima elektroda bila kemiringannya 95% sampai 105% dari nilai ideal.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kemiringan elektroda dan keputusan Ina yang tepat adalah ....

A. 90,0%; elektroda tetap layak karena potensial di pH 7,00 hanya +1,2 mV
B. 111,1%; elektroda dibersihkan atau diganti, lalu dikalibrasi ulang
C. 90,0%; elektroda dibersihkan atau diganti, lalu dikalibrasi ulang
D. 90,7%; elektroda dibersihkan atau diganti, lalu dikalibrasi ulang
E. 53,2%; elektroda dibersihkan atau diganti, lalu dikalibrasi ulang

**11.** Laboratorium pabrik minuman menganalisis contoh kontrol berkadar asam sitrat 5,00 g/100 mL dengan titrasi (2027). Analis Maya memperoleh tiga ulangan: 4,52; 4,55; dan 4,53 g/100 mL. Kepala laboratorium meminta tim menilai hasil itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Rata-rata 4,53 g/100 mL menyimpang sekitar −9,3% dari nilai acuan, sehingga analisisnya tidak akurat.
☐ B. Menambah ulangan menjadi sepuluh kali lalu merata-ratakannya akan menghilangkan penyimpangan ini.
☐ C. Presisi analisis ini buruk karena ketiga hasilnya tidak ada yang sama dengan 5,00 g/100 mL.
☐ D. Ketiga hasil searah di bawah acuan dan saling berdekatan, sehingga penyebabnya diduga galat sistematis.
☐ E. Titran perlu distandardisasi ulang dan kalibrasi buret diperiksa sebelum contoh produksi dilaporkan.

**12.** Laboratorium pabrik pakan ternak "Lumbung Hijau" memeriksa kadar air tiga contoh bekatul secara gravimetri (2027). Setiap contoh dikeringkan di oven sampai bobot tetap, didinginkan di desikator, dan ditimbang. Spesifikasi pabrik: kadar air paling besar 12,0%.

| Contoh | Cawan kosong (g) | Cawan + contoh basah (g) | Cawan + contoh kering, bobot tetap (g) |
|---|---|---|---|
| J1 | 24,1050 | 29,1050 | 28,5200 |
| J2 | 25,3320 | 33,3320 | 32,4920 |
| J3 | 23,8800 | 26,8800 | 26,4750 |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Kadar air J1 adalah 2,01%, dihitung dari air yang hilang dibagi massa cawan + contoh basah.

☐ B. Contoh J2 memenuhi spesifikasi walaupun air yang hilang darinya paling banyak di antara ketiganya.

☐ C. Contoh J3 tidak memenuhi spesifikasi karena kadar airnya 13,50%, lebih besar dari batas 12,0%.

☐ D. Contoh J2 tidak memenuhi spesifikasi karena air yang hilang 0,8400 g paling besar di antara ketiganya.

☐ E. Urutan kadar air dari yang terkecil ke terbesar adalah J2, kemudian J1, kemudian J3, menurut persen air.

**13.** Dina, siswa PKL di laboratorium pabrik minuman, menentukan konsentrasi larutan HCl dengan titrasi (2027). Ia memipet 25,00 mL HCl dan menitrasinya dengan NaOH 0,0985 M; titik akhir tercapai pada 18,45 mL. Dengan rumus M HCl = (M NaOH × V NaOH) ÷ V HCl, kalkulator menampilkan 0,0726930.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Konsentrasi HCl yang dilaporkan sesuai aturan angka penting adalah ....

A. 0,07269 M
B. 0,0726930 M
C. 0,073 M
D. 0,0727 M
E. 0,07 M

**14.** Rani, siswa PKL di laboratorium pabrik minuman, menitrasi 25,00 mL larutan HCl 0,1000 M dengan larutan NaOH 0,1000 M memakai indikator fenolftalein (2027). Sebelum titrasi ia menambahkan 50 mL air suling ke dalam labu erlenmeyer. Titik akhir tercatat pada 25,04 mL NaOH. Pembimbingnya meminta Rani menilai pernyataan berikut.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Penambahan 50 mL air suling tidak mengubah volume NaOH yang diperlukan karena jumlah mol HCl dalam labu tetap. | ○ | ○ |
| Titik akhir 25,04 mL menunjukkan bahwa titik ekuivalen titrasi ini tercapai tepat ketika volume NaOH 25,04 mL. | ○ | ○ |
| Indikator yang diteteskan terlalu banyak dapat menambah volume NaOH tercatat karena indikator ikut bereaksi dengan NaOH. | ○ | ○ |



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

**15.** Laboratorium pabrik yoghurt "Dadih Sehat" menetapkan keasaman yoghurt sebagai asam laktat (Mr = 90) dengan titrasi (2027). Sepuluh gram contoh dilarutkan dalam air suling, ditambah fenolftalein, lalu dititrasi dengan NaOH 0,1000 M sampai titik akhir pada 6,85 mL. Titrasi blanko (air suling dan indikator tanpa contoh) memerlukan 0,15 mL NaOH. Asam laktat bereaksi 1 : 1 dengan NaOH.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kadar asam laktat (% b/b) setelah koreksi blanko adalah ....

A. 0,10%
B. 0,62%
C. 0,60%
D. 0,63%
E. 6,03%

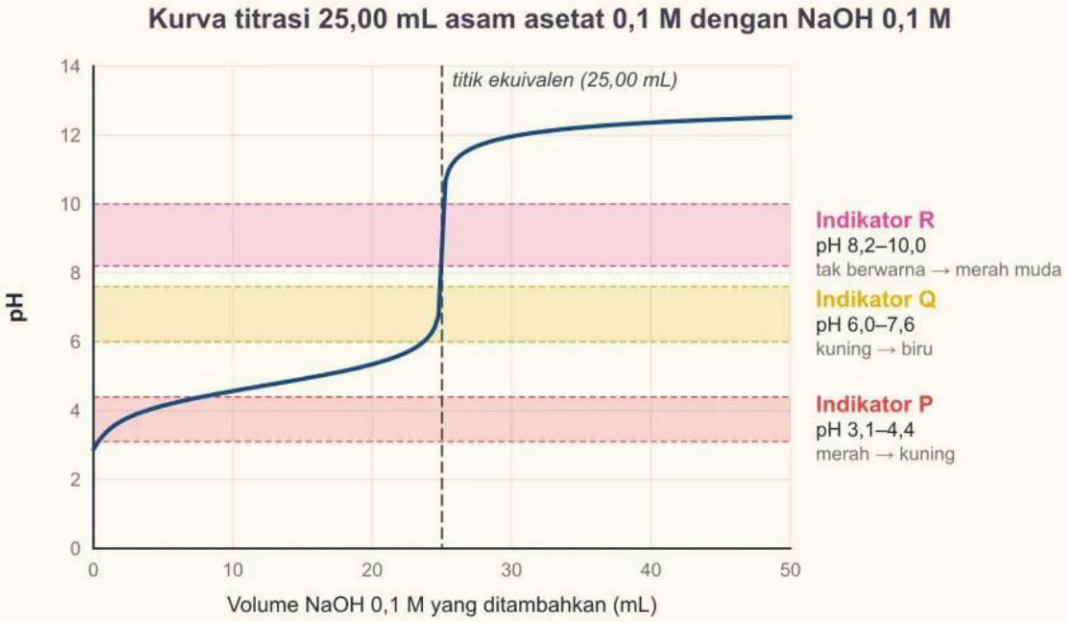
**16.** Laboratorium pabrik tekstil "Warna Indah" menetapkan kadar klorida ($Cl^-$) dalam air proses dengan gravimetri pengendapan (2027). Ke dalam 500,0 mL contoh yang telah diasamkan ditambahkan larutan perak nitrat berlebih. Endapan putih AgCl disaring, dicuci, dikeringkan, dan ditimbang sampai bobot tetap: 0,0574 g. (Ar Ag = 108; Cl = 35,5.)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kadar klorida dalam air proses tersebut adalah ....

A. 14,2 mg/L
B. 46,8 mg/L
C. 114,8 mg/L
D. 464,1 mg/L
E. 28,4 mg/L



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

**17.** Diah, analis laboratorium pabrik cuka "Asam Segar", menitrasi 25,00 mL asam asetat 0,1 M dengan larutan NaOH 0,1 M dan ingin memilih indikator yang titik akhirnya paling dekat dengan titik ekuivalen (2027). Kurva titrasi dan rentang pH perubahan warna tiga indikator, yaitu P, Q, dan R, ditampilkan pada gambar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Indikator yang paling tepat dan alasannya adalah ....




A. P, karena pH awal larutan asam asetat yang dititrasi berada dalam rentang pH 3,1–4,4
B. Q, karena rentang pH 6,0–7,6 mencakup pH 7 yang dianggap titik netral titrasi ini
C. R, karena rentang pH 8,2–10,0 berada di bagian curam kurva dekat titik ekuivalen
D. R, karena rentang pH yang tertinggi selalu cocok untuk semua titrasi dengan NaOH
E. P, karena warnanya berubah pada volume NaOH paling kecil sehingga titran hemat



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

**18.** Toko "Karya Kimia Mandiri" menjual larutan HCl pekat untuk membersihkan kerak kamar mandi. Laboratorium pabrik pembersih menetapkan kadarnya (2027). Sebanyak 5,00 mL contoh diencerkan dengan air suling di labu takar sampai 250,0 mL. Lalu 25,00 mL larutan encer (alikuot) dititrasi dengan NaOH 0,0980 M memakai indikator yang sesuai. Dua ulangan memerlukan 18,20 mL dan 18,26 mL. Batas selisih ulangan 0,10 mL, dan Mr HCl = 36,5.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

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

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Konsentrasi HCl dalam contoh asli sekitar 0,715 M karena faktor pengenceran hanya 10.

☐ B. Volume NaOH untuk perhitungan adalah 18,23 mL, yaitu rata-rata kedua ulangan yang sah.

☐ C. Konsentrasi HCl dalam larutan encer di labu (alikuot 25,00 mL) sekitar 0,0715 M.

☐ D. Kadar HCl dalam contoh asli sekitar 0,26% b/v, yaitu massa HCl dalam labu dibagi 250,0 mL.

☐ E. Kadar HCl dalam contoh asli sekitar 13,0% b/v, dengan faktor pengenceran 250,0 ÷ 5,00.

**19.** Di instalasi pengolahan air limbah pabrik tekstil, Fajar menitrasi 20,00 mL larutan kalsium hidroksida 0,0125 M dengan larutan baku HCl 0,0500 M memakai indikator yang sesuai (2027). Reaksinya $Ca(OH)_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O$.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Volume HCl yang diperlukan sampai titik ekuivalen adalah ....

A. 5,00 mL

B. 2,50 mL

C. 40,00 mL

D. 10,00 mL

E. 20,00 mL

**20.** Laboratorium pabrik sari buah "Segar Nusantara" menetapkan keasaman (sebagai asam sitrat) tiga bagian seri analisis pada satu hari (2027). Spesifikasi produk: keasaman paling sedikit 3,30%. Lembar data seri itu:

| Pemeriksaan | Hasil | Batas penerimaan |
|---|---|---|
| Blanko | 0,45 mL | paling besar 0,20 mL |
| Kontrol 2,00% | 2,02% | 1,95% sampai 2,05% |
| Contoh S-01 (duplo) | 3,41% dan 3,44% | selisih paling besar 0,05% |
| Contoh S-02 (duplo) | 3,10% dan 3,13% | selisih paling besar 0,05% |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Keputusan yang paling tepat adalah ....

A. S-01 memenuhi dan S-02 tidak memenuhi spesifikasi karena kedua duplo sah dan kontrolnya baik
B. Seluruh seri tidak sah; hasil ditahan dan pereaksi atau pelarut diperiksa karena blanko melebihi batas
C. Seri sah; blanko 0,45 mL cukup dikurangkan dari volume titrasi lalu S-01 dan S-02 dilaporkan
D. Hanya S-02 diulang karena kadarnya di bawah spesifikasi, sedangkan S-01 dilaporkan memenuhi
E. S-01 dan S-02 diulang, sedangkan blanko dan kontrol dianggap sah karena kontrol berada dalam rentang

**21.** Laboratorium pabrik pupuk "Subur Makmur" memilih zat untuk membuat larutan baku primer yang akan dipakai menstandardisasi larutan NaOH (2027). Untuk satu ulangan diperlukan sekitar 2,5 mmol zat. Zat ditimbang dengan neraca analitik yang galatnya ±0,0002 g, dan SOP mensyaratkan galat relatif penimbangan paling besar 0,10%. Zat standar primer harus sangat murni, stabil di udara, tidak menyerap uap air, dan mudah larut. Lima zat yang tersedia:
Zat A: serbuk murni 99,9% yang stabil di udara, tidak menyerap uap air, mudah larut, Mr = 204;
Zat B: pelet yang menyerap uap air dan karbon dioksida udara sehingga massa zat murninya tidak pasti, Mr = 40;
Zat C: larutan pekat yang kadarnya turun karena zat terlarutnya menguap dari botol, Mr = 36,5;
Zat D: kristal murni 99,9% yang stabil pada suhu ruang, tidak menyerap uap air, mudah larut, Mr = 126;
Zat E: serbuk murni 99,9% yang stabil, tidak menyerap uap air, mudah larut, tetapi Mr = 36.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Zat yang dapat dipakai sebagai standar primer dalam kasus ini adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Zat A
☐ B. Zat B
☐ C. Zat C
☐ D. Zat D
☐ E. Zat E

**22.** Laboratorium pabrik pakan "Ternak Sehat" menetapkan kadar air jagung giling dengan oven (2027). Setelah tiap pengeringan, cawan berisi contoh didinginkan 30 menit di desikator yang tampak pada gambar, lalu ditimbang dengan neraca berpintu tertutup. Hasil penimbangan cawan + contoh kering berturut-turut: 34,2810 g; 34,2764 g; 34,2802 g.



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

SOP: bobot dianggap tetap bila selisih dua penimbangan berturut-turut tidak lebih dari 0,0020 g.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling tepat adalah ....




*Gambar tampak samping (potongan).*

A. Mengganti silika gel yang jenuh, lalu mengulang pengeringan dan penimbangan sampai bobot tetap
B. Memakai penimbangan ke-2 karena massa terendah berarti air sudah paling banyak menguap
C. Memakai penimbangan ke-3 karena aturannya yang dipakai adalah penimbangan yang terakhir
D. Merata-ratakan penimbangan ke-2 dan ke-3 karena selisih keduanya kecil terhadap massa cawan
E. Menyimpulkan bobot tetap sudah tercapai karena penimbangan ke-1 dan ke-3 hanya berbeda 0,0008 g



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

**23.** Dalam satu seri analisis keasaman saus tomat (2027), laboratorium mengerjakan blanko, contoh kontrol 2,00%, dan contoh produksi secara duplo. Batas penerimaan: blanko paling besar 0,20 mL, kontrol 1,95% sampai 2,05%, dan selisih duplo paling besar 0,05%. Spesifikasi saus: keasaman paling besar 1,20%. Hari itu blanko 0,08 mL dan kontrol 2,01%. Pembimbing meminta siswa PKL menilai pernyataan berikut.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Hasil kontrol 2,01% membuktikan seluruh duplo contoh produksi pada seri itu sah, sehingga selisih duplo tidak perlu diperiksa lagi. | ○ | ○ |
| Contoh dengan duplo 1,31% dan 1,33% dilaporkan tidak memenuhi spesifikasi karena rata-ratanya 1,32% melebihi 1,20% dan datanya sah. | ○ | ○ |
| Contoh dengan duplo 1,10% dan 1,22% belum boleh dilaporkan memenuhi spesifikasi walaupun rata-ratanya 1,16%, karena selisih duplonya melebihi batas. | ○ | ○ |

**24.** Laboratorium pabrik sirup menetapkan kadar asam sitrat tiga contoh secara duplo (2027). SOP: duplo sah bila selisih kedua hasilnya tidak lebih dari 2,0% dari rata-ratanya; duplo yang tidak sah diulang dan belum boleh dilaporkan. Hasilnya (g/L): contoh U = 12,40 dan 12,62; contoh V = 8,10 dan 8,40; contoh W = 25,0 dan 25,4.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Duplo U sah karena selisihnya sekitar 1,8% dari rata-ratanya, tidak lebih dari batas 2,0%.

☐ B. Duplo W harus diulang karena selisih mutlaknya 0,4 g/L paling besar di antara ketiga contoh.

☐ C. Duplo V harus diulang karena selisihnya sekitar 3,6% dari rata-ratanya, melebihi batas 2,0%.

☐ D. Hasil contoh U yang dilaporkan adalah 12,51 g/L, yaitu rata-rata kedua ulangan contoh itu.

☐ E. Hasil contoh V yang dilaporkan adalah 8,25 g/L, yaitu rata-rata kedua ulangan contoh itu.



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

**25.** Laboratorium pabrik saus menitrasi satu contoh saus sebanyak lima kali dengan NaOH baku (2027). Volume NaOH (mL): 15,20; 15,26; 15,22; 16,40; 15,20. SOP: ulangan yang menyimpang jauh dari yang lain dicurigai galat kasar, tidak dipakai, dan penyebabnya dicatat. Ulangan yang dipakai harus berselisih paling besar 0,10 mL, dan volume yang dilaporkan adalah rata-rata ulangan yang dipakai.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Rata-rata kelima ulangan, 15,46 mL, dilaporkan karena data yang lebih banyak lebih baik.

☐ B. Ulangan keempat (16,40 mL) diduga galat kasar, misalnya titik akhir terlewat, dan tidak dipakai.

☐ C. Ulangan keempat dibuang tanpa dicatat supaya lembar data tampak rapi dan konsisten bagi auditor.

☐ D. Empat ulangan lainnya dapat dipakai karena rentang volumenya 0,06 mL, tidak lebih dari 0,10 mL.

☐ E. Volume yang dilaporkan adalah 15,22 mL, yaitu rata-rata dari empat ulangan yang dipakai.

## Tabel skor dan anjuran

| Sub bab / subtopik | Nomor soal | Benar | Jika kurang separuh benar |
|---|---|---|---|
| Sub bab 5.1 · Peralatan gelas laboratorium sesuai SOP | 3, 6, 7, 9 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 359 |
| Sub bab 5.2 · Peralatan non-gelas: neraca dan pH meter | 1, 4, 8, 10 | ___ / 4 | Ulangi hlm. 374 |
| Sub bab 5.3 · Prosedur analisis titrimetri konvensional | 2, 5, 14, 17, 18, 19, 21 | ___ / 7 | Ulangi hlm. 387 |
| Sub bab 5.4 · Prosedur analisis gravimetri konvensional | 12, 16, 22 | ___ / 3 | Ulangi hlm. 402 |
| Sub bab 5.5 · Analisis data hasil uji untuk memastikan validitas | 11, 13, 15, 20, 23, 24, 25 | ___ / 7 | Ulangi hlm. 415 |

*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. Kerjakan tiap simulasi dalam sekali duduk sesuai waktunya, tanpa membuka materi.

### Daftar simulasi

| Simulasi | Jumlah soal | Waktu | Kode LMS |
|---|---|---|---|
| Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026 | 25 soal | 60 menit | SMKTKI-FIN1 |
| Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026 | 25 soal | 60 menit | SMKTKI-FIN2 |
| Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026 | 25 soal | 60 menit | SMKTKI-FIN3 |

*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.*

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions



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

# Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026

SMKTKI-FIN1

**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 1 di LMS**

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktki&node=SMKTKI-FIN1

**1.** Tim R&D sebuah CV di Lombok mengembangkan pupuk cair dari rumput laut (2027). Formula laboratorium sudah menunjukkan hasil baik pada tanaman cabai di polibag. Direktur ingin produk diluncurkan tahun ini dan meminta Dina, staf R&D, menilai usulan langkah berikutnya dari timnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengujicobakan produk pada lahan beberapa petani mitra sebelum produksi massal.
☐ B. Merancang kemasan dan merek setelah produk beredar karena tidak memengaruhi uji coba.
☐ C. Memakai masukan petani hasil uji coba untuk memperbaiki formula sebelum skala produksi.
☐ D. Uji stabilitas penyimpanan dilakukan bersamaan dengan penjualan pertama agar peluncuran tidak tertunda.
☐ E. Menghitung biaya produksi per liter sebelum menentukan harga jual produk.



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

**2.** Pabrik cat tembok skala menengah membuat semua warna untuk stok gudang berdasarkan perkiraan penjualan (2027). Cat dasar putih laku setiap bulan, tetapi puluhan warna khusus menumpuk berbulan-bulan sampai kedaluwarsa, sementara warna yang dipesan toko sering kosong. Mesin pencampur warna dapat membuat satu warna khusus dalam 30 menit dari cat dasar putih. Manajer meminta Dimas, staf perencanaan produksi, mengusulkan perbaikan alur.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah gudang agar semua warna khusus dapat disimpan lebih banyak
B. Membuat semua warna khusus dua kali lebih banyak agar jarang kosong
C. Menghentikan produksi warna khusus dan hanya menjual cat dasar putih
D. Menyetok cat dasar putih, lalu mencampur warna khusus setelah ada pesanan
E. Memberi potongan harga untuk warna yang menumpuk tanpa mengubah alur produksi

**3.** Pabrik kapur tohor ingin menurunkan emisi $CO_2$ dari pemakaian energinya dengan anggaran paling banyak Rp180 juta tahun 2027. Tujuannya memperoleh pengurangan $CO_2$ terbesar; proyek boleh dipilih lebih dari satu.

| Proyek | Biaya (juta Rp) | Pengurangan $CO_2$ (ton/tahun) |
|---|---|---|
| P: lampu LED seluruh pabrik | 20 | 15 |
| Q: isolasi ulang dinding tungku | 150 | 400 |
| R: panel surya atap kantor | 200 | 60 |
| S: sebagian batu bara diganti sekam padi | 120 | 500 |
| T: perbaikan kebocoran udara tekan | 30 | 50 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pilihan proyek yang paling tepat adalah ....

A. Q dan T
B. Q, P, dan T
C. S, T, dan P
D. S dan Q
E. R dan P



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

**4.** Unit pengolahan acar mentimun membutuhkan 300 kg larutan garam 10% (b/b) (2027). Di tangki tersedia larutan garam 20% dan larutan garam 5% dalam jumlah banyak. Eka, operator pencampuran, harus menentukan massa masing-masing larutan yang dialirkan ke tangki pencampur tanpa menambah garam atau air lagi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa larutan yang dicampurkan adalah ....

A. 150 kg larutan 20% dan 150 kg larutan 5%
B. 200 kg larutan 20% dan 100 kg larutan 5%
C. 120 kg larutan 20% dan 180 kg larutan 5%
D. 60 kg larutan 20% dan 240 kg larutan 5%
E. 100 kg larutan 20% dan 200 kg larutan 5%

**5.** Tiga alumni SMK kimia merintis usaha pengharum ruangan gel (2027). Biaya tetap per bulan (sewa tempat, penyusutan alat, gaji) Rp4.500.000. Biaya bahan dan kemasan per botol Rp16.000, dan harga jual per botol Rp25.000. Mereka ingin tahu jumlah botol minimal yang harus terjual per bulan agar usaha tidak rugi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Jumlah botol tersebut adalah ....

A. 180 botol
B. 281 botol
C. 450 botol
D. 500 botol
E. 529 botol

**6.** Kantin pekerja di sebuah pabrik di pegunungan memakai LPG campuran propana (titik didih −42 °C) dan butana (titik didih −0,5 °C) (2027). Pada pagi yang sangat dingin, suhu tabung sekitar −3 °C dan nyala kompor sangat kecil, padahal tabung masih terasa berat. Siang hari, saat suhu naik, nyala kembali normal. Petugas kantin bertanya kepada Rio, teknisi utilitas.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penjelasan yang paling tepat adalah ....

A. Butana tidak menguap karena suhu tabung di bawah titik didih butana
B. Propana membeku pada suhu −3 °C sehingga menyumbat katup regulator tabung
C. Tabung bocor pada pagi hari karena logam menyusut saat suhu udara sangat dingin
D. Butana dan propana bereaksi membentuk senyawa cair yang lebih berat pada suhu dingin
E. Oksigen udara pagi lebih sedikit sehingga pembakaran di kompor berkurang

**7.** Unit pupuk di kawasan industri menyerap gas amonia buangan dengan asam sulfat menjadi pupuk amonium sulfat (2027): $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$. Dalam satu shift tertangkap 34 kg amonia, dan asam sulfat tersedia berlebih. Laporan produksi meminta



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

perkiraan massa pupuk yang terbentuk. (Ar N = 14, H = 1, S = 32, O = 16)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa amonium sulfat yang terbentuk adalah ....

A. 66 kg
B. 98 kg
C. 132 kg
D. 166 kg
E. 264 kg

**8.** Di ruang pencampuran pabrik cat kayu, pekerja sering pusing karena uap pelarut toluena dari bak pencampur terbuka (2027). Tim K3 mengumpulkan usulan pengendalian dan meminta Rina, staf HSE muda, menilainya. Sebagian produk masih dapat dibuat dengan bahan dasar air tanpa menurunkan mutu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat tentang usulan tersebut adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Mengganti pelarut toluena dengan cat berbasis air untuk produk yang memenuhi mutu lebih efektif daripada membagikan masker.
☐ B. Memasang ventilasi isap lokal di atas bak pencampur termasuk pengendalian teknis yang mengurangi uap di sumbernya.
☐ C. Masker bedah dipakai sebagai APD utama karena paling nyaman dipakai sepanjang shift.
☐ D. Rotasi pekerja tiap 2 jam menghilangkan bahaya uap toluena di ruang pencampuran sehingga ventilasi tambahan tidak diperlukan.
☐ E. Menutup bak pencampur saat tidak sedang diaduk mengurangi penguapan pelarut.

**9.** Pabrik perisa buah membuat etil asetat (aroma buah) dari asam asetat dan etanol dengan katalis asam (2027): $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$. Setelah 4 jam campuran sudah setimbang dan hanya sekitar dua pertiga asam asetat yang berubah. Kepala produksi ingin hasil etil asetat per batch lebih banyak tanpa membeli reaktor baru, dan meminta usulan dari Sari.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah jumlah katalis asam agar asam asetat yang berubah menjadi lebih banyak
B. Memperpanjang waktu reaksi menjadi 8 jam setelah campuran setimbang
C. Menaikkan tekanan tangki karena tekanan tinggi menggeser kesetimbangan ke kanan
D. Menurunkan suhu reaksi agar etil asetat yang mudah menguap tidak hilang
E. Memakai etanol berlebih dan memisahkan air yang terbentuk selama reaksi



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

**10.** Bagian perawatan pabrik pakan akan memakai isopropil alkohol untuk membersihkan panel kontrol mesin (2027). Ruang panel bersebelahan dengan area pengelasan perbaikan. Yusuf, teknisi baru, menyusun rencana kerja berdasarkan label pada jeriken seperti gambar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Rencana yang sesuai dengan label adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)




*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Karena kata sinyalnya "BAHAYA", jeriken disimpan di lemari khusus bahan beracun akut.

☐ B. Pembersihan dilakukan saat pengelasan di sebelahnya tidak sedang berlangsung.

☐ C. Bila terpercik ke mata, mata dibilas air beberapa menit lalu ditetesi obat tetes mata sampai perih hilang tanpa perlu ke dokter.

☐ D. Pintu dan jendela ruang panel dibuka selama bekerja agar uap tidak menumpuk.

☐ E. Sisa cairan dipindahkan ke jeriken plastik bersih lain yang tertutup rapat agar jeriken asli dapat dipakai untuk bahan lain.



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

**11.** Gudang bahan baku pabrik mi instan menyimpan tepung terigu dalam karung (2027). Pada musim hujan, beberapa karung yang menempel dinding berjamur. Kepala gudang, Pak Wawan, meminta Tika dari bagian QC menjelaskan penyebab dan cara pencegahannya kepada staf gudang.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Kapang lebih cepat tumbuh di gudang yang lembap karena mikroba memerlukan air untuk tumbuh. | ○ | ○ |
| Mendinginkan gudang sampai 15 °C membunuh spora kapang yang sudah ada di tepung. | ○ | ○ |
| Karung yang menempel dinding lembap lebih berisiko berjamur, sehingga karung diletakkan di atas palet dan diberi jarak dari dinding. | ○ | ○ |

**12.** Instalasi pengolahan air di sebuah perumahan industri memakai generator klorin: larutan garam dapur dielektrolisis dengan arus searah, dan klorin yang terbentuk dipakai sebagai desinfektan (2027). Operator, Feri, menuliskan pemahamannya tentang alat itu untuk diperiksa supervisor.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Larutan garam dapat diganti air suling agar klorin yang dihasilkan lebih murni.
☐ B. Gas klorin terbentuk di anode, yaitu elektrode yang dihubungkan ke kutub positif.
☐ C. Di katode terbentuk gas hidrogen dan larutan di sekitarnya menjadi bersifat basa.
☐ D. Ruang alat harus berventilasi dan jauh dari api karena gas hidrogen mudah terbakar.
☐ E. Bila arus listrik diperbesar, gas klorin yang dihasilkan per menit bertambah.



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

**13.** Operator baru di pabrik cairan pencuci piring akan membuat 500 L produk di tangki berpengaduk dengan pemanas (2027). Formula memuat air, surfaktan, pengental serbuk, garam, pewangi, dan pewarna. Kepala regu meminta Hendra memeriksa catatan cara kerja operator itu.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Catatan cara kerja yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Pengental serbuk ditaburkan perlahan ke cairan yang sedang diaduk agar tidak menggumpal.

☐ B. Pengaduk dijalankan pada kecepatan tertinggi sejak awal agar campuran cepat homogen.

☐ C. Pewangi dimasukkan ketika campuran masih dipanaskan 70 °C agar cepat larut.

☐ D. Contoh diambil dari beberapa titik di tangki untuk memastikan campuran sudah homogen.

☐ E. Bahan dimasukkan sesuai urutan dalam formula karena urutan memengaruhi kelarutan dan kekentalan.

**14.** Saat mengambil contoh dari tangki larutan NaOH 20% di pabrik pulp kertas, Arman terpercik di mata kirinya (2027). Ia tidak memakai lensa kontak. Pancuran pembilas mata (eyewash) berjarak 8 meter, sedangkan kotak P3K berisi larutan garam fisiologis dan obat tetes mata ada di dekatnya. Supervisor meminta rekannya membantu dengan cara yang benar.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Tindakan pertama yang paling tepat adalah ....

A. Membilas mata di eyewash dengan air mengalir ±15 menit, kelopak dibuka

B. Meneteskan beberapa tetes larutan garam fisiologis dari kotak P3K lalu memanggil dokter

C. Mengusap mata dengan kain bersih lalu membawa Arman ke klinik terdekat

D. Membilas mata dengan segelas air minum lalu menutupnya dengan kain kasa

E. Meneteskan obat tetes mata dari kotak P3K lalu menunggu rasa perih hilang



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

**15.** Laboratorium QC pabrik minuman jeli akan mensterilkan alat untuk uji mikroba esok hari (2027). Di meja tersedia cawan petri kaca, pipet kaca, cawan petri plastik sekali pakai yang sudah steril dari pabrik, dan oven bersuhu sampai 200 °C. Wawan menyusun rencana sterilisasi dan memintanya dinilai.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Cawan petri dan pipet kaca dibungkus kertas, lalu dipanaskan dalam oven 170 °C sekitar 2 jam. | ○ | ○ |
| Oven dibiarkan dingin dulu sebelum dibuka agar kaca tidak retak dan udara luar tidak cepat masuk. | ○ | ○ |
| Labu berisi media agar yang akan dipakai besok ikut disterilkan dalam oven 170 °C. | ○ | ○ |

**16.** Analis pabrik kecap memeriksa cemaran bakteri produk dengan metode sebar: 0,1 mL dari setiap pengenceran disebar di permukaan agar, duplo (2027). Rentang hitung 25–250 koloni per cawan. Batas ALT produk maksimum $1 \times 10^5$ koloni/mL.

| Pengenceran | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ |
|---|---|---|---|
| Cawan 1 | 280 | 58 | 4 |
| Cawan 2 | 296 | 62 | 7 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Cawan pengenceran $10^{-2}$ paling tepat dipakai karena koloninya paling banyak sehingga paling teliti.
☐ B. Hanya cawan pengenceran $10^{-3}$ yang memenuhi rentang hitung.
☐ C. ALT produk adalah $6{,}0 \times 10^5$ koloni/mL.
☐ D. ALT produk adalah $6{,}0 \times 10^4$ koloni/mL.
☐ E. Produk tidak memenuhi batas ALT yang ditetapkan.



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

**17.** Di laboratorium mikrobiologi pabrik susu kedelai, Rini mensterilkan media Plate Count Agar untuk uji cemaran (2027). Setelah autoklaf berbunyi, layar menampilkan data seperti gambar. Media itu akan dipakai untuk menguji produk yang siap dikirim besok pagi, dan masih tersedia bahan untuk membuat media baru.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Keputusan yang paling tepat adalah ....

**Layar autoklaf setelah siklus sterilisasi media**




A. Memakai media karena status siklus selesai dan waktu tahan 15 menit sudah tercapai
B. Memakai media karena suhunya sudah jauh di atas 100 °C sehingga mikroba telah mati
C. Mengautoklaf ulang media selama 30 menit pada program yang sama tanpa memeriksa alat
D. Media tidak dipakai; sterilisasi diulang setelah penyebab suhu rendah diperbaiki
E. Memakai media hanya untuk contoh yang tidak penting dan mencatat kejadian di buku alat

**18.** Laboratorium instalasi pengolahan air menyimpan larutan induk besi 1.000 mg/L (2027). Untuk memeriksa alat uji besi, Anisa harus membuat 100 mL larutan standar besi 5 mg/L di labu takar 100 mL. Tersedia mikropipet yang dapat diatur 0,01–5,00 mL.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Volume larutan induk yang harus dipipet adalah ....

A. 0,05 mL
B. 0,50 mL
C. 2,00 mL
D. 5,00 mL
E. 20,00 mL



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

**19.** Setiap pagi analis pabrik farmasi herbal memeriksa neraca analitik dengan anak timbangan standar (2027). Toleransi yang ditetapkan ±0,0020 g untuk setiap anak timbangan. Hasil pagi ini:

| Anak timbangan standar | 10,0000 g | 50,0000 g | 100,0000 g |
|---|---|---|---|
| Pembacaan neraca | 10,0003 g | 50,0018 g | 99,9930 g |

Hari itu analis akan menimbang contoh 0,5–2 g dan bahan baku sekitar 80 g.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Keputusan yang paling tepat adalah ....

A. Menghentikan pemakaian neraca, melapor, dan menunda penimbangan sampai dikalibrasi
B. Memakai neraca untuk semua penimbangan karena dua dari tiga hasil masih dalam toleransi
C. Memakai neraca hanya untuk bahan 80 g karena selisih di atas 50 g masih kecil dibanding massanya
D. Memakai neraca untuk semua penimbangan tetapi menambahkan 0,0070 g pada setiap hasil
E. Mengulang pemeriksaan besok pagi dan tetap memakai neraca untuk hari ini

**20.** Unit pengolahan sayur di sebuah koperasi tani membutuhkan 5 kg larutan garam 2% (b/b) untuk merendam sawi asin (2027). Tersedia garam dapur dan air bersih, serta timbangan digital yang dapat menimbang sampai 10 kg. Gilang ditugasi menimbang bahan yang diperlukan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Bahan yang harus ditimbang Gilang adalah ....

A. 10 g garam dan 4.990 g air
B. 100 g garam dan 5.000 g air
C. 200 g garam dan 4.800 g air
D. 50 g garam dan 4.950 g air
E. 100 g garam dan 4.900 g air



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

**21.** Label dua botol pelarut di gudang laboratorium pabrik lem terlepas (2027). Menurut daftar stok, satu botol berisi heksana ($C_6H_{14}$) dan satu lagi heksena ($C_6H_{12}$). Ratna, analis muda, akan menguji keduanya dengan beberapa tetes air brom berwarna cokelat sebelum menempel label baru.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Botol yang dengan cepat menghilangkan warna cokelat air brom berisi heksena.
☐ B. Kedua pelarut dapat dibedakan dari rumus molekulnya karena jumlah atom karbonnya berbeda.
☐ C. Kedua pelarut dapat dibedakan dari wujudnya karena heksena berwujud gas pada suhu ruang.
☐ D. Heksena termasuk alkena dengan rumus umum $C_nH_{2n}$.
☐ E. Heksana bereaksi adisi dengan brom lebih cepat daripada heksena.

**22.** Kelompok siswa SMK kimia di Pontianak mendapat kulit jeruk buangan gratis dari pedagang jus setiap hari (2027). Sekolah memiliki alat distilasi uap skala kecil dan modal kelompok Rp3 juta. Survei mereka: laundry sekitar mencari pewangi alami, petani sayur mencari pupuk organik, dan kantin mencari sabun cuci piring murah. Guru meminta satu ide yang memanfaatkan kulit jeruk dan alat sekolah dengan nilai jual per kilogram bahan paling tinggi.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Ide usaha yang paling tepat adalah ....

A. Kompos kulit jeruk untuk dijual kepada petani sayur di sekitar sekolah
B. Pewangi laundry dari minyak kulit jeruk hasil distilasi uap
C. Bioetanol dari kulit jeruk untuk dijual sebagai bahan bakar kendaraan
D. Sabun cuci piring dari bahan sabun jadi untuk dijual ke kantin
E. Pupuk cair dari air rebusan kulit jeruk untuk dijual kepada petani

**23.** Laboratorium pabrik cuka fermentasi menguji produk berlabel "asam asetat 25%" (2027). Analis memipet 5,00 mL contoh, menambahkan air dan indikator fenolftalein, lalu menitrasinya dengan NaOH 1,000 M sampai titik akhir pada 21,00 mL. Reaksi: $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$. (Mr $CH_3COOH$ = 60)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kadar asam asetat contoh (% b/v) adalah ....

A. 4,20%
B. 12,60%
C. 25,20%
D. 50,40%
E. 126,0%



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

**24.** Siswa PKL di laboratorium pabrik cuka menitrasi contoh cuka dengan NaOH memakai indikator fenolftalein (2027). Pembimbingnya, Bu Lina, memberi beberapa catatan cara kerja dan meminta siswa menilai kebenarannya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Titik akhir dicapai saat warna merah muda pertama muncul, walaupun hilang lagi setelah labu digoyang. | ○ | ○ |
| Fenolftalein sesuai karena larutan pada titik ekivalen titrasi asam asetat dengan NaOH bersifat sedikit basa. | ○ | ○ |
| Dinding labu dibilas sedikit air suling menjelang titik akhir agar titran yang menempel ikut bereaksi. | ○ | ○ |

**25.** Pipet volume 10 mL di laboratorium pabrik pengolahan air bertuliskan "biarkan mengalir, tunggu 15 detik, jangan ditiup" (2027). Selama sebulan, analis baru terbiasa meniup sisa cairan di ujung pipet ke dalam labu titrasi agar "tidak ada yang tertinggal". Kepala laboratorium meminta Bagus memperkirakan pengaruhnya terhadap hasil kadar yang dilaporkan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Perkiraan yang paling tepat adalah ....

A. Volume contoh kurang dari 10,00 mL sehingga kadar terhitung lebih rendah
B. Volume contoh lebih dari 10,00 mL sehingga kadar terhitung lebih tinggi
C. Tidak berpengaruh karena sisa cairan di ujung pipet sangat sedikit
D. Kadar terhitung lebih rendah karena udara tiupan mengencerkan contoh
E. Hasil acak naik-turun sehingga hanya presisinya yang terganggu



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, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 21, 24): jawab langsung pada soalnya.*



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

## Tabel skor dan anjuran

| Sub bab / subtopik | Nomor soal | Benar | Jika kurang separuh benar |
|---|---|---|---|
| Sub bab 1.1 · Proses bisnis manufaktur kimia dan contoh produksi industri kimia | 2 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 9 |
| Sub bab 1.2 · Pemanasan global dan dampak industri kimia terhadap iklim | 3 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 24 |
| Sub bab 1.4 · Pengembangan produk dan siklus hidup produk | 1 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 48 |
| Sub bab 1.5 · Profil profesi, peluang usaha, dan technopreneurship | 5, 22 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 59 |
| Sub bab 2.1 · Teknik dasar proses industri kimia | 4, 13 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 87 |
| Sub bab 2.2 · Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium | 20 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 104 |
| Sub bab 2.3 · Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R | 8, 14 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 117 |
| Sub bab 2.4 · Simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 | 10 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 133 |
| Sub bab 3.1 · Hidrokarbon: struktur, tata nama, dan sifat | 6, 21 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 166 |
| Sub bab 3.3 · Persamaan reaksi dan konsep mol | 7 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 195 |
| Sub bab 3.4 · Stoikiometri dan konversi satuan larutan standar | 18 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 209 |
| Sub bab 3.5 · Laju reaksi dan kesetimbangan kimia | 9 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 221 |
| Sub bab 3.7 · Reaksi redoks dan elektrokimia: sel volta dan elektrolisis | 12 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 253 |
| Sub bab 4.1 · Konsep dasar mikrobiologi | 11 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 283 |
| Sub bab 4.3 · Teknik sterilisasi basah dan kering | 15, 17 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 307 |
| Sub bab 4.4 · Isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba (ALT/TPC) | 16 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 318 |
| Sub bab 5.1 · Peralatan gelas laboratorium sesuai SOP | 25 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 359 |
| Sub bab 5.3 · Prosedur analisis titrimetri konvensional | 23, 24 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 387 |
| Sub bab 5.5 · Analisis data hasil uji untuk memastikan validitas | 19 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 415 |



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

# Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

SMKTKI-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-smktki&node=SMKTKI-FIN2

**1.** Pabrik sabun cuci cair ingin menurunkan emisi gas rumah kaca dari kemasannya (2027). Hasil kajian emisi per kemasan dari produksi sampai dibuang:

| Kemasan | Emisi buat + kirim per kemasan (g $CO_2e$) | Emisi pembuangan per kemasan (g $CO_2e$) | Keterangan |
|---|---|---|---|
| Botol plastik baru (1 L) | 160 | 20 | sekali pakai |
| Botol plastik daur ulang (1 L) | 95 | 15 | sekali pakai |
| Botol kaca (1 L) | 380 | 20 | dikembalikan, dipakai 10 kali |
| Kantong isi ulang plastik (1 L) | 45 | 25 | sekali pakai, tidak dapat didaur ulang |

Setiap pengisian botol kaca (termasuk pengisian pertama) menambah 20 g $CO_2e$ untuk pencucian dan pengiriman.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Strategi kemasan dengan emisi per liter paling rendah adalah ....

A. Botol plastik daur ulang karena emisinya jauh di bawah botol plastik baru
B. Botol kaca yang dikembalikan dan dipakai ulang sampai 10 kali
C. Botol plastik baru yang lebih tebal agar dapat dipakai ulang oleh pembeli
D. Kantong isi ulang plastik karena emisi buat dan kirimnya paling kecil
E. Botol kaca sekali pakai karena kaca lebih alami daripada plastik

**2.** UMKM sabun di Bali membuat sabun padat dari minyak kelapa dan larutan NaOH (2027). Adonan dituang ke cetakan, lalu sabun dipotong dan didiamkan (curing) empat minggu



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

sebelum dijual. Beberapa pelanggan mengeluh kulit terasa perih setelah memakai sabun dari batch yang baru berumur seminggu. Pemilik meminta Komang, lulusan SMK kimia, menjelaskan prosesnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. NaOH sebaiknya dilebihkan dari takaran resep agar semua minyak tersabunkan sempurna dan sabun lebih aman.
☐ B. Reaksi minyak dengan NaOH menghasilkan sabun dan gliserol.
☐ C. Sabun yang dijual sebelum curing selesai dapat masih mengandung NaOH yang belum bereaksi sehingga terasa perih.
☐ D. Curing empat minggu terutama untuk memberi waktu pewangi bereaksi dengan NaOH.
☐ E. Gliserol yang tertinggal dalam sabun ikut membantu melembapkan kulit.

**3.** Pabrik jamu serbuk di Solo menerima keluhan bahwa beberapa sachet berbau apak (2027). Ternyata pabrik tidak dapat mengetahui sachet itu dibuat pada batch mana dan memakai lot bahan baku temulawak yang mana, sehingga terpaksa menarik semua produk sebulan terakhir. Manajer meminta Tia, staf QA, mengusulkan perbaikan agar penarikan berikutnya hanya terbatas pada produk yang bermasalah.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Mencatat lot bahan baku di catatan batch dan mencetak kode batch di sachet
B. Menambah jumlah pemeriksaan bau produk akhir sebelum dikemas ke dalam sachet
C. Mengganti pemasok temulawak dengan pemasok yang memiliki sertifikat mutu
D. Menyimpan contoh setiap produk jadi di gudang tanpa mencatat batch-nya
E. Mencetak tanggal kedaluwarsa yang lebih pendek pada setiap kemasan produk



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

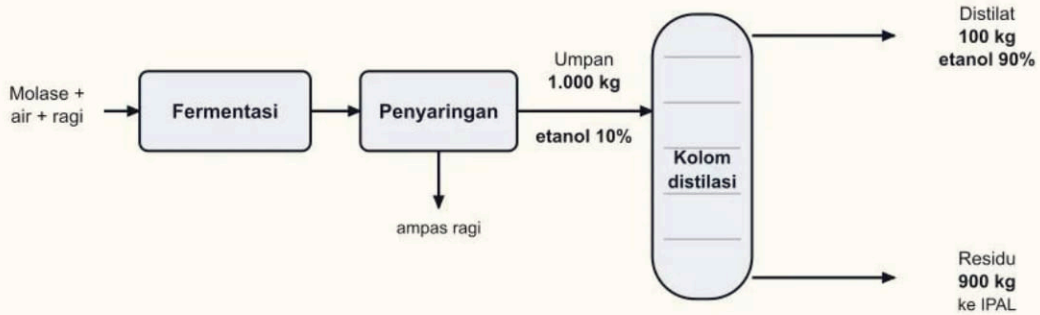
**4.** Pabrik pupuk cair memasang sensor suhu, pH, dan level yang terhubung internet pada tangki-tangki produksinya (2027). Data tampil di ponsel kepala produksi setiap menit dan alarm dikirim otomatis bila nilai keluar batas. Dalam rapat, para supervisor menyampaikan pendapat tentang sistem baru itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Sensor yang terhubung internet tetap perlu dikalibrasi berkala karena pembacaan sensor dapat bergeser. | ○ | ○ |
| Batas alarm sebaiknya dibuat sesempit mungkin agar penyimpangan sekecil apa pun langsung dikirim ke ponsel. | ○ | ○ |
| Bila koneksi internet terputus, pabrik tetap memerlukan prosedur pemantauan manual sebagai cadangan. | ○ | ○ |

**5.** Indra, operator unit bioetanol, harus melaporkan kinerja kolom distilasi (2027). Syarat perusahaan: etanol yang terambil di distilat minimal 85% dari etanol umpan, dan residu boleh dialirkan ke IPAL bila kadar etanolnya di bawah 2%. Data aliran tampak pada diagram alir.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kesimpulan yang tepat adalah ....

**Diagram alir unit pemurnian bioetanol dari molase (data rata-rata per jam)**




Kadar dalam persen massa. Residu tidak dianalisis langsung.

A. Etanol terambil 9%; residu berkadar etanol 1,1%; perolehan tidak memenuhi
B. Etanol terambil 81%; residu berkadar etanol 2,1%; keduanya tidak memenuhi
C. Etanol terambil 90%; residu berkadar etanol 1,1%; keduanya memenuhi
D. Etanol terambil 90%; residu berkadar etanol 10%; residu tidak memenuhi
E. Etanol terambil 100%; residu tanpa etanol; keduanya memenuhi

**6.** Laboratorium pabrik pencelupan tekstil memakai pH meter dan neraca analitik setiap hari (2027). Kepala laboratorium menemukan beberapa kebiasaan analis dan meminta Dika, analis senior, menilai mana yang sudah benar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*



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

Kebiasaan yang sudah tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Elektrode pH dibilas air suling lalu dikeringkan dengan menyentuhkan tisu, tanpa digosok.
☐ B. Elektrode pH disimpan terendam air suling semalaman agar tetap bersih.
☐ C. Neraca diletakkan di meja kokoh yang bebas getaran dan jauh dari pintu.
☐ D. Bahan ditimbang dalam wadah dengan pintu neraca tertutup setelah neraca dinolkan.
☐ E. pH meter dikalibrasi ulang setelah elektrodenya diganti dengan yang baru.

**7.** Alarm detektor gas di ruang tabung klorin instalasi pengolahan air berbunyi dan tercium bau menyengat (2027). Angin bertiup dari utara ke selatan. Ruang tabung berada di lantai dasar, sedangkan kantor ada di lantai dua gedung sebelah utara. Operator jaga, Bima, belum pernah dilatih memakai alat bantu napas (SCBA).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Bima segera masuk ke ruang tabung dengan masker kain basah untuk menutup katup.
☐ B. Mengevakuasi pekerja ke arah utara dan ke tempat yang lebih tinggi.
☐ C. Mengungsi ke ruang bawah tanah gedung terdekat agar terlindung dari udara luar.
☐ D. Melaporkan kejadian ke tim tanggap darurat yang terlatih memakai SCBA.
☐ E. Mencegah orang lain mendekati area dari arah selatan sampai dinyatakan aman.



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

**8.** Hasil kadar asam sitrat dalam minuman serbuk yang dianalisis Bayu dengan titrasi NaOH lebih tinggi daripada biasanya (2027). Kadar dihitung dari volume NaOH yang tercatat. Kepala laboratorium meminta tim menilai kemungkinan penyebabnya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Labu erlenmeyer yang masih basah air suling sebelum contoh dimasukkan dapat membuat hasil lebih tinggi.
☐ B. Gelembung udara di ujung buret yang keluar selama titrasi dapat membuat hasil lebih tinggi.
☐ C. Contoh yang tertimbang lebih banyak daripada massa yang dicatat dapat membuat hasil lebih rendah.
☐ D. Titrasi yang dihentikan setelah warna merah muda menjadi tua dapat membuat hasil lebih tinggi.
☐ E. Buret yang tidak dibilas NaOH sehingga NaOH sedikit terencerkan dapat membuat hasil lebih tinggi.

**9.** Galang akan menetapkan kadar asam contoh limbah cair (2027). Langkahnya: (1) membuat 250 mL larutan NaOH standar dengan volume tepat; (2) mengambil tepat 25,00 mL contoh limbah; (3) menampung contoh selama dititrasi sambil digoyang; (4) menakar sekitar 50 mL air suling untuk mengencerkan contoh di wadah titrasi. Buret untuk NaOH sudah terpasang di statif. Alat yang tersedia tampak pada gambar.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pasangan alat untuk langkah (1) sampai (4) yang tepat adalah ....




A. S, Q, T, dan P
B. P, R, T, dan S
C. P, Q, S, dan T
D. P, Q, T, dan S
E. P, Q, T, dan Q



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

**10.** Tungku pabrik kapur tohor di Tuban memanaskan batu kapur berkadar $CaCO_3$ 90% (2027). Reaksi: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Pengotor tidak ikut menghasilkan CaO. Dalam satu shift dimasukkan 1.000 kg batu kapur dan semua $CaCO_3$ terurai. Ahmad diminta memperkirakan massa CaO yang terbentuk. (Ar Ca = 40, C = 12, O = 16)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa CaO yang terbentuk adalah ....

A. 396 kg
B. 504 kg
C. 560 kg
D. 900 kg
E. 1.000 kg

**11.** Sebelum dipakai, larutan NaOH di laboratorium pabrik pupuk distandardisasi dengan padatan kalium hidrogen ftalat (KHP, Mr 204,2) yang bereaksi 1 : 1 dengan NaOH (2027). Datanya:

| Ulangan | Massa KHP (g) | Volume NaOH (mL) |
|---|---|---|
| 1 | 0,6126 | 29,40 |
| 2 | 0,4084 | 19,60 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Konsentrasi NaOH yang dilaporkan adalah ....

A. 0,0680 M
B. 0,1000 M
C. 0,1020 M
D. 0,1531 M
E. 0,2041 M

**12.** Nia membuat 500 mL media Nutrient Agar di laboratorium QC pabrik air minum (2027). Petunjuk kemasan: 28 g serbuk per liter air suling, pH akhir 7,4 ± 0,2. Media akan dipakai dua hari lagi. Pembimbing meminta Nia menuliskan langkahnya untuk diperiksa.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Langkah yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Melarutkan serbuk dengan air keran karena media akan disterilkan juga.
☐ B. Menimbang 14 g serbuk untuk 500 mL air suling.
☐ C. Menyimpan media di cawan tanpa dibungkus di meja kerja selama dua hari.
☐ D. Memanaskan campuran sambil diaduk sampai jernih agar agar larut sempurna sebelum disterilkan.
☐ E. Mengatur pH media setelah media dituang ke cawan dan membeku.



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

**13.** Lembar data pelarut peniup busa di pabrik spons menuliskan struktur $CH_3–CH(CH_3)–CH_2–CH_3$ dengan nama "3-metilbutana" (2027). Pembimbing QC curiga namanya keliru dan meminta Tari, analis magang, menuliskan nama IUPAC yang benar sebelum lembar data dicetak ulang.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Nama IUPAC yang tepat adalah ....

A. 3-metilbutana
B. 2-etilpropana
C. 2,2-dimetilpropana
D. 2-metilbutana
E. n-pentana

**14.** Laboratorium mikrobiologi pabrik minuman membutuhkan 1 L larutan garam fisiologis NaCl 0,9% (b/v) untuk mengencerkan contoh (2027). Tersedia NaCl padat, labu takar 1 L, dan neraca analitik. Desi diminta menimbang NaCl yang diperlukan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa NaCl yang harus ditimbang adalah ....

A. 0,09 g
B. 0,90 g
C. 9,00 g
D. 90,0 g
E. 900 g

**15.** Tim R&D pabrik kosmetik dan pembersih rumah tangga menyusun formula tiga produk: losion tangan, parfum semprot, dan cairan antibeku untuk mesin pendingin pabrik (2027). Tersedia gliserol, etanol, metanol, dan etilen glikol. Ketua tim meminta Wening, staf baru, memeriksa usulan pemakaian alkohol.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Gliserol dipakai sebagai pelembap losion karena menarik dan menahan air di kulit.
☐ B. Metanol dipakai sebagai pengganti etanol pada parfum karena lebih murah dan sama-sama menguap.
☐ C. Etanol dipakai sebagai pelarut parfum karena melarutkan minyak wangi dan cepat menguap.
☐ D. Etilen glikol dipakai untuk cairan antibeku karena menurunkan titik beku air.
☐ E. Etilen glikol dapat menggantikan gliserol sebagai pelembap losion karena sama-sama bergugus –OH dan larut dalam air.



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

**16.** Pabrik sari buah nanas dalam botol menerima retur produk (2027). Botol menggembung, isinya berbuih, dan tercium bau seperti tape atau alkohol. Tidak tampak benang-benang halus di permukaan cairan. Kepala QC meminta Siti memperkirakan jenis mikroba penyebab agar cara pencegahan yang dipilih tepat.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Mikroba yang paling mungkin menjadi penyebab adalah ....

A. Khamir yang memfermentasi gula menjadi alkohol dan gas $CO_2$
B. Kapang yang membentuk benang-benang hifa di permukaan cairan
C. Bakteri asam laktat yang membuat produk menggumpal tanpa gas
D. Bakteri pembusuk protein yang menimbulkan lendir dan bau busuk
E. Bakteri asam asetat yang mengubah alkohol menjadi cuka

**17.** Koperasi susu memasteurisasi susu sapi dengan penukar panas pelat: susu dingin dipanaskan oleh air panas yang mengalir di sisi pelat yang lain (2027). Sejak laju alir susu dinaikkan bulan lalu untuk mengejar target, suhu susu keluar sering tidak mencapai target walau suhu air panas tetap. Andre, teknisi muda, menuliskan beberapa dugaan dan usulan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Dugaan dan usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Kerak dan endapan susu pada pelat menghambat perpindahan panas, sehingga pelat perlu dibersihkan.
☐ B. Mengalirkan air panas searah dengan aliran susu lebih efektif daripada berlawanan arah.
☐ C. Laju alir susu yang terlalu besar membuat waktu kontak susu dengan pelat terlalu singkat.
☐ D. Mengganti air panas dengan nyala api langsung pada pelat akan meratakan pemanasan susu.
☐ E. Menaikkan laju alir susu akan menaikkan suhu susu keluar karena perpindahan panas lebih cepat.

**18.** Tim K3 pabrik resin menilai empat bahaya dengan skala 1–5; nilai risiko = kemungkinan × keparahan (2027). Anggaran tahun ini hanya memadai untuk menangani satu bahaya lebih dulu.

| Bahaya | Kemungkinan | Keparahan |
|---|---|---|
| K: lantai licin di area pengemasan | 4 | 2 |
| L: ledakan tangki pelarut | 1 | 5 |
| M: percikan formalin saat pengisian | 4 | 4 |
| N: suara bising mesin penggiling | 5 | 3 |



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Bahaya yang paling tepat ditangani lebih dulu adalah ....

A. K, karena paling sering menyebabkan pekerja jatuh di area kerja
B. L, karena keparahannya paling tinggi di antara semua bahaya
C. N, karena kemungkinannya paling tinggi di antara semua bahaya
D. M, karena nilai risikonya paling tinggi di antara semua bahaya
E. K, karena biayanya paling murah sehingga anggaran masih bersisa

**19.** Laboratorium pabrik keju membuat media Skim Milk Agar untuk menguji bakteri pengurai protein (2027). Bila susu skim diautoklaf 121 °C selama 15 menit, susu berubah cokelat dan menggumpal. Susu skim juga terlalu keruh untuk disaring dengan membran. Sedia membaca bahwa spora bakteri dapat bertahan pada pemanasan 100 °C, tetapi sel bakteri yang baru tumbuh dari spora mati pada suhu itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Teknik sterilisasi susu skim yang paling tepat adalah ....

A. Memanaskan dalam oven 170 °C selama 2 jam agar semua spora mati
B. Menyaring dengan membran 0,22 µm berlapis dua agar lebih cepat
C. Mengautoklaf 121 °C selama 30 menit agar sterilisasinya lebih menyeluruh
D. Menyinari dengan lampu UV di kabinet selama 30 menit sambil diaduk
E. Mengukus 100 °C, 30 menit, tiga hari berturut-turut dengan jeda inkubasi

**20.** Unit pupuk memurnikan kalium nitrat ($KNO_3$) yang tercampur sedikit NaCl (2027). Data kelarutan (gram per 100 g air):

| Zat | 20 °C | 80 °C |
|---|---|---|
| $KNO_3$ | 32 | 169 |
| NaCl | 36 | 38 |

Hasan melarutkan campuran dalam air panas 80 °C sampai jenuh $KNO_3$, menyaring kotoran, lalu harus memilih cara memperoleh kristal $KNO_3$ yang paling murni.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Cara yang paling tepat adalah ....

A. Menguapkan seluruh air pada 80 °C lalu mengumpulkan semua padatan yang tertinggal
B. Mendinginkan larutan ke 20 °C lalu menyaring kristal yang terbentuk
C. Mendinginkan ke 20 °C, lalu mencuci kristal dengan banyak air panas
D. Menguapkan sebagian air pada 80 °C lalu menyaring kristal saat masih panas
E. Mendinginkan larutan ke 20 °C lalu menguapkan cairan sisanya bersama kristal

**21.** Dalam praktik di laboratorium pabrik kapur, siswa PKL mereaksikan 10 g serbuk kalsium karbonat dengan asam klorida berlebih dalam gelas kimia terbuka di atas neraca (2027).



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

Gelembung gas $CO_2$ terbentuk dan angka neraca turun selama reaksi. Pembimbing meminta siswa menjelaskan pengamatan itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Angka neraca turun karena gas $CO_2$ keluar dari gelas kimia ke udara. | ○ | ○ |
| Bila reaksi dilakukan dalam labu bersumbat rapat, angka neraca sebelum dan sesudah reaksi akan sama. | ○ | ○ |
| Penurunan angka neraca membuktikan bahwa hukum kekekalan massa tidak berlaku pada reaksi ini. | ○ | ○ |

**22.** Laboratorium pabrik deterjen membuat larutan NaOH sekitar 0,1 M (2027). Butiran NaOH cepat lembap di udara terbuka. Pagi itu Rendi menimbang NaOH di atas kertas timbang di meja dekat jendela yang terbuka, dan proses menimbang memakan waktu lama karena angkanya terus naik. Larutan ini nantinya distandardisasi sebelum dipakai.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penjelasan dan perbaikan yang paling tepat adalah ....

A. NaOH menyerap uap air dan $CO_2$ sehingga massanya naik; timbang cepat dalam wadah tertutup
B. NaOH menguap selama ditimbang sehingga massanya turun; timbang di ruang yang lebih dingin
C. Listrik statis dari kertas timbang mengganggu neraca; tunggu sampai angka berhenti
D. Kertas timbang menyerap NaOH; ganti kertas timbang dengan kaca arloji terbuka
E. Angin dari jendela menekan piring neraca; timbang dengan pintu neraca terbuka

**23.** Setelah mengeringkan contoh garam di oven 105 °C, Dwi akan menimbang cawan berisi contoh dengan neraca analitik (2027). Ia mengamati bahwa saat cawan masih hangat, angka di layar terus bergerak turun. Di laboratorium tersedia desikator berisi silika gel aktif, meja dingin terbuka, dan kipas angin.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Langkah yang paling tepat sebelum menimbang adalah ....

A. Langsung menimbang dan mencatat angka pertama yang muncul di layar
B. Mendinginkan cawan dengan kipas angin di meja kerja yang terbuka
C. Mendinginkan cawan di meja dingin terbuka hingga suhunya turun
D. Merendam dasar cawan dalam air dingin sebentar agar cepat dingin
E. Mendinginkan cawan di dalam desikator sampai suhu ruang

**24.** Setelah praktik, siswa PKL di laboratorium pabrik minuman membersihkan alat gelas (2027). Supervisor, Pak Joko, memberi beberapa catatan tentang cara merawat labu takar, pipet volume, dan buret, lalu meminta siswa menilainya.



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

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Labu takar yang basah dikeringkan cepat di oven 150 °C agar siap dipakai. | ○ | ○ |
| Buret dianggap bersih bila air membasahi dindingnya merata tanpa butiran yang menempel. | ○ | ○ |
| Pipet volume yang baru dicuci dapat langsung dipakai mengambil contoh asalkan sudah dibilas air suling. | ○ | ○ |

**25.** IPAL pabrik pencelupan memakai pompa dosis asam otomatis: pompa menambah asam bila sensor pH membaca di atas 8,5 dan berhenti bila di bawah 7,0 (2027). Pagi ini pompa asam terus menyala, padahal uji manual dengan pH meter laboratorium menunjukkan pH air limbah 6,2 dan makin turun. Layar sistem menampilkan pH 9,1 sejak tadi malam. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah batas atas menjadi pH 9,5 agar pompa berhenti dengan sendirinya
B. Mengalibrasi ulang pH meter laboratorium karena hasilnya berbeda dari sensor
C. Mengganti pompa dosis asam karena pompanya tidak mau berhenti
D. Mencatat bacaan tiap jam dan meminta shift berikutnya memeriksa sensor
E. Menghentikan pompa secara manual, lalu membersihkan dan mengalibrasi sensor



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 2, 4, 6, 7, 8, 12, 15, 17, 21, 24): jawab langsung pada soalnya.*



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

## Tabel skor dan anjuran

| Sub bab / subtopik | Nomor soal | Benar | Jika kurang separuh benar |
|---|---|---|---|
| Sub bab 1.1 · Proses bisnis manufaktur kimia dan contoh produksi industri kimia | 2, 3 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 9 |
| Sub bab 1.2 · Pemanasan global dan dampak industri kimia terhadap iklim | 1 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 24 |
| Sub bab 1.3 · Industri 4.0 di kimia industri | 4, 25 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 36 |
| Sub bab 2.1 · Teknik dasar proses industri kimia | 5, 17, 20 | ___ / 3 | Ulangi hlm. 87 |
| Sub bab 2.2 · Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium | 14, 22 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 104 |
| Sub bab 2.3 · Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R | 7, 18 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 117 |
| Sub bab 3.1 · Hidrokarbon: struktur, tata nama, dan sifat | 13 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 166 |
| Sub bab 3.2 · Gugus fungsi alkohol dan penerapannya di industri | 15 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 181 |
| Sub bab 3.3 · Persamaan reaksi dan konsep mol | 10, 21 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 195 |
| Sub bab 4.1 · Konsep dasar mikrobiologi | 16 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 283 |
| Sub bab 4.2 · Media pertumbuhan skala laboratorium | 12 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 296 |
| Sub bab 4.3 · Teknik sterilisasi basah dan kering | 19 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 307 |
| Sub bab 5.1 · Peralatan gelas laboratorium sesuai SOP | 9, 24 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 359 |
| Sub bab 5.2 · Peralatan non-gelas: neraca dan pH meter | 6, 23 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 374 |
| Sub bab 5.3 · Prosedur analisis titrimetri konvensional | 8, 11 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 387 |



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

# Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

SMKTKI-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-smktki&node=SMKTKI-FIN3

**1.** Usaha cairan pembersih kaca milik Wulan dan Fikri dijual lewat reseller (2027). Biaya per botol:

| Komponen | Biaya per botol (Rp) |
|---|---|
| Bahan kimia dan air murni | 8.000 |
| Botol semprot dan label | 2.500 |
| Tenaga kerja | 1.000 |
| Listrik dan lain-lain | 500 |

Mereka ingin laba 25% dari biaya. Reseller mendapat diskon 20% dari harga eceran yang tercetak di label.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Harga eceran yang harus dicetak di label adalah ....

A. Rp14.400
B. Rp15.000
C. Rp16.000
D. Rp18.000
E. Rp18.750

**2.** UMKM manisan pepaya dan ikan asin di Cirebon ingin menjelaskan secara ilmiah cara pengawetannya kepada pembeli (2027). Manisan direndam larutan gula pekat, sedangkan ikan dilumuri garam. Mereka meminta Doni, lulusan SMK kimia, memeriksa pernyataan di brosur.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*



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

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

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Larutan gula pekat menarik air keluar dari sel mikroba sehingga mikroba sukar tumbuh.

☐ B. Pada massa yang sama, gula lebih efektif daripada garam karena molekul gula lebih besar.

☐ C. Larutan garam yang lebih pekat memberi tekanan osmotik lebih besar sehingga lebih kuat menarik air dari sel mikroba.

☐ D. Manisan dengan larutan gula yang lebih encer lebih awet karena gula lebih mudah masuk ke buah.

☐ E. Pengeringan setelah penggaraman membantu mengawetkan karena air yang tersedia bagi mikroba makin sedikit.

**3.** Selama shift malam di pabrik pupuk, Seno duduk di ruang kontrol memantau layar sistem kendali terdistribusi (DCS) (2027). Ia mengatur bukaan katup dan kecepatan pompa dari layar, menanggapi alarm, berkoordinasi lewat radio dengan rekan di lapangan, dan mengisi catatan kejadian selama shift.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Profesi Seno adalah ....

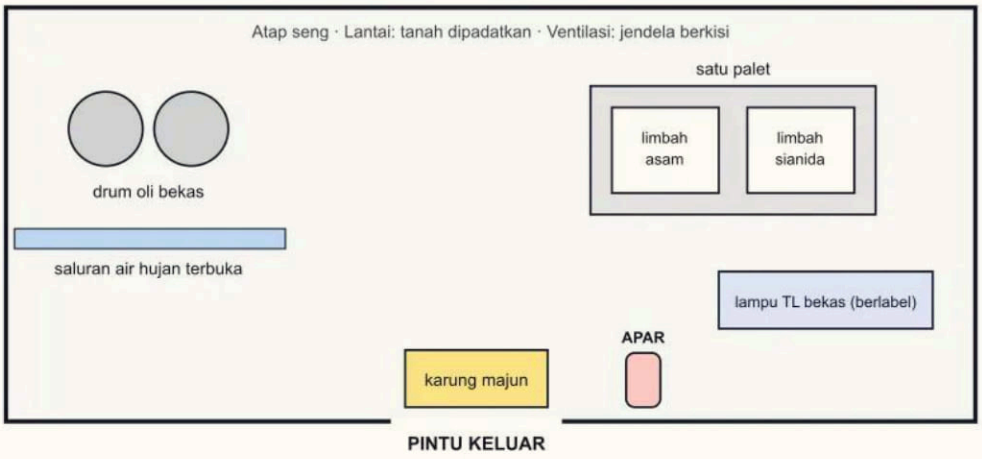
A. Teknisi instrumentasi yang memperbaiki sensor
B. Operator ruang kontrol proses produksi
C. Analis laboratorium pengendalian mutu
D. Staf penjaminan mutu yang mengaudit SOP
E. Petugas HSE yang memeriksa izin kerja



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

**4.** Petugas lingkungan sebuah pabrik penyepuhan logam, Sari, memeriksa TPS limbah B3 sebelum audit (2027). Ia menggambar denah kondisi TPS seperti pada gambar dan harus menuliskan temuan beserta perbaikannya dalam laporan untuk manajer.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Temuan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

**Denah TPS limbah B3 (tampak atas) — hasil pemeriksaan 2027**




*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Drum oli bekas perlu dijauhkan dari saluran air hujan terbuka atau diberi tanggul penampung.

☐ B. Limbah asam dan limbah sianida aman di satu palet karena masing-masing berada di jeriken sendiri.

☐ C. Karung majun menghalangi jalur pintu keluar sehingga harus dipindahkan.

☐ D. APAR di dekat pintu keluar tidak terhalang dan mudah dijangkau, sehingga letaknya tidak perlu diubah.

☐ E. Lantai tanah dipadatkan sudah memadai karena TPS sudah beratap.



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

**5.** Laboratorium QC pabrik saus sering kehabisan pereaksi mendadak, sementara di lemari ditemukan beberapa botol pereaksi sejenis yang sudah kedaluwarsa dan botol tanpa label (2027). Kepala laboratorium meminta Ani menyusun usulan penerapan 5R dan menilai usulan rekan-rekannya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Botol tanpa label tetap disimpan di rak paling belakang agar tidak terpakai sebelum isinya diketahui.
☐ B. Pereaksi diberi label tanggal terima dan dipakai dengan prinsip yang datang lebih dulu dipakai lebih dulu.
☐ C. Setiap pereaksi diberi tempat tetap berlabel dengan batas stok minimum yang terlihat.
☐ D. Pereaksi kedaluwarsa dipindahkan ke lemari lain agar lemari utama terlihat rapi.
☐ E. Pemeriksaan isi lemari dijadwalkan rutin dengan daftar periksa.

**6.** Pabrik di Gresik sudah 15 tahun memproduksi pembersih lantai berbahan pelarut berbau tajam (2027). Tiga tahun terakhir penjualannya turun terus walaupun harga sudah diturunkan, karena pembeli beralih ke pembersih berbahan dasar air yang tidak berbau. Mesin lama masih dapat dipakai untuk produk cair lain. Direktur meminta Riko, staf pengembangan produk, mengusulkan langkah perusahaan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Mengembangkan pembersih berbahan air dengan mesin lama sambil mengurangi produk lama
B. Menurunkan harga produk lama lebih jauh lagi agar pembeli beralih kembali ke produk itu
C. Menambahkan pewangi kuat pada produk lama agar bau tajamnya tertutup
D. Mengganti kemasan produk lama dengan desain baru agar terlihat lebih modern
E. Menjual semua mesin dan berhenti total dari usaha pembersih lantai



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

**7.** Analis pabrik kaca akan membuat 250 mL larutan standar $Na_2CO_3$ 0,0500 M (Mr 106) untuk menstandardisasi HCl (2027). Ternyata ia hanya sempat menimbang 1,060 g, lalu melarutkannya sampai tanda tera labu takar 250 mL. Padatan $Na_2CO_3$ di laboratorium itu disimpan dalam botol yang sering terbuka.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Massa $Na_2CO_3$ yang seharusnya ditimbang adalah 5,300 g agar konsentrasinya tepat 0,0500 M.
☐ B. Dengan massa 1,060 g, konsentrasi larutan menjadi 0,0400 M dan nilai inilah yang dicatat.
☐ C. Larutan harus dibuang dan dibuat ulang karena massa yang ditimbang tidak sesuai hasil perhitungan.
☐ D. Bila padatan sudah menyerap uap air, konsentrasi sebenarnya lebih rendah daripada hasil perhitungan.
☐ E. $Na_2CO_3$ sebaiknya dikeringkan di oven lalu didinginkan di desikator sebelum ditimbang.

**8.** Pabrik pemutih kertas menyimpan hidrogen peroksida 35% yang perlahan terurai menjadi air dan oksigen (2027). Penguraian dipercepat oleh panas, cahaya, dan sedikit ion logam seperti besi. Kadar stok gudang turun lebih cepat dari biasanya setelah drum dipindah ke dekat dinding seng yang panas dan beberapa operator memakai sendok besi untuk mengambil contoh. Kepala gudang meminta usulan dari Nita.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Menutup drum lebih rapat agar oksigen hasil penguraian tidak dapat keluar
B. Memindahkan drum ke tempat teduh dan sejuk serta memakai alat ambil dari plastik
C. Memindahkan larutan ke drum baja yang lebih kuat agar tahan terhadap tekanan gas oksigen
D. Menyimpan drum di ruang ber-AC yang terang dengan lampu menyala terus-menerus
E. Mengganti sendok besi dengan sendok baja tahan karat tanpa memindahkan drum



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

**9.** Label pupuk cair produksi koperasi di Malang menyebutkan kadar nitrogen 20% (b/v) dan dosis 2 mL konsentrat per 1 L air siraman (2027). Seorang petani hidroponik menanyakan kadar nitrogen dalam air siraman itu dalam mg/L (ppm). Bayu, staf QC koperasi, diminta menjawab. Anggap volume akhir tetap 1 L.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Kadar nitrogen dalam air siraman adalah ....

A. 0,4 mg/L
B. 4 mg/L
C. 40 mg/L
D. 400 mg/L
E. 4.000 mg/L

**10.** Sekitar 1 L larutan formalin 37% tumpah di gudang pabrik lem kayu (2027). Ringkasan SDS yang dibaca Dimas:

| Bagian SDS | Isi singkat |
|---|---|
| 2. Identifikasi bahaya | beracun bila terhirup, korosif pada kulit, dapat menyebabkan kanker |
| 6. Tindakan atas tumpahan | jauhkan sumber api, serap dengan bahan inert (pasir/vermikulit), masukkan wadah tertutup |
| 8. Kontrol paparan | ventilasi; sarung tangan nitril, goggle, respirator uap organik |
| 10. Reaktivitas | hindari bahan pengoksidasi kuat |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang paling sesuai dengan SDS adalah ....

A. Memakai sarung tangan nitril, goggle, respirator; menyerap dengan pasir ke wadah tertutup
B. Memakai masker kain dan sarung tangan kain, lalu menyerap tumpahan dengan pasir
C. Memakai APD lengkap, menyerap dengan pasir, lalu menaruh wadahnya di rak pengoksidasi
D. Memakai sarung tangan nitril dan goggle, lalu mengepel tumpahan dengan air ke saluran pembuangan
E. Memakai APD lengkap, menyerap dengan pasir, lalu membuang pasir ke tempat sampah biasa



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

**11.** Siswa PKL di laboratorium pabrik pupuk menitrasi larutan HCl contoh dengan NaOH standar memakai indikator fenolftalein (2027). Pembimbing, Pak Imam, meminta siswa menilai beberapa langkah yang ditulis temannya di buku kerja.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Buret diisi NaOH standar melalui corong, lalu corong dilepas sebelum pembacaan awal. | ○ | ○ |
| Pembacaan buret dilakukan pada bagian atas meniskus agar lebih mudah terlihat. | ○ | ○ |
| Titik akhir ditandai saat larutan berubah dari tak berwarna menjadi merah muda pucat yang menetap. | ○ | ○ |

**12.** Mesin pengaduk adonan bahan pembersih di pabrik detergen bubuk memiliki poros berputar yang sebagian tidak bertutup (2027). Operator baru, Lusi, berambut panjang terurai, memakai sarung tangan kain longgar dan syal saat mengambil contoh dekat poros. Supervisor harus memutuskan tindakan pertama sebelum Lusi bekerja hari itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan pertama yang paling tepat adalah ....

A. Meminta Lusi memakai sarung tangan karet tebal yang lebih kuat sebagai pengganti sarung tangan kain
B. Meminta Lusi memakai sarung tangan kain yang lebih pas dan mengikat rambutnya
C. Meminta Lusi mengikat rambut, melepas syal dan sarung tangan, dan memasang pelindung poros
D. Memasang pelindung poros saja tanpa mengubah pakaian dan rambut Lusi
E. Meminta Lusi mengambil contoh dari sisi mesin yang lebih jauh dari poros

**13.** Petunjuk pada jeriken cairan pembersih tangki di pabrik minuman tertulis: "encerkan 1 : 4 (konsentrat : air), v/v" (2027). Operator kebersihan, Tono, perlu membuat 1 L larutan siap pakai untuk satu kali pembersihan. Gelas ukur 1 L tersedia.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Takaran yang tepat adalah ....

A. 250 mL konsentrat dan 750 mL air
B. 250 mL konsentrat dan 1.000 mL air
C. 400 mL konsentrat dan 600 mL air
D. 100 mL konsentrat dan 900 mL air
E. 200 mL konsentrat dan 800 mL air

**14.** Di bengkel kerajinan logam, Ayu ingin melapisi sendok kuningan dengan perak (2027). Ia merangkai alat seperti pada gambar, lalu meminta Pak Darto, teknisi pelapisan, memeriksa



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

rangkaian sebelum catu daya dinyalakan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penilaian Pak Darto yang tepat adalah ....




A. Rangkaian sudah benar; perak dari batang akan berpindah melapisi sendok
B. Larutan perlu diganti larutan garam dapur agar perak lebih mudah mengendap
C. Batang perak perlu diganti batang karbon agar perak murni tidak terbuang
D. Rangkaian sudah benar, tetapi arus perlu diperbesar agar lapisan lebih tebal
E. Sambungan kutub tertukar; sendok harus dihubungkan ke kutub negatif

**15.** Saat menyalin hasil titrasi ke buku kerja laboratorium pabrik pakan, Anton salah menulis volume 21,35 mL menjadi 12,35 mL dengan pulpen (2027). Buku kerja itu akan diperiksa auditor mutu bulan depan. Anton bertanya kepada kepala laboratorium cara membetulkannya.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Cara yang paling tepat adalah ....

A. Menutup angka yang salah dengan cairan penghapus lalu menulis angka yang benar
B. Mencoret angka salah dengan satu garis, menulis angka benar, paraf, tanggal
C. Mencoret angka salah sampai tidak terbaca lalu menulis angka benar di sebelahnya
D. Menulis angka benar di atas angka lama tanpa paraf karena hanya salah salin
E. Membiarkan angka salah dan menulis angka benar di kertas tempel terpisah



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

**16.** Unit produksi pupuk dolomit menggiling batu dolomit lalu mengayaknya agar ukuran butir seragam untuk dikemas (2027). Produk harus lolos ayakan 1 mm. Nanda, operator baru, menuliskan pemahamannya tentang unit itu.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Penggilingan dan pengayakan mengubah susunan kimia dolomit menjadi senyawa baru.
☐ B. Butiran yang tertahan di atas ayakan 1 mm dikembalikan ke mesin giling.
☐ C. Dolomit sebaiknya dibasahi sedikit sebelum diayak agar lebih cepat lolos lubang ayakan.
☐ D. Lubang ayakan yang sobek membuat sebagian butir kasar ikut masuk ke produk.
☐ E. Mengisi ayakan sebanyak-banyaknya sekaligus membuat pengayakan lebih cepat dan lebih bersih.

**17.** Rangka baja di area pengemasan pabrik garam cepat berkarat (2027). Di beberapa titik, rangka baja dibaut dengan pelat tembaga. Udara di area itu lembap dan berdebu garam. Kepala teknisi meminta Wawan menyusun analisis penyebab dan usulan pencegahan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Debu garam yang larut dalam lapisan air mempercepat karat karena larutan elektrolit memudahkan reaksi.
☐ B. Kontak baja dengan tembaga mempercepat karat baja karena besi lebih mudah teroksidasi daripada tembaga.
☐ C. Mengecat rangka mencegah air dan oksigen menyentuh permukaan baja.
☐ D. Mengganti baut tembaga dengan baut perak membuat rangka tidak berkarat lagi.
☐ E. Memasang isolator di antara baja dan tembaga mengurangi karat di titik sambungan.

**18.** Unit bioetanol skala kecil memfermentasi larutan yang mengandung 180 kg glukosa (2027). Reaksi: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$. Untuk perencanaan tangki produk, Retno diminta menghitung massa etanol maksimum (teoretis) yang dapat dihasilkan. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa etanol teoretis adalah ....

A. 46 kg
B. 88 kg
C. 92 kg
D. 180 kg
E. 184 kg



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

**19.** Laboratorium pabrik garam beriodium menguji contoh kontrol berkadar $KIO_3$ 40,0 mg/kg setiap hari (2027). Aturan: hanya bila hasil kontrol di luar 39,0–41,0 mg/kg, analisis hari itu tidak sah dan semua contoh hari itu diulang. Pembimbing juga mengingatkan bahwa hasil yang terus naik beberapa hari menandakan ada penyebab yang perlu dicari.

| Hari | Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jumat |
|---|---|---|---|---|---|
| Hasil kontrol (mg/kg) | 39,8 | 40,2 | 40,6 | 40,9 | 41,3 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

*Pilih semua jawaban yang benar.*

☐ A. Hasil contoh produksi pada hari Senin sampai Kamis tetap sah.
☐ B. Analisis hari Jumat tidak sah dan contoh produksi hari itu harus diulang.
☐ C. Hasil hari Jumat masih dapat diterima karena hanya 0,3 mg/kg di atas batas.
☐ D. Kenaikan beruntun sejak Senin menunjukkan kemungkinan penyebab tetap, misalnya larutan standar yang berubah.
☐ E. Contoh produksi hari Kamis juga harus diulang karena hasil kontrolnya sudah mendekati batas.

**20.** Ilham menggores biakan bakteri pada cawan agar dengan metode gores kuadran di laboratorium pabrik nata de coco (2027). Setelah inkubasi, pertumbuhan rapat terlihat di keempat kuadran tanpa satu pun koloni terpisah. Cawan kontrol tanpa inokulasi tetap bersih. Catatan kerjanya: ose dipijarkan sebelum mengambil biakan, lalu kuadran 1 sampai 4 digores berurutan.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penyebab paling mungkin dan perbaikannya adalah ....

A. Ose tidak dipijarkan di antara kuadran; ulangi dengan memijarkan ose setiap pindah kuadran
B. Media tercemar dari udara; ulangi dengan media yang baru disterilkan dan dituang ulang ke cawan baru
C. Suhu inkubasi terlalu tinggi; ulangi dengan suhu inkubasi yang lebih rendah
D. Biakan sudah mati; ulangi dengan biakan baru yang lebih muda dan segar
E. Cawan diinkubasi terbalik; ulangi dengan tutup cawan menghadap ke atas



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

**21.** Pabrik pigmen menyaring 500 kg bubur (slurry) berkadar padatan 20% dengan filter press (2027). Ampas basah yang keluar dari filter berkadar padatan 60%, dan filtrat dianggap bebas padatan. Bagus, operator, perlu memperkirakan massa filtrat untuk menyiapkan tangki penampung.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Massa filtrat yang dihasilkan adalah ....

A. 100,0 kg
B. 166,7 kg
C. 300,0 kg
D. 333,3 kg
E. 400,0 kg

**22.** Pabrik pupuk superfosfat mereaksikan batuan fosfat dengan asam sulfat (2027). Kepala produksi ingin waktu reaksi per batch lebih singkat tanpa mengubah jumlah bahan. Siswa PKL diminta menilai beberapa usulan dari operator.
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Menggiling batuan fosfat lebih halus mempercepat reaksi karena luas permukaan sentuh bertambah. | ○ | ○ |
| Menaikkan suhu campuran (dalam batas aman alat) mempercepat reaksi karena tumbukan efektif lebih sering. | ○ | ○ |
| Mempercepat reaksi juga menambah jumlah pupuk yang dihasilkan dari bahan yang sama. | ○ | ○ |

**23.** Analis pabrik tepung bumbu menimbang 10 g contoh ke dalam 90 mL larutan pengencer steril dan menghomogenkannya (2027). Dari larutan itu, 1 mL dipindahkan ke 9 mL pengencer, lalu 1 mL berikutnya ke 9 mL pengencer lagi. Dari tabung terakhir, 1 mL dituang ke cawan dan setelah inkubasi tumbuh 64 koloni (dalam rentang hitung).
*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Nilai ALT contoh adalah ....

A. $6{,}4 \times 10^{2}$ koloni/g
B. $6{,}4 \times 10^{3}$ koloni/g
C. $6{,}4 \times 10^{4}$ koloni/g
D. $6{,}4 \times 10^{5}$ koloni/g
E. $6{,}4 \times 10^{6}$ koloni/g

**24.** Biakan stok Lactobacillus (bakteri Gram positif berbentuk batang) di pabrik minuman probiotik diperiksa dengan pewarnaan Gram (2027). Pewarnaan dikerjakan dengan prosedur benar dan preparat kontrol memberi hasil sesuai. Di bawah mikroskop terlihat



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

banyak batang berwarna ungu dan sejumlah kecil bulatan berwarna merah muda. Analis, Lina, menuliskan kesimpulannya.

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

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

*Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.*

| Pernyataan | Benar | Salah |
|---|---|---|
| Bulatan merah muda adalah sel Lactobacillus yang lunturnya berlebihan. | ○ | ○ |
| Biakan stok kemungkinan tercemar bakteri Gram negatif berbentuk bulat. | ○ | ○ |
| Biakan stok perlu dimurnikan ulang dengan metode gores sebelum dipakai produksi. | ○ | ○ |

**25.** Laboratorium pabrik tepung ikan menetapkan kadar abu dengan pengabuan dalam tanur (2027). Contoh berkadar air 10%. Spesifikasi: kadar abu maksimum 5,5% (basis kering).

| Penimbangan | Massa (g) |
|---|---|
| Cawan porselen kosong | 30,0000 |
| Cawan + contoh | 32,0000 |
| Cawan + abu (bobot tetap) | 30,1080 |

*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*

Kadar abu basis kering dan kesimpulannya adalah ....

A. 0,54%; memenuhi spesifikasi
B. 4,86%; memenuhi spesifikasi
C. 5,40%; memenuhi spesifikasi
D. 6,00%; tidak memenuhi spesifikasi
E. 54,0%; tidak memenuhi spesifikasi



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 2, 4, 5, 7, 11, 16, 17, 19, 22, 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 1.4 · Pengembangan produk dan siklus hidup produk | 6 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 48 |
| Sub bab 1.5 · Profil profesi, peluang usaha, dan technopreneurship | 1, 3 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 59 |
| Sub bab 2.1 · Teknik dasar proses industri kimia | 16, 21 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 87 |
| Sub bab 2.2 · Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium | 13 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 104 |
| Sub bab 2.3 · Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R | 5, 12 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 117 |
| Sub bab 2.4 · Simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 | 4, 10 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 133 |
| Sub bab 3.3 · Persamaan reaksi dan konsep mol | 18 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 195 |
| Sub bab 3.4 · Stoikiometri dan konversi satuan larutan standar | 7, 9 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 209 |
| Sub bab 3.5 · Laju reaksi dan kesetimbangan kimia | 8, 22 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 221 |
| Sub bab 3.6 · Sifat koligatif larutan | 2 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 240 |
| Sub bab 3.7 · Reaksi redoks dan elektrokimia: sel volta dan elektrolisis | 14, 17 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 253 |
| Sub bab 4.4 · Isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba (ALT/TPC) | 20, 23 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 318 |
| Sub bab 4.5 · Pewarnaan bakteri dasar | 24 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 334 |
| Sub bab 5.3 · Prosedur analisis titrimetri konvensional | 11 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 387 |
| Sub bab 5.4 · Prosedur analisis gravimetri konvensional | 25 | ___ / 1 | Ulangi hlm. 402 |
| Sub bab 5.5 · Analisis data hasil uji untuk memastikan validitas | 15, 19 | ___ / 2 | Ulangi hlm. 415 |



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: D

**Konsep:** Produksi biodiesel skala kecil: penyaringan kotoran → penghilangan air → transesterifikasi minyak dengan metanol berkatalis basa → pemisahan gliserol → pencucian dan pengeringan biodiesel.

**Langkah:**

1. Kotoran padat dibuang lebih dulu → penyaringan pertama.
2. Air harus hilang sebelum reaksi → penguapan air kedua.
3. Reaksi menghasilkan gliserol → pemisahan gliserol sesudah reaksi.
4. Pencucian membuang sisa katalis dari biodiesel, lalu dikeringkan.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: air diuapkan setelah reaksi, padahal air harus hilang sebelum reaksi agar katalis tidak menjadi sabun.
• **B.** ✗ Penyaringan setelah pemanasan membuat kotoran ikut dipanaskan; pencucian sebelum pemisahan gliserol mencampur kembali air, gliserol, dan biodiesel.
• **C.** ✗ Jebakan: hampir benar, tetapi pencucian dilakukan sebelum gliserol dipisahkan sehingga air bercampur dengan lapisan gliserol yang masih ada.
• **D.** ✓ Sesuai semua syarat di catatan teknis.
• **E.** ✗ Gliserol baru terbentuk setelah reaksi, jadi belum ada yang bisa dipisahkan sebelum reaksi.

**Jawaban: D.**

### No. 2 Kunci: A, D

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

**Konsep:** Produksi gula: pemerahan → pemurnian (kapur, pengendapan) → penguapan vakum (titik didih rendah) → kristalisasi → sentrifugasi (memisahkan kristal dari molase) → pengeringan.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Kapur menggumpalkan kotoran dan menaikkan pH; gumpalan diendapkan sehingga nira jernih.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: tekanan rendah justru menurunkan titik didih, sehingga air menguap pada suhu lebih rendah dan gula tidak gosong.
• **Pernyataan 3** ✗ Pemisahan kristal dari cairan kental dilakukan dengan sentrifugasi, bukan saringan pasir.
• **Pernyataan 4** ✓ Molase masih mengandung gula yang dapat difermentasi.
• **Pernyataan 5** ✗ Urutan terbalik: cairan dibuang dulu dengan sentrifugasi, baru kristal yang masih lembap dikeringkan.

**Jawaban: pernyataan 1, 4.**



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

### No. 3 Kunci: B

**Konsep:** Pada pemurnian minyak sawit, fraksinasi memisahkan stearin (titik leleh tinggi, mudah membeku) dari olein (minyak goreng cair). Stearin yang terbawa membuat minyak keruh dan membeku pada suhu dingin, lalu jernih lagi saat dihangatkan.

**Langkah:**
1. Gejala bergantung suhu: keruh/membeku saat dingin, jernih saat hangat → ada bagian yang mudah membeku.
2. Diagram: bagian padat (stearin) dibuang di unit fraksinasi.
3. Warna dan bau normal → pemucatan dan deodorisasi tidak bermasalah.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: getah memang membuat minyak keruh, tetapi keruhnya tidak hilang hanya karena dihangatkan.
• **B.** ✓ Stearin yang terbawa menimbulkan gejala yang bergantung suhu.
• **C.** ✗ Tanah pemucat yang lolos membuat endapan pada semua suhu, tidak hilang saat minyak dihangatkan.
• **D.** ✗ Deodorisasi membuang senyawa berbau; bau minyak normal.
• **E.** ✗ Jebakan: sabun sisa dapat mengeruhkan minyak, tetapi tidak membuat minyak membeku lalu jernih kembali bergantung suhu.

**Jawaban: B.**

### No. 4 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Air minum dalam kemasan: penyaringan bertahap (pasir → karbon aktif → mikrofilter) lalu desinfeksi akhir dengan ozon/UV tepat sebelum pengisian.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Benar.** Karbon aktif menyerap senyawa organik penyebab bau/rasa dan menghilangkan sisa klorin.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Mikrofilter adalah penyaringan akhir untuk partikel halus.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Karbon aktif menguraikan ozon sehingga daya bunuh mikrobanya hilang sebelum air dikemas; ozon diberikan di tahap akhir.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## Latihan sub bab 1.3

### No. 1 Kunci: E

**Konsep:** Data panel digital dibaca dengan membandingkan nilai terukur terhadap batas proses, lalu tindakan diprioritaskan menurut risiko kerusakan yang paling cepat.

**Langkah:**
1. F-2: suhu 51,6 °C (> 48 °C) dan pemanas ON → starter mati dalam beberapa menit.
2. F-3: selesai pukul 10.05 → masih punya waktu sampai 10.35 untuk mulai didinginkan.
3. F-1: suhu dan pH normal, fermentasi belum selesai.
4. Prioritas: F-2, lalu F-3.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: F-3 memang harus didinginkan, tetapi masih punya waktu; F-2 rusak dalam hitungan menit.
• **B.** ✗ F-2 dibiarkan terlalu panas dan F-3 dapat melewati batas 30 menit.
• **C.** ✗ Penyebab panas adalah pemanas yang masih ON, bukan pengaduk.
• **D.** ✗ Mengubah rentang semua fermentor tidak menangani pemanas F-2 yang menyala saat suhu



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

sudah tinggi.

• **E.** ✓ Risiko tercepat ditangani lebih dulu, lalu F-3.

**Jawaban: E.**

### No. 2 Kunci: E

**Konsep:** Teknologi industri 4.0 (sensor terhubung, pemantauan waktu nyata, kendali otomatis) mencegah penyimpangan dengan mengukur terus-menerus dan langsung bertindak, bukan hanya mencatat atau melacak.

**Langkah:**

1. Masalah: penyimpangan terjadi di antara uji manual.
2. Perlu pengukuran terus-menerus dan tindakan otomatis.
3. Sensor daring + alarm + kendali pompa dosis.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: uji manual tidak terlewat, tetapi celah 4 jam di antara uji tetap ada.
• **B.** ✗ Jebakan: pelacakan membantu penarikan produk setelah kejadian, tetapi tidak mencegah.
• **C.** ✗ Jebakan: data menjadi digital, tetapi celah 4 jam tetap ada.
• **D.** ✗ Celah waktu berkurang, tetapi tetap ada dan biaya tenaga kerja naik.
• **E.** ✓ Pengukuran waktu nyata dengan alarm dan kendali otomatis menutup celah waktu.

**Jawaban: E.**

## Latihan sub bab 1.4

### No. 1 Kunci: A, C, D

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

**Konsep:** Pengembangan produk berjalan bertahap; setiap peningkatan skala dapat memunculkan masalah baru (pencampuran, pemanasan) yang harus diselesaikan dan diuji ulang sebelum produksi penuh.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Produk yang tidak stabil tidak boleh naik ke tahap produksi.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: hasil laboratorium tidak menjamin hasil skala besar; uji pilot justru menunjukkan masalah.
• **Pernyataan 3** ✓ Perbedaan alat dan cara pengadukan adalah perubahan utama antara dua skala.
• **Pernyataan 4** ✓ Perbaikan harus dibuktikan dengan uji ulang sebelum naik ke produksi.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: menutupi cacat mutu dengan label tidak menyelesaikan masalah kestabilan losion.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.**

## Latihan sub bab 1.5

### No. 1 Kunci: A

**Konsep:** Analis QC menguji contoh bahan baku, produk antara, dan produk akhir lalu membandingkan hasilnya dengan spesifikasi. QA mengelola sistem mutu (SOP, audit, dokumen). Operator menjalankan alat produksi.

**Langkah:**

1. Kegiatan utama: mengambil dan menguji contoh, membandingkan dengan spesifikasi.
2. Itu tugas analis QC.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Pengujian contoh dan pembandingan dengan spesifikasi adalah tugas QC.

• **B.** ✗ Jebakan: QA juga mengurus mutu, tetapi pada sistem (SOP, audit, dokumen), bukan menguji contoh harian.

• **C.** ✗ Operator menjalankan proses, bukan menganalisis di laboratorium.

• **D.** ✗ R&D merancang formula atau produk baru.

• **E.** ✗ Teknisi pemeliharaan merawat dan memperbaiki mesin.

**Jawaban: A.**

### No. 2 Kunci: A, C, D

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

**Konsep:** Profesi di industri kimia: operator proses (menjalankan alat), analis QC (menguji contoh), QA (sistem mutu, audit, pelepasan batch), R&D (produk baru), HSE (keselamatan), teknisi pemeliharaan (merawat alat).

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Pengelolaan sistem mutu dan audit adalah tugas penjaminan mutu.

• **Pernyataan 2** ✗ Perbaikan dan perawatan mesin adalah tugas teknisi pemeliharaan.

• **Pernyataan 3** ✓ Perancangan dan uji formula adalah tugas penelitian dan pengembangan.

• **Pernyataan 4** ✓ Keselamatan dan kesehatan kerja ditangani petugas HSE/K3.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: analis QC menguji contoh, sedangkan keputusan pelepasan batch dari tinjauan dokumen adalah wewenang QA.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.**

## Kuis Akhir Bab 1

### No. 1 Kunci: A

**Konsep:** Proses produksi berurutan menurut alasan: bahan dipersiapkan lebih dulu, diolah (fermentasi), dipisahkan dari ampas, dimurnikan dan diawetkan dengan pemasakan, lalu dikemas. Urutan dapat dibuktikan dari catatan pada soal.

**Langkah:**

1. Kapang hanya tumbuh pada kedelai matang → perebusan lebih dulu, baru fermentasi.
2. Hasil fermentasi yang direndam larutan garam → perendaman setelah fermentasi.
3. Air rendaman disaring untuk memisahkan ampas → penyaringan setelah perendaman.
4. Air saringan dimasak dengan gula merah → pemasakan setelah penyaringan.
5. Kecap panas diisi ke botol bersih → pengisian botol paling akhir.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Sesuai kelima langkah di atas.

• **B.** ✗ Jebakan: perendaman garam dan fermentasi tertukar, padahal yang direndam adalah hasil fermentasi.

• **C.** ✗ Jebakan: fermentasi sebelum perebusan; kapang tidak tumbuh baik pada kedelai mentah.

• **D.** ✗ Jebakan: pemasakan sebelum penyaringan akan memasak ampas ikut serta; penyaringan harus lebih dulu.

• **E.** ✗ Jebakan: pengisian sebelum pemasakan membuat kecap belum matang dan belum awet dikemas.

**Jawaban: A.**



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

## No. 2 Kunci: D

**Konsep:** Setiap pengiriman bahan baku diperiksa saat diterima: dokumen, kondisi kemasan, dan kadar atau kemurniannya (QC bahan baku). Bahan yang belum lolos uji ditahan terpisah (karantina) dan tidak boleh masuk proses.

**Langkah:**
1. Kemasan robek dan butiran lembap menunjukkan kemungkinan bahan menyerap uap air dan kadarnya turun.
2. Surat jalan hanya klaim pemasok; kadar sebenarnya harus dibuktikan dengan uji contoh.
3. Selama menunggu hasil, kiriman ditahan di area karantina agar tidak terpakai.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: menguji setelah produksi berjalan berarti bahan yang belum terbukti sudah masuk proses.
• **B.** ✗ Jebakan: menolak semuanya tanpa uji merugikan; karung yang utuh mungkin masih memenuhi syarat.
• **C.** ✗ Jebakan: surat jalan tidak menggantikan uji penerimaan.
• **D.** ✓ Pemeriksaan kemasan, uji contoh, dan karantina sampai hasil keluar.
• **E.** ✗ Menjual bahan yang diduga rusak dan menyimpan sisanya tanpa uji memindahkan masalah dan membiarkan risiko.

**Jawaban: D.**

## No. 3 Kunci: B, D, E

**Konsep:** Unit pendukung tidak membuat produk, tetapi membuat produksi berjalan, bermutu, dan aman: utilitas, pengendalian mutu (QC), pemeliharaan, K3LH dan pengolahan limbah, serta pergudangan dan logistik. Tiap unit punya tugas yang berbeda.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: jadwal pengiriman diatur bagian pergudangan dan logistik; QC menguji bahan dan produk.
• **B.** ✓ Utilitas menyediakan uap, listrik, air, dan udara tekan bagi alat produksi.
• **C.** ✗ Jebakan: menguji kadar protein adalah tugas QC; pemeliharaan merawat dan memperbaiki alat.
• **D.** ✓ Pengolahan limbah (IPAL) mengolah air buangan sebelum dilepas.
• **E.** ✓ Gudang menyimpan bahan dan produk sesuai sifatnya (suhu, kelembapan, kecocokan antarbahan).

**Jawaban: B, D, dan E.**

## No. 4 Kunci: A, B, E

**Konsep:** Sintesis amonia $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ bersifat bolak-balik, sehingga hanya sebagian pereaksi menjadi amonia dalam sekali lintasan. Amonia dipisahkan dari sisa gas dengan pendinginan (amonia mengembun lebih dulu), dan sisa nitrogen serta hidrogen didaur ulang ke reaktor.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Gas yang belum bereaksi dikembalikan (aliran daur ulang) agar bahan baku dimanfaatkan.
• **B.** ✓ Pendinginan membuat amonia mengembun menjadi cairan yang dapat dipisahkan dari gas sisa.
• **C.** ✗ Jebakan: dalam urutan produksi, distribusi dan pemasaran berada di ujung, setelah produk dibuat dan disimpan.
• **D.** ✗ Jebakan: produk belum ada sebelum reaktor, sehingga tidak ada amonia yang dapat dipisahkan di sana; pemisahan dilakukan sesudah reaktor.
• **E.** ✓ Karena reaksinya bolak-balik, gas keluar reaktor masih memuat banyak pereaksi.

**Jawaban: A, B, dan E.**



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

## No. 5 Kunci: E

**Konsep:** Neraca massa: massa yang masuk sama dengan massa yang keluar. Karena hanya air yang menguap, massa garam sama sebelum dan sesudah evaporator.

**Langkah:**

1. Massa garam dalam umpan = 20% × 1.000 kg = 200 kg.
2. Larutan pekat berkadar 40%: massanya = 200 ÷ 0,40 = 500 kg.
3. Air yang diuapkan = massa umpan − massa larutan pekat = 1.000 − 500 = 500 kg.
4. Pemeriksaan: air dalam umpan 800 kg; air dalam larutan pekat 300 kg; selisih 500 kg.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: 200 kg adalah massa garam, bukan air yang diuapkan.
- **B.** ✗ Jebakan: 400 kg diperoleh dari 40% × 1.000 (kadar akhir dikalikan massa umpan).
- **C.** ✗ Jebakan: 600 kg diperoleh dari 60% × 1.000, yaitu 100% − 40% dikalikan massa umpan.
- **D.** ✗ Jebakan: 800 kg adalah seluruh air dalam umpan; air tidak diuapkan seluruhnya.
- **E.** ✓ 1.000 − 500 = 500 kg.

**Jawaban: E.**

## No. 6 Kunci: A, C, E

**Konsep:** Penurunan emisi mengikuti urutan prioritas: kurangi kebutuhan energi dan efisienkan, ganti sumber energi, tangkap atau manfaatkan emisi yang tersisa; penyeimbang seperti penghijauan hanya melengkapi. Usulan yang hanya memindahkan emisi tidak menurunkannya.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Isolasi dan perbaikan kebocoran mengurangi panas terbuang sehingga solar yang dibakar berkurang (efisiensi).
- **B.** ✗ Jebakan: cerobong lebih tinggi hanya menyebarkan gas buang; jumlah gas rumah kaca yang dilepas tetap sama.
- **C.** ✓ Biomassa menggantikan sebagian bahan bakar fosil sehingga emisi karbon fosil turun.
- **D.** ✗ Jebakan: penghijauan membantu, tetapi hanya pelengkap dan tidak dapat menggantikan seluruh perbaikan teknis di pabrik.
- **E.** ✓ Panas gas buang dimanfaatkan kembali sehingga bahan bakar untuk memanaskan air umpan berkurang.

**Jawaban: A, C, dan E.**

## No. 7 Kunci: D

**Konsep:** Stoikiometri pembakaran: perbandingan koefisien sama dengan perbandingan mol. Mr $CH_4$ = 16 dan Mr $CO_2$ = 44.

**Langkah:**

1. Mol $CH_4$ = 600 kg ÷ 16 kg/kmol = 37,5 kmol.
2. Koefisien $CH_4$ : $CO_2$ = 1 : 1, sehingga $CO_2$ yang terbentuk = 37,5 kmol.
3. Massa $CO_2$ = 37,5 kmol × 44 kg/kmol = 1.650 kg.
4. Cek akal sehat: $CO_2$ lebih berat daripada $CH_4$ karena menyerap oksigen: 1.650 > 600.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: massa $CO_2$ dianggap sama dengan massa $CH_4$ (600 kg).
- **B.** ✗ Jebakan: perbandingan massa dibagi dua (1.650 ÷ 2).
- **C.** ✗ Jebakan: 600 kg dikalikan koefisien $O_2$ (2) tanpa mengubah ke mol.
- **D.** ✓ 37,5 × 44 = 1.650 kg.
- **E.** ✗ Jebakan: hasil benar dikalikan koefisien $H_2O$ (2).

**Jawaban: D.**



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

## No. 8 Kunci: A, C, D

**Konsep:** Kemasan dibandingkan menurut emisi total per liter (per satuan fungsi): emisi pembuatan dibagi jumlah pemakaian, ditambah emisi pembuangan akhir dibagi jumlah pemakaian, ditambah emisi pencucian dan pengiriman tiap pengisian.

**Langkah:**
1. P = 90 + 10 = 100 g per liter.
2. Q (5 kali) = (300 + 15 + 5 × 25) ÷ 5 = 440 ÷ 5 = 88 g per liter.
3. R = 40 + 20 = 60 g per liter.
4. Q (10 kali) = (300 + 15 + 10 × 25) ÷ 10 = 565 ÷ 10 = 56,5 g per liter.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ R = 60 g, lebih rendah daripada Q (88 g) dan P (100 g).
• **B.** ✗ Jebakan: emisi pembuatan Q memang terbesar, tetapi dibagi lima pemakaian; Q = 88 g, lebih rendah daripada P = 100 g.
• **C.** ✓ 56,5 g lebih kecil daripada 60 g.
• **D.** ✓ P = 100 g, tertinggi di antara 100, 88, dan 60.
• **E.** ✗ Jebakan: emisi pembuatan dibagi jumlah pemakaian, sehingga makin banyak pemakaian, makin rendah emisi per liter.

**Jawaban: A, C, dan D.**

## No. 9 Kunci: A

**Konsep:** Data sensor divalidasi dengan neraca bahan: perubahan isi per jam = aliran masuk − aliran keluar. Bila data tidak cocok, cari penyebab dari apa yang sudah terbukti benar (baru dikalibrasi) dan apa yang terlihat langsung (genangan).

**Langkah:**
1. Selisih aliran = 2,4 − 1,6 = 0,8 $m^3$/jam → 0,8 ÷ 8 × 100% = 10% per jam seharusnya.
2. Layar menunjukkan 5% per jam → hanya 0,4 $m^3$/jam yang tertahan; 0,4 $m^3$/jam menghilang.
3. Flowmeter baru dikalibrasi dan ada genangan di bawah tangki → dugaan kuat: kebocoran.
4. Tindakan: hentikan pengisian, periksa dan perbaiki kebocoran, amankan genangan.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Kebocoran menjelaskan selisih 0,4 $m^3$/jam dan genangan; pengisian dihentikan untuk keselamatan.
• **B.** ✗ Jebakan: menaikkan aliran keluar mengubah data, bukan memperbaiki penyebab, dan menambah cairan terbuang.
• **C.** ✗ Flowmeter baru dikalibrasi; tidak ada alasan menyalahkannya.
• **D.** ✗ Jebakan: level tetap naik, tetapi lebih lambat daripada seharusnya dan ada genangan; itu tanda masalah.
• **E.** ✗ Jebakan: sensor level tidak harus dicurigai; genangan memberi penjelasan langsung dan sensor dapat dicek setelah kebocoran diatasi.

**Jawaban: A.**

## No. 10 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Proses batch (bertahap) fleksibel dan cocok untuk produk bervariasi berjumlah kecil; proses kontinu cocok untuk satu jenis produk berjumlah sangat besar.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: proses kontinu cocok untuk produk seragam dalam jumlah besar; produk bervariasi dan sedikit cocok untuk batch.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Tangki batch dibersihkan lalu dipakai untuk produk berikutnya.



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

• **Pernyataan 3 → Benar.** Nomor batch memudahkan pelacakan bahan dan penarikan produk bermasalah.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

## No. 11 Kunci: C

**Konsep:** Pemeliharaan prediktif memakai tren data: nilai yang masih di bawah batas tetapi naik makin cepat adalah peringatan dini. Keputusan didasarkan pada perkiraan kapan batas akan tercapai, bukan pada nilai saat ini.

**Langkah:**

1. Kenaikan tiap minggu: 2,6 − 2,0 = 0,6; 3,4 − 2,6 = 0,8; 4,5 − 3,4 = 1,1 mm/s. Kenaikannya makin besar (semakin cepat).
2. Bila kenaikan tiap minggu hanya sebesar kenaikan terakhir (1,1 mm/s): minggu ke-5 ≈ 5,6; minggu ke-6 ≈ 6,7; minggu ke-7 ≈ 7,8 mm/s, sehingga batas 7,1 mm/s tercapai antara minggu ke-6 dan ke-7 (lebih cepat bila kenaikan terus membesar), sebelum minggu ke-8.
3. Sensor baru dikalibrasi dan pompa lain stabil → data P-12 dapat dipercaya; penyebabnya diduga bantalan yang aus.
4. Tersedia pompa cadangan → P-12 dapat dihentikan terencana tanpa menghentikan produksi.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: menunggu alarm berarti pompa berhenti mendadak dan bantalan dapat rusak berat.
• **B.** ✗ Menaikkan batas alarm menyembunyikan masalah; getaran tinggi tetap merusak pompa.
• **C.** ✓ Memanfaatkan tren dan pompa cadangan: perbaikan terencana sebelum batas tercapai.
• **D.** ✗ Jebakan: minggu ke-8 lebih lambat daripada perkiraan tercapainya batas (antara minggu ke-6 dan ke-7).
• **E.** ✗ Sensor baru dikalibrasi dan pompa lain stabil, sehingga data P-12 yang mencerminkan keadaan pompa.

**Jawaban: C.**

## No. 12 Kunci: A, B, D

**Konsep:** Industri 4.0 mempercepat keputusan, tetapi data digital hanya benar bila sensornya benar. Sistem tetap membutuhkan kalibrasi, batas alarm yang sesuai, cadangan manual, dan keamanan siber.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Sensor dapat bergeser atau kotor; kalibrasi dan pembandingan dengan alat acuan menjaga kebenaran data.
• **B.** ✓ Alarm yang terlalu sensitif melahirkan alarm palsu sehingga alarm penting diabaikan; batas harus sesuai batas proses.
• **C.** ✗ Jebakan: koneksi dan sensor dapat gagal, sehingga pemantauan manual tetap diperlukan sebagai cadangan.
• **D.** ✓ Sistem yang terhubung jaringan rawan disusupi; akses dibatasi dan sandi dijaga.
• **E.** ✗ Jebakan: mematikan alarm menghilangkan peringatan dini; yang perlu diperbaiki adalah batas alarmnya.

**Jawaban: A, B, dan D.**

## No. 13 Kunci: B

**Konsep:** Pada diagram alir, setiap unit punya tugas yang jelas. Tahu yang basah dan lembek berarti air gumpalan belum cukup terbuang dari gumpalan, dan pembuangan air itu terjadi di pengepresan.

**Langkah:**

1. Sari kedelai pekat dan jernih → perendaman, penggilingan, dan pemasakan baik.
2. Ampas terpisah bersih → penyaringan baik.
3. Gumpalan padat dengan whey jernih → penggumpalan baik.



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

4. Pisau tajam → pemotongan baik. Masalah tersisa: air belum cukup terbuang → pengepresan (tekanan atau waktu kurang).

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Penggilingan baik: sari pekat.
• **B.** ✓ Pengepresan membuang air dari gumpalan; tekanan atau waktu yang kurang membuat tahu lembek dan basah.
• **C.** ✗ Jebakan: penyaringan memisahkan ampas, dan ampas sudah terpisah bersih.
• **D.** ✗ Pemasakan baik: sari jernih dan gumpalan padat.
• **E.** ✗ Perendaman terjadi sebelum semuanya dan tidak berhubungan dengan air di tahu jadi.

**Jawaban: B.**

## No. 14 Kunci: E

**Konsep:** Teknisi instrumentasi memperbaiki dan mengalibrasi sensor dan alat kendali. Operator menjalankan proses, analis QC menguji contoh produk, QA mengelola sistem mutu, dan HSE menangani keselamatan.

**Langkah:**

1. Kegiatan utama: mengalibrasi sensor, mengganti sensor rusak, mencatat di buku alat.
2. Tidak ada kegiatan menguji contoh, mengatur proses dari layar, mengaudit, atau memeriksa keselamatan.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Operator ruang kontrol mengatur proses dari layar.
• **B.** ✗ Jebakan: analis QC bekerja dengan contoh di laboratorium dan alat laboratorium, bukan sensor di tangki.
• **C.** ✗ QA mengurus sistem mutu dan dokumen.
• **D.** ✗ HSE mengurus keselamatan dan izin kerja.
• **E.** ✓ Kegiatan Ratih adalah tugas teknisi instrumentasi.

**Jawaban: E.**

## No. 15 Kunci: B, C, E

**Konsep:** Harga pokok per unit = total biaya ÷ jumlah unit. Harga yang diterima usaha = harga pokok × (1 + laba %) bila laba dihitung dari biaya. Diskon reseller dihitung dari harga eceran: harga eceran = harga diterima ÷ (1 − diskon).

**Langkah:**

1. Total biaya = 180.000 + 120.000 + 40.000 + 20.000 = Rp360.000.
2. Biaya per gelas = 360.000 ÷ 40 = Rp9.000.
3. Harga diterima = 9.000 × 1,25 = Rp11.250.
4. Harga eceran = 11.250 ÷ 0,90 = Rp12.500. Pemeriksaan: 12.500 − 10% × 12.500 = 11.250.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: 11.250 × 1,10 = 12.375; diskon 10% dari 12.375 hanya Rp1.237,50, sehingga usaha menerima Rp11.137,50, kurang dari Rp11.250.
• **B.** ✓ 360.000 ÷ 40 = Rp9.000.
• **C.** ✓ 9.000 × 1,25 = Rp11.250.
• **D.** ✗ Jebakan: 9.000 ÷ 0,75 = 12.000 berlaku bila laba 25% dari harga jual; soal menyebut laba dari biaya.
• **E.** ✓ 11.250 ÷ 0,90 = Rp12.500.

**Jawaban: B, C, dan E.**



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

## No. 16 Kunci: E

**Konsep:** Dalam kajian daur hidup, penurunan paling efektif diarahkan ke tahap dengan emisi terbesar. Besarnya penurunan tiap usulan = emisi sekarang − emisi sesudah usulan.

**Langkah:**

1. P: 60 − 35 = 25 g. Q: 25 − 15 = 10 g. R: 15 − 10 = 5 g. S: 40 − 25 = 15 g.
2. Pasangan: P + Q = 35; P + S = 40; P + R = 30; Q + S = 25; R + S = 20.
3. Terbesar: P dan S = 40 g (dari total 140 g menjadi 100 g).

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: P dan Q (35 g); Q hanya menurunkan 10 g.
- **B.** ✗ Jebakan: Q dan S (25 g); tidak mengarah ke tahap terbesar.
- **C.** ✗ Jebakan: P dan R (30 g); R hanya menurunkan 5 g.
- **D.** ✗ R dan S (20 g) adalah yang terkecil.
- **E.** ✓ P dan S menurunkan 25 + 15 = 40 g.

**Jawaban: E.**

## No. 17 Kunci: D

**Konsep:** Prioritas alarm ditentukan oleh sisa waktu sebelum batas terlewati dan oleh tingkat bahaya akibatnya. Sisa waktu = (batas − nilai sekarang) ÷ laju perubahan.

**Langkah:**

1. G-1: (8,0 − 6,5) ÷ 0,3 = 5 selang × 10 menit = 50 menit; akibat: kebocoran atau ledakan (paling berbahaya).
2. PD-2: (45 − 38) ÷ 1 = 7 jam; akibat: mutu produk menurun.
3. T-04: (30 − 10) ÷ 4 = 5 jam; akibat: produksi berhenti.
4. Urutan: G-1 (50 menit, keselamatan), lalu T-04 (5 jam), lalu PD-2 (7 jam).

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: PD-2 didahulukan padahal sisa waktunya terlama dan akibatnya paling ringan.
- **B.** ✗ Jebakan: G-1 ditaruh paling akhir padahal sisa waktunya terpendek dan paling berbahaya.
- **C.** ✗ Jebakan: T-04 didahulukan karena level 30% tampak "rendah", padahal tekanan G-1 lebih mendesak.
- **D.** ✓ Sesuai sisa waktu dan tingkat bahaya.
- **E.** ✗ Jebakan: G-1 benar di awal, tetapi PD-2 (7 jam) ditaruh sebelum T-04 (5 jam).

**Jawaban: D.**

## No. 18 Kunci: B

**Konsep:** Pada loop kendali, pengendali membandingkan nilai terukur dengan set point lalu menggerakkan aktuator untuk memperkecil selisihnya.

**Langkah:**

1. Nilai terukur 72% lebih besar daripada set point 60%: level terlalu tinggi.
2. Untuk menurunkan level, aliran keluar harus diperbesar: katup keluar dibuka lebih lebar.
3. Sensor mengukur lagi, dan putaran berulang sampai level mendekati 60%.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: menutup katup keluar menaikkan level, padahal level sudah terlalu tinggi.
- **B.** ✓ Membuka katup keluar menurunkan level mendekati set point.
- **C.** ✗ Set point ditentukan operator, bukan mengikuti sensor.
- **D.** ✗ Pengendali tidak mematikan alarm dan tidak membiarkan level naik.
- **E.** ✗ Otomasi bekerja tanpa menunggu perintah setiap kali; itu fungsi loop kendali.

**Jawaban: B.**



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

## No. 19 Kunci: A

**Konsep:** Jumlah unit untuk laba target = (biaya tetap + laba target) ÷ (harga jual per unit − biaya variabel per unit).

**Langkah:**

1. Sumbangan per botol = 20.000 − 12.000 = Rp8.000.
2. Biaya tetap + laba target = 2.400.000 + 1.600.000 = Rp4.000.000.
3. Jumlah botol = 4.000.000 ÷ 8.000 = 500 botol.
4. Pemeriksaan: pendapatan 500 × 20.000 = 10.000.000; biaya total = 2.400.000 + 500 × 12.000 = 8.400.000; selisih 1.600.000.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ 500 botol.
- **B.** ✗ Jebakan: 200 botol = 1.600.000 ÷ 8.000; biaya tetap tidak dimasukkan.
- **C.** ✗ Jebakan: 300 botol adalah titik impas (2.400.000 ÷ 8.000); laba target belum dimasukkan.
- **D.** ✗ Jebakan: 4.000.000 ÷ 12.000 ≈ 333,3 (dibulatkan 334); dibagi biaya variabel, bukan sumbangan per botol.
- **E.** ✗ Jebakan: 4.000.000 ÷ 10.000; selisih harga dan biaya variabel dihitung Rp10.000.

**Jawaban: A.**

## No. 20 Kunci: B

**Konsep:** Peluang usaha yang baik memakai sumber daya yang ada (bahan, alat, modal, keterampilan) untuk kebutuhan pasar yang jelas dan aman, serta memberi nilai tambah.

**Langkah:**

1. Bahan: minyak jelantah gratis; alat: pemanas dan cetakan; bahan tambahan: NaOH di sekolah; modal kecil.
2. Pasar yang jelas dan aman: sabun cuci untuk tetangga.
3. Sabun dari minyak dan NaOH (reaksi penyabunan) memberi nilai tambah dan dapat dibuat dengan alat yang tersedia.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: minyak goreng bekas yang dipakai berulang dapat membahayakan kesehatan; produk itu tidak aman bagi pembeli.
- **B.** ✓ Memakai bahan, alat, modal, dan memenuhi kebutuhan sabun cuci.
- **C.** ✗ Jebakan: biodiesel butuh kemurnian, peralatan, dan izin yang tidak sesuai skala usaha kecil.
- **D.** ✗ Jebakan: pelumas mesin butuh mutu tinggi; minyak jelantah tidak memenuhinya dan merusak mesin pembeli.
- **E.** ✗ Menjual mentah tidak memberi nilai tambah dan memerlukan ongkos angkut.

**Jawaban: B.**

## No. 21 Kunci: C

**Konsep:** Harga pokok per unit = biaya variabel per unit + biaya tetap ÷ jumlah unit. Harga yang diterima usaha = harga pokok × (1 + laba %). Karena diskon distributor dihitung dari harga eceran, harga eceran × (1 − diskon) = harga yang diterima usaha.

**Langkah:**

1. Biaya tetap per botol = 900.000 ÷ 300 = Rp3.000.
2. Harga pokok per botol = 6.000 + 3.000 = Rp9.000.
3. Harga yang diterima usaha = 9.000 × 1,30 = Rp11.700.
4. Harga eceran = 11.700 ÷ 0,90 = Rp13.000.
5. Pemeriksaan: 13.000 − 10% × 13.000 = 11.700.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: itu harga yang diterima usaha; diskon distributor belum diperhitungkan.

• **B.** ✗ Jebakan: 11.700 dikalikan 1,10; padahal 10% dari Rp12.870 yang diberikan sebagai diskon adalah Rp1.287, sehingga usaha hanya menerima Rp11.583.

• **C.** ✓ 11.700 ÷ 0,90 = 13.000.

• **D.** ✗ Jebakan: laba 30% dihitung dari harga jual (9.000 ÷ 0,70 ≈ 12.857) lalu dibagi 0,90, padahal laba diminta dari harga pokok.

• **E.** ✗ Jebakan: biaya tetap diabaikan (6.000 × 1,30 ÷ 0,90 ≈ 8.667).

**Jawaban: C.**

## No. 22 Kunci: C

**Konsep:** Pada tahap perkenalan penjualan rendah, produk belum dikenal, dan biaya promosi tinggi. Strategi yang cocok: memperkenalkan produk, promosi, distribusi awal, dan memperbaiki produk dari keluhan.

**Langkah:**

1. Penjualan baru 200 botol per bulan, produk baru enam bulan, banyak orang belum tahu → tahap perkenalan.
2. Strategi perkenalan: contoh gratis, iklan, dan umpan balik pembeli.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: menambah kapasitas adalah strategi tahap pertumbuhan, saat penjualan sudah naik cepat.

• **B.** ✗ Jebakan: pemangkasan promosi adalah strategi tahap penurunan; produk ini belum dikenal.

• **C.** ✓ Sesuai tahap perkenalan.

• **D.** ✗ Jebakan: ekspansi ke banyak kota cocok untuk tahap pertumbuhan.

• **E.** ✗ Menjual di bawah biaya menghabiskan modal koperasi dan tidak ada pesaing yang perlu ditakuti saat ini.

**Jawaban: C.**

## No. 23 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Siklus hidup produk terdiri atas perkenalan, pertumbuhan, kedewasaan, dan penurunan. Pada tahap pertumbuhan penjualan naik cepat, pesaing mulai masuk, dan strategi yang sesuai adalah menambah kapasitas, memperluas distribusi, dan menjaga mutu.

**Langkah:**

1. Penjualan 5.000 → 12.000 → 30.000 liter: naik cepat; stok sering habis.
2. Pesaing mulai masuk → ciri tahap pertumbuhan (belum kedewasaan, karena penjualan belum mendatar).
3. Strategi tahap pertumbuhan: kapasitas dan distribusi, bukan pemangkasan biaya.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Penjualan naik cepat dan pesaing mulai masuk.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Stok sering habis menunjukkan perlunya kapasitas dan distribusi lebih luas.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: memangkas biaya dan promosi adalah strategi tahap penurunan; pada tahap pertumbuhan, pesaing yang baru masuk justru menuntut produk tetap dikenal dan tersedia.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## No. 24 Kunci: B, C, D

**Konsep:** Profesi di pabrik kimia: operator (menjalankan proses), analis QC (menguji contoh), QA (sistem mutu, audit, pelepasan batch), R&D (formula baru), HSE (keselamatan), teknisi (merawat dan mengalibrasi alat).



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: mengalibrasi sensor adalah tugas teknisi instrumentasi, bukan analis QC.
• **B.** ✓ Audit dan SOP adalah pekerjaan sistem mutu (QA).
• **C.** ✓ Mengatur proses dari layar DCS adalah tugas operator ruang kontrol.
• **D.** ✓ Penyelidikan kecelakaan dan izin kerja adalah tugas HSE.
• **E.** ✗ Jebakan: menguji contoh produk dari tangki adalah tugas analis QC; R&D merancang formula baru.

**Jawaban: B, C, dan D.**

### No. 25 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Pengembangan produk bertahap: setiap tahap harus lulus sebelum naik, dan umpan balik uji pasar dipakai memperbaiki produk sebelum produksi massal. Kemasan dan merek ikut diuji karena memengaruhi penerimaan.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Masalah ditemukan di uji pasar, jadi diperbaiki dan diuji ulang sebelum produksi massal.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: produk yang disukai aromanya tetap gagal bila kemasannya bocor; keluhan itu masalah mutu.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Kebocoran saat dibawa dalam tas baru terlihat pada pemakaian nyata.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

## Latihan sub bab 2.1

### No. 1 Kunci: C

**Konsep:** Pada pengeringan, massa padatan kering tetap. Massa produk = massa padatan ÷ (fraksi padatan dalam produk).

**Langkah:**

1. Padatan kering = 60% × 200 = 120 kg.
2. Dalam produk, padatan = 90% → massa produk = 120 ÷ 0,90 = 133,3 kg.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: menganggap semua air hilang; itu massa padatan saja.
• **B.** ✗ Jebakan: kadar air 10% dihitung dari massa padatan (120 × 1,1 = 132), padahal kadar air dihitung dari massa produk.
• **C.** ✓ 120 ÷ 0,9 = 133,3 kg.
• **D.** ✗ Jebakan: mengurangkan selisih persen langsung (40% − 10% = 30% dari 200 kg = 60 kg hilang).
• **E.** ✗ Menganggap yang hilang hanya 10% dari massa awal (200 − 20).

**Jawaban: C.**

### No. 2 Kunci: C, E

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

**Konsep:** Operasi satuan pemisahan dipilih berdasarkan sifat bahan: padatan tidak larut → penyaringan/pengendapan; zat terlarut tidak mudah menguap → penguapan dan kristalisasi; campuran cairan → distilasi.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: pengadukan dan pemanasan memang mempercepat pelarutan garam, tetapi pasir tetap tidak larut.
• **Pernyataan 2** ✗ Distilasi memisahkan cairan berdasarkan titik didih; padatan tidak larut dipisahkan secara mekanis dengan penyaringan atau pengendapan.



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

• **Pernyataan 3** ✓ Padatan tidak larut tertahan di kertas atau kain saring, larutan garam lolos sebagai filtrat.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: kelarutan garam dapur hampir tidak berubah terhadap suhu, sehingga pendinginan menghasilkan sedikit kristal; airnya harus diuapkan.
• **Pernyataan 5** ✓ Pemisahan awal bahan terapung mengurangi beban penyaring; padatan tetap tidak larut.

**Jawaban: pernyataan 3, 5.**

## No. 3 Kunci: D

**Konsep:** Pengenceran: jumlah zat aktif tetap → $C_1V_1 = C_2V_2$. Air yang ditambahkan = $V_2 - V_1$.

**Langkah:**
1. Zat aktif = 30% × 200 = 60 kg.
2. Volume akhir = 60 ÷ 12% = 500 L.
3. Air = 500 − 200 = 300 L.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Mengalikan 200 L dengan selisih kadar 18%.
• **B.** ✗ Jebakan: rumus terbalik (200 × 12 ÷ 30).
• **C.** ✗ Jebakan: 200 × 18 ÷ 30; selisih kadar dibagi kadar awal, bukan kadar akhir.
• **D.** ✓ 500 − 200 = 300 L.
• **E.** ✗ Jebakan: itu volume akhir produk, bukan air yang ditambahkan.

**Jawaban: D.**

## No. 4 Kunci: A, C, D

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

**Konsep:** Operasi satuan dipilih berdasarkan sifat pemisah: sentrifugasi/filtrasi/pengendapan (padat–cair), distilasi (titik didih), evaporasi vakum (memekatkan pada suhu rendah), pengeringan semprot (cairan → bubuk).

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1** ✓ Sentrifugal memisahkan padatan dari cairan dengan gaya putar.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: etanol bercampur sempurna dengan air sehingga tidak terpisah oleh gaya putar; pemisahannya berdasarkan titik didih (distilasi).
• **Pernyataan 3** ✓ Pengering semprot menghasilkan bubuk dari cairan.
• **Pernyataan 4** ✓ Tekanan rendah menurunkan titik didih.
• **Pernyataan 5** ✗ Menguapkan air limbah memboroskan energi; lumpur cukup dipisahkan dengan pengendapan atau filter press.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.**

## No. 5 Kunci: D

**Konsep:** Neraca gula: massa gula masuk = massa gula keluar. Massa air diuapkan = massa nira − massa larutan pekat.

**Langkah:**
1. Gula = 15% × 500 = 75 kg.
2. Larutan pekat = 75 ÷ 0,60 = 125 kg.
3. Air diuapkan = 500 − 125 = 375 kg.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: itu massa larutan pekat, bukan air yang diuapkan.
• **B.** ✗ Mengalikan 500 kg dengan selisih kadar 45%.
• **C.** ✗ Mengalikan 500 kg dengan kadar akhir 60%.



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

• **D.** ✓ 500 − 125 = 375 kg.
• **E.** ✗ Jebakan: itu seluruh air dalam nira (85% × 500); masih ada air dalam larutan pekat.

**Jawaban: D.**

## Latihan sub bab 2.2

### No. 1 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Pengenceran asam pekat bersifat eksoterm: tuangkan asam ke air sedikit demi sedikit sambil diaduk, dengan APD dan ventilasi, serta pendinginan bila perlu.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Salah.** Urutan terbalik: asam dituangkan perlahan ke air. Bila air dituang ke asam pekat, panas besar di permukaan dapat membuat cairan mendidih dan memercik.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Melindungi dari percikan dan uap asam.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Pendinginan mengurangi kenaikan suhu yang berbahaya.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

### No. 2 Kunci: B, C, E

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

**Konsep:** Pembuatan larutan standar: timbang teliti → larutkan → pindahkan kuantitatif ke labu takar (bilas wadah) → tepatkan sampai tanda tera (tetes demi tetes) → homogenkan.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1** ✗ Volume akhir akan melebihi tanda tera sehingga konsentrasi tidak tepat.
• **Pernyataan 2** ✓ Sisa zat di gelas kimia dan corong ikut masuk sehingga jumlah zat tidak berkurang.
• **Pernyataan 3** ✓ Cara baca yang benar menghindari galat paralaks.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: mendekati tanda tera, air ditambahkan tetes demi tetes dengan pipet tetes agar tidak melewati tanda tera.
• **Pernyataan 5** ✓ Larutan menjadi homogen; tanpa langkah ini bagian atas dan bawah labu berbeda konsentrasi.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.**

### No. 3 Kunci: C

**Konsep:** Massa zat aktif = konsentrasi × volume. Massa bahan = massa zat aktif ÷ kadar zat aktif dalam bahan.

**Langkah:**
1. Klorin aktif = 200 mg/L × 20 L = 4.000 mg = 4,00 g.
2. Kaporit = 4,00 ÷ 0,60 = 6,67 g.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: mengalikan dengan 60%, bukan membagi.
• **B.** ✗ Jebakan: lupa bahwa kaporit hanya berkadar klorin aktif 60%.
• **C.** ✓ 4,00 g ÷ 0,60 = 6,67 g.
• **D.** ✗ Jebakan: menganggap 60% sebagai bagian tidak aktif sehingga dibagi 0,40.
• **E.** ✗ Salah konversi miligram ke gram (dikali 10).

**Jawaban: C.**

### No. 4 Kunci: A, C, E

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

**Konsep:** Ketelitian alat disesuaikan dengan tujuan larutan: larutan pereaksi kasar cukup dibuat dengan alat takar biasa; larutan standar memerlukan neraca analitik dan labu takar.



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

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Konsentrasinya tidak dipakai dalam perhitungan, jadi ketelitian rendah sudah memadai.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: penimbangan teliti tidak berguna bila volume akhirnya tidak teliti; larutan standar harus dibuat dalam labu takar.

• **Pernyataan 3** ✓ Massa dan volume sama-sama teliti sehingga konsentrasinya dapat dihitung tepat.

• **Pernyataan 4** ✗ Larutan perendam tidak dipakai dalam perhitungan analisis, jadi tidak memengaruhi hasil standardisasi.

• **Pernyataan 5** ✓ Label mencegah salah pakai dan menunjukkan umur larutan.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.**

## Latihan sub bab 2.3

### No. 1 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** APD dipilih sesuai bahaya: bahan korosif → goggle dan sarung tangan tahan bahan kimia; debu → masker; percikan → apron tahan bahan kimia.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Goggle melindungi mata dari debu dan percikan dari segala arah.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Kain menyerap larutan korosif sehingga kulit justru terpapar; dibutuhkan sarung tangan karet/nitril tahan bahan kimia.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Debu NaOH mengiritasi saluran pernapasan.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

### No. 2 Kunci: A, B, D, E

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

**Konsep:** Ruang terbatas (tangki, bak) memerlukan izin kerja: isolasi energi dan bahan, uji udara ($O_2$, gas mudah terbakar, gas beracun), ventilasi, petugas siaga di luar, dan rencana penyelamatan.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Gas $CO_2$ dapat mendesak oksigen; udara harus diukur aman lebih dulu.

• **Pernyataan 2** ✓ Mencegah molase atau bahan lain mengalir masuk saat pekerja di dalam.

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: harus ada petugas siaga (attendant) di luar yang mengawasi dan memanggil bantuan; penolong yang masuk tanpa persiapan sering ikut menjadi korban.

• **Pernyataan 4** ✓ Ventilasi menjaga udara tetap segar karena gas dapat terus terbentuk.

• **Pernyataan 5** ✓ Dengan satu lubang di atas, alat angkat dan harnes dibutuhkan untuk mengeluarkan pekerja.

**Jawaban: pernyataan 1, 2, 4, 5.**

### No. 3 Kunci: C

**Konsep:** 5R: Ringkas (memilah, menyingkirkan yang tidak perlu), Rapi (menata dan memberi label), Resik (membersihkan), Rawat (mempertahankan dengan standar), Rajin (membiasakan).

**Langkah:**

1. Rak berisi barang kedaluwarsa, bekas, dan rusak.
2. Menata atau membersihkan sebelum memilah hanya memindahkan barang tak terpakai.
3. Kegiatan pertama: Ringkas.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: itu kegiatan Rapi; bila dilakukan sebelum memilah, barang kedaluwarsa dan rusak ikut diberi tempat.

• **B.** ✗ Resik dilakukan setelah barang tak terpakai disingkirkan.



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

- **C.** ✓ Ringkas adalah langkah pertama 5R.
- **D.** ✗ Jadwal piket termasuk Rawat/Rajin, dilakukan setelah gudang tertata.
- **E.** ✗ Lembar periksa adalah alat pembiasaan (Rajin), bukan langkah awal.

**Jawaban: C.**

### No. 4 Kunci: B, C, D, E

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

**Konsep:** Kebakaran kelas B (cairan mudah menyala) dipadamkan dengan APAR $CO_2$, busa, atau serbuk kimia, diarahkan ke pangkal api, dengan jalur keluar di belakang pemadam; air tidak dipakai.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: air membuat pelarut yang terbakar memercik dan menyebar; air tidak sesuai untuk kebakaran cairan mudah menyala.
- **Pernyataan 2** ✓ Keduanya memutus oksigen/menyelimuti cairan.
- **Pernyataan 3** ✓ Sumber bahan bakar ada di pangkal api.
- **Pernyataan 4** ✓ Keselamatan diri diutamakan; pemadaman lanjut oleh tim terlatih.
- **Pernyataan 5** ✓ Jalan keluar tetap di belakang pemadam sehingga ia dapat mundur dengan aman.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 4, 5.**

### No. 5 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Dua R terakhir (Rawat dan Rajin) mempertahankan hasil Ringkas, Rapi, Resik melalui standar, pemeriksaan berkala, dan kebiasaan.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1 → Salah.** Tanpa pemeriksaan berkala, kondisi cenderung kembali berantakan; pemeriksaan termasuk upaya mempertahankan dan membiasakan.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Standar visual memudahkan semua orang mempertahankan penataan.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Kebiasaan harian menjaga hasil 5R.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

### No. 6 Kunci: E

**Konsep:** LOTO: matikan mesin, putus sumber energi di titik isolasi, pasang gembok dan label milik pekerja, buktikan mesin tidak dapat menyala (uji coba), baru bekerja.

**Langkah:**

1. Energi diputus di panel (titik isolasi).
2. Gembok dan label mencegah orang lain menyalakan.
3. Uji coba menyalakan membuktikan isolasi berhasil.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Pembersihan dilakukan sebelum energi diputus.
- **B.** ✗ Tombol di mesin dapat dinyalakan kembali dari panel oleh orang lain.
- **C.** ✗ Label tanpa memutus energi dan tanpa gembok tidak mencegah mesin menyala.
- **D.** ✗ Jebakan: hampir lengkap, tetapi tanpa gembok orang lain masih dapat menyalakan panel, dan isolasi tidak dibuktikan.
- **E.** ✓ Urutan LOTO lengkap.

**Jawaban: E.**



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

## Latihan sub bab 2.4

### No. 1 Kunci: C, D

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

**Konsep:** Pengelolaan limbah B3: pengurangan, pemilahan (tidak dicampur), penyimpanan di wadah dan TPS yang sesuai, pelabelan, pencatatan, serta penyerahan kepada pengangkut/pengolah berizin.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: wadah harus tahan terhadap sifat limbah; limbah asam merusak drum baja sehingga perlu wadah tahan asam (mis. HDPE).
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: asam bereaksi dengan sianida membentuk gas HCN yang sangat beracun; limbah tidak boleh dicampur.
• **Pernyataan 3** ✓ Mencegah hujan, rembesan ke tanah, dan sebaran tumpahan.
• **Pernyataan 4** ✓ Pengelolaan lanjut oleh pihak berizin dan terdokumentasi.
• **Pernyataan 5** ✗ Pengenceran tidak mengurangi jumlah pencemar; limbah harus diolah atau diserahkan ke pengelola berizin.

**Jawaban: pernyataan 3, 4.**

### No. 2 Kunci: A

**Konsep:** Limbah B3 meliputi bahan kimia sisa, lumpur berlogam berat, oli bekas, kemasan bekas bahan berbahaya, dan benda yang terkontaminasi B3 (majun, sarung tangan). Kardus bersih dan sisa makanan adalah limbah non-B3.

**Langkah:**

1. Jeriken bekas asam yang belum dicuci → kemasan terkontaminasi B3.
2. Lumpur krom dan oli bekas → B3.
3. Majun berlumuran oli → terkontaminasi B3.
4. Kardus bersih dan sisa makanan → non-B3.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Keempat limbah itu B3 atau terkontaminasi B3.
• **B.** ✗ Jebakan: lupa bahwa kemasan bekas bahan kimia yang belum dicuci termasuk limbah B3.
• **C.** ✗ Jebakan: majun terkontaminasi oli dianggap sampah biasa.
• **D.** ✗ Kardus bersih bukan limbah B3.
• **E.** ✗ Hanya mengenali limbah B3 yang paling jelas.

**Jawaban: A.**

### No. 3 Kunci: A

**Konsep:** Limbah laboratorium yang mengandung logam berat adalah limbah B3: ditampung terpisah dalam wadah sesuai, tertutup, berlabel, lalu diserahkan ke pengolah berizin.

**Langkah:**

1. Timbal = logam berat → limbah B3.
2. Tidak boleh diencerkan, dicampur, atau dibuang ke saluran/tempat sampah.
3. Simpan terpisah berlabel, serahkan ke pengolah berizin.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Sesuai tata kelola limbah B3.
• **B.** ✗ Jebakan: lemari asam memang tempat aman sementara, tetapi gelas kimia bertutup plastik tanpa label bukan wadah limbah yang sesuai.
• **C.** ✗ Mencampur limbah berbeda dapat menimbulkan reaksi dan menyulitkan pengolahan.
• **D.** ✗ Jebakan: pengendapan memang mengurangi timbal terlarut, tetapi endapan timbal tetap limbah



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

B3 dan tidak boleh dibuang ke tempat sampah.

• **E.** ✗ Jebakan: penetralan mengubah pH, tetapi timbal tetap ada sehingga limbah tetap B3.

**Jawaban: A.**

### No. 4 Kunci: A, C

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

**Konsep:** Penyimpanan limbah B3 memperhatikan lama simpan, kesesuaian wadah dengan sifat limbah, wadah tertutup, dan label; satu pelanggaran saja sudah membuat penyimpanan tidak sesuai.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ 3 Januari → 15 April = 102 hari, melebihi 90 hari.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: lama simpan dan label memenuhi, tetapi drum baja tidak tahan terhadap limbah asam.

• **Pernyataan 3** ✓ Tidak tertutup dan tidak berlabel.

• **Pernyataan 4** ✗ 15 Maret → 15 April = 31 hari, masih jauh di bawah 90 hari.

• **Pernyataan 5** ✗ Label tidak memperbaiki wadah yang tidak tahan asam; isinya harus dipindah ke wadah tahan asam (mis. HDPE).

**Jawaban: pernyataan 1, 3.**

## Kuis Akhir Bab 2

### No. 1 Kunci: B, D, E

**Konsep:** Pada pemekatan, hanya pelarut (air) yang dibuang, sehingga **massa zat terlarut tetap**. Evaporator vakum menurunkan tekanan, dan tekanan rendah menurunkan titik didih sehingga bahan peka panas tidak rusak.

**Langkah:**

1. Padatan terlarut di ekstrak = 0,06 × 600 = 36 kg; jumlah ini tidak berubah.
2. Massa sirup pekat = 36 ÷ 0,24 = 150 kg.
3. Air yang diuapkan = 600 − 150 = 450 kg.
4. Pemeriksaan: padatan dalam sirup = 0,24 × 150 = 36 kg, sama dengan padatan awal.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: padatan terlarut tidak ikut menguap, jumlahnya tetap 36 kg; yang naik hanya kadarnya.

• **B.** ✓ 36 ÷ 0,24 = 150 kg.

• **C.** ✗ Jebakan: selisih kadar 24% − 6% = 18% langsung dikalikan massa awal (0,18 × 600 = 108 kg), padahal kedua kadar dihitung terhadap massa yang berbeda.

• **D.** ✓ Tekanan rendah menurunkan titik didih, sehingga gula dan aroma jahe tidak rusak oleh panas tinggi.

• **E.** ✓ 600 − 150 = 450 kg air menguap.

**Jawaban: B, D, dan E.**

### No. 2 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Pada distilasi tanpa reaksi, etanol di umpan = etanol di distilat + etanol di residu. **Perolehan** = massa etanol di distilat ÷ massa etanol di umpan × 100%; pembaginya massa komponen di umpan, bukan massa umpan seluruhnya.

**Langkah:**

1. Etanol di umpan = 0,18 × 400 = 72 kg.
2. Etanol di distilat = 0,90 × 60 = 54 kg.
3. Perolehan = 54 ÷ 72 × 100% = 75%. Syarat 80% membutuhkan 0,80 × 72 = 57,6 kg etanol di distilat, sedangkan hanya 54 kg.



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

4. Massa residu = 400 − 60 = 340 kg; etanol di residu = 72 − 54 = 18 kg.
5. Kadar etanol di residu = 18 ÷ 340 × 100% ≈ 5,3%.
6. Pemeriksaan: 54 + 18 = 72 kg, sama dengan etanol di umpan.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: 54 ÷ 400 = 13,5% adalah kadar etanol terhadap seluruh umpan, bukan perolehan; pembagi perolehan adalah etanol di umpan (72 kg).
• **Pernyataan 2 → Benar.** 54 ÷ 72 = 75%, lebih kecil daripada 80%.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Residu 340 kg dan etanolnya 72 − 54 = 18 kg, yaitu 18 ÷ 340 ≈ 5,3%.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

## No. 3 Kunci: B

**Konsep:** Bila zat padat murni ditambahkan ke larutan, massa zat terlarut dan massa larutan sama-sama bertambah sebesar massa yang ditambahkan. Neraca gula: gula awal + gula tambahan = kadar akhir × massa akhir, dengan massa akhir = massa awal + gula tambahan.

**Langkah:**

1. Gula awal = 0,20 × 300 = 60 kg.
2. Misalkan gula yang ditambahkan x kg: 60 + x = 0,36 × (300 + x).
3. Ruas kanan = 108 + 0,36x, sehingga 60 + x = 108 + 0,36x.
4. 0,64x = 48, jadi x = 75 kg.
5. Pemeriksaan: gula = 60 + 75 = 135 kg dalam 300 + 75 = 375 kg larutan; 135 ÷ 375 = 36%.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: selisih kadar langsung dikalikan massa awal (0,16 × 300 = 48 kg); massa larutan ikut bertambah, sehingga gula yang dibutuhkan lebih banyak.
• **B.** ✓ 0,64x = 48 → x = 75 kg.
• **C.** ✗ Jebakan: 0,36 × 300 = 108 kg adalah gula total bila massa larutan tetap 300 kg; gula awal 60 kg tidak dikurangkan dan penambahan massa diabaikan.
• **D.** ✗ Jebakan: 300 − 60 ÷ 0,36 = 133,3 kg adalah air yang harus diuapkan bila memilih cara pemekatan, bukan gula yang ditambahkan.
• **E.** ✗ Jebakan: 60 ÷ 0,36 = 166,7 kg adalah massa sirup yang tersisa setelah penguapan, bukan gula yang ditambahkan.

**Jawaban: B.**

## No. 4 Kunci: B

**Konsep:** Klorin aktif yang dibutuhkan = konsentrasi × volume. Karena kaporit tidak 100% klorin aktif, massa kaporit = klorin aktif ÷ kadar klorin aktif (dibagi, bukan dikali). Biaya = massa kaporit × harga per gram.

**Langkah:**

1. Klorin aktif = 250 mg/L × 40 L = 10.000 mg = 10 g.
2. Massa kaporit: A = 10 ÷ 0,60 = 16,67 g; B = 10 ÷ 0,65 = 15,38 g; C = 10 ÷ 0,70 = 14,29 g.
3. Harga per gram: A Rp54; B Rp56; C Rp70.
4. Biaya per hari: A = 16,67 × 54 ≈ Rp900; B = 15,38 × 56 ≈ Rp862; C = 14,29 × 70 ≈ Rp1.000.
5. Biaya terendah: produk B.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: produk A paling murah per kilogram, tetapi kadar klorin aktifnya paling rendah sehingga kaporit yang dibutuhkan paling banyak; biayanya Rp900.
• **B.** ✓ Rp862 per hari.
• **C.** ✗ Jebakan: kadar klorin aktif tertinggi, tetapi harga per kilogram jauh lebih mahal sehingga biayanya Rp1.000.



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

• **D.** ✗ Jebakan: kadar diabaikan (10 g × Rp54 = Rp540), seolah kaporit 100% klorin aktif.
• **E.** ✗ Jebakan: kadar dikalikan, bukan dibagi (10 × 0,65 = 6,5 g; 6,5 × Rp56 = Rp364).

**Jawaban: B.**

## No. 5 Kunci: D

**Konsep:** Konsentrasi asam pekat dari label: M = 10 × ρ × % ÷ Mr (ρ dalam g/mL, % b/b tanpa tanda persen). Pengenceran: jumlah zat tetap, sehingga $M_1V_1 = M_2V_2$ dan $V_1 = M_2V_2 \div M_1$.

**Langkah:**
1. Molaritas asam pekat $M_1$ = 10 × 1,84 × 98 ÷ 98 = 18,4 M.
2. Volume asam pekat $V_1$ = 2,0 × 250 ÷ 18,4 = 27,2 mL.
3. Pemeriksaan: 27,2 mL × 18,4 M = 500 mmol, sama dengan 250 mL × 2,0 M.
4. Cara kerja aman: pakai APD, isi labu takar dengan sedikit air, masukkan 27,2 mL asam perlahan (asam ke air), dinginkan, lalu tera.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: dihitung untuk 1 L (2,0 mol = 196 g $H_2SO_4$ = 200 g larutan = 108,7 mL) dan lupa menyesuaikan dengan 250 mL.
• **B.** ✗ Jebakan: massa jenis dibagi, bukan dikali ($M_1$ = 5,43 M), sehingga volume terlalu besar (92,0 mL).
• **C.** ✗ Jebakan: massa jenis diabaikan ($M_1$ = 10 M), sehingga $V_1$ = 2,0 × 250 ÷ 10 = 50,0 mL.
• **D.** ✓ 27,2 mL.
• **E.** ✗ Jebakan: Mr dibagi dua karena asam sulfat punya dua $H^+$ ($M_1$ = 36,8 M); molaritas dihitung dari mol zat, bukan dari mol $H^+$, sehingga hasil 13,6 mL terlalu kecil.

**Jawaban: D.**

## No. 6 Kunci: B, D, E

**Konsep:** Ketelitian alat disesuaikan tujuan. Labu takar menera satu volume dengan sangat teliti (larutan standar); pipet volumetrik mengambil satu volume tetap dengan sangat teliti; gelas ukur hanya mengukur secara kasar (pada gelas ukur 250 mL toleransinya sekitar ± 2 mL). Alat volumetrik tidak dipanaskan karena suhu mengubah volumenya. Larutan tidak dipipet langsung dari botol persediaan, dan sisanya tidak dikembalikan agar botol tidak tercemar.

**Langkah:**
1. Kebutuhan: konsentrasi larutan standar harus diketahui tepat → timbang teliti dan tera di labu takar.
2. Kebutuhan: ambil 25,00 mL tepat → pipet volumetrik, bukan gelas ukur.
3. Cara kerja bersih: tuang secukupnya ke gelas kimia, pipet dari situ, jangan kembalikan sisa ke botol.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: gelas ukur untuk volume kasar; galatnya jauh lebih besar daripada pipet volumetrik dan merusak ketepatan titrasi.
• **B.** ✓ Larutan standar harus tepat konsentrasinya, sehingga ditera di labu takar.
• **C.** ✗ Jebakan: pemanasan di oven mengubah volume labu takar; alat volumetrik dikeringkan di udara atau dibilas dengan pelarut.
• **D.** ✓ Pipet volumetrik mengambil 25,00 mL tepat.
• **E.** ✓ Larutan tidak dipipet langsung dari botol persediaan, dan sisa tidak dikembalikan agar botol tidak tercemar.

**Jawaban: B, D, dan E.**

## No. 7 Kunci: C

**Konsep:** Dua cairan yang **tidak bercampur** membentuk dua lapisan menurut massa jenisnya, sehingga dipisahkan secara mekanis dengan **dekantasi** atau **corong pisah**. Distilasi dipakai untuk cairan yang saling melarutkan dan membutuhkan panas.



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

**Langkah:**
1. Sifat campuran: dua cairan yang tidak bercampur; minyak lebih ringan sehingga mengapung di lapisan atas.
2. Sifat yang berbeda dan dapat dimanfaatkan: massa jenis (dua fase terpisah).
3. Syarat tambahan: minyak mudah menguap dan rusak oleh panas, sehingga cara yang memakai pemanasan tidak cocok.
4. Pilihan yang memenuhi: corong pisah; lapisan bawah (air) dikeluarkan lewat keran, lapisan atas (minyak) ditampung.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: kertas saring memisahkan padatan dari cairan; minyak yang berupa cairan lolos bersama air.
• **B.** ✗ Jebakan: distilasi memang memakai perbedaan titik didih, tetapi memerlukan panas, boros energi, dan merusak minyak yang mudah menguap, padahal kedua lapisan sudah terpisah sendiri.
• **C.** ✓ Dua lapisan dipisahkan menurut massa jenis tanpa pemanasan.
• **D.** ✗ Jebakan: pendinginan dipakai untuk zat terlarut yang kelarutannya turun tajam saat dingin; minyak dan air tidak memisah dengan cara itu.
• **E.** ✗ Jebakan: karbon aktif menjerap pengotor dalam jumlah kecil, tidak memisahkan satu lapisan cairan yang jumlahnya besar.

**Jawaban: C.**

## No. 8 Kunci: A, C, E

**Konsep:** Kristalisasi memperoleh zat padat dari larutan lewat jenuh. Cara memicunya bergantung pada **bagaimana kelarutan berubah terhadap suhu**: bila kelarutan turun tajam saat dingin, larutan didinginkan; bila hampir tidak berubah, pelarut diuapkan. Kristal dipisahkan dari larutan induk, lalu dibilas sedikit dengan pelarut dingin agar tidak larut kembali.

**Langkah:**
1. Tawas: kelarutan pada 80 °C jauh lebih besar daripada 20 °C → pendinginan efektif.
2. Garam dapur: kelarutan hampir sama pada kedua suhu → pendinginan hanya menghasilkan sedikit kristal, sehingga air harus diuapkan.
3. Setelah kristal terbentuk: saring atau sentrifugasi, lalu bilas sedikit dengan air dingin.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Tawas banyak mengkristal saat larutan jenuh panas didinginkan.
• **B.** ✗ Jebakan: pada garam dapur pendinginan hampir tidak mengurangi kelarutan, sehingga kristal yang terbentuk sedikit.
• **C.** ✓ Penguapan air membuat larutan garam lewat jenuh dan kristal terbentuk.
• **D.** ✗ Jebakan: banyak air panas melarutkan kembali kristal; pembilasan memakai sedikit pelarut dingin.
• **E.** ✓ Penyaringan memisahkan kristal dari larutan induk, dan pembilasan sedikit air dingin membuang larutan induk yang menempel tanpa melarutkan kristal.

**Jawaban: A, C, dan E.**

## No. 9 Kunci: A

**Konsep:** Pada pencampuran tanpa reaksi, massa total dan massa tiap komponen kekal. Kadar campuran = jumlah massa zat ÷ jumlah massa **seluruh** larutan, bukan rata-rata kadar. Semua aliran, termasuk yang kecil, harus ikut dihitung.

**Langkah:**
1. Massa NaOH tiap tangki: 250 × 0,08 = 20 kg; 400 × 0,15 = 60 kg; 150 × 0,30 = 45 kg.
2. Massa NaOH total = 20 + 60 + 45 = 125 kg.



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

3. Massa campuran = 250 + 400 + 150 = 800 kg.
4. Kadar = 125 ÷ 800 × 100% = 15,625% ≈ 15,6%.
5. Syarat paling sedikit 16%: 15,6% lebih kecil daripada 16%, jadi belum memenuhi.
6. Pemeriksaan: untuk 16% dibutuhkan 0,16 × 800 = 128 kg NaOH, sedangkan yang ada 125 kg (kurang 3 kg).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Angka dan penilaiannya sesuai langkah di atas.
• **B.** ✗ Jebakan: tangki 3 (aliran paling kecil) tidak dihitung: (20 + 60) ÷ (250 + 400) = 12,3%.
• **C.** ✗ Angkanya benar tetapi penilaiannya salah: 15,6% lebih kecil daripada syarat 16%.
• **D.** ✗ Jebakan: kadar dirata-ratakan begitu saja, (8 + 15 + 30) ÷ 3 = 17,7%; padahal massa ketiga larutan berbeda.
• **E.** ✗ Jebakan: NaOH dibagi massa air (125 ÷ 675 = 18,5%), padahal pembaginya massa seluruh larutan.

**Jawaban: A.**

## No. 10 Kunci: D

**Konsep:** Pada pengeringan hanya air yang pergi, sehingga **massa padatan kering tetap**. Kadar air dihitung terhadap massa seluruh bahan, jadi massa padatan = massa bahan × (1 − kadar air). Karena padatan sama di awal dan di akhir, massa daun segar dihubungkan dengan massa teh kering lewat padatan itu.

**Langkah:**
1. Padatan dalam teh kering = (100% − 5%) × 240 kg = 0,95 × 240 = 228 kg.
2. Daun segar yang dipesan harus memuat padatan yang sama, 228 kg. Daun berkadar air 62% berarti padatannya 38% dari massanya.
3. Massa daun segar = 228 ÷ 0,38 = 600 kg.
4. Pemeriksaan: air di daun segar = 0,62 × 600 = 372 kg. Di teh kering air = 0,05 × 240 = 12 kg. Air yang menguap = 372 − 12 = 360 kg, dan 600 − 360 = 240 kg sesuai pesanan.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 228 ÷ 0,62 = 367,7 kg; pembaginya memakai kadar air (62%), padahal yang dipakai harus fraksi padatan (38%).
• **B.** ✗ Jebakan: 240 + 0,62 × 240 = 388,8 kg; air 62% dihitung dari massa teh kering, seolah kadar air dihitung terhadap padatan.
• **C.** ✗ Jebakan: selisih kadar air langsung dikurangkan (62% − 5% = 57%; 240 ÷ 0,43 = 558,1 kg), padahal kedua kadar air dihitung terhadap massa yang berbeda.
• **D.** ✓ 228 ÷ 0,38 = 600,0 kg.
• **E.** ✗ Jebakan: 240 ÷ 0,38 = 631,6 kg; seluruh teh kering dianggap padatan, kadar air 5% pada produk diabaikan.

**Jawaban: D.**

## No. 11 Kunci: B, D

**Konsep:** Pada distilasi sederhana: (1) bulbus termometer dipasang setinggi cabang samping agar membaca suhu uap yang masuk kondensor; (2) air pendingin masuk dari ujung **bawah** dan keluar dari ujung **atas** agar selubung kondensor selalu penuh air; (3) batu didih membuat pendidihan tenang; (4) cairan hasil pengembunan adalah **distilat**, yang tertinggal di labu adalah **residu**.

**Langkah (membaca gambar):**
1. Bulbus termometer berada tepat setinggi cabang samping (garis putus-putus) → pemasangan sudah benar.
2. Selang "Air pendingin MASUK" menempel di ujung atas kondensor (dekat labu) dan "KELUAR" di



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

ujung bawah → arah aliran terbalik.
3. Butir batu didih terlihat di dasar labu → sudah terpasang.
4. Cairan yang menetes ke penampung adalah hasil pengembunan, yaitu distilat.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: termometer yang terendam mengukur suhu campuran di labu, bukan suhu uap yang akan mengembun, sehingga tidak menunjukkan komponen yang sedang menguap.
• **B.** ✓ Air masuk dari bawah mengisi selubung dari dasar ke atas; bila masuk dari atas, selubung bagian atas dapat tidak terisi penuh dan pengembunan kurang baik.
• **C.** ✗ Jebakan: pemanas listrik meratakan panas dari luar, tetapi tidak mencegah gelembung besar yang tiba-tiba meletup; batu didih tetap diperlukan.
• **D.** ✓ Bulbus setinggi cabang samping membaca suhu uap yang sedang menuju kondensor.
• **E.** ✗ Jebakan: istilahnya tertukar; cairan hasil pengembunan adalah distilat, yang tertinggal di labu adalah residu.

**Jawaban: B dan D.**

## No. 12 Kunci: A, C, E

**Konsep:** Hierarki pengendalian dari paling efektif: **eliminasi → substitusi → pengendalian teknik → pengendalian administratif → APD**. Semakin ke atas, bahaya dihilangkan semakin dekat ke sumbernya. Rotasi pekerja hanya membagi paparan; debunya tetap ada. APD tetap dipakai, tetapi sebagai lapis terakhir, bukan pengganti tingkat di atasnya.

**Langkah:**
1. Bahaya: debu halus pupuk di sumbernya (titik pengisian).
2. Cari tingkat tertinggi yang mungkin: butiran lebih besar (substitusi) lalu penutup corong dan pengisap debu (teknik).
3. Rotasi pekerja = administratif; masker debu = APD, keduanya melengkapi.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Butiran besar lebih sedikit berdebu: substitusi, tingkat di atas teknik dan APD.
• **B.** ✗ Jebakan: rotasi mengurangi lama paparan tiap orang, tetapi tidak menghilangkan debu; pengendalian administratif tidak menggantikan pengendalian teknik.
• **C.** ✓ Penutup dan pengisap debu menangkap debu di sumbernya.
• **D.** ✗ Jebakan: APD dijadikan solusi utama; masker saja tidak mengurangi debu di udara dan mengandalkan perilaku pekerja.
• **E.** ✓ APD tetap dipakai sebagai lapis terakhir walaupun pengendalian di atasnya sudah dipasang.

**Jawaban: A, C, dan E.**

## No. 13 Kunci: A

**Konsep:** Persen berat per volume (% b/v) = gram zat dalam 100 mL larutan. Untuk larutan encer dalam air, 1 mg/L = 1 ppm, dan 1% b/v = 10 g/L = 10.000 mg/L.

**Langkah:**
1. 0,1% b/v = 0,1 g dalam 100 mL.
2. Dalam 1 L (10 × 100 mL) ada 0,1 × 10 = 1 g = 1.000 mg, jadi 1.000 mg/L.
3. Bandingkan dengan syarat 100 mg/L: 1.000 ÷ 100 = 10 kali lebih pekat → tidak sesuai.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ 0,1% b/v = 1.000 mg/L, sepuluh kali syarat.
• **B.** ✗ Jebakan: angka 0,1 dibaca sebagai 100, padahal 0,1% setara 1.000 mg/L; satuan % dan mg/L berbeda ukuran.
• **C.** ✗ Jebakan: konversi dilakukan terbalik (dibagi 10, bukan dikali 10), sehingga hasilnya dikira terlalu encer.



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

• **D.** ✗ Jebakan: 1% setara 10.000 mg/L, tetapi angka itu dipakai tanpa memperhitungkan bahwa kadarnya hanya 0,1%.
• **E.** ✗ Jebakan: angka persen dikira langsung sebagai mg/L (0,1 mg/L), padahal persen b/v harus diubah ke gram per liter lalu ke miligram.

**Jawaban: A.**

## No. 14 Kunci: A

**Konsep:** Pada penataan **Rapi**, bahan disusun supaya yang lebih dulu kedaluwarsa dipakai lebih dulu agar tidak ada yang terbuang. Bila tanggal diterima dan tanggal kedaluwarsa tidak berurutan sama, **tanggal kedaluwarsa** yang menentukan.

**Langkah:**
1. Urutkan tanggal kedaluwarsa dari yang terdekat: botol 2 (31 Juli), botol 1 (30 September), botol 4 (31 Oktober), botol 3 (31 Desember).
2. Urutan pengambilan: 2 → 1 → 4 → 3.
3. Pemeriksaan: tidak ada botol yang tanggal kedaluwarsanya lebih dekat daripada botol sebelumnya.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ 2, 1, 4, 3 mengikuti kedaluwarsa terdekat.
• **B.** ✗ Jebakan: hanya melihat tanggal diterima (1, 2, 3, 4); botol 2 yang diterima belakangan akan kedaluwarsa lebih cepat daripada botol 1.
• **C.** ✗ Jebakan: botol terbaru ditaruh paling depan (4, 3, 2, 1) sehingga botol 2 yang paling dekat kedaluwarsa terpakai paling akhir.
• **D.** ✗ Jebakan: urutan terbalik, kedaluwarsa terjauh lebih dulu (3, 4, 1, 2).
• **E.** ✗ Jebakan: dua botol pertama benar, tetapi botol 3 dan 4 tertukar; botol 4 kedaluwarsa 31 Oktober, lebih cepat daripada botol 3 (31 Desember).

**Jawaban: A.**

## No. 15 Kunci: E

**Konsep:** 5R dikerjakan **berurutan**: **Ringkas** (memilah, menyingkirkan yang tidak diperlukan) → **Rapi** (menata, memberi label dan batas) → **Resik** (membersihkan sekaligus mencari sumber kotoran) → **Rawat** (membuat standar: daftar periksa, foto kondisi baik) → **Rajin** (membiasakan, pemeriksaan berkala).

**Langkah:** cocokkan tiap kegiatan dengan R-nya.
1. Q menyingkirkan barang yang tidak diperlukan → Ringkas.
2. P memberi label dan garis batas → Rapi.
3. S mengelap dan mencari sumber tetesan → Resik.
4. R menyusun daftar periksa dan foto kondisi benar → Rawat.
5. T pemeriksaan berkala dan umpan balik → Rajin.
6. Urutan: Q → P → S → R → T.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: menata (P) sebelum memilah (Q) hanya memberi tempat bagi barang yang seharusnya dibuang.

• **B.** ✗ Jebakan: membersihkan (S) sebelum menata (P); rak yang belum tertata tidak dapat dibersihkan tuntas dan sumber tetesan sulit ditelusuri.

• **C.** ✗ Jebakan: standar (R) dibuat sebelum ruang bersih (S), sehingga foto kondisi baik belum mencerminkan kondisi yang sebenarnya.

• **D.** ✗ Jebakan: pembiasaan (T) mendahului standar (R); tanpa standar, tidak ada yang dibiasakan atau diperiksa.

• **E.** ✓ Ringkas → Rapi → Resik → Rawat → Rajin.

**Jawaban: E.**

## No. 16 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Masuk ruang terbatas memerlukan izin kerja, isolasi sumber energi, **uji udara sebelum masuk dan berkala**, **ventilasi paksa selama pekerjaan** (gas dapat terus terbentuk), petugas siaga di luar, dan alat penyelamat. Penolong tanpa perlengkapan pernapasan sering menjadi korban kedua.

**Langkah:**

1. Bandingkan hasil uji dengan syarat: oksigen 19,0% lebih kecil daripada 19,5% → udara belum aman.
2. Sumber gas masih ada (dedak lembap → karbon dioksida) → ventilasi dan uji udara berlangsung selama bekerja, bukan sekali.
3. Pekerja pingsan → petugas siaga tetap di luar dan memanggil tim penyelamat.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** 19,0% lebih rendah daripada syarat; ventilasi paksa dan uji ulang harus dilakukan sebelum masuk.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: karena sumber gas masih ada, gas terus terbentuk; ventilasi dan pemantauan dilanjutkan selama bekerja.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Petugas siaga tidak masuk tanpa alat napas dan pelatihan; ia memanggil tim terlatih.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

## No. 17 Kunci: B, C, E

**Konsep:** Label GHS memuat piktogram (jenis bahaya), kata sinyal (BAHAYA lebih berat daripada PERINGATAN, bukan berarti beracun akut), pernyataan bahaya (kode H: sifat bahaya), dan pernyataan kehati-hatian (kode P: tindakan). Label dibaca untuk menentukan penyimpanan, APD, P3K, dan pembuangan.

**Langkah (membaca gambar):**

1. Piktogram: korosi dan lingkungan; kata sinyal BAHAYA.
2. H290: dapat korosif pada logam → jangan disimpan pada rak baja; gunakan penampung plastik.
3. H314: luka bakar parah pada kulit dan kerusakan mata → butuh APD kulit dan mata (P280).
4. H400: sangat beracun bagi kehidupan perairan → tidak boleh dibuang ke saluran; P501: buang sesuai peraturan.
5. P305+P351+P338: tindakan bila terkena mata.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: kata sinyal BAHAYA hanya menandakan tingkat bahaya yang lebih berat; piktogram beracun akut (tengkorak) tidak ada pada label.

• **B.** ✓ H290 menyatakan cairan dapat korosif pada logam, sehingga rak baja tidak cocok.

• **C.** ✓ P280: sarung tangan pelindung dan pelindung mata atau wajah.

• **D.** ✗ Jebakan: H400 dan P501 melarang membuang ke lingkungan; mengencerkan tidak mengurangi



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

jumlah pencemar.
• **E.** ✓ Sesuai P305+P351+P338.

**Jawaban: B, C, dan E.**

## No. 18 Kunci: D

**Konsep:** Pada LOTO tiap pekerja memasang gembok dan label **miliknya sendiri**, dan gembok itu **dilepas oleh pemiliknya**. Mesin baru boleh dinyalakan setelah **semua** gembok dilepas. Gembok benar-benar mencegah mesin menyala; label saja hanya peringatan.

**Langkah:**
1. Tiga gembok terpasang: milik Dika, Eka, dan Fani.
2. Dika selesai → ia hanya berwenang melepas gembok miliknya.
3. Eka dan Fani masih di dalam rangka mesin → gembok mereka tetap terpasang dan saklar tetap terkunci.
4. Produksi menunggu sampai kedua teknisi selesai, melepas gembok masing-masing, dan area diperiksa.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: melepas gembok teman membuat mesin dapat menyala saat Eka dan Fani masih di dalam rangkanya.
• **B.** ✗ Jebakan: label saja hanya peringatan dan tidak mencegah saklar dinyalakan orang lain.
• **C.** ✗ Jebakan: pemotongan gembok orang lain mengabaikan keselamatan pemiliknya yang masih bekerja; gembok dilepas oleh pemiliknya.
• **D.** ✓ Dika melepas gemboknya sendiri; saklar tetap terkunci oleh gembok Eka dan Fani.
• **E.** ✗ Jebakan: menyalakan mesin saat dua orang masih berada di dalam rangkanya sangat berbahaya; uji coba dilakukan pada tahap awal prosedur, ketika tidak ada orang di mesin.

**Jawaban: D.**

## No. 19 Kunci: E

**Konsep:** Prioritas ditentukan oleh **nilai risiko = kemungkinan × keparahan**, dan nilai itu harus dihitung ulang setelah ada pengendalian. Pengendalian menurunkan risiko, tetapi **sisa risiko** tetap ada sehingga bahayanya tidak dihapus dari daftar.

**Langkah:**
1. Nilai risiko awal: S = 4 × 4 = 16; Q = 2 × 5 = 10; P = 3 × 3 = 9; R = 4 × 2 = 8.
2. Setelah pompa tertutup, kemungkinan S = 1 dan keparahan tetap 4, sehingga S = 1 × 4 = 4.
3. Urutkan dari terbesar: Q (10), P (9), R (8), S (4).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: urutan lama dipertahankan; nilai S tidak dihitung ulang setelah pengendalian.
• **B.** ✗ Jebakan: hanya melihat kemungkinan (R 4, P 3, Q 2, S 1) dan mengabaikan keparahan.
• **C.** ✗ Jebakan: hanya melihat keparahan (Q 5, S 4, P 3, R 2) dan mengabaikan kemungkinan.
• **D.** ✗ Jebakan: S dikeluarkan karena sudah ditangani; padahal masih ada sisa risiko (nilai 4) yang tetap dipantau.
• **E.** ✓ Nilai risiko terbaru: Q 10, P 9, R 8, S 4.

**Jawaban: E.**

## No. 20 Kunci: C

**Konsep:** Konsentrasi = mol ÷ volume. Jumlah mol zat terlarut tetap, tetapi volume akhir yang lebih besar membuat larutan **lebih encer**. Konsentrasi sebenarnya dihitung dari mol dan volume akhir (setara $M_1V_1 = M_2V_2$), lalu penyimpangannya dibandingkan dengan batas SOP.



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

**Langkah:**
1. Mol asam oksalat = 0,1000 mol/L × 0,1000 L = 0,01000 mol.
2. Konsentrasi sebenarnya = 0,01000 mol ÷ 0,1005 L = 0,0995 M.
3. Penyimpangan = (0,1000 − 0,0995) ÷ 0,1000 × 100% ≈ 0,5%.
4. 0,5% tidak lebih dari batas 1,0%, sehingga larutan boleh dipakai, tetapi dengan konsentrasi terkoreksi 0,0995 M, bukan 0,1000 M.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: zat terlarut memang tidak berubah, tetapi volume bertambah sehingga konsentrasinya turun; memakai 0,1000 M membuat hasil analisis meleset.
• **B.** ✗ Jebakan: angka konsentrasi benar, tetapi larutan dibuat ulang padahal penyimpangan 0,5% masih di dalam batas SOP (1,0%).
• **C.** ✓ 0,0995 M, penyimpangan 0,5% (di bawah 1,0%), dipakai dengan konsentrasi terkoreksi.
• **D.** ✗ Jebakan: rasio volume terbalik (0,1000 × 100,5 ÷ 100,0 = 0,1005 M), sehingga larutan dikira lebih pekat.
• **E.** ✗ Jebakan: rasio terbalik dan keputusan ulang; kedua langkah salah.

**Jawaban: C.**

## No. 21 Kunci: B

**Konsep:** Pada pertolongan pertama bahan kimia di kulit, **bahan kimia dibuang lebih dulu**: lepas pakaian yang terkena, lalu bilas dengan air mengalir yang banyak (pancuran darurat). Penetralan di kulit melepas panas tambahan, dan salep atau penutup mengunci bahan di kulit.

**Langkah:**
1. Baju yang basah oleh asam menahan asam di kulit → dilepas lebih dulu.
2. Bilas lengan dengan air mengalir yang banyak (pancuran 4 m dapat dicapai segera).
3. Setelah itu, bawa ke tenaga medis dan lapor.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: mengelap dengan kain kering menyebarkan dan menekan asam ke kulit, serta menunda pembilasan.
• **B.** ✓ Melepas pakaian dan membilas dengan air mengalir yang banyak membuang asam dari kulit.
• **C.** ✗ Jebakan: menetralkan di kulit dengan basa pekat melepas panas dan dapat menambah luka; yang dilakukan adalah pembilasan air.
• **D.** ✗ Jebakan: salep dari kotak P3K mengunci sisa asam dan menunda pembilasan, padahal pembilasan harus segera.
• **E.** ✗ Jebakan: menunggu sambil tertutup baju basah membuat asam terus bekerja di kulit.

**Jawaban: B.**

## No. 22 Kunci: E

**Konsep:** Batas simpan limbah B3 menurut produksi harian dan kategori: **90 hari** bila 50 kg per hari atau lebih; **180 hari** bila kurang dari 50 kg per hari (kategori 1); **365 hari** (kategori 2, kurang dari 50 kg per hari). Batas dihitung dari tanggal mulai disimpan (penghasil menyimpan paling lama sejak limbah dihasilkan); limbah yang melewati batas harus dimanfaatkan, diolah, atau diserahkan kepada pihak berizin.

**Langkah:**
1. Oli bekas: 65 kg per hari (50 kg atau lebih) → 90 hari. 15 Mei + 90 hari = 13 Agustus 2027 → terlampaui (7 hari).
2. Sisa pelarut: 20 kg per hari, kategori 1 → 180 hari. 25 Maret + 180 hari = 21 September 2027 → belum.
3. Larutan asam bekas: 8 kg per hari, kategori 1 → 180 hari. 20 Februari + 180 hari = 19 Agustus 2027



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

→ terlampaui (1 hari).
4. Lumpur IPAL: 30 kg per hari, kategori 2 → 365 hari. 10 Januari 2027 + 365 hari = 10 Januari 2028 → belum.
5. Yang terlampaui pada 20 Agustus 2027: nomor 1 dan 3.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: nomor 3 terlewat; larutan asam 8 kg per hari tetap terkena batas 180 hari, yang sudah lewat sehari.
• **B.** ✗ Jebakan: batas 90 hari dipakai untuk semua limbah kategori 1; sisa pelarut (20 kg per hari) seharusnya memakai 180 hari.
• **C.** ✗ Jebakan: batas 180 hari dipakai juga untuk kategori 2; lumpur IPAL memakai 365 hari.
• **D.** ✗ Jebakan: batas 90 hari dipakai untuk semua limbah, tanpa memperhatikan produksi harian dan kategori.
• **E.** ✓ Nomor 1 (90 hari) dan nomor 3 (180 hari) sudah melewati batas.

**Jawaban: E.**

## No. 23 Kunci: A, D, E

**Konsep:** Pengelolaan limbah mengikuti **3R**: **reduce** (mengurangi di sumber, misalnya substitusi bahan dan proses lebih efisien), **reuse** (menggunakan ulang tanpa pengolahan, misalnya wadah bekas untuk bahan yang sama atau cocok), **recycle** (memanfaatkan atau mendaur ulang oleh pihak berizin). Limbah B3 tidak boleh dibuang ke saluran, tidak diencerkan, dan tidak dicampur bila tidak cocok.

**Langkah:**
1. Tiap usulan dicocokkan dengan R yang sesuai atau dengan larangan limbah B3.
2. Usulan yang mengurangi limbah di sumber, memanfaatkan oli lewat pihak berizin, dan memakai ulang drum yang cocok sesuai aturan.
3. Usulan yang membuang ke selokan atau mencampur semua limbah melanggar aturan.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Substitusi pelarut organik dengan cat berbasis air mengurangi limbah di sumbernya (reduce).
• **B.** ✗ Jebakan: pengenceran tidak mengurangi jumlah pencemar, dan limbah B3 tidak boleh dibuang ke selokan.
• **C.** ✗ Jebakan: limbah yang tidak cocok tidak boleh dicampur; pencampuran dapat menimbulkan reaksi berbahaya dan menyulitkan pengolahan.
• **D.** ✓ Oli bekas dimanfaatkan pihak berizin dan penyerahannya dicatat (recycle).
• **E.** ✓ Drum bekas yang sama atau saling cocok boleh dipakai ulang bila tidak bocor dan tidak berkarat (reuse).

**Jawaban: A, D, dan E.**

## No. 24 Kunci: C

**Konsep:** Bahan disimpan menurut **apakah berbahaya bila bertemu**, bukan menurut kelompok umum. Pada deretan, lemari hanya berbatasan dengan lemari di kiri dan kanannya, sehingga yang diperiksa adalah pasangan yang bersebelahan.

**Langkah:**
1. Pasangan terlarang: kaporit–asam fosfat, kaporit–toluena, asam fosfat–kalium hidroksida, asam fosfat–natrium sianida.
2. Susunan sekarang (kiri ke kanan): asam fosfat, kaporit, toluena, kalium hidroksida, natrium sianida. Pasangan bersebelahan yang terlarang: asam fosfat–kaporit (lemari 1 dan 2) dan kaporit–toluena (lemari 2 dan 3).
3. Kaporit menjadi sumber kedua masalah, sehingga dicoba dipindahkan. Bila kaporit dipindah ke ujung kanan: asam fosfat, toluena, kalium hidroksida, natrium sianida, kaporit.



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

4. Periksa tiap pasangan: asam fosfat–toluena boleh; toluena–KOH boleh; KOH–sianida boleh; sianida–kaporit boleh. Tidak ada pasangan terlarang.
5. Setiap opsi lain diperiksa dengan cara yang sama (lihat analisis).

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: susunan menjadi toluena, kaporit, asam fosfat, KOH, sianida; kaporit–toluena, kaporit–asam fosfat, dan asam fosfat–KOH semuanya bersebelahan.
• **B.** ✗ Jebakan: toluena dipindah, tetapi asam fosfat dan kaporit (lemari 1 dan 2) masih bersebelahan.
• **C.** ✓ Susunan baru: asam fosfat, toluena, KOH, sianida, kaporit; tidak ada pasangan terlarang yang bersebelahan.
• **D.** ✗ Jebakan: kaporit dan toluena masih bersebelahan, dan natrium sianida kini berbatasan dengan asam fosfat.
• **E.** ✗ Jebakan: kaporit dijauhkan dari asam fosfat, tetapi KOH kini berbatasan dengan asam fosfat dan kaporit berbatasan dengan toluena.

**Jawaban: C.**

### No. 25 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Pemilahan dilakukan dengan dua pertanyaan: apakah limbah itu sendiri B3, dan apakah ia **tercemar** B3? Benda yang tercemar B3 menjadi limbah B3 walaupun benda aslinya tidak berbahaya. Limbah yang bersih dan tidak berbahaya termasuk non-B3.

**Langkah:**

1. Kain lap + thinner (pelarut mudah menyala) → tercemar B3 → limbah B3.
2. Kardus bersih → tidak B3 dan tidak tercemar → non-B3, dapat didaur ulang.
3. Kardus kuyup thinner → tercemar B3 → limbah B3.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Kain tercemar thinner menjadi limbah B3.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Kardus bersih adalah limbah non-B3 yang dapat didaur ulang.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: bahan dasar kertas tidak menentukan; kardus yang kuyup thinner tercemar B3 sehingga menjadi limbah B3.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## Latihan sub bab 3.2

### No. 1 Kunci: D

**Konsep:** Metanol ($CH_3OH$) dan etanol ($C_2H_5OH$) sama-sama alkohol primer, tetapi metanol sangat beracun: dapat terserap melalui kulit dan terhirup, menyebabkan kebutaan hingga kematian. Produk yang menyentuh tubuh memakai etanol atau isopropil alkohol.

**Langkah:**

1. Produk antiseptik dipakai di kulit dan uapnya terhirup.
2. Metanol beracun → tidak boleh dipakai, berapa pun potongan harganya.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: metanol memang dapat membunuh kuman, tetapi racun bagi pemakai.
• **B.** ✗ Campuran tetap mengandung metanol yang beracun.
• **C.** ✗ Jebakan: pengenceran tidak menghilangkan sifat racun metanol.
• **D.** ✓ Keselamatan pemakai diutamakan; drum ditolak untuk produk ini.
• **E.** ✗ Jebakan: gliserin tidak menghilangkan racun metanol, dan uapnya tetap terhirup.

**Jawaban: D.**



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

## Latihan sub bab 3.3

### No. 1 Kunci: B

**Konsep:** Perbandingan mol zat dalam reaksi = perbandingan koefisien. Mol = massa ÷ Mr.

**Langkah:**

1. Mr $H_2SO_4$ = 2 + 32 + 64 = 98 → mol = 49 ÷ 98 = 0,5 kmol.
2. Mol NaOH = 2 × 0,5 = 1 kmol.
3. Massa NaOH = 1 × 40 = 40 kg.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: perbandingan 1 : 1 (0,5 kmol × 40 = 20 kg), koefisien 2 diabaikan.
- **B.** ✓ 0,5 kmol × 2 × 40 = 40 kg.
- **C.** ✗ Menyamakan massa basa dengan massa asam.
- **D.** ✗ Jebakan: memakai 1 kmol $H_2SO_4$ (dikira 98 kg), lalu dikali 2.
- **E.** ✗ Menyamakan massa dengan Mr asam sulfat.

**Jawaban: B.**

### No. 2 Kunci: B, C, E

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

**Konsep:** Perbandingan mol = perbandingan koefisien. Massa = mol × Mr. Pembakaran tidak sempurna menghasilkan CO.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: koefisien adalah perbandingan mol, bukan massa: 4 kmol $O_2$ × 32 = 128 kg.
- **Pernyataan 2** ✓ Mr $CH_4$ = 16 → 32 ÷ 16 = 2 kmol.
- **Pernyataan 3** ✓ 2 kmol $CO_2$ × 44 = 88 kg.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: koefisien $H_2O$ adalah 2 → 4 kmol × 18 = 72 kg.
- **Pernyataan 5** ✓ 48 kg = 3 kmol $CH_4$ → 3 kmol $CO_2$ × 44 = 132 kg.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.**

## Latihan sub bab 3.4

### No. 1 Kunci: B, C, D, E

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

**Konsep:** M = mol ÷ volume (L); % b/v = gram zat per 100 mL larutan; mg/L = miligram zat per liter larutan.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: 4.000 mg ÷ 0,25 L = 16.000 mg/L; 1.600 diperoleh bila 1,6% dikira 1,6 g/L.
- **Pernyataan 2** ✓ 4,0 ÷ 40 = 0,1 mol.
- **Pernyataan 3** ✓ 0,1 mol ÷ 0,250 L = 0,4 M (jebakan bagi yang lupa mengubah 250 mL menjadi 0,250 L).
- **Pernyataan 4** ✓ 4,0 g per 250 mL = 1,6 g per 100 mL.
- **Pernyataan 5** ✓ Mol tetap 0,1, volume menjadi 1 L → 0,1 M.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 4, 5.**

### No. 2 Kunci: C

**Konsep:** Pengenceran: $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$, dengan C dalam % (v/v).

**Langkah:**

1. 96% × $V_1$ = 70% × 2.000 mL.
2. $V_1$ = 140.000 ÷ 96 = 1.458 mL.



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

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: itu volume air yang ditambahkan (2.000 − 1.458), bukan volume etanol 96%.
- **B.** ✗ Jebakan: menganggap etanol 96% sebagai etanol murni (70% × 2.000).
- **C.** ✓ 70 × 2.000 ÷ 96 = 1.458 mL.
- **D.** ✗ Itu volume total produk.
- **E.** ✗ Rumus terbalik (96 × 2.000 ÷ 70).

**Jawaban: C.**

## Latihan sub bab 3.5

### No. 1 Kunci: A, D, E

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

**Konsep:** Asas Le Chatelier: bila sistem setimbang diganggu (konsentrasi, tekanan, suhu), sistem bergeser untuk mengurangi gangguan. Katalis hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✓ Hasil yang dikurangi akan dibentuk kembali; kesetimbangan bergeser ke kanan.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: suhu tinggi mempercepat tercapainya kesetimbangan, tetapi untuk reaksi eksoterm kesetimbangan bergeser ke kiri sehingga $SO_3$ berkurang.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan, tetapi tidak menggeser letaknya.
- **Pernyataan 4** ✓ Kiri 3 mol gas, kanan 2 mol gas; tekanan tinggi menggeser ke jumlah mol gas lebih kecil.
- **Pernyataan 5** ✓ Penambahan pereaksi menggeser kesetimbangan ke arah hasil.

**Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.**

## Latihan sub bab 3.6

### No. 1 Kunci: B

**Konsep:** Penurunan titik beku = Kf × m × i. Pada molalitas sama, larutan dengan i (jumlah partikel per satuan zat) terbesar paling rendah titik bekunya.

**Langkah:**

1. Sukrosa, urea, glukosa: nonelektrolit, i = 1.
2. $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$, i ≈ 2.
3. $CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$, i ≈ 3 → paling rendah.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Nonelektrolit, i = 1.
- **B.** ✓ Menghasilkan tiga ion per satuan zat.
- **C.** ✗ Jebakan: garam dapur memang sering dipakai, tetapi hanya menghasilkan dua ion per satuan zat.
- **D.** ✗ Nonelektrolit, i = 1.
- **E.** ✗ Jebakan: molekul glukosa lebih besar, tetapi ukuran molekul tidak memengaruhi; yang menentukan jumlah partikel.

**Jawaban: B.**

### No. 2 Kunci: C

**Konsep:** Kenaikan titik didih larutan (ΔTb) bergantung pada jumlah partikel terlarut. Kepekatan yang sama memberi ΔTb yang sama terhadap titik didih pelarut murni di tempat itu.

**Langkah:**

1. Di Jakarta: ΔTb = 104 − 100 = 4 °C.



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

2. Kepekatan sama → ΔTb tetap 4 °C.
3. Di pegunungan: 97 + 4 = 101 °C.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Itu titik didih air murni di pegunungan; larutan gula mendidih di atasnya.
• **B.** ✗ Titik didih air murni di Jakarta, tidak berlaku di pegunungan.
• **C.** ✓ 97 + 4 = 101 °C.
• **D.** ✗ Jebakan: memakai suhu penanda Jakarta; di pegunungan sirup akan menjadi terlalu pekat karena 104 °C berarti ΔTb = 7 °C.
• **E.** ✗ Jebakan: menambahkan selisih tekanan ke arah yang salah (104 + 3).

**Jawaban: C.**

## Latihan sub bab 3.7

### No. 1 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Elektroplating: benda yang dilapisi di katode (−), logam pelapis di anode (+), elektrolit berisi ion logam pelapis.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Benar.** Benda yang dilapisi menjadi katode; $Ni^{2+}$ tereduksi menjadi Ni di katode.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Anode nikel teroksidasi menjadi $Ni^{2+}$ sehingga konsentrasi larutan terjaga.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Bila tertukar, gantungan menjadi anode sehingga besinya yang teroksidasi (larut) dan nikel mengendap di batang nikel.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## Kuis Akhir Bab 3

### No. 1 Kunci: C

**Konsep:** Hidrokarbon tak jenuh melunturkan air brom. Alkena berumus $C_nH_{2n}$ sehingga Mr = 14n, alkuna berumus $C_nH_{2n-2}$ sehingga Mr = 14n − 2, dan alkana ($C_nH_{2n+2}$) tidak melunturkan air brom. Rumus ditentukan dengan mencocokkan Mr terukur pada tiap golongan yang mungkin.

**Langkah:**
1. Air brom cepat luntur dan ada satu ikatan rangkap, jadi gas itu tak jenuh: alkena atau alkuna (alkana ditolak).
2. Bila alkena: Mr = 12n + 2n = 14n = 42, sehingga n = 3 (bilangan bulat), yaitu $C_3H_6$.
3. Bila alkuna: Mr = 14n − 2 = 42, sehingga n = 44 ÷ 14 ≈ 3,14 (bukan bilangan bulat), jadi tidak mungkin.
4. Cek ulang: $C_3H_6$ → 3 × 12 + 6 × 1 = 42. Namanya propena.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: dipilih karena etena paling sederhana, padahal Mr etena ($C_2H_4$) = 28, bukan 42.
• **B.** ✗ Jebakan: tiga karbon dan Mr 44 tampak dekat dengan 42, tetapi propana adalah alkana yang tidak melunturkan air brom.
• **C.** ✓ $C_3H_6$: Mr = 42 dan golongan alkena.
• **D.** ✗ Jebakan: jumlah karbon dihitung dari 42 ÷ 12 = 3,5 lalu dibulatkan menjadi 4 tanpa menghitung hidrogen; Mr $C_4H_8$ = 56.
• **E.** ✗ Jebakan: alkuna juga memiliki satu ikatan rangkap dan melunturkan air brom, tetapi Mr propuna ($C_3H_4$) = 40.

**Jawaban: C.**



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

## No. 2 Kunci: A, C, E

**Konsep:** Persen b/v adalah gram zat per 100 mL larutan. Karena 1 L = 10 × 100 mL, g/L = % b/v × 10, dan mg/L = g/L × 1.000. Molaritas = (g/L) ÷ Mr. Pengenceran memakai $M_1V_1 = M_2V_2$ dengan $V_2$ volume akhir.

**Langkah:**

1. 0,73% b/v berarti 0,73 g HCl dalam 100 mL larutan.
2. g/L = 0,73 × 10 = 7,3 g/L, dan mg/L = 7,3 × 1.000 = 7.300 mg/L.
3. Molaritas = 7,3 ÷ 36,5 = 0,20 M.
4. Pengenceran: $M_2$ = (0,20 × 50) ÷ 250 = 0,040 M.
5. Cek ulang: pengenceran 5 kali (250 ÷ 50) menurunkan 0,20 M menjadi seperlimanya, yaitu 0,040 M.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ 7,3 g/L ÷ 36,5 g/mol = 0,20 M.
- **B.** ✗ Jebakan: 0,73% berarti 0,73 g per 100 mL, bukan 0,073 g (salah menggeser koma satu tempat).
- **C.** ✓ 0,73 × 10 = 7,3 g/L.
- **D.** ✗ Jebakan: 730 mg/L berasal dari 0,73 g/L × 1.000; yang benar 7,3 g/L × 1.000 = 7.300 mg/L.
- **E.** ✓ (0,20 × 50) ÷ 250 = 0,040 M.

**Jawaban: A, C, dan E.**

## No. 3 Kunci: D

**Konsep:** Pada reaksi eksoterm bolak-balik, suhu tinggi mempercepat tercapainya kesetimbangan tetapi menurunkan jumlah hasil pada kesetimbangan; suhu rendah sebaliknya. Karena itu pabrik memilih suhu kompromi yang memenuhi semua syarat. Katalis hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan, tidak menambah hasil pada kesetimbangan.

**Langkah:**

1. Pola tabel: suhu naik → waktu makin singkat (12; 4; 1,5; 0,5 jam), tetapi metanol makin sedikit (85; 70; 50; 30%). Ini sesuai reaksi eksoterm.
2. Periksa syarat hasil minimal 60%: hanya 200 °C (85%) dan 250 °C (70%) yang lolos.
3. Periksa syarat waktu paling lama 6 jam: 250 °C (4 jam) lolos; 200 °C (12 jam) tidak lolos.
4. Hanya 250 °C yang memenuhi kedua syarat.
5. Cek ulang: 300 °C memberi 50% (di bawah 60%) dan 350 °C memberi 30%, sehingga keduanya gagal pada syarat hasil.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: hasil 85% tertinggi, tetapi waktunya 12 jam melewati batas 6 jam.
- **B.** ✗ Jebakan: katalis hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan; posisi kesetimbangan (50% pada 300 °C) tidak berubah, dan semua uji sudah memakai katalis yang sama.
- **C.** ✗ Jebakan: waktu 0,5 jam paling singkat, tetapi hasil hanya 30%, jauh di bawah 60%.
- **D.** ✓ 250 °C: 70% (≥ 60%) dan 4 jam (≤ 6 jam).
- **E.** ✗ Jebakan: waktu 1,5 jam memenuhi syarat, tetapi hasil 50% tidak memenuhi syarat 60%; memenuhi satu syarat belum cukup.

**Jawaban: D.**

## No. 4 Kunci: A

**Konsep:** Bila massa dua pereaksi diketahui, ubah keduanya menjadi mol lebih dulu. Pereaksi pembatas adalah yang mol ÷ koefisiennya terkecil, bukan yang massanya paling kecil. Massa hasil dihitung dari pereaksi pembatas.

**Langkah:**

1. Mol Zn = 6,5 ÷ 65 = 0,100 mol. Mol S = 4,0 ÷ 32 = 0,125 mol.
2. Koefisien keduanya 1, jadi hasil bagi mol ÷ koefisien: Zn 0,100 dan S 0,125. Yang terkecil adalah Zn,



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

sehingga seng adalah pereaksi pembatas.
3. Mol ZnS = mol Zn = 0,100 mol. Mr ZnS = 65 + 32 = 97, jadi massa ZnS = 0,100 × 97 = 9,7 g.
4. Cek ulang: belerang yang bereaksi 0,100 mol = 3,2 g, sisa 4,0 − 3,2 = 0,8 g; 9,7 g ZnS + 0,8 g sisa belerang = 10,5 g = 6,5 + 4,0 (massa kekal).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Seng habis lebih dulu; ZnS = 0,100 × 97 = 9,7 g.
• **B.** ✗ Jebakan: massa belerang (4,0 g) paling kecil sehingga dianggap pembatas; 0,125 × 97 ≈ 12,1 g melebihi yang mungkin karena seng tidak cukup.
• **C.** ✗ Jebakan: massa kedua pereaksi dijumlahkan (6,5 + 4,0 = 10,5 g), padahal 0,8 g belerang tidak bereaksi.
• **D.** ✗ Jebakan: massa seng yang dibutuhkan untuk menghabiskan belerang dijawab sebagai massa hasil (0,125 × 65 ≈ 8,1 g), atau Mr ZnS salah dihitung 81.
• **E.** ✗ Jebakan: massa seng dianggap sama dengan massa ZnS, padahal belerang ikut bereaksi dan menambah massa.

**Jawaban: A.**

## No. 5 Kunci: E

**Konsep:** Kc = [hasil]^koefisien ÷ [pereaksi]^koefisien, memakai konsentrasi pada kesetimbangan. Konsentrasi kesetimbangan diperoleh dari konsentrasi awal dikurangi (atau ditambah) perubahan menurut perbandingan koefisien: $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$.

**Langkah:**
1. Volume 1,0 L, jadi mol = mol/L. $NH_3$ setimbang = 0,50 M, terbentuk dari 2x, sehingga x = 0,25 M.
2. $N_2$ berkurang x = 0,25 M: $[N_2] = 1,0 - 0,25 = 0,75$ M.
3. $H_2$ berkurang 3x = 0,75 M: $[H_2] = 3,0 - 0,75 = 2,25$ M.
4. $Kc = [NH_3]^2 \div ([N_2][H_2]^3) = (0,50)^2 \div (0,75 \times 2,25^3) = 0,25 \div (0,75 \times 11,39) = 0,25 \div 8,54 \approx 0,029$.
5. Cek ulang: jumlah atom N awal 2 × 1,0 = 2,0 mol; akhir 2 × 0,75 + 0,50 = 2,0 mol (sama).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: konsentrasi awal yang dipakai ($0,50^2 \div (1,0 \times 3,0^3) \approx 0,0093 = 9,3 \times 10^{-3}$), padahal Kc memakai konsentrasi pada kesetimbangan.
• **B.** ✗ Jebakan: $NH_3$ 0,50 mol dianggap berasal dari 0,50 mol $N_2$ yang bereaksi (perbandingan koefisien terlewat), sehingga $[N_2] = 0,50$ dan $[H_2] = 1,50$; $Kc = 0,25 \div (0,50 \times 1,50^3) \approx 0,15 = 1,5 \times 10^{-1}$.
• **C.** ✗ Jebakan: koefisien tidak dijadikan pangkat: $0,50 \div (0,75 \times 2,25) \approx 0,30 = 3,0 \times 10^{-1}$.
• **D.** ✗ Jebakan: hasil dan pereaksi tertukar (pembilang dan penyebut dibalik): $1 \div 0,029 \approx 34 = 3,4 \times 10^{1}$.
• **E.** ✓ $Kc \approx 0,029 = 2,9 \times 10^{-2}$.

**Jawaban: E.**

## No. 6 Kunci: A, C, D

**Konsep:** Distilasi bertingkat memisahkan minyak bumi menurut titik didih. Makin panjang rantai karbon, makin kuat gaya London antarmolekul, makin tinggi titik didih, dan makin kental serta makin sukar menyala cairannya. Letak sebuah alkana ditentukan dengan membandingkan titik didihnya terhadap rentang suhu tiap tabung.

**Langkah:**
1. Rentang tabung: 1 = di bawah 70 °C; 2 = 70–180 °C; 3 = 180–300 °C; 4 = sisa yang tidak menguap sampai 300 °C.
2. Pentana 36 °C (di bawah 70) → tabung 1.
3. Dekana 174 °C (antara 70 dan 180; sangat dekat 180 tetapi masih di bawahnya) → tabung 2.
4. Heksadekana 287 °C (antara 180 dan 300) → tabung 3.



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

5. Eikosana 343 °C (di atas 300) → tidak menguap, tetap di tabung 4.
6. Isi tabung 4 bertitik didih paling tinggi, jadi rantainya paling panjang: paling kental, paling sukar menyala.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ 36 °C berada di bawah 70 °C, sehingga pentana terkumpul di tabung 1.
• **B.** ✗ Jebakan: rantai dekana memang lebih panjang daripada pentana, tetapi titik didihnya 174 °C sehingga masuk rentang 70–180 °C (tabung 2), bukan tabung 3.
• **C.** ✓ 287 °C berada di antara 180 dan 300 °C, jadi heksadekana masuk tabung 3.
• **D.** ✓ 343 °C di atas 300 °C, sehingga eikosana tidak ikut menguap dan tertinggal di tabung 4.
• **E.** ✗ Jebakan: rantai paling panjang berarti paling kental dan paling sukar menyala, bukan encer dan mudah menyala.

**Jawaban: A, C, dan D.**

## No. 7 Kunci: D

**Konsep:** Kenaikan titik didih $\Delta Tb = Kb \times m \times i$. Karena Kb sama untuk pelarut yang sama, larutan dengan nilai m × i terbesar (jumlah partikel terbanyak) mendidih paling tinggi. Zat elektrolit menghasilkan beberapa ion sehingga i lebih dari 1.

**Langkah:**
1. Tentukan i: glukosa 1 (nonelektrolit); NaCl 2 ($Na^+$, $Cl^-$); $CaCl_2$ 3 ($Ca^{2+}$, $2Cl^-$); $K_2SO_4$ 3 ($2K^+$, $SO_4^{2-}$); urea 1.
2. Hitung m × i: glukosa 0,50; NaCl 0,60; $CaCl_2$ 0,45; $K_2SO_4$ 0,75; urea 0,40.
3. Nilai terbesar adalah $K_2SO_4$ (0,75).
4. Cek ulang: $\Delta Tb$ $K_2SO_4$ = 0,512 × 0,75 = 0,384 °C, titik didihnya ≈ 100,38 °C; untuk glukosa $\Delta Tb$ = 0,512 × 0,50 = 0,256 °C, lebih rendah.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: molalitas 0,50 paling besar pada tabel, tetapi glukosa nonelektrolit (i = 1) sehingga m × i hanya 0,50.
• **B.** ✗ Jebakan: i = 2 benar, tetapi m × i = 0,60 masih lebih kecil daripada 0,75.
• **C.** ✗ Jebakan: $CaCl_2$ punya i = 3, tetapi molalitasnya hanya 0,15 sehingga m × i = 0,45.
• **D.** ✓ m × i = 0,25 × 3 = 0,75, yang terbesar.
• **E.** ✗ Urea nonelektrolit: m × i = 0,40, yang terkecil.

**Jawaban: D.**

## No. 8 Kunci: A

**Konsep:** Pada alkena, rantai induk harus memuat ikatan rangkap, dan penomoran dimulai dari ujung yang paling dekat dengan ikatan rangkap (bukan dari ujung yang dekat cabang). Nomor rangkap ditulis di depan akhiran -ena, nomor cabang di depan nama cabang.

**Langkah:**
1. Rantai terpanjang yang memuat C=C: $CH_3$–CH–CH=CH–$CH_3$ berisi 5 karbon, jadi induknya pentena. $CH_3$ pada karbon kedua dari kiri adalah cabang metil.
2. Penomoran dari kiri: rangkap berada di antara C3 dan C4 (nomor 3). Dari kanan: $CH_3$ (1), CH= (2), =CH (3), $CH(CH_3)$ (4), $CH_3$ (5), sehingga rangkap bernomor 2.
3. Pilih nomor rangkap terkecil: penomoran dari kanan, jadi 2-pentena.
4. Dari kanan, cabang metil berada di karbon 4. Nama: 4-metil-2-pentena.
5. Cek ulang: 5 + 1 = 6 karbon; hidrogen = 3 + 1 + 3 + 1 + 1 + 3 = 12 = 2 × 6, sesuai $C_nH_{2n}$ (alkena).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Rangkap bernomor 2 dan metil di karbon 4 (penomoran dari kanan).
• **B.** ✗ Jebakan: ini nama pada lembar data; penomoran dimulai dari ujung yang dekat cabang (cabang



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

bernomor 2), padahal aturan alkena memprioritaskan ujung terdekat rangkap.
• **C. ✗** Jebakan: arah penomoran dicampur; rangkap dinomori dari kiri (3) tetapi cabang dari kanan (4).
• **D. ✗** Jebakan: arah penomoran dicampur ke arah sebaliknya; rangkap dinomori dari kanan (2) tetapi cabang dari kiri (2).
• **E. ✗** Rangkap benar bernomor 2 tetapi cabang metil ditempatkan di karbon 3; itu struktur lain, bukan struktur pada lembar data.

**Jawaban: A.**

## No. 9 Kunci: B, C, D

**Konsep:** Asas Le Chatelier: gangguan pada sistem setimbang digeser ke arah yang mengurangi gangguan itu. Konsentrasi pereaksi naik → geser ke kanan; tekanan hanya berpengaruh bila jumlah mol gas kedua sisi berbeda; suhu naik → geser ke arah endoterm. Katalis mempercepat kedua arah sama besar sehingga tidak menggeser kesetimbangan.

**Langkah:**
1. Tulis fakta reaksi: ke kanan eksoterm; mol gas 2 di kiri dan 2 di kanan.
2. Tekanan: mol gas sama → tidak ada pergeseran.
3. Tambah $H_2O$ (pereaksi) → bergeser ke kanan → $H_2$ bertambah.
4. Suhu: eksoterm ke kanan, sehingga suhu turun menggeser ke kanan (hasil bertambah) dan suhu naik menggeser ke kiri; suhu rendah memperlambat reaksi.
5. Katalis: hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan, tidak menambah $H_2$ pada keadaan setimbang.

**Analisis setiap opsi:**
• **A. ✗** Jebakan: katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan, tetapi tidak mengubah jumlah hidrogen pada keadaan setimbang.
• **B. ✓** Mol gas kiri (2) sama dengan kanan (2), sehingga perubahan tekanan tidak menggeser kesetimbangan.
• **C. ✓** Penambahan pereaksi $H_2O$ digeser ke kanan sehingga $H_2$ dan $CO_2$ bertambah.
• **D. ✓** Eksoterm: suhu lebih rendah menggeser ke kanan; suhu rendah juga memperlambat reaksi sehingga waktu tercapainya kesetimbangan lebih lama.
• **E. ✗** Jebakan: suhu tinggi memang mempercepat reaksi, tetapi pada reaksi eksoterm menggeser kesetimbangan ke kiri sehingga $H_2$ berkurang.

**Jawaban: B, C, dan D.**

## No. 10 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Hasil oksidasi alkohol bergantung pada hidrogen di karbon pembawa –OH. Alkohol primer (2 H) menjadi aldehida lalu asam karboksilat, alkohol sekunder (1 H) menjadi keton dan berhenti di situ, alkohol tersier (0 H) tidak teroksidasi.

**Langkah:**
1. Golongkan ketiga isomer: 1-butanol ($CH_3CH_2CH_2CH_2OH$) primer; 2-butanol ($CH_3CH(OH)CH_2CH_3$) sekunder; 2-metil-2-propanol ($(CH_3)_3C–OH$) tersier.
2. Botol R tetap jingga: tidak teroksidasi, jadi tersier = 2-metil-2-propanol.
3. Botol P menghasilkan asam: hanya alkohol primer yang dapat sampai asam karboksilat, jadi P = 1-butanol.
4. Botol Q berubah tetapi hasilnya bukan asam dan tidak dapat dioksidasi lagi: itu keton dari alkohol sekunder, jadi Q = 2-butanol dengan hasil butanon.
5. Cek ulang: ketiga botol sama-sama $C_4H_{10}O$ dan masing-masing mendapat satu golongan berbeda (primer, sekunder, tersier).



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

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: identitas Q (2-butanol) benar, tetapi alkohol sekunder berhenti di keton (butanon, $CH_3COCH_2CH_3$); asam butanoat adalah hasil dari alkohol primer.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Alkohol primer dapat dioksidasi bertahap menjadi aldehida, lalu asam karboksilat (asam butanoat).

• **Pernyataan 3 → Benar.** Karbon pembawa –OH pada alkohol tersier tidak memiliki hidrogen, sehingga tidak teroksidasi dan warna dikromat tetap jingga.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

## No. 11 Kunci: B

**Konsep:** Konsentrasi pada label tidak dapat dibandingkan langsung bila satuan dan zatnya berbeda. Samakan semuanya menjadi molaritas: M = (g/L) ÷ Mr, dengan g/L = % b/v × 10 dan g/L = mg/L ÷ 1.000.

**Langkah:**

1. NaOH: 2,0 g/L ÷ 40 = 0,050 M.
2. HCl: 0,365% b/v = 3,65 g/L; 3,65 ÷ 36,5 = 0,100 M.
3. $H_2SO_4$: 4.900 mg/L = 4,9 g/L; 4,9 ÷ 98 = 0,050 M.
4. $Na_2CO_3$: 8,0 ÷ 106 ≈ 0,075 M.
5. KOH: 1,4 ÷ 56 = 0,025 M.
6. Urutan: HCl (0,100) lebih besar daripada $Na_2CO_3$ (0,075), lalu NaOH dan $H_2SO_4$ (0,050), lalu KOH (0,025).

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: 2,0 g/L tampak kecil, tetapi NaOH hanya 0,050 M; Mr kecil tidak cukup menyaingi HCl.

• **B.** ✓ HCl 0,100 M, yang terbesar.

• **C.** ✗ Jebakan: angka 4.900 paling besar di tabel, padahal satuannya mg/L dan Mr 98 besar; molaritasnya hanya 0,050 M.

• **D.** ✗ Jebakan: 8,0 g/L adalah konsentrasi massa terbesar, tetapi Mr 106 membuat molaritasnya hanya ≈ 0,075 M.

• **E.** ✗ Jebakan: KOH 1,4 g/L adalah angka paling kecil, dan memang molaritasnya terkecil (0,025 M).

**Jawaban: B.**

## No. 12 Kunci: B, D, E

**Konsep:** Hitung dulu zat murni (kadar × massa bahan), ubah ke kmol dengan Mr, lalu pakai perbandingan koefisien: $CaC_2 : H_2O : C_2H_2 : Ca(OH)_2 = 1 : 2 : 1 : 1$. Volume gas pada STP = mol × 22,4 L. Massa seluruh pereaksi yang bereaksi sama dengan massa seluruh hasil (kekekalan massa).

**Langkah:**

1. $CaC_2$ murni = 80% × 6,4 kg = 5,12 kg. Mr $CaC_2$ = 40 + 2 × 12 = 64, jadi mol = 5,12 ÷ 64 = 0,08 kmol.
2. Etuna = 0,08 kmol (perbandingan 1 : 1). Volume = 80 mol × 22,4 L/mol = 1.792 L pada STP. Massa $C_2H_2$ = 0,08 × 26 = 2,08 kg.
3. Air yang bereaksi = 2 × 0,08 = 0,16 kmol, massa = 0,16 × 18 = 2,88 kg.
4. $Ca(OH)_2$ = 0,08 kmol; Mr = 40 + 2 × 17 = 74, massa = 0,08 × 74 = 5,92 kg.
5. Cek ulang: pereaksi 5,12 + 2,88 = 8,00 kg; hasil 2,08 + 5,92 = 8,00 kg. Sama, jadi massa kekal.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: kadar 80% diabaikan; 6,4 ÷ 64 = 0,10 kmol hanya benar bila karbit 100% murni.

• **B.** ✓ 0,08 kmol × 22,4 $m^3$/kmol = 1,792 $m^3$ = 1.792 L.

• **C.** ✗ Jebakan: massa karbit teknis (6,4 kg) memuat pengotor yang tidak bereaksi dan massa air tidak dihitung; massa hasil sebenarnya 8,00 kg.



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

- **D.** ✓ 2 × 0,08 = 0,16 kmol dan 0,16 × 18 = 2,88 kg.
- **E.** ✓ 0,08 × 74 = 5,92 kg.

**Jawaban: B, D, dan E.**

## No. 13 Kunci: C

**Konsep:** Pada pengenceran bertahap, tiap tahap memakai $M_1V_1 = M_2V_2$ ($V_2$ = volume akhir di labu takar), dan konsentrasi akhir diperoleh dengan mengalikan semua faktor pengenceran (FP) tahap-tahapnya: FP total = $FP_1 \times FP_2$.

**Langkah:**

1. Tahap 1: $FP_1$ = 250 ÷ 5,00 = 50, sehingga larutan 1 = 1.000 ÷ 50 = 20 mg/L.
2. Tahap 2: $FP_2$ = 100 ÷ 10,0 = 10, sehingga larutan 2 = 20 ÷ 10 = 2,0 mg/L.
3. Cek ulang: FP total = 50 × 10 = 500, dan 1.000 ÷ 500 = 2,0 mg/L.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: koma bergeser satu tempat (2,0 menjadi 0,20) karena pembagian terakhir dilakukan dua kali.
- **B.** ✗ Jebakan: hanya pengenceran tahap 1 yang dihitung (1.000 ÷ 50 = 20 mg/L).
- **C.** ✓ 1.000 ÷ 500 = 2,0 mg/L.
- **D.** ✗ Jebakan: hanya tahap 2 yang dihitung terhadap larutan induk (1.000 ÷ 10 = 100 mg/L).
- **E.** ✗ Jebakan: faktor pengenceran dijumlahkan (50 + 10 = 60), lalu 1.000 ÷ 60 ≈ 16,7 mg/L; faktor pengenceran harus dikalikan.

**Jawaban: C.**

## No. 14 Kunci: E

**Konsep:** Persamaan reaksi setara bila jumlah atom tiap unsur di kiri sama dengan di kanan. Saat menyetarakan hanya koefisien yang boleh diubah, rumus zat (indeks) tidak boleh diubah, dan koefisien dicari dengan bilangan bulat terkecil.

**Langkah:**

1. Kanan memuat $Al_2(SO_4)_3$ yang berisi 2 Al dan 3 $SO_4$. Setarakan Al: 2Al di kiri.
2. Setarakan sulfat: 3 $SO_4$ di kanan membutuhkan $3H_2SO_4$ di kiri.
3. Setarakan H: $3H_2SO_4$ membawa 6 H, jadi di kanan ada $3H_2$ (6 H).
4. Persamaan: $2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$.
5. Cek ulang: Al 2 = 2; S 3 = 3; O 12 = 12; H 6 = 6.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: jumlah atomnya tampak sama, tetapi hanya karena rumus aluminium sulfat diubah menjadi $AlSO_4$; mengubah indeks berarti mengganti zat (rumus yang benar $Al_2(SO_4)_3$, seperti pada soal).
- **B.** ✗ Jebakan: Al, S, dan O setara, tetapi H tidak: kiri 6 H, kanan 4 H.
- **C.** ✗ Jebakan: koefisien $H_2SO_4$ diambil 6 (dari 3 × 2), sehingga S tidak setara: kiri 6, kanan 3.
- **D.** ✗ Jebakan: koefisien asam diambil 2 mengikuti Al, padahal S tidak setara: kiri 2, kanan 3.
- **E.** ✓ Seluruh atom setara dengan koefisien bilangan bulat terkecil.

**Jawaban: E.**

## No. 15 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Penurunan titik beku $\Delta Tf = Kf \times m \times i$ dan bergantung pada jumlah partikel, bukan ukuran atau jenis zat. Urea nonelektrolit (i = 1), NaCl menghasilkan dua ion (i = 2).

**Langkah:**

1. Molalitas kedua larutan sama: 0,30 mol ÷ 1,00 kg = 0,30 molal.
2. Larutan X: $\Delta Tf$ = 1,86 × 0,30 × 1 = 0,558 °C, titik beku ≈ −0,56 °C.



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

3. Larutan Y: ΔTf = 1,86 × 0,30 × 2 = 1,116 °C, titik beku ≈ −1,12 °C (lebih rendah daripada X).
4. Pengenceran Y menjadi 0,15 molal: ΔTf = 1,86 × 0,15 × 2 = 0,558 °C.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Benar.** ΔTf = 0,558 °C, jadi titik beku ≈ −0,56 °C.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: Y membeku lebih rendah (−1,12 °C), bukan lebih tinggi, karena jumlah partikelnya dua kali lipat; ukuran partikel tidak menentukan sifat koligatif.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Pada 0,15 molal, ΔTf = 1,86 × 0,15 × 2 = 0,558 °C ≈ 0,56 °C, sama dengan larutan urea 0,30 molal karena jumlah partikelnya sama.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

## No. 16 Kunci: B, E

**Konsep:** Fermentasi gula menjadi etanol oleh ragi berlangsung tanpa oksigen (anaerob). Bila oksigen masuk, etanol (alkohol primer) dapat dioksidasi bertahap menjadi aldehida lalu asam asetat, zat asam pada cuka. Hilangnya etanol, bau cuka, dan turunnya pH adalah tanda khas oksidasi itu.

**Langkah:**
1. Gejala: etanol berkurang, bau cuka, pH turun → ada asam yang terbentuk dari etanol.
2. Perubahan baru pada batch ini: tutup dibuka dan udara dialirkan → oksigen tersedia untuk mengoksidasi etanol.
3. Etanol ($CH_3CH_2OH$) alkohol primer: karbon pembawa –OH punya 2 H, jadi oksidasinya berlanjut sampai asam karboksilat ($CH_3COOH$), bukan keton.
4. Fermentor seharusnya tetap tertutup agar proses tetap anaerob dan etanol tidak teroksidasi.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: ragi mengubah gula menjadi etanol tanpa oksigen; aliran udara justru menyebabkan etanol teroksidasi.
• **B.** ✓ Oksigen yang masuk mengoksidasi sebagian etanol menjadi asam asetat, sehingga kadar etanol turun dan cairan berbau cuka.
• **C.** ✗ Jebakan: $CO_2$ hasil fermentasi memang larut sedikit, tetapi tidak berubah menjadi asam asetat; asam asetat berasal dari oksidasi etanol.
• **D.** ✗ Jebakan: etanol adalah alkohol primer (karbon pembawa –OH punya 2 H), bukan tersier, sehingga dapat dioksidasi.
• **E.** ✓ Karbon pembawa –OH pada etanol punya 2 H sehingga oksidasi dapat berlanjut ke asam karboksilat; keton hanya dihasilkan alkohol sekunder.

**Jawaban: B dan E.**

## No. 17 Kunci: A

**Konsep:** Laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu yang dibutuhkan. Bila setiap kenaikan 10 °C menggandakan laju, kenaikan ΔT menghasilkan laju 2^(ΔT ÷ 10) kali semula.

**Langkah:**
1. Kenaikan suhu 45 − 25 = 20 °C, yaitu dua kali kenaikan 10 °C.
2. Laju menjadi $2^2 = 4$ kali semula.
3. Waktu berbanding terbalik dengan laju: waktu baru = 120 ÷ 4 = 30 detik.
4. Cek ulang: suhu naik, laju bertambah, sehingga waktu harus lebih singkat dari 120 detik (30 detik memenuhi).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ 120 ÷ 4 = 30 detik.
• **B.** ✗ Jebakan: kenaikan dianggap tiga kali penggandaan (laju 8 kali), padahal 20 °C hanya dua kali kenaikan 10 °C; 120 ÷ 8 = 15 detik.
• **C.** ✗ Jebakan: laju hanya digandakan sekali (120 ÷ 2 = 60 detik), padahal ada dua kali kenaikan 10 °C.



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

• **D.** ✗ Jebakan: arah terbalik; suhu naik dikira membuat waktu lebih lama (120 × 2 = 240 detik).
• **E.** ✗ Jebakan: arah terbalik dengan laju 4 kali; 120 × 4 = 480 detik, padahal suhu lebih tinggi memperpendek waktu.

**Jawaban: A.**

## No. 18 Kunci: D

**Konsep:** Koefisien pada persamaan setara menyatakan perbandingan mol. Volume gas pada STP = mol × 22,4 L. Urutan hitung: massa → mol zat diketahui → mol zat dicari (perbandingan koefisien) → volume.

**Langkah:**
1. Mr $KClO_3$ = 39 + 35,5 + 3 × 16 = 122,5. Mol $KClO_3$ = 24,5 ÷ 122,5 = 0,20 mol.
2. Perbandingan koefisien $KClO_3 : O_2$ = 2 : 3, jadi mol $O_2$ = (3 ÷ 2) × 0,20 = 0,30 mol.
3. Volume $O_2$ = 0,30 × 22,4 = 6,72 L.
4. Cek ulang: 0,20 mol $KClO_3$ melepas 0,30 mol $O_2$ = 9,6 g; massa KCl = 0,20 × 74,5 = 14,9 g; 14,9 + 9,6 = 24,5 g sama dengan massa awal.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: perbandingan koefisien dianggap 1 : 1, sehingga 0,20 × 22,4 = 4,48 L.
• **B.** ✗ Jebakan: Mr dihitung 39 + 35,5 + 16 = 90,5 (oksigen tidak dikalikan 3), sehingga mol 0,27 dan volume ≈ 9,10 L.
• **C.** ✗ Jebakan: hanya memakai koefisien $O_2$ (3) tanpa membagi dengan 2; 0,20 × 3 × 22,4 = 13,44 L.
• **D.** ✓ 0,30 × 22,4 = 6,72 L.
• **E.** ✗ Jebakan: perbandingan koefisien dibalik (2 ÷ 3), sehingga 0,20 × 2 ÷ 3 × 22,4 ≈ 2,99 L.

**Jawaban: D.**

## No. 19 Kunci: E

**Konsep:** Massa padatan = M × V × Mr, dengan V dalam liter dan Mr hidrat memuat air kristal (air ikut tertimbang). Bila bahan tidak 100% murni, massa yang ditimbang harus lebih besar: massa ditimbang = massa teoretis ÷ kemurnian.

**Langkah:**
1. Mr $Na_2S_2O_3$ = 2 × 23 + 2 × 32 + 3 × 16 = 158. Mr hidrat = 158 + 5 × 18 = 248.
2. Mol yang diperlukan = 0,0200 × 0,500 L = 0,0100 mol (satu mol hidrat menghasilkan satu mol tiosulfat).
3. Massa teoretis = 0,0100 × 248 = 2,48 g.
4. Koreksi kemurnian: 2,48 ÷ 0,990 ≈ 2,505 g, dibulatkan 2,51 g.
5. Cek ulang: 2,51 g × 0,990 ≈ 2,48 g tiosulfat hidrat murni.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: Mr anhidrat 158 yang dipakai (0,0100 × 158 = 1,58 g), padahal kristal yang ditimbang berair.
• **B.** ✗ Jebakan: kemurnian dikalikan (2,48 × 0,990 ≈ 2,46 g); bahan tidak murni harus ditimbang lebih banyak, bukan lebih sedikit.
• **C.** ✗ Jebakan: Mr hidrat benar, tetapi kemurnian 99,0% diabaikan.
• **D.** ✗ Jebakan: volume 1 L dipakai, bukan 500 mL (0,0200 × 1 × 248 = 4,96 g).
• **E.** ✓ 2,48 ÷ 0,990 ≈ 2,51 g.

**Jawaban: E.**

## No. 20 Kunci: B

**Konsep:** Bahan baku tidak murni: hitung dulu massa zat murni (kadar × massa bahan), lalu pakai alur massa → mol → perbandingan koefisien → massa. Pada skala pabrik, massa dalam kg berpasangan dengan kmol.



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

**Langkah:**

1. $Fe_2O_3$ murni = 80% × 1.000 kg = 800 kg.
2. Mr $Fe_2O_3$ = 2 × 56 + 3 × 16 = 160. Mol = 800 ÷ 160 = 5 kmol.
3. Perbandingan koefisien $Fe_2O_3$ : Fe = 1 : 2, jadi Fe = 2 × 5 = 10 kmol.
4. Massa Fe = 10 × 56 = 560 kg.
5. Cek ulang: massa Fe dalam 160 kg $Fe_2O_3$ = 112 kg (70%), dan 70% × 800 = 560 kg.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: koefisien 2 pada Fe diabaikan, sehingga 5 kmol × 56 = 280 kg.
- **B.** ✓ 10 kmol × 56 = 560 kg.
- **C.** ✗ Jebakan: kadar 80% diabaikan; 1.000 ÷ 160 = 6,25 kmol $Fe_2O_3$, lalu 12,5 kmol Fe × 56 = 700 kg.
- **D.** ✗ Jebakan: kadar dipakai dua kali; 560 kg dikalikan 0,80 lagi menjadi 448 kg.
- **E.** ✗ Jebakan: Mr $Fe_2O_3$ dihitung 56 + 48 = 104 (lupa mengalikan Fe dengan 2), sehingga 800 ÷ 104 × 2 × 56 ≈ 862 kg.

**Jawaban: B.**

## No. 21 Kunci: C

**Konsep:** Penurunan titik beku $\Delta Tf = Kf \times m \times i$. $CaCl_2$ terionisasi sempurna menjadi $Ca^{2+} + 2Cl^-$, sehingga faktor van't Hoff i = 3. Dari $\Delta Tf$ yang diminta dapat dicari molalitas, lalu massa zat dengan massa = mol × Mr.

**Langkah:**

1. Titik beku air murni 0 °C, jadi $\Delta Tf$ = 0 − (−5,58) = 5,58 °C.
2. i untuk $CaCl_2$ = 3 (1 ion $Ca^{2+}$ dan 2 ion $Cl^-$).
3. m = $\Delta Tf \div (Kf \times i)$ = 5,58 ÷ (1,86 × 3) = 1,00 molal.
4. Pelarut 1,00 kg, jadi mol $CaCl_2$ = 1,00 mol; massa = 1,00 × 111 = 111 g.
5. Cek ulang: $\Delta Tf$ = 1,86 × 1,00 × 3 = 5,58 °C.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: faktor i dipakai dua kali (5,58 ÷ (1,86 × 9) ≈ 0,33 molal), sehingga massa ≈ 37 g.
- **B.** ✗ Jebakan: i diambil 2 (seperti NaCl), sehingga m = 5,58 ÷ (1,86 × 2) = 1,5 molal dan massa = 166,5 g ≈ 167 g.
- **C.** ✓ m = 1,00 molal, massa 111 g.
- **D.** ✗ Jebakan: i diabaikan sehingga m = 5,58 ÷ 1,86 = 3,0 molal dan massa 3 × 111 = 333 g.
- **E.** ✗ Jebakan: i dikalikan ke molalitas (3,0 × 3 = 9 molal), sehingga massa 9 × 111 = 999 g.

**Jawaban: C.**

## No. 22 Kunci: A, B, E

**Konsep:** Pada elektrolisis larutan dengan elektrode inert (karbon), kation logam yang sangat aktif ($Na^+$, $K^+$, golongan IIA, $Al^{3+}$) tidak tereduksi; yang tereduksi di katode adalah air. Sisa asam oksi ($SO_4^{2-}$, $NO_3^-$) tidak teroksidasi; yang teroksidasi di anode adalah air. Oksidasi selalu di anode, reduksi selalu di katode.

**Langkah:**

1. Katode (reduksi): $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$. Ion $OH^-$ membuat larutan basa, sesuai warna ungu.
2. Anode (oksidasi): $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$. Ion $H^+$ membuat larutan asam, sesuai warna merah.
3. Keseimbangan elektron: per 4 elektron terbentuk 2 mol $H_2$ (di katode) dan 1 mol $O_2$ (di anode). Pada suhu dan tekanan sama, volume $H_2$ : $O_2$ = 2 : 1.
4. $Na^+$ dan $SO_4^{2-}$ hanya penghantar arus (ion penonton); keduanya tidak berubah.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Katode: air tereduksi menjadi $H_2$ dan $OH^-$, larutan basa.
- **B.** ✓ Anode: air teroksidasi menjadi $O_2$ dan $H^+$, larutan asam.



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

• **C.** ✗ Jebakan: $Na^+$ memang tertarik ke katode, tetapi dalam larutan air lebih mudah tereduksi daripada $Na^+$, sehingga yang terbentuk gas $H_2$, bukan logam natrium.
• **D.** ✗ Jebakan: sisa asam oksi seperti $SO_4^{2-}$ tidak teroksidasi di anode; yang teroksidasi adalah air dan menghasilkan gas $O_2$ yang tidak berbau.
• **E.** ✓ Per 4 elektron terbentuk 2 mol $H_2$ dan 1 mol $O_2$, jadi volume $H_2$ dua kali volume $O_2$.

**Jawaban: A, B, dan E.**

## No. 23 Kunci: B

**Konsep:** Pada rangkaian seri, arus dan waktu sama, sehingga muatan listrik dan mol elektron yang mengalir sama di kedua bak. Mol elektron = massa ÷ Ar × n, dengan n jumlah elektron per ion ($Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$, n = 1; $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$, n = 2).

**Langkah:**
1. Mol Ag = 5,4 ÷ 108 = 0,050 mol. Karena n = 1, mol elektron = 0,050 mol.
2. Mol elektron yang sama (seri) mengendapkan Cu: mol Cu = 0,050 ÷ 2 = 0,025 mol.
3. Massa Cu = 0,025 × 63,5 = 1,5875 g ≈ 1,59 g.
4. Cek ulang: perbandingan massa = (Ar ÷ n)Cu : (Ar ÷ n)Ag = 31,75 : 108; 5,4 × 31,75 ÷ 108 = 1,5875 g.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: pembagian dengan n dilakukan dua kali (0,050 ÷ 2 ÷ 2 × 63,5 ≈ 0,79 g).
• **B.** ✓ 0,025 mol × 63,5 = 1,59 g.
• **C.** ✗ Jebakan: n untuk Cu diabaikan (0,050 mol × 63,5 ≈ 3,18 g), padahal tiap ion $Cu^{2+}$ memerlukan dua elektron.
• **D.** ✗ Jebakan: seri dikira menghasilkan massa logam yang sama; yang sama adalah muatan listrik, bukan massa.
• **E.** ✗ Jebakan: perbandingan Ar terbalik (5,4 × 108 ÷ 63,5 ≈ 9,18 g).

**Jawaban: B.**

## No. 24 Kunci: B, C, E

**Konsep:** Pada sel volta, logam dengan E° lebih negatif lebih mudah teroksidasi sehingga menjadi anode (kutub negatif); logam dengan E° lebih positif menjadi katode (kutub positif). Oksidasi selalu di anode dan reduksi selalu di katode. E°sel = E°katode − E°anode, dan E° tidak dikalikan koefisien reaksi. Elektron mengalir dari anode ke katode lewat kawat; anion jembatan garam bergerak ke anode, kation ke katode.

**Langkah:**
1. Bandingkan E° pada gambar: $Al^{3+}/Al$ = −1,66 V (lebih negatif) dan $Ag^+/Ag$ = +0,80 V. Jadi Al anode, Ag katode.
2. Setengah reaksi: anode $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$; katode $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ (dikalikan 3). Reaksi sel: $Al + 3Ag^+ \rightarrow Al^{3+} + 3Ag$.
3. E°sel = 0,80 − (−1,66) = 2,46 V. Nilai ini tidak dikalikan koefisien.
4. Elektron: Al (anode) → kawat → Ag (katode). Elektrode Al berkurang, elektrode Ag bertambah.
5. Muatan jembatan garam: anode bertambah $Al^{3+}$ (positif), jadi anion bergerak ke arah larutan $Al(NO_3)_3$, dan kation ke arah larutan $AgNO_3$.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: logam dengan E° lebih negatif justru teroksidasi, jadi Al adalah anode, bukan katode.
• **B.** ✓ Elektron berpindah dari anode (Al) ke katode (Ag) melalui kawat luar.
• **C.** ✓ E°sel = 0,80 − (−1,66) = 2,46 V; E° adalah sifat per elektron dan tidak dikalikan koefisien. Jebakan lain: mengalikan E° Ag dengan 3 menghasilkan 4,06 V (salah).
• **D.** ✗ Jebakan: anion bergerak menuju anode (larutan $Al^{3+}$ yang makin positif), bukan menuju larutan



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

$Ag^+$.

• **E.** ✓ $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ menempel di elektrode, sehingga massa elektrode Ag bertambah.

**Jawaban: B, C, dan E.**

### No. 25 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Oksidasi adalah pelepasan elektron (bilangan oksidasi naik), reduksi adalah penerimaan elektron (bilangan oksidasi turun). Zat yang teroksidasi disebut reduktor, zat yang tereduksi disebut oksidator.

**Langkah:**

1. Fe: $Fe^{2+}$ (+2) → $Fe^{3+}$ (+3): biloks naik, jadi $Fe^{2+}$ teroksidasi dan berperan sebagai reduktor.
2. Cl: $Cl_2$ (0) → $Cl^-$ (−1): biloks turun, jadi $Cl_2$ tereduksi dan berperan sebagai oksidator.
3. Keseimbangan elektron: 2 ion $Fe^{2+}$ melepas 2 × 1 = 2 elektron; 1 molekul $Cl_2$ (2 atom Cl) menerima 2 × 1 = 2 elektron.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Biloks Fe naik dari +2 menjadi +3, sehingga $Fe^{2+}$ mengalami oksidasi.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Biloks Cl turun dari 0 menjadi −1, sehingga $Cl_2$ mengalami reduksi.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: $Cl_2$ memang "mengubah" $Fe^{2+}$ menjadi $Fe^{3+}$, tetapi zat yang mengoksidasi zat lain adalah oksidator; $Cl_2$ adalah oksidator, sedangkan reduktornya $Fe^{2+}$.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## Latihan sub bab 4.2

### No. 1 Kunci: D

**Konsep:** Media agar dituang pada sekitar 45–50 °C: masih cair, tetapi tidak menghasilkan banyak uap air yang mengembun. Setelah membeku, cawan disimpan terbalik agar embun tidak jatuh ke permukaan agar.

**Langkah:**

1. Embun berasal dari uap media yang terlalu panas.
2. Media menggumpal bila terlalu dingin.
3. Suhu tuang yang tepat: ±45–50 °C.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Media tetap terlalu panas sehingga uap tetap banyak.
• **B.** ✗ Pemanasan ulang di atas api dapat merusak media dan mencemari.
• **C.** ✗ Jebakan: posisi tutup di atas justru membuat embun menetes ke agar; cawan disimpan terbalik.
• **D.** ✓ Suhu cukup rendah untuk mengurangi embun, tetapi media masih cair.
• **E.** ✗ Menambah air mengubah komposisi media dan dapat mencemari media steril.

**Jawaban: D.**

## Latihan sub bab 4.4

### No. 1 Kunci: E

**Konsep:** Metode gores bertujuan mendapat koloni tunggal yang terpisah (biasanya di kuadran 3–4). Koloni dengan bentuk berbeda menunjukkan lebih dari satu jenis mikroba (biakan tidak murni).

**Langkah:**

1. P: pertumbuhan menyatu sampai kuadran 4 → tidak ada koloni tunggal.
2. R: hanya kuadran 1 yang tumbuh → penggoresan gagal.
3. S: koloni terpisah tetapi dua bentuk (bulat kecil dan bergerigi) → tercampur.
4. Q: koloni terpisah dan bentuknya seragam → pilih Q.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Pertumbuhan menyatu tidak menghasilkan koloni tunggal.

• **B.** ✗ Jebakan: kuadran 2–4 kosong karena penggoresan gagal, bukan karena bebas pencemar; tidak ada koloni tunggal yang dapat diambil.

• **C.** ✗ Jebakan: koloninya memang terpisah, tetapi bentuknya dua macam sehingga biakan itu tercampur.

• **D.** ✗ Cawan Q sudah memberikan koloni terpisah yang baik.

• **E.** ✓ Koloni tunggal yang seragam mewakili satu jenis bakteri.

**Jawaban: E.**

### No. 2 Kunci: 1S 2S 3B

**Konsep:** Metode tuang: contoh dicampur agar cair (±45 °C), koloni di dalam dan di permukaan. Metode sebar: ±0,1 mL contoh diratakan di permukaan agar padat, koloni di permukaan, cocok untuk mikroba yang peka panas dan perlu oksigen.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Salah.** Bakteri yang mudah mati oleh panas dirugikan oleh media bersuhu ±45 °C, dan koloni di dalam agar kekurangan oksigen.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Contoh diratakan di permukaan agar yang sudah membeku; bila media masih cair, contoh tercampur ke dalam media seperti metode tuang.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Semua koloni berada di permukaan agar.

**Jawaban: Salah, Salah, Benar.**

### No. 3 Kunci: B, D, E

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

**Konsep:** Teknik aseptis: desinfeksi meja, bekerja dekat api/kabinet aliran udara, pijarkan ose lalu dinginkan, lewatkan mulut tabung di atas api, buka tutup seminimal mungkin.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: ose yang masih membara membunuh khamir yang diambil; ose didinginkan sebentar di dekat api lebih dulu.

• **Pernyataan 2** ✓ Mengurangi pencemaran dari udara di sekitar.

• **Pernyataan 3** ✗ Tutup cukup dibuka sedikit dan dipegang; membukanya lebar memberi peluang pencemaran dari udara.

• **Pernyataan 4** ✓ Memanaskan mulut tabung mencegah mikroba dari udara masuk.

• **Pernyataan 5** ✓ Desinfeksi permukaan kerja.

**Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.**

## Latihan sub bab 4.5

### No. 1 Kunci: A

**Konsep:** Pada pewarnaan Gram, peluntur alkohol yang terlalu lama dapat melunturkan kristal violet dari sel Gram positif sehingga ikut tampak merah muda. Preparat kontrol dipakai untuk memeriksa apakah prosedur berjalan benar.

**Langkah:**

1. Kontrol Gram positif seharusnya ungu, tetapi tampak merah muda → prosedur keliru.
2. Penyebab yang mungkin: peluntur terlalu lama atau iodin terlewat; apa pun penyebabnya, hasil hari itu tidak sah.
3. Hasil contoh tidak sah; ulangi contoh dan kontrol.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Kontrol yang gagal membuktikan prosedur hari itu keliru; semua preparat diulang.
• **B.** ✗ Jebakan: tanpa kontrol yang benar, warna merah muda pada contoh tidak dapat dipercaya.
• **C.** ✗ Kontrol berasal dari biakan yang sudah diketahui, dan ada penyebab prosedural yang lebih jelas.
• **D.** ✗ Safranin tidak dapat menutupi kristal violet yang masih terikat pada sel Gram positif.
• **E.** ✗ Jebakan: lupa iodin memang dapat membuat sel Gram positif luntur, tetapi kasus menyebut kesalahan lain yang tercatat, dan hasil tetap tidak sah.

**Jawaban: A.**

## Kuis Akhir Bab 4

### No. 1 Kunci: C, D

**Konsep:** Pasteurisasi hanya mengurangi mikroba penyebab penyakit dan pembusuk; spora bertahan, sehingga produk harus disimpan dingin dengan umur simpan pendek. Sterilisasi mematikan semuanya, termasuk spora. Proses UHT (sekitar 135–138 °C, beberapa detik) dengan kemasan steril membuat susu dapat disimpan lama tanpa lemari es.

**Langkah:**

1. Susu hanya dipasteurisasi, tidak disterilkan → spora dan sebagian mikroba bertahan.
2. Disimpan di suhu ruang → mikroba yang selamat tumbuh dan menghasilkan asam dan gas (gelas menggembung, bau asam).
3. Solusinya: simpan dingin dengan umur simpan pendek, atau ganti proses menjadi UHT dengan kemasan steril.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: pasteurisasi dikira menyterilkan; padahal produk tidak steril.
• **B.** ✗ Jebakan: pemanasan diperpanjang dikira membuat steril; spora tetap bertahan pada suhu ini.
• **C.** ✓ Sesuai konsep pasteurisasi.
• **D.** ✓ UHT dengan kemasan steril membuat produk awet di suhu ruang.
• **E.** ✗ Jebakan: 100 °C satu kali tidak menyterilkan karena spora bertahan.

**Jawaban: C dan D.**

### No. 2 Kunci: C

**Konsep:** Jumlah sel pada fase log $N = N_0 \times 2^n$, dengan n banyak pembelahan dan $n = t \div g$. Waktu total = waktu lag + waktu fase log.

**Langkah:**

1. Faktor kenaikan = $1{,}28 \times 10^6 \div 2{,}5 \times 10^3 = 512$.
2. $2^n = 512 \rightarrow n = 9$ pembelahan ($2^9 = 512$).
3. Waktu fase log = 9 × 30 menit = 270 menit = 4,5 jam.
4. Tambahkan fase lag 2 jam: 4,5 + 2 = 6,5 jam.
5. Cek ulang: $2{,}5 \times 10^3 \times 2^9 = 1{,}28 \times 10^6$.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: fase lag tidak dihitung (hanya 9 × 30 menit = 4,5 jam).
• **B.** ✗ Jebakan: pangkat dua salah (n = 8, $2^8 = 256$), padahal $2{,}5 \times 10^3 \times 2^8 = 6{,}4 \times 10^5$ belum mencapai target; hasilnya 8 × 30 menit + 2 jam = 6,0 jam.
• **C.** ✓ 4,5 jam fase log + 2 jam lag = 6,5 jam.
• **D.** ✗ Jebakan: dipakai n = 10 ($2^{10} = 1.024$, melebihi kebutuhan): 10 × 30 menit + 2 jam = 7,0 jam.
• **E.** ✗ Jebakan: 30 menit dianggap 1 jam per pembelahan: 9 jam + 2 jam = 11,0 jam.

**Jawaban: C.**



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

## No. 3 Kunci: D

**Konsep:** Faktor pengenceran total (FP) adalah hasil kali faktor tiap tahap, termasuk tahap awal contoh dalam pengencer. Faktor satu tahap = volume contoh ÷ volume total (1 mL dalam 99 mL → 1 ÷ 100 = $10^{-2}$). ALT = koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume tanam.

**Langkah:**

1. Tahap awal: 20 g dalam 180 mL pengencer, total sekitar 200 mL → 1 ÷ 10 = $10^{-1}$.
2. Tabung 1: 1 mL dalam 9 mL → $10^{-1}$. Botol 2: 1 mL dalam 99 mL → $10^{-2}$.
3. FP = $10^{-1} \times 10^{-1} \times 10^{-2} = 10^{-4}$, jadi 1 ÷ FP = $10^{4}$.
4. ALT = $78 \times 10^{4} \div 0{,}1$ mL = 7.800.000 = $7{,}8 \times 10^{6}$ CFU/g.
5. Cek ulang: $7{,}8 \times 10^{6} \times 10^{-4} \times 0{,}1 = 78$ koloni.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: tahap awal terlupa dan pembagian 0,1 mL terlupa sekaligus ($78 \times 10^{3} = 7{,}8 \times 10^{4}$).
- **B.** ✗ Jebakan: satu dari dua hal terlupa, yaitu tahap awal ($78 \times 10^{3} \div 0{,}1 = 7{,}8 \times 10^{5}$) atau pembagian 0,1 mL ($78 \times 10^{4} = 7{,}8 \times 10^{5}$).
- **C.** ✗ Jebakan: 1 mL dalam 99 mL dibagi 99 (FP = 1 ÷ 9.900), padahal volume total 100 mL ($78 \times 9.900 \div 0{,}1 \approx 7{,}7 \times 10^{6}$).
- **D.** ✓ $7{,}8 \times 10^{6}$ CFU/g.
- **E.** ✗ Jebakan: tahap awal dihitung dua kali (FP $10^{-5}$): $78 \times 10^{5} \div 0{,}1 = 7{,}8 \times 10^{7}$.

**Jawaban: D.**

## No. 4 Kunci: B, E

**Konsep:** Tyndalisasi memanfaatkan sifat spora: pemanasan 100 °C mematikan sel biasa tetapi spora bertahan; pada jeda 24 jam spora bertunas menjadi sel biasa yang peka panas, lalu mati pada pemanasan berikutnya. Pemanasan terakhir wajib ada agar sel hasil tunas dari jeda terakhir ikut mati.

**Langkah:**

1. Pengukusan 1: sel biasa mati, spora bertahan. Jeda: sebagian spora bertunas.
2. Pengukusan 2: sel hasil tunas pertama mati, spora yang tersisa bertahan. Jeda kedua: sebagian spora bertunas lagi.
3. Pengukusan 3 dilewati, sehingga sel hasil tunas kedua tidak dimatikan dan berkembang biak di dalam botol yang tertutup.
4. Akibatnya larutan berlendir dan berbau asam (tanda bakteri), tanpa ada pencemaran dari luar.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: spora bertahan pada 100 °C, dan botol tidak pernah dibuka sehingga tidak ada pencemar dari luar.
- **B.** ✓ Inilah akibat pengukusan ketiga yang dilewati.
- **C.** ✗ Jebakan: memperpanjang waktu pada 100 °C tidak mematikan spora; yang diperlukan adalah siklus bertunas dan dimatikan yang lengkap.
- **D.** ✗ Jebakan: larutan keruh menyumbat membran, sehingga filtrasi tidak cocok.
- **E.** ✓ Sel biasa mati, tetapi spora tidak mati oleh pengukusan 100 °C.

**Jawaban: B dan E.**

## No. 5 Kunci: B, C, E

**Konsep:** Suhu dingin memperlambat pertumbuhan mikroba, tidak membunuhnya. Bahan kaya protein dan air menjadi tempat tumbuh yang baik. Gejala menunjuk jenis mikroba: lendir dan bau asam → bakteri; benang halus → kapang; gas dan bau alkohol → khamir.

**Langkah:**

1. Termometer stabil 5 °C: pendingin bekerja, jadi bukan itu penyebabnya.
2. Dingin hanya memperlambat, sehingga bakteri pembusuk baru terlihat setelah beberapa hari (hari



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

ke-6).
3. Tahu menyediakan protein (sumber nitrogen) dan bak menyediakan air; dua kebutuhan bakteri terpenuhi.
4. Lendir dan bau asam menunjuk bakteri, bukan kapang atau khamir.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: suhu dingin dikira membunuh mikroba; padahal hanya memperlambat.
• **B.** ✓ Sesuai konsep: pertumbuhan melambat, tidak berhenti.
• **C.** ✓ Protein dan air adalah nutrisi dan air bebas yang dibutuhkan bakteri.
• **D.** ✗ Jebakan: air bersih dikira steril. Air bersih tetap dapat mengandung mikroba dan justru menyediakan air bagi mikroba.
• **E.** ✓ Lendir dan bau asam adalah gejala bakteri; kapang tampak sebagai benang halus.

**Jawaban: B, C, dan E.**

## No. 6 Kunci: B

**Konsep:** Label diberikan pada dasar cawan (bagian berisi agar), bukan pada tutup, karena tutup mudah tertukar saat cawan dibuka.

**Langkah:**
1. Penyebab: kode ada di tutup, yang terlepas dari cawannya saat dibuka.
2. Perbaikan harus menghubungkan kode dengan bagian yang tidak terlepas, yaitu dasar cawan.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: tulisan lebih jelas tidak mencegah tutup tertukar.
• **B.** ✓ Dasar cawan tidak terpisah dari agar dan biakannya.
• **C.** ✗ Jebakan: label yang lebih kuat tetap berada pada tutup yang bisa tertukar.
• **D.** ✗ Jebakan: rak bertanda tidak mencegah tutup tertukar saat banyak cawan dibuka bersamaan, dan membuka sekaligus justru menambah risiko.
• **E.** ✗ Menyatukan semua tutup memperbesar kemungkinan tertukar.

**Jawaban: B.**

## No. 7 Kunci: D

**Konsep:** Pada sterilisasi kering, waktu tahan mulai dihitung setelah seluruh isi oven (bagian paling lambat panas, yaitu tengah tumpukan) mencapai suhu sterilisasi, bukan sejak oven dinyalakan atau sejak udara oven panas. Setelah selesai, oven dibiarkan dingin dulu sebelum dibuka agar kaca tidak retak dan udara luar tidak membawa mikroba.

**Langkah:**
1. Isi tumpukan mencapai 170 °C pada 09.10 → waktu tahan mulai di sini.
2. Waktu tahan 60 menit: 09.10 + 60 menit = 10.10.
3. Setelah dimatikan, oven dibiarkan dingin dulu sebelum dibuka.
4. Cek ulang: dari 09.10 sampai 10.10 tepat 60 menit.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 08.00 + 60 menit = 09.00 (dihitung sejak oven dinyalakan) dan oven dibuka segera.
• **B.** ✗ Jebakan: dimatikan saat tengah tumpukan baru mencapai 170 °C, padahal waktu tahan 60 menit belum dijalani.
• **C.** ✗ Jebakan: 08.25 + 60 menit = 09.25 (dihitung dari udara oven), padahal isi tumpukan belum mencapai 170 °C saat itu.
• **D.** ✓ 09.10 + 60 menit = 10.10, lalu didinginkan di dalam oven.
• **E.** ✗ Jebakan: waktu benar, tetapi oven dibuka segera sehingga kaca dapat retak dan udara luar membawa mikroba.

**Jawaban: D.**



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

## No. 8 Kunci: E

**Konsep:** Pada gores kuadran, sel terbawa dari kuadran ke kuadran hanya bila goresan kuadran berikutnya ditarik melewati goresan sebelumnya. Pemijaran di antara kuadran membersihkan ose supaya hanya sedikit sel yang terbawa, tetapi sel itu diambil kembali dari goresan sebelumnya.

**Langkah:**

1. Kuadran 1 tumbuh rapat: biakan terambil cukup banyak, media dan inkubasi memadai (sel tumbuh dalam 24 jam).
2. Kuadran 2–4 bersih sama sekali: tidak ada sel yang sampai ke sana.
3. Catatan: tiap kuadran dimulai dari tepinya sendiri, sehingga ose tidak menyentuh goresan kuadran sebelumnya dan tidak membawa sel.
4. Perbaikan: tarik goresan dari ujung kuadran 1 ke kuadran 2, dan seterusnya.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: pemijaran memang membersihkan ose, tetapi yang membawa sel adalah goresan yang melewati kuadran sebelumnya. Tanpa pemijaran justru pertumbuhan menyatu sampai kuadran akhir.
- **B.** ✗ Jebakan: kuadran 1 sudah tumbuh dalam 24 jam; sel yang sampai ke kuadran lain akan tumbuh dalam waktu yang sama.
- **C.** ✗ Jebakan: kuadran 1 penuh pertumbuhan rapat sehingga biakan yang diambil sudah cukup.
- **D.** ✗ Jebakan: media satu cawan sama di semua kuadran, dan kuadran 1 tumbuh baik.
- **E.** ✓ Sel tidak terbawa karena goresan tidak melewati kuadran sebelumnya.

**Jawaban: E.**

## No. 9 Kunci: C

**Konsep:** Sterilkan tiap komponen dengan cara terkuat yang masih bisa ditahannya, lalu campur tanpa mencemari. Agar tahan autoklaf 121 °C, sedangkan antibiotik rusak oleh panas sehingga disaring dan ditambahkan setelah media dingin (45–50 °C, masih cair).

**Langkah:**

1. Media PDA diautoklaf (tahan panas).
2. Media didinginkan sampai 45–50 °C supaya antibiotik tidak rusak, tetapi agar belum memadat.
3. Antibiotik hasil saringan steril dicampurkan secara aseptik.
4. Media dituang ke cawan.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: antibiotik ikut diautoklaf sehingga rusak oleh panas.
- **B.** ✗ Jebakan: antibiotik ditambahkan saat media masih sekitar 90 °C, jauh di atas suhu aman; media harus didinginkan dulu.
- **C.** ✓ Sesuai urutan: autoklaf, dinginkan, campur antibiotik steril, tuang.
- **D.** ✗ Jebakan: prinsip "sterilkan komponen terpisah" benar, tetapi autoklaf 121 °C untuk antibiotik tetap merusaknya; cara yang cocok adalah filtrasi.
- **E.** ✗ Jebakan: media agar kental dan memadat bila dingin sehingga menyumbat membran; yang disaring adalah larutan jernih peka panas, bukan media agar.

**Jawaban: C.**

## No. 10 Kunci: A

**Konsep:** Mendiagnosis kegagalan berarti membandingkan batch gagal dengan batch berhasil, mencari satu hal yang berbeda, lalu menghubungkannya dengan kebutuhan mikroba. Acetobacter mengubah alkohol menjadi asam asetat dengan bantuan oksigen (bakteri aerob).

**Langkah:**

1. Yang sama: larutan, biakan, suhu 30 °C, dan lama inkubasi.
2. Yang berbeda: hanya penutup tangki (rapat dengan karet, bukan kain berpori).



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

3. Acetobacter memerlukan oksigen; tutup rapat menutup masuknya udara.
4. Alkohol hampir tidak turun dan tidak ada rasa asam berarti bakteri tidak bekerja, sesuai dengan kekurangan oksigen.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Satu-satunya perbedaan adalah udara, dan bakteri ini memerlukannya.
• **B.** ✗ Jebakan: fermentasi dikira selalu menghasilkan $CO_2$ beracun. Gas $CO_2$ adalah ciri fermentasi khamir; perubahan alkohol menjadi asam asetat memakai oksigen.
• **C.** ✗ Jebakan: bila khamir menghabiskan alkohol, kadar alkohol akan turun, padahal datanya hampir tidak berubah.
• **D.** ✗ Jebakan: biakan mati mungkin saja, tetapi tidak ada data yang mendukung; perbedaan yang tercatat hanya tutup tangki.
• **E.** ✗ Jebakan: suhu 30 °C sama dengan batch yang berhasil, jadi bukan pembeda.

**Jawaban: A.**

## No. 11 Kunci: E

**Konsep:** Massa serbuk = takaran (g/L) × volume total (L). Volume total = jumlah cawan × isi tiap cawan, ditambah cadangan (dikalikan 1,10 untuk cadangan 10 %). Labu dipilih agar volume media tidak melebihi dua pertiga kapasitas.

**Langkah:**

1. Volume kebutuhan = 22 × 15 mL = 330 mL.
2. Tambah cadangan 10 %: 330 × 1,10 = 363 mL = 0,363 L.
3. Massa serbuk = 20 g/L × 0,363 L = 7,26 g.
4. Batas isi labu 500 mL = 2/3 × 500 ≈ 333 mL. Volume 363 mL melebihi batas itu, jadi labu 500 mL tidak boleh. Batas labu 1.000 mL ≈ 667 mL, cukup untuk 363 mL.
5. Cek ulang: 7,26 g ÷ 20 g/L = 0,363 L.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: cadangan tidak dihitung (330 mL × 20 g/L = 6,60 g); dengan 330 mL labu 500 mL memang muat, sehingga pilihan ini konsisten tetapi salah di awal.
• **B.** ✗ Jebakan: cadangan dihitung sebagai tambahan 10 mL (340 mL × 20 g/L = 6,80 g), padahal 10 % berarti dikalikan 1,10.
• **C.** ✗ Jebakan: massa benar, tetapi labu 500 mL hanya muat sampai ±333 mL; 363 mL berarti terisi 73 %, lebih dari dua pertiga.
• **D.** ✗ Jebakan: cadangan dihitung dengan membagi 0,9 (330 ÷ 0,9 ≈ 366,7 mL → 7,33 g), padahal cadangan 10 % dari kebutuhan adalah 330 × 1,10.
• **E.** ✓ 7,26 g dan labu 1.000 mL.

**Jawaban: E.**

## No. 12 Kunci: B

**Konsep:** Pada fase log jumlah sel berlipat dua setiap satu waktu generasi, sehingga $N = N_0 \times 2^n$ dengan $n = t \div g$. Fase tumbuh dikenali dari pola jumlah sel: hampir tetap di awal (lag), naik berlipat-lipat (log), hampir tetap lagi saat nutrisi menipis (stasioner), atau turun (kematian).

**Langkah:**

1. Jam 0 sampai 2: $1{,}0 \times 10^3$ menjadi $1{,}1 \times 10^3$, hampir tetap → fase lag.
2. Jam 2 sampai 8: tiap 2 jam jumlah sel naik delapan kali: $8{,}8 \times 10^3 \div 1{,}1 \times 10^3 = 8$; $7{,}0 \times 10^4 \div 8{,}8 \times 10^3 \approx 8$; $5{,}6 \times 10^5 \div 7{,}0 \times 10^4 = 8$ → fase log.
3. Naik 8 kali = $2^3$, berarti 3 kali pembelahan dalam 2 jam (120 menit). Waktu generasi = 120 ÷ 3 = 40 menit.
4. Jam 10 sampai 12: $6{,}0 \times 10^5$ menjadi $6{,}1 \times 10^5$, hampir tetap. Bila fase log berlanjut, jam ke-10



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

seharusnya sekitar $5{,}6 \times 10^5 \times 8 = 4{,}5 \times 10^6$, jauh di atas data → fase stasioner.
5. Gabungan: waktu generasi 40 menit dan fase stasioner.
6. Cek ulang: 40 menit × 3 pembelahan = 120 menit, dan $1{,}1 \times 10^3 \times 2^6 \approx 7{,}0 \times 10^4$ pada jam ke-6 (2 jam = 3 pembelahan, 4 jam = 6 pembelahan).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: waktu 120 menit dibagi faktor kenaikan 8 (120 ÷ 8 = 15), padahal faktor kenaikan harus diubah dulu menjadi jumlah pembelahan ($8 = 2^3 \rightarrow 3$). Fase jam 10–12 juga keliru.
• **B.** ✓ Waktu generasi 40 menit dan jumlah sel hampir tetap pada jam 10–12.
• **C.** ✗ Jebakan: waktu generasi benar, tetapi jam 10–12 dikira masih fase log; jumlah sel hanya naik sekitar 2 %, bukan delapan kali.
• **D.** ✗ Jebakan: selang pengamatan 2 jam disangka waktu generasi, padahal dalam 2 jam sel membelah 3 kali. Fasenya benar.
• **E.** ✗ Jebakan: dua kesalahan sekaligus (selang pengamatan dianggap waktu generasi dan jam 10–12 dianggap log).

**Jawaban: B.**

## No. 13 Kunci: E

**Konsep:** Limbah biakan harus dimatikan sebelum dibuang, dan cara yang andal untuk benda tahan lembap adalah autoklaf (121 °C, sekitar 15 menit). Desinfeksi permukaan dan perebusan 100 °C tidak menjamin spora mati.

**Langkah:**
1. Isi cawan adalah biakan hidup yang tidak boleh lolos ke lingkungan.
2. Cawan berisi agar yang lembap dan tahan uap bertekanan → autoklaf.
3. Setelah siklus sah, cawan baru boleh dibuang.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: alkohol hanya mendesinfeksi permukaan dan tidak menembus agar; mikroba di dalam tetap hidup.
• **B.** ✗ Air keran tidak mematikan mikroba; biakan justru terbawa ke saluran pembuangan.
• **C.** ✗ Jebakan: merebus 100 °C tidak menjamin spora mati, dan cara ini tidak andal untuk limbah biakan.
• **D.** ✗ Jebakan: pemijaran dipakai untuk kawat ose dan benda logam kecil, bukan untuk cawan berisi agar.
• **E.** ✓ Autoklaf mematikan seluruh mikroba, termasuk spora.

**Jawaban: E.**

## No. 14 Kunci: A, D, E

**Konsep:** Cawan kontrol steril (hanya media dan pengencer) harus tidak tumbuh. Bila tumbuh, ada pencemaran dari media, pengencer, alat, atau cara kerja, sehingga seluruh hasil perlu dipertanyakan dan pengujian diulang. Rentang hitung 25–250 hanya berlaku untuk cawan contoh, bukan untuk kontrol.

**Langkah:**
1. Cawan contoh: hanya pengenceran $10^{-2}$ (60 koloni) yang berada dalam rentang 25–250; ALT sementara = $60 \times 10^2 = 6{,}0 \times 10^3$ CFU/mL.
2. Kontrol steril tumbuh 6 koloni (seharusnya 0) → ada pencemar yang juga mungkin terdapat pada cawan contoh.
3. Karena tidak diketahui berapa koloni contoh berasal dari pencemar, angka tidak boleh dikoreksi dengan pengurangan.
4. Tindakan: cari sumber pencemar, ulangi dengan bahan dan alat steril yang baru.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Kontrol tumbuh berarti hasil semua cawan dipertanyakan.

• **B.** ✗ Jebakan: pengurangan 6 koloni ($54 \times 10^2 = 5{,}4 \times 10^3$ dibanding $6{,}0 \times 10^3$) dikira memperbaiki hasil, padahal jumlah pencemar di tiap cawan tidak pasti sama.

• **C.** ✗ Jebakan: rentang hitung diterapkan pada kontrol; padahal kontrol harus nol berapa pun jumlahnya.

• **D.** ✓ Pengujian diulang setelah sumber pencemar dicari.

• **E.** ✓ Ketiganya sumber pencemar yang lazim pada pekerjaan aseptik.

**Jawaban: A, D, dan E.**

## No. 15 Kunci: C

**Konsep:** Hanya cawan dengan 25–250 koloni yang dipakai. Bila duplo, koloni dirata-ratakan. ALT = rata-rata koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume tanam. Hasil dibandingkan dengan batas mutu.

**Langkah:**

1. Periksa rentang: $10^{-1}$ menyatu (tidak terhitung); $10^{-2}$ (410 dan 372) lebih dari 250; $10^{-3}$ (142 dan 158) dalam rentang; $10^{-4}$ (9 dan 15) kurang dari 25. Hanya $10^{-3}$ yang dipakai.
2. Rata-rata koloni = (142 + 158) ÷ 2 = 150.
3. ALT = $150 \times 10^3 \div 1$ mL = $1{,}5 \times 10^5$ CFU/g.
4. Bandingkan: $1{,}5 \times 10^5$ lebih kecil dari batas $2{,}0 \times 10^5$ → memenuhi.
5. Cek ulang: $1{,}5 \times 10^5 \times 10^{-3} = 150$ koloni per mL tanam.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: FP dikira $10^{-2}$ untuk cawan $10^{-3}$ ($150 \times 10^2 = 1{,}5 \times 10^4$).

• **B.** ✗ Jebakan: dipakai cawan $10^{-4}$ yang kurang dari 25 koloni ($(9 + 15) \div 2 = 12$; $12 \times 10^4 = 1{,}2 \times 10^5$).

• **C.** ✓ $1{,}5 \times 10^5$ CFU/g dan memenuhi batas.

• **D.** ✗ Jebakan: dua cawan duplo dijumlahkan, bukan dirata-ratakan ($(142 + 158) \times 10^3 = 3{,}0 \times 10^5$).

• **E.** ✗ Jebakan: FP dikira $10^{-4}$ untuk cawan $10^{-3}$ ($150 \times 10^4 = 1{,}5 \times 10^6$).

**Jawaban: C.**

## No. 16 Kunci: A, C, D

**Konsep:** Media umum (PCA) menumbuhkan banyak jenis bakteri. Media selektif hanya menumbuhkan kelompok tertentu, dan media diferensial membedakan mikroba lewat perubahan yang terlihat. MacConkey bersifat selektif sekaligus diferensial: garam empedu dan kristal violet menekan bakteri Gram positif, dan koloni yang memfermentasi laktosa berwarna merah muda.

**Langkah:**

1. Bandingkan jumlah: 180 koloni di media umum, 17 koloni di media selektif. Selisih itu wajar karena MacConkey hanya menumbuhkan sebagian kelompok bakteri.
2. Baca warna: 12 merah muda → memfermentasi laktosa; 5 tidak berwarna → tidak memfermentasi laktosa.
3. Koloni tak berwarna tetap tumbuh di MacConkey, artinya bukan Gram positif (kelompok itu ditekan di media ini).
4. Jumlah di media selektif bukan ALT; ALT dihitung pada media umum.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ PCA umum, MacConkey selektif: selisih jumlah wajar.

• **B.** ✗ Jebakan: tak berwarna dikira Gram positif. Bakteri Gram positif ditekan di MacConkey; koloni tak berwarna hanya tidak memfermentasi laktosa.

• **C.** ✓ Koloni merah muda memfermentasi laktosa; yang tak berwarna tidak.

• **D.** ✓ Sesuai sifat ganda MacConkey.



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

• **E. ✗** Jebakan: jumlah di media selektif dikira ALT, padahal hanya mewakili kelompok yang tumbuh di media itu.

**Jawaban: A, C, dan D.**

## No. 17 Kunci: A

**Konsep:** Pilih metode dengan bertanya berurutan: cair atau padat, tahan panas atau tidak, jernih atau keruh. Cair tahan 121 °C → autoklaf. Cair jernih peka panas → filtrasi membran 0,22 µm. Cair keruh peka 121 °C tetapi tahan 100 °C → tyndalisasi (filtrasi tersumbat bahan keruh). Kaca kering terbungkus → oven.

**Langkah:**

1. Benda 1: cair dan tahan 121 °C → autoklaf.
2. Benda 2: cair jernih, tetapi rusak di atas 60 °C, sehingga pengukusan 100 °C pun merusaknya → filtrasi membran.
3. Benda 3: keruh (menyumbat membran), rusak pada 121 °C tetapi tahan 100 °C → tyndalisasi.
4. Benda 4: padat, kering, tahan 170 °C, terbungkus kertas → oven.

**Analisis setiap opsi:**

• **A. ✓** Sesuai keempat langkah.
• **B. ✗** Jebakan: enzim di-tyndalisasi dan santan disaring; pengukusan 100 °C merusak enzim, dan santan keruh menyumbat membran.
• **C. ✗** Jebakan: kaldu cair dimasukkan oven dan pipet berkertas diautoklaf; air akan menguap di oven dan kertas basah di autoklaf.
• **D. ✗** Jebakan: santan diautoklaf padahal rusak pada 121 °C.
• **E. ✗** Jebakan: enzim di-tyndalisasi, padahal rusak oleh panas.

**Jawaban: A.**

## No. 18 Kunci: 1S 2B 3S

**Konsep:** Pada metode sebar, contoh 0,1 mL diteteskan pada permukaan agar yang sudah padat dan cukup kering (tanpa embun), lalu diratakan dengan batang kaca L yang steril. Karena hanya 0,1 mL yang ditanam, hasil dibagi 0,1: ALT = koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume.

**Langkah:**

1. Alat yang menyentuh contoh harus steril; membilas dengan air keran tidak menyterilkan, dan sisa contoh terbawa ke cawan lain.
2. Permukaan berembun membuat tetesan 0,1 mL tidak meresap sehingga koloni melebar dan menyatu; permukaan harus cukup kering.
3. ALT = $80 \times (1 \div 10^{-3}) \div 0{,}1 = 80 \times 10^{3} \div 0{,}1 = 8{,}0 \times 10^{5}$ CFU/mL.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: batang kaca yang tidak steril membawa sisa contoh dan mikroba lain; kebersihan visual dikira sama dengan steril.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Embun mencegah contoh terserap dan membuat koloni menyatu sehingga tidak bisa dihitung.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: $8{,}0 \times 10^{4}$ didapat bila lupa membagi dengan 0,1 mL ($80 \times 10^{3} = 8{,}0 \times 10^{4}$); yang benar $8{,}0 \times 10^{5}$.

**Jawaban: Salah, Benar, Salah.**

## No. 19 Kunci: B

**Konsep:** Media cair (kaldu) tidak memakai agar dan cocok untuk memperbanyak sel dalam jumlah besar, tetapi koloni tunggal tidak terlihat. Media padat memakai agar dan dituang ke cawan sehingga koloni dapat dihitung dan dipisahkan.



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

**Langkah:**

1. Pekerjaan 1: memperbanyak sel dalam jumlah besar → media cair.
2. Pekerjaan 2: menghitung koloni → harus ada koloni yang terlihat → media padat.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: dua wujud tertukar; di media cair koloni tidak terlihat sehingga tidak bisa dihitung.
- **B.** ✓ Cair untuk memperbanyak, padat untuk menghitung.
- **C.** ✗ Jebakan: media cair dianggap cukup untuk menghitung, padahal tidak ada koloni tunggal.
- **D.** ✗ Jebakan: media padat di cawan tidak cocok untuk memperbanyak sel dalam jumlah besar.
- **E.** ✗ Media semipadat dipakai untuk menguji pergerakan atau menyimpan biakan; menghitung koloni tetap memerlukan media padat.

**Jawaban: B.**

## No. 20 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** ALT menghitung mikroba hidup yang mampu tumbuh pada media dan kondisi inkubasi tertentu. Bakteri pangan umumnya dihitung pada sekitar 35–37 °C selama 24–48 jam, sedangkan kapang dan khamir tumbuh lebih lambat, menyukai suhu lebih rendah (sekitar 25 °C), dan dihitung dengan media dan waktu tersendiri.

**Langkah:**

1. Gumpalan berbenang halus menunjuk kapang.
2. PCA pada 35 °C selama 48 jam menumbuhkan bakteri; kapang yang lambat dan menyukai suhu lebih rendah tidak terwakili.
3. ALT yang rendah hanya berarti jumlah bakteri yang dihitung rendah, bukan bukti bebas semua mikroba pembusuk.
4. Penelusuran memerlukan hitungan kapang dan khamir pada media dan kondisi yang sesuai.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1 → Benar.** ALT bergantung pada media dan kondisi inkubasi yang dipakai.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Kapang dan khamir dihitung pada media selektif, sekitar 25 °C, beberapa hari.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: ALT memenuhi batas dianggap menjamin bebas semua mikroba; padahal kapang tidak terwakili dalam hitungan itu, sehingga penyebab pencemaran belum dapat ditetapkan.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## No. 21 Kunci: B, C, E

**Konsep:** ALT = koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume tanam. Pada metode sebar volume tanam 0,1 mL, sehingga hasilnya dibagi 0,1 (sama dengan dikali 10). Bila contoh sama, kedua metode seharusnya memberi ALT yang sama.

**Langkah:**

1. Mira: $52 \times 10^4 \div 1$ mL = $5{,}2 \times 10^5$ CFU/mL.
2. Yoga yang benar: $52 \times 10^3 \div 0{,}1$ mL = $5{,}2 \times 10^5$ CFU/mL (sama dengan Mira).
3. Laporan Yoga $5{,}2 \times 10^4$ berasal dari $52 \times 10^3$ tanpa dibagi 0,1; ia lupa membagi volume tanam.
4. Bila Yoga memakai pengenceran $10^{-4}$: koloni yang diharapkan = $5{,}2 \times 10^5 \times 10^{-4} \times 0{,}1 \approx 5$ koloni, kurang dari 25 sehingga tidak boleh dihitung.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: selisih sepuluh kali dikira sifat metode; padahal hasil yang benar sama.
- **B.** ✓ ALT benar Yoga sama dengan Mira.
- **C.** ✓ Penyebab selisih: pembagian 0,1 mL terlupa.
- **D.** ✗ Jebakan: pada metode tuang volume tanam 1 mL sehingga pembagiannya 1; mengalikan 10 akan



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

menghasilkan $5{,}2 \times 10^6$, salah.

• **E.** ✓ Perhitungan koloni harapan menunjukkan sekitar 5 koloni, di bawah batas 25.

**Jawaban: B, C, dan E.**

## No. 22 Kunci: D

**Konsep:** Cawan yang boleh dipakai harus berada dalam rentang 25–250 koloni dan tidak boleh berisi koloni menyebar yang menutupi lebih dari separuh luas cawan. ALT = koloni × (1 ÷ FP) ÷ volume tanam.

**Langkah:**

1. Cawan $10^{-2}$: koloni menyatu, tidak dapat dihitung.
2. Cawan $10^{-3}$: 186 koloni berada dalam rentang, tetapi pada gambar koloni menyebar menutupi lebih dari separuh cawan → tidak dihitung.
3. Cawan $10^{-4}$: 47 koloni terpisah, dalam rentang → dipakai.
4. ALT = $47 \times 10^4 \div 1$ mL = $4{,}7 \times 10^5$ CFU/mL.
5. Bandingkan dengan batas $3{,}0 \times 10^5$: $4{,}7 \times 10^5$ lebih besar → tidak memenuhi batas.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: FP salah ($10^{-3}$ untuk cawan $10^{-4}$): $47 \times 10^3 = 4{,}7 \times 10^4$.

• **B.** ✗ Jebakan: cawan $10^{-3}$ dipakai karena jumlahnya 186 dalam rentang, padahal koloni menyebarnya menutupi lebih dari separuh cawan ($186 \times 10^3 = 1{,}9 \times 10^5$) sehingga keputusan menjadi memenuhi.

• **C.** ✗ Jebakan: dua cawan dirata-ratakan ($(1{,}86 \times 10^5 + 4{,}7 \times 10^5) \div 2 \approx 3{,}3 \times 10^5$); cawan yang tidak sah ikut dipakai.

• **D.** ✓ $4{,}7 \times 10^5$ CFU/mL dan tidak memenuhi batas.

• **E.** ✗ Jebakan: FP salah ($10^{-5}$ untuk cawan $10^{-4}$): $47 \times 10^5 = 4{,}7 \times 10^6$.

**Jawaban: D.**

## No. 23 Kunci: A

**Konsep:** Urutan Gram: kristal violet (pewarna utama, semua sel ungu) → iodin (pengikat, bukan pewarna) → alkohol (peluntur) → safranin (pewarna tandingan, merah muda). Sel Gram positif tampak ungu hanya bila kristal violet pernah masuk dan terkunci; tanpa kristal violet tidak ada warna ungu yang dipertahankan.

**Langkah:**

1. Tanpa kristal violet, tidak ada zat ungu yang diberikan, sehingga iodin tidak mengikat apa pun.
2. Alkohol tidak mewarnai dan tidak ada warna yang dilunturkan.
3. Safranin mewarnai semua sel, karena tidak ada warna ungu yang menutupinya.
4. Hasil: semua sel merah muda, termasuk Gram positif, sehingga dapat salah dilaporkan sebagai Gram negatif.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Semua sel merah muda.

• **B.** ✗ Jebakan: iodin dikira menyimpan warna sendiri; iodin hanya pengikat kompleks kristal violet.

• **C.** ✗ Jebakan: alkohol dikira menghilangkan semua warna; safranin diberikan setelah alkohol dan mewarnai semua sel.

• **D.** ✗ Jebakan: safranin dikira hanya mewarnai sel Gram positif; tidak ada perbedaan karena tidak ada ungu yang dipertahankan.

• **E.** ✗ Jebakan: iodin dikira pewarna; iodin hanya mengikat.

**Jawaban: A.**



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

### No. 24 Kunci: A, D

**Konsep:** Sel Gram positif tetap ungu setelah alkohol singkat (peptidoglikan tebal menahan kompleks kristal violet–iodin). Alkohol yang terlalu lama melunturkan juga sel Gram positif, yang kemudian menyerap safranin dan tampak merah muda. Karena itu hasil yang dilaporkan harus berasal dari prosedur dengan waktu peluntur sesuai SOP. Bentuk dan susunan sel dibaca langsung dari gambar.

**Langkah:**

1. Baca bentuk: sel bulat tersusun berkelompok seperti buah anggur → kokus berkelompok (stafilokokus).
2. Sediaan 1 (alkohol 10 detik, sesuai SOP): sel ungu → Gram positif.
3. Sediaan 2 (alkohol 60 detik): sel yang sama tampak merah muda → luntur karena alkohol terlalu lama.
4. Karena kedua sediaan berasal dari biakan yang sama, perbedaan warna berasal dari waktu peluntur, bukan dari perbedaan jenis bakteri.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Bentuk kokus berkelompok dan ungu pada sediaan SOP → Gram positif.
- **B.** ✗ Jebakan: warna merah muda otomatis dianggap Gram negatif, padahal sediaan SOP menunjukkan ungu.
- **C.** ✗ Jebakan: peluntur lebih lama dianggap membuat hasil lebih bersih; justru sel Gram positif ikut luntur.
- **D.** ✓ Alkohol terlalu lama adalah penyebab warna merah muda pada sediaan 2.
- **E.** ✗ Jebakan: bentuk salah dibaca; sel pada gambar bulat dan berkelompok, bukan batang berantai.

**Jawaban: A dan D.**

### No. 25 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Kontrol positif dan negatif yang sesuai menunjukkan prosedur dan zat warna berfungsi. Namun biakan yang sudah tua dapat kehilangan kemampuan menahan zat warna sehingga bakteri Gram positif tampak seperti Gram negatif. Karena itu kontrol dan isolat sebaiknya dari biakan muda (sekitar 18 sampai 24 jam).

**Langkah:**

1. Kontrol sesuai (ungu dan merah muda) → prosedur, zat warna, dan waktu peluntur baik.
2. Isolat diduga Gram positif tetapi merah muda, dan hanya isolat yang berumur 5 hari → penyebab yang masih tersisa adalah umur biakan.
3. Tindakan: ulangi dari biakan muda sebelum melaporkan golongan Gram.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: kontrol yang sesuai dianggap menjamin hasil isolat; padahal biakan tua dapat tampak Gram negatif.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Sesuai sifat biakan tua dan langkah perbaikannya.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Bila zat warna atau peluntur bermasalah, kontrol pun akan menyimpang.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

## Latihan sub bab 5.2

### No. 1 Kunci: A

**Konsep:** pH meter dikalibrasi dengan penyangga pH 7 lebih dulu, lalu penyangga kedua yang mengapit pH contoh (pH 4 untuk contoh asam, pH 10 untuk contoh basa). Elektrode dibilas air suling setiap pergantian larutan.



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

**Langkah:**

1. Contoh basa (pH ±9,5) berada di luar rentang kalibrasi 4–7.
2. Kalibrasi ulang: pH 7,00 lalu 10,01 agar contoh terapit.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Rentang kalibrasi mengapit pH contoh dan elektrode dibilas.
- **B.** ✗ Jebakan: kalibrasi pagi hanya untuk rentang 4–7, sedangkan contoh pH 9,5.
- **C.** ✗ Jebakan: rentangnya mengapit contoh, tetapi titik pH 7 sebagai titik nol tidak dipakai.
- **D.** ✗ Kalibrasi satu titik tidak memeriksa kemiringan respons elektrode.
- **E.** ✗ Waktu celup tidak memperbaiki kalibrasi yang tidak sesuai.

**Jawaban: A.**

## Latihan sub bab 5.3

### No. 1 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Buret dan pipet dibilas dengan larutan yang akan diisikan; labu titrasi dibilas air suling saja karena air tidak mengubah jumlah mol zat yang dititrasi.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1 → Benar.** Pembilasan dengan titran mencegah pengenceran titran oleh sisa air.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Sisa contoh di dinding labu menambah jumlah asam sehingga volume titran berlebih; labu cukup dibilas air suling (air tidak mengubah jumlah mol asam).
- **Pernyataan 3 → Benar.** Gelembung yang keluar membuat volume yang terbaca lebih besar daripada titran yang benar-benar keluar.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

### No. 2 Kunci: B

**Konsep:** Data ulangan yang menyimpang dibuang sesuai aturan, lalu volume rata-rata dipakai: $M(NaOH) = M(HCl) \times V(HCl) \div V(NaOH)$.

**Langkah:**

1. Ulangan 3 (12,90) berbeda > 0,10 mL dari yang lain → dibuang.
2. Rata-rata = (12,40 + 12,46) ÷ 2 = 12,43 mL.
3. M = 0,1000 × 12,43 ÷ 10,00 = 0,1243 M.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: rumus terbalik (0,1000 × 10,00 ÷ 12,43).
- **B.** ✓ Dua ulangan yang sesuai dirata-ratakan.
- **C.** ✗ Jebakan: ketiga ulangan dirata-ratakan (12,587 mL) termasuk ulangan yang menyimpang.
- **D.** ✗ Memakai ulangan 3 saja.
- **E.** ✗ Salah menempatkan koma (tidak dibagi 10,00 mL).

**Jawaban: B.**

## Latihan sub bab 5.4

### No. 1 Kunci: A, B, D, E

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

**Konsep:** Gravimetri pengendapan: pengendap sedikit berlebih → saring (kertas bebas abu) → cuci sampai bebas pengotor → pijarkan → dinginkan dalam desikator → timbang sampai bobot tetap.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✓ Pereaksi berlebih memastikan pengendapan sempurna.



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

• **Pernyataan 2** ✓ Uji ini memastikan endapan bebas klorida pengotor.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: benda panas mengganggu penimbangan; cawan didinginkan dulu dalam desikator, yang sekaligus mencegah penyerapan uap air.
• **Pernyataan 4** ✓ Sisa abu kertas biasa akan menambah massa endapan.
• **Pernyataan 5** ✓ Bobot tetap menandakan endapan sudah kering dan murni.

**Jawaban: pernyataan 1, 2, 4, 5.**

## Latihan sub bab 5.5

### No. 1 Kunci: E

**Konsep:** Data duplo diterima bila selisihnya tidak melebihi batas laboratorium. Data yang diterima dirata-ratakan lalu dibandingkan dengan spesifikasi; data yang tidak diterima harus diulang, bukan diputuskan.

**Langkah:**
1. X: selisih 0,2% (diterima), rata-rata 98,3% → memenuhi.
2. Y: selisih 1,2% (> 0,5%) → diulang.
3. Z: selisih 0,1% (diterima), rata-rata 96,85% → tidak memenuhi.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: rata-rata Y (97,7%) memang di atas 97,0%, tetapi selisih duplonya melebihi batas sehingga datanya belum sah.
• **B.** ✗ Jebakan: Y diputuskan tidak memenuhi padahal datanya belum sah dan harus diulang.
• **C.** ✗ X dan Z sudah memenuhi syarat duplo.
• **D.** ✗ Z memenuhi syarat duplo; hasil yang dekat batas tidak menjadi alasan mengulang.
• **E.** ✓ Sesuai aturan duplo dan spesifikasi.

**Jawaban: E.**

### No. 2 Kunci: B

**Konsep:** Presisi = kedekatan hasil ulangan satu sama lain; akurasi = kedekatan hasil dengan nilai sebenarnya. Hasil presisi tetapi menyimpang tetap menunjukkan galat sistematis (tetap), misalnya konsentrasi titran atau alat yang belum dikalibrasi.

**Langkah:**
1. Hendra: ulangan berdekatan dan rata-rata ≈ 40,0 → presisi dan akurat.
2. Ida: rata-rata tepat, tetapi ulangan menyebar 38,1–41,9 → tidak presisi.
3. Joko: ulangan sangat berdekatan, tetapi rata-rata 42,6 → presisi, tidak akurat → galat sistematis.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: rata-rata Ida tepat secara kebetulan; sebaran ulangannya besar sehingga tidak presisi.
• **B.** ✓ Joko presisi tetapi menyimpang tetap; galat sistematis perlu dicari.
• **C.** ✗ Jebakan: hasil yang berdekatan menunjukkan presisi, bukan akurasi; rata-ratanya menyimpang 2,6 mg/kg.
• **D.** ✗ Hendra presisi dan akurat.
• **E.** ✗ Ida tidak presisi.

**Jawaban: B.**

### No. 3 Kunci: 1S 2B 3S

**Konsep:** Titrasi blanko: prosedur sama tanpa contoh. Volume titran untuk contoh = volume titrasi contoh − volume blanko.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Salah.** Volume blanko dikurangkan dari volume titrasi contoh karena titran itu



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

terpakai oleh pelarut/pereaksi, bukan oleh contoh.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Definisi titrasi blanko.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Pelarut dan pereaksi dapat berubah; blanko dikerjakan pada setiap seri analisis.

**Jawaban: Salah, Benar, Salah.**

## Kuis Akhir Bab 5

### No. 1 Kunci: A

**Konsep:** Pada penimbangan dengan selisih, massa bahan yang dipindahkan = massa botol sebelum dituang − massa botol sesudah dituang. Penimbangan di antara dua penuangan hanya mencatat sebagian jalan; jumlah seluruhnya cukup dihitung dari penimbangan awal dan terakhir.

**Langkah:**
1. Massa awal botol berisi urea = 31,2480 g; massa akhir = 30,2655 g.
2. Massa urea yang keluar dari botol = 31,2480 − 30,2655 = 0,9825 g.
3. Semuanya masuk ke labu takar yang sama, sehingga massa urea dalam labu = 0,9825 g.

**Cek ulang:** penuangan pertama 31,2480 − 30,7419 = 0,5061 g dan penuangan kedua 30,7419 − 30,2655 = 0,4764 g; jumlahnya 0,5061 + 0,4764 = 0,9825 g, sama dengan langkah 2.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ 0,9825 g.
• **B.** ✗ Jebakan: 0,5061 g hanya penuangan pertama; penuangan kedua terlupa.
• **C.** ✗ Jebakan: 0,4764 g hanya penuangan terakhir, yaitu selisih dua penimbangan berurutan terakhir.
• **D.** ✗ Jebakan: 0,7443 g diperoleh dengan mengurangkan rata-rata dua penimbangan akhir (30,5037 g) dari massa awal; massa terakhir seharusnya dipakai, bukan rata-ratanya.
• **E.** ✗ Jebakan: 1,4589 g berasal dari menambahkan lagi penuangan kedua (0,4764 g) pada jumlah total 0,9825 g, sehingga penuangan kedua terhitung dua kali.

**Jawaban: A.**

### No. 2 Kunci: A

**Konsep:** Kemurnian = massa NaOH sebenarnya ÷ massa pelet yang ditimbang × 100%. Massa NaOH sebenarnya dihitung dari titrasi alikuot, lalu dikalikan faktor pengenceran (volume labu ÷ volume alikuot) untuk mendapatkan jumlah seluruh labu.

**Langkah:**
1. Mol HCl = 0,1000 × 23,80 = 2,380 mmol = mol NaOH dalam alikuot 25,00 mL (perbandingan 1 : 1).
2. Faktor pengenceran = 1.000 ÷ 25,00 = 40, sehingga mol NaOH dalam seluruh labu = 2,380 × 40 = 95,2 mmol.
3. Massa NaOH = 95,2 mmol × 40,0 mg/mmol = 3.808 mg = 3,808 g.
4. Kemurnian = 3,808 ÷ 4,000 × 100% = 95,2%.

**Cek ulang:** kemurnian kurang dari 100% sesuai pelet yang menyerap uap air. Molaritas hasil titrasi 2,380 mmol ÷ 25,00 mL = 0,0952 M, dibandingkan dengan 0,1000 M bila pelet 100% murni, juga 95,2%.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ 95,2%.
• **B.** ✗ Jebakan: 2,38% muncul bila faktor pengenceran 40 dilupakan (2,380 mmol × 40,0 mg = 95,2 mg = 0,0952 g; 0,0952 ÷ 4,000 × 100%).
• **C.** ✗ Jebakan: 105,0% berasal dari rumus dibalik (M NaOH = 0,1000 × 25,00 ÷ 23,80 = 0,1050 M); kemurnian lebih dari 100% tidak mungkin.
• **D.** ✗ Jebakan: 4,8% adalah kadar pengotor (100% − 95,2%), bukan kemurnian.



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

• **E.** ✗ Jebakan: 59,5% muncul bila mol alikuot dikalikan 25 (volume alikuot) bukan 40 (faktor pengenceran): 2,380 × 25 × 40,0 mg = 2.380 mg = 2,380 g; 2,380 ÷ 4,000.

**Jawaban: A.**

## No. 3 Kunci: D

**Konsep:** Pada buret, skala bertambah ke bawah dan tanda skala berada di dinding depan tabung, sedangkan dasar meniskus berada di tengah tabung. Mata yang terlalu tinggi melihat dasar meniskus segaris dengan tanda yang lebih tinggi pada dinding depan, yaitu angka yang lebih kecil. Kesalahan ini disebut paralaks. Hanya mata yang sejajar dengan dasar meniskus (posisi Q) memberi bacaan yang benar.

**Langkah:**

1. Baca tanda yang dilewati garis pandang P (titik merah): dari angka 17 turun empat garis kecil, jadi 17,40 mL. Garis pandang Q (titik hijau) tepat di garis tengah yang lebih panjang, yaitu 17,50 mL.
2. Volume yang tercatat = 17,40 − 2,00 = 15,40 mL. Volume yang benar (mata sejajar, Q) = 17,50 − 2,00 = 15,50 mL.
3. Perbandingan mol 1 : 1, sehingga M HCl = M NaOH × V NaOH ÷ V HCl = 0,1000 × 15,40 ÷ 10,00 = 0,1540 M.
4. Konsentrasi yang sebenarnya = 0,1000 × 15,50 ÷ 10,00 = 0,1550 M. Hasil Dewi lebih rendah karena volume titran tercatat lebih kecil.

**Cek ulang:** posisi P (mata di atas) menghasilkan angka lebih kecil daripada Q, sehingga volume dan konsentrasi yang dihitung juga lebih kecil, sesuai arah dalam jawaban.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: menganggap posisi mata tidak berpengaruh sebab pembacaan awal sudah benar; padahal bacaan akhir bergeser 0,10 mL.
• **B.** ✗ Jebakan: 0,1560 M berasal dari bacaan 17,60 mL (posisi R); itu terjadi pada mata yang terlalu rendah, bukan terlalu tinggi.
• **C.** ✗ Jebakan: 0,1740 M diperoleh bila pembacaan akhir 17,40 mL dipakai tanpa dikurangi pembacaan awal.
• **D.** ✓ Bacaan 17,40 mL → V = 15,40 mL → 0,1540 M, lebih rendah dari 0,1550 M.
• **E.** ✗ Jebakan: 0,1530 M berasal dari salah membaca tanda (17,30 mL), selisih satu garis kecil dari yang ditunjuk garis pandang P.

**Jawaban: D.**

## No. 4 Kunci: A, C, E

**Konsep:** Garis kalibrasi pH meter hanya dapat dipercaya di antara titik-titik kalibrasinya. Penyangga dipilih agar mengapit pH contoh. Kalibrasi pagi ini memakai pH 7,00 dan 10,01, sehingga hanya contoh dengan pH di antara 7,00 dan 10,01 yang terjamin pembacaannya. Kemiringan yang baik (98%) hanya menunjukkan elektroda sehat, bukan memperluas rentang kalibrasi.

**Langkah:**

1. Rentang kalibrasi pagi = pH 7,00 sampai 10,01.
2. Air umpan boiler (9,1), air baku (7,6), dan larutan pencuci botol (8,4) berada di dalam rentang itu.
3. Sari buah (4,6) berada di bawah 7,00, di luar rentang: perlu kalibrasi ulang.
4. Untuk sari buah, penyangga yang mengapit 4,6 adalah pH 4,01 dan pH 7,00; pH 7,00 dipakai lebih dulu menurut SOP, lalu pH 4,01.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ 9,1 berada di antara 7,00 dan 10,01.
• **B.** ✗ Jebakan: pH 7,00 hanya satu titik kalibrasi; tanpa titik di bawah 4,6, pembacaan sari buah berada di luar rentang kalibrasi.



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

• **C.** ✓ Kalibrasi ulang dengan pH 7,00 lalu pH 4,01 mengapit pH 4,6.
• **D.** ✗ Jebakan: kemiringan 98% hanya menilai kualitas elektroda; garis kalibrasi di luar titik-titik kalibrasi tidak terjamin.
• **E.** ✓ 8,4 berada di antara 7,00 dan 10,01, rentang kalibrasi pagi tadi.

**Jawaban: A, C, dan E.**

## No. 5 Kunci: B

**Konsep:** Pada titik ekuivalen, mol NaOH = 2 × mol asam oksalat (perbandingan 1 : 2), dan mol asam oksalat = massa ÷ Mr. Molaritas tiap ulangan = mol NaOH ÷ volume NaOH. Ulangan yang menyimpang melebihi batas SOP dibuang, baru sisanya dirata-ratakan.

**Langkah:**
1. Ulangan 1: 0,2010 ÷ 126,07 = 1,5944 mmol asam; mol NaOH = 2 × 1,5944 = 3,189 mmol; M = 3,189 ÷ 32,40 = 0,0984 M (tanpa pembulatan 0,09842).
2. Ulangan 2: 0,2046 ÷ 126,07 = 1,6229 mmol asam; mol NaOH = 3,246 mmol; M = 3,246 ÷ 32,95 = 0,0985 M (tanpa pembulatan 0,09851).
3. Ulangan 3: 0,1988 ÷ 126,07 = 1,5769 mmol asam; mol NaOH = 3,154 mmol; M = 3,154 ÷ 33,70 = 0,0936 M (tanpa pembulatan 0,09358).
4. Bandingkan: ulangan 1 dan 2 berbeda 0,0001 M (≤ 0,0010 M), sedangkan ulangan 3 berbeda 0,0048 M dari ulangan 1 dan 0,0049 M dari ulangan 2 (lebih dari 0,0010 M), sehingga ulangan 3 tidak dipakai.
5. Rata-rata ulangan 1 dan 2 dihitung dari nilai tanpa pembulatan: (0,09842 + 0,09851) ÷ 2 ≈ 0,09846, dilaporkan 0,0985 M.

**Cek ulang:** 0,0985 M × 32,7 mL ≈ 3,22 mmol NaOH, sesuai dengan 2 × 1,61 mmol asam oksalat rata-rata ulangan 1 dan 2.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 0,0968 M adalah rata-rata ketiga ulangan; ulangan 3 menyimpang sehingga tidak boleh ikut dirata-ratakan.
• **B.** ✓ Rata-rata ulangan 1 dan 2, yaitu 0,0985 M.
• **C.** ✗ Jebakan: 0,0492 M diperoleh bila perbandingan mol dianggap 1 : 1 (asam oksalat diprotik, jadi 1 : 2).
• **D.** ✗ Jebakan: 0,1379 M diperoleh bila Mr dipakai tanpa air hablur (90,03), padahal yang ditimbang asam oksalat dihidrat berMr 126,07.
• **E.** ✗ Jebakan: 0,0936 M hanya ulangan 3, yaitu ulangan yang menyimpang; ulangan yang memenuhi batas yang dirata-ratakan.

**Jawaban: B.**

## No. 6 Kunci: E

**Konsep:** Galat relatif buret = galat alat ÷ volume yang dipakai × 100%, sehingga makin besar volume titran, makin kecil galat relatifnya. Syarat galat relatif paling besar 0,25% memberi batas bawah volume, dan kapasitas buret 50 mL memberi batas atas. Volume NaOH dihitung dari massa asam oksalat dengan perbandingan mol 1 : 2.

**Langkah:**
1. Batas bawah volume: 0,05 ÷ V × 100% ≤ 0,25% → V ≥ 0,05 ÷ 0,0025 = 20,0 mL. Batas atas: V ≤ 50 mL (satu kali pengisian). Rentang yang diizinkan 20,0 sampai 50 mL.
2. Mol asam oksalat = massa ÷ 126,07; mol NaOH = 2 × mol asam; volume NaOH = mol NaOH ÷ 0,1000 M (mmol dibagi M memberi mL):
• A: 0,0800 g = 0,6346 mmol asam → 1,269 mmol NaOH → 12,69 mL (galat relatif 0,39%).
• B: 0,1500 g = 1,1898 mmol asam → 2,380 mmol NaOH → 23,80 mL (0,21%).
• C: 0,2500 g = 1,9830 mmol asam → 3,966 mmol NaOH → 39,66 mL (0,13%).



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

• D: 0,3500 g = 2,7762 mmol asam → 5,552 mmol NaOH → 55,52 mL (melebihi 50 mL).
3. Yang berada di rentang 20,0 sampai 50 mL hanya B dan C.

**Cek ulang:** C memberi 39,66 mL, kurang dari 50 mL, dan galatnya 0,05 ÷ 39,66 = 0,13%, lebih kecil dari 0,25%, sehingga lolos kedua syarat.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: menganggap volume titran kecil memberi galat relatif kecil; kenyataannya makin kecil volume, makin besar galat relatif (A 0,39% melebihi 0,25%).
• **B.** ✗ Jebakan: terpaku pada kebiasaan 20 sampai 30 mL; SOP di soal hanya meminta galat relatif ≤ 0,25% dan satu kali pengisian, sehingga C (39,66 mL) juga memenuhi.
• **C.** ✗ Jebakan: perbandingan 1 : 2 dilupakan sehingga volume setiap rencana terhitung setengahnya (D menjadi 27,76 mL) dan rencana lain tampak terlalu kecil; padahal D sebenarnya 55,52 mL.
• **D.** ✗ Jebakan: kapasitas buret diabaikan; D memerlukan 55,52 mL, lebih dari 50 mL, sehingga buret harus diisi ulang.
• **E.** ✓ Rencana B (23,80 mL) dan C (39,66 mL) memenuhi kedua syarat.

**Jawaban: E.**

## No. 7 Kunci: 1B 2S 3S

**Konsep:** Konsentrasi larutan baku = jumlah zat terlarut ÷ volume akhir. Jumlah zat ditentukan oleh penimbangan dan oleh seberapa banyak yang masuk ke labu; volume akhir ditentukan oleh tanda tera. Air suling tidak mengubah jumlah zat, sedangkan zat yang tertinggal atau terbuang mengubahnya.

**Langkah:**
1. Padatan ditimbang teliti, lalu dilarutkan di gelas kimia: zat yang menempel di gelas dan corong harus ikut dipindahkan dengan pembilasan.
2. Labu takar menentukan volume akhir lewat tanda tera, bukan lewat keadaan keringnya; air suling di dinding hanya ikut menjadi pelarut.
3. Volume dianggap benar bila dasar meniskus tepat di tanda tera; bila melewati, jumlah zat tetap tetapi volume sudah terlalu besar sehingga larutan lebih encer.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Benar.** Zat yang tertinggal di gelas kimia atau corong tidak masuk labu, sehingga konsentrasi terhitung lebih besar daripada yang sebenarnya; pembilasan mencegahnya.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: labu takar boleh basah air suling karena air itu akan menjadi bagian pelarut dan volume akhir ditentukan tanda tera; yang tidak boleh adalah membilas labu dengan larutan atau mengeringkannya di oven panas.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: menyedot kelebihan cairan hanya membuang sebagian zat terlarut, sedangkan pengenceran sudah terjadi; konsentrasi tidak kembali ke nilai yang direncanakan. Larutan harus dibuat ulang.

**Jawaban: Benar, Salah, Salah.**

## No. 8 Kunci: E

**Konsep:** Angka yang terus bergerak ke satu arah menunjukkan penyebab yang bekerja terus. Setelah gangguan neraca (tidak datar, pintu terbuka, aliran udara, wadah hangat) disingkirkan, penyebab yang tersisa adalah bahan itu sendiri. Natrium hidroksida bersifat higroskopis, menyerap uap air udara sehingga massanya naik terus. Bahan seperti ini ditimbang dengan selisih memakai botol timbang tertutup.

**Langkah:**
1. Daftar kemungkinan gangguan: neraca tidak datar (sudah datar), pintu terbuka (tertutup), aliran udara (tidak ada), wadah hangat (bersuhu ruang), neraca rusak (lolos pemeriksaan harian).
2. Semua penyebab neraca dan lingkungan sudah tersingkir; angka naik searah dengan uap air yang



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

diserap pelet.
3. Tindakan yang memperbaiki penyebabnya: botol timbang tertutup berisi pelet ditimbang, sebagian dituang, botol ditimbang lagi; massa yang dituang = selisih keduanya.

**Cek ulang:** kenaikan angka tiap pembacaan sekitar 0,0020 g (2,0031 − 2,0012 = 0,0019; 2,0054 − 2,0031 = 0,0023; 2,0079 − 2,0054 = 0,0025) dan searah; ini bukan naik-turun acak seperti gangguan getaran.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: tara dilakukan dengan wadah kosong, bukan dengan bahan di atas piring; menolkan layar saat pelet sudah ada membuat massa pelet tidak tercatat, dan angka tetap naik.
• **B.** ✗ Jebakan: merata-ratakan angka yang bergerak bukan solusi; penyebabnya harus dibetulkan lalu penimbangan diulang.
• **C.** ✗ Jebakan: neraca sudah lolos pemeriksaan dengan anak timbangan, sehingga menyetel ulang tidak menghentikan kenaikan angka.
• **D.** ✗ Jebakan: layar menampilkan angka yang sebenarnya; angka pertama bukan massa pelet yang sesungguhnya karena massa sudah mulai bertambah.
• **E.** ✓ Pelet higroskopis; penimbangan dengan selisih memakai botol timbang tertutup.

**Jawaban: E.**

## No. 9 Kunci: B

**Konsep:** Volume titran = pembacaan akhir − pembacaan awal. Bila awal dan akhir dibaca dengan cara yang sama (keduanya tepi atas), selisih kedua pembacaan tidak terpengaruh cara baca. Bila caranya berbeda, selisih antara cara baca itu ikut masuk ke volume. Volume titran yang tercatat terlalu besar membuat kadar zat yang dihitung terlalu tinggi.

**Langkah:**
1. Pembacaan akhir menurut SOP (tepi atas) = dasar meniskus − 0,10 = 24,95 − 0,10 = 24,85 mL.
2. Volume yang benar = 24,85 − 5,20 = 19,65 mL.
3. Volume yang tercatat = 24,95 − 5,20 = 19,75 mL, yaitu 0,10 mL lebih besar (sekitar 0,51% dari 19,65 mL).
4. Titran tercatat lebih banyak daripada yang sebenarnya dipakai → mol $KMnO_4$ terhitung lebih banyak → kadar besi(II) terhitung terlalu tinggi.

**Cek ulang:** bila awal pun dibaca pada dasar meniskus (5,30 mL), volume = 24,95 − 5,30 = 19,65 mL, sama dengan hasil langkah 2. Jadi kesalahan hanya muncul karena cara baca awal dan akhir berbeda.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: angka 19,75 mL benar, tetapi arahnya terbalik; dasar meniskus pada buret memberi angka lebih besar (skala bertambah ke bawah), sehingga volume tercatat lebih besar.
• **B.** ✓ 19,75 mL, lebih besar 0,10 mL; kadar terlalu tinggi.
• **C.** ✗ Jebakan: galat hanya hilang bila awal dan akhir dibaca dengan cara yang sama; di sini caranya berbeda sehingga tidak saling meniadakan.
• **D.** ✗ Jebakan: 24,95 mL hanya pembacaan akhir; volume titran adalah selisih akhir dan awal.
• **E.** ✗ Jebakan: 19,85 mL diperoleh dengan menambahkan koreksi 0,10 mL sekali lagi pada 19,75 mL; kesalahan hanya muncul sekali (pada pembacaan akhir).

**Jawaban: B.**

## No. 10 Kunci: C

**Konsep:** Kemiringan elektroda = selisih potensial ÷ selisih pH (mV per satuan pH). Kemiringan dibandingkan dengan nilai ideal 59,16 mV per pH dan dinyatakan dalam persen. Di luar rentang yang diterima SOP (95% sampai 105%), elektroda dibersihkan atau diganti, lalu dikalibrasi ulang. Titik nol saja tidak menjamin elektroda layak.



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

**Langkah:**
1. Selisih potensial = 160,4 − 1,2 = 159,2 mV.
2. Selisih pH = 7,00 − 4,01 = 2,99.
3. Kemiringan = 159,2 ÷ 2,99 = 53,24 mV per pH.
4. Persen kemiringan = 53,24 ÷ 59,16 × 100% = 90,0%.
5. 90,0% di bawah 95%, sehingga elektroda belum layak: dibersihkan atau diganti, lalu kalibrasi diulang.

**Cek ulang:** 90,0% × 59,16 × 2,99 = 159,2 mV, sama dengan selisih potensial pada langkah 1.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 90,0% benar, tetapi keputusannya hanya menilai titik nol (+1,2 mV mendekati 0); kemiringan di bawah 95% tetap membuat pembacaan pH teh tidak dapat dipercaya.
• **B.** ✗ Jebakan: 111,1% berasal dari pembagian terbalik (59,16 ÷ 53,24 × 100%); yang dibagi adalah kemiringan hasil kalibrasi terhadap nilai ideal.
• **C.** ✓ Kemiringan 90,0% di luar 95% sampai 105%; elektroda dibersihkan atau diganti, lalu dikalibrasi ulang.
• **D.** ✗ Jebakan: 90,7% muncul bila potensial di pH 7,00 diabaikan (160,4 ÷ 2,99 ÷ 59,16 × 100%); selisih potensial harus mengurangkan +1,2 mV.
• **E.** ✗ Jebakan: 53,2 adalah kemiringan dalam mV per pH, bukan persen; ia belum dibagi nilai ideal 59,16.

**Jawaban: C.**

## No. 11 Kunci: A, D, E

**Konsep:** Akurasi adalah kedekatan hasil dengan nilai acuan (diukur dari galat relatif rata-rata), presisi adalah kedekatan antarulangan. Hasil yang berdekatan tetapi jauh dari acuan dan searah menunjukkan galat sistematis. Galat sistematis tidak hilang dengan merata-ratakan; ia ditemukan dengan membandingkan terhadap acuan dan diperbaiki dengan memeriksa titran, alat, dan prosedur.

**Langkah:**
1. Rata-rata = (4,52 + 4,55 + 4,53) ÷ 3 = 4,533 g/100 mL.
2. Galat relatif = (4,533 − 5,00) ÷ 5,00 × 100% = −9,3% (terlalu rendah, tidak akurat).
3. Rentang = 4,55 − 4,52 = 0,03 g/100 mL, kecil: presisinya baik.
4. Presisi baik tetapi tidak akurat dan searah → galat sistematis; perbaikan dengan memeriksa titran dan alat.

**Cek ulang:** −9,3% konsisten dengan ketiga hasil yang semuanya sekitar 0,47 g/100 mL di bawah 5,00, sehingga merata-ratakan lebih banyak ulangan tetap berada di sekitar 4,53.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ −9,3%, hasil tidak akurat.
• **B.** ✗ Jebakan: ulangan lebih banyak hanya mengecilkan galat acak; galat sistematis ikut ke setiap ulangan.
• **C.** ✗ Jebakan: presisi dinilai dari kedekatan antarulangan (rentang 0,03 g/100 mL), bukan dari kesamaan dengan nilai acuan.
• **D.** ✓ Searah dan berdekatan → galat sistematis.
• **E.** ✓ Titran yang berubah atau buret yang tidak terkalibrasi adalah penyebab khas galat sistematis; diperiksa sebelum hasil dilaporkan.

**Jawaban: A, D, dan E.**

## No. 12 Kunci: B, C, E

**Konsep:** Kadar air (%) = air yang hilang ÷ massa contoh awal × 100%, dengan air yang hilang = (cawan + contoh basah) − (cawan + contoh kering) dan massa contoh = (cawan + contoh basah) − cawan



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

kosong. Penyebut harus massa contoh, bukan massa cawan + contoh; dan perbandingan dengan spesifikasi memakai persen, bukan massa air yang hilang.

**Langkah:**
1. J1: massa contoh = 29,1050 − 24,1050 = 5,0000 g; air hilang = 29,1050 − 28,5200 = 0,5850 g; kadar = 0,5850 ÷ 5,0000 × 100% = 11,70%.
2. J2: massa contoh = 33,3320 − 25,3320 = 8,0000 g; air hilang = 33,3320 − 32,4920 = 0,8400 g; kadar = 0,8400 ÷ 8,0000 × 100% = 10,50%.
3. J3: massa contoh = 26,8800 − 23,8800 = 3,0000 g; air hilang = 26,8800 − 26,4750 = 0,4050 g; kadar = 0,4050 ÷ 3,0000 × 100% = 13,50%.
4. Bandingkan dengan 12,0%: J1 (11,70%) dan J2 (10,50%) memenuhi; J3 (13,50%) tidak memenuhi.

**Cek ulang:** urutan kadar air: J2 (10,50%) lebih kecil daripada J1 (11,70%), dan J1 lebih kecil daripada J3 (13,50%). Air hilang terbanyak (0,8400 g, J2) bukan kadar air tertinggi, karena contoh J2 juga paling berat.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 2,01% berasal dari 0,5850 ÷ 29,1050 × 100% (dibagi massa cawan + contoh basah); yang benar dibagi massa contoh 5,0000 g, yaitu 11,70%.
• **B.** ✓ J2 10,50% ≤ 12,0%, memenuhi walaupun air yang hilang paling banyak.
• **C.** ✓ J3 13,50% > 12,0%, tidak memenuhi.
• **D.** ✗ Jebakan: spesifikasi berupa persen, bukan massa air; J2 memenuhi karena massa contohnya besar (8,0000 g).
• **E.** ✓ 10,50% kurang dari 11,70%, dan 11,70% kurang dari 13,50%.

**Jawaban: B, C, dan E.**

## No. 13 Kunci: D

**Konsep:** Pada perkalian dan pembagian, hasil memiliki angka penting sebanyak data dengan angka penting paling sedikit. Nol di depan angka bukan nol bukan angka penting; nol di belakang setelah koma adalah angka penting. Pembulatan dilakukan di akhir.

**Langkah:**
1. Hitung angka penting data: 0,0985 M → 3 angka penting (9, 8, 5); 18,45 mL → 4; 25,00 mL → 4.
2. Angka penting paling sedikit adalah 3 (dari 0,0985 M), sehingga hasil dilaporkan dengan 3 angka penting.
3. Hasil kalkulator 0,0726930 → tiga angka penting: 0,0727 (angka ke-4 adalah 6, dibulatkan naik).

**Cek ulang:** 0,0985 × 18,45 ÷ 25,00 = 0,072693; konsentrasi hasil yang dilaporkan 0,0727 M sejalan dengan ketelitian data konsentrasi NaOH yang hanya tiga angka penting.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 0,07269 memiliki 4 angka penting, mengikuti data buret dan pipet, padahal data 0,0985 M hanya 3.
• **B.** ✗ Jebakan: seluruh digit kalkulator dilaporkan seolah-olah lebih teliti daripada alatnya.
• **C.** ✗ Jebakan: 0,073 hanya 2 angka penting karena nol di depan dihitung salah atau dibulatkan terlalu banyak.
• **D.** ✓ 0,0727 M (3 angka penting).
• **E.** ✗ Jebakan: 0,07 hanya 1 angka penting; terlalu banyak yang dibuang.

**Jawaban: D.**

## No. 14 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Titik ekuivalen adalah keadaan teoretis saat mol titran tepat setara dengan mol zat yang dititrasi; titik akhir adalah saat indikator berubah warna dan titrasi dihentikan. Selisih keduanya



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

disebut galat titrasi. Volume yang diperlukan hanya ditentukan oleh jumlah mol zat, bukan oleh volume air pengencer.

**Langkah:**
1. Titik ekuivalen teoretis: konsentrasi sama dan perbandingan 1 : 1, sehingga volume NaOH = 25,00 mL.
2. Titik akhir 25,04 mL berselisih 0,04 mL dari 25,00 mL, yaitu galat titrasi kecil.
3. Air suling tidak mengandung zat yang bereaksi dengan NaOH, sehingga tidak mengubah volume yang diperlukan; indikator adalah asam atau basa lemah organik, sehingga berlebih ia ikut bereaksi.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Benar.** Mol HCl dalam labu tetap 2,500 mmol; air hanya mengencerkan konsentrasi, bukan jumlah mol.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: titik akhir hanya perkiraan titik ekuivalen; titik ekuivalen teoretis 25,00 mL, dan selisih 0,04 mL adalah galat titrasi.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Indikator yang terlalu banyak ikut menghabiskan titran, sehingga volume tercatat bertambah dan hasil hitung terlalu tinggi; cukup dua sampai tiga tetes.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

## No. 15 Kunci: C

**Konsep:** Blanko dikerjakan dengan pelarut dan indikator yang sama tanpa contoh. Titran yang terpakai pada blanko dipakai oleh pelarut atau pereaksi, bukan oleh zat contoh, sehingga volumenya dikurangkan: V koreksi = V contoh − V blanko. Kadar (% b/b) = massa zat ÷ massa contoh × 100%.

**Langkah:**
1. V koreksi = 6,85 − 0,15 = 6,70 mL.
2. Mol NaOH = 0,1000 × 6,70 = 0,670 mmol = mol asam laktat (1 : 1).
3. Massa asam laktat = 0,670 mmol × 90 mg/mmol = 60,3 mg = 0,0603 g.
4. Kadar = 0,0603 ÷ 10,00 × 100% = 0,603% ≈ 0,60%.

**Cek ulang:** bila blanko diabaikan: 6,85 mL → 0,685 mmol × 90 = 61,65 mg → 0,62%; hasil tanpa koreksi lebih besar dari 0,60%, sesuai arah koreksi (blanko dikurangkan).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 0,10% muncul bila massa 0,0603 g dibagi 60 g (10 g contoh + 50 g air pelarut) alih-alih massa contoh 10,00 g.
• **B.** ✗ Jebakan: 0,62% adalah hasil tanpa koreksi blanko (6,85 mL).
• **C.** ✓ 0,60%.
• **D.** ✗ Jebakan: 0,63% muncul bila blanko ditambahkan (6,85 + 0,15 = 7,00 mL), padahal blanko dikurangkan.
• **E.** ✗ Jebakan: 6,03% muncul dari salah mengubah satuan: 60,3 mg per 10,00 g adalah 6,03 mg per gram, yaitu 0,603%, bukan 6,03%.

**Jawaban: C.**

## No. 16 Kunci: E

**Konsep:** Pada gravimetri pengendapan, massa zat yang dicari dihitung dari massa endapan dengan faktor gravimetri: massa $Cl^-$ = massa AgCl × (Ar Cl ÷ Mr AgCl). Satu mol AgCl mengandung satu mol $Cl^-$. Kadar per liter diperoleh dengan membagi massa $Cl^-$ dengan volume contoh dalam liter.

**Langkah:**
1. Mr AgCl = 108 + 35,5 = 143,5.
2. Mol AgCl = 0,0574 ÷ 143,5 = 0,000400 mol = mol $Cl^-$.
3. Massa $Cl^-$ = 0,000400 × 35,5 = 0,01420 g = 14,20 mg.
4. Volume contoh = 500,0 mL = 0,5000 L, sehingga kadar = 14,20 ÷ 0,5000 = 28,4 mg/L.



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

**Cek ulang:** bagian klorida dalam AgCl = 35,5 ÷ 143,5 = 0,247; 57,4 mg × 0,247 = 14,2 mg, sama dengan langkah 3.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: 14,2 mg/L adalah massa klorida dalam seluruh contoh (14,2 mg) yang tidak dibagi 0,5000 L.

• **B.** ✗ Jebakan: 46,8 mg/L adalah kadar NaCl (57,4 mg × 58,5 ÷ 143,5 = 23,4 mg per 0,5000 L), padahal yang ditanya klorida.

• **C.** ✗ Jebakan: 114,8 mg/L muncul bila massa endapan (57,4 mg) dianggap massa klorida lalu dibagi 0,5000 L.

• **D.** ✗ Jebakan: 464,1 mg/L muncul dari faktor terbalik (57,4 mg × 143,5 ÷ 35,5 = 232,0 mg per 0,5000 L).

• **E.** ✓ 28,4 mg/L.

**Jawaban: E.**

## No. 17 Kunci: C

**Konsep:** Indikator yang tepat adalah indikator yang rentang pH perubahan warnanya berada di bagian curam kurva titrasi, yaitu di sekitar titik ekuivalen. Di bagian itu satu tetes titran mengubah pH beberapa satuan, sehingga warna berubah tepat saat reaksi tuntas. Pada titrasi asam lemah dengan basa kuat, titik ekuivalen berada di pH di atas 7 karena garam yang terbentuk bersifat sedikit basa.

**Langkah:**

1. Pada gambar, bagian curam kurva berada di sekitar 25 mL, dari kira-kira pH 7 sampai pH 10 atau lebih, dan titik ekuivalen (garis putus-putus) berada di sekitar pH 8,7.
2. Bandingkan setiap pita indikator dengan bagian curam: pita P (pH 3,1–4,4) hanya memotong bagian landai awal kurva pada volume kecil; pita Q (pH 6,0–7,6) memotong kurva menjelang titik ekuivalen: warna mulai berubah sekitar 23,7 mL dan baru tuntas sekitar 25 mL, sehingga perubahannya bertahap dan titik akhirnya kurang tajam; pita R (pH 8,2–10,0) berada tepat di bagian curam, dan warnanya berubah dalam kira-kira satu tetes (sekitar 24,99 sampai 25,05 mL).
3. Indikator R paling dekat dengan titik ekuivalen, sehingga titik akhirnya hampir sama dengan titik ekuivalen.

**Cek ulang:** perhitungan pH asam asetat 0,1 M: awal sekitar 2,9; pada 25,00 mL (ekuivalen) sekitar 8,7; pada 24,99 mL sekitar 8,1 dan pada 25,10 mL sekitar 10,3. Rentang 8,2–10,0 berada di antara kedua nilai itu, yaitu di dalam loncatan pH.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: pH awal larutan asam bukan penentu; indikator dipilih berdasarkan pH di sekitar titik ekuivalen.

• **B.** ✗ Jebakan: titik ekuivalen tidak selalu pH 7; asam lemah dengan basa kuat berekuivalen di pH sekitar 8,7.

• **C.** ✓ Rentang 8,2–10,0 berada di bagian curam kurva, di sekitar titik ekuivalen.

• **D.** ✗ Jebakan: indikator R memang sesuai, tetapi alasannya salah; pemilihan indikator bergantung pada kurva setiap titrasi, bukan pada rentang pH yang tertinggi.

• **E.** ✗ Jebakan: volume titran kecil bukan tujuan; indikator yang berubah warna terlalu dini membuat titrasi berhenti sebelum reaksi tuntas dan kadar terhitung terlalu rendah.

**Jawaban: C.**

## No. 18 Kunci: B, C, E

**Konsep:** Mol HCl dalam alikuot = mol NaOH pada titik ekuivalen (perbandingan 1 : 1). Larutan encer dalam labu 250,0 mL berasal dari 5,00 mL contoh asli, sehingga faktor pengenceran seluruhnya = 250,0 ÷ 5,00 = 50. Alikuot 25,00 mL hanya menentukan konsentrasi di labu, bukan di contoh asli.



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

**Langkah:**
1. Selisih ulangan = 18,26 − 18,20 = 0,06 mL ≤ 0,10 mL, sehingga keduanya dipakai. Rata-rata = (18,20 + 18,26) ÷ 2 = 18,23 mL.
2. Mol NaOH = 0,0980 × 18,23 = 1,7865 mmol = mol HCl dalam alikuot.
3. Konsentrasi HCl dalam larutan di labu = 1,7865 ÷ 25,00 = 0,07146 M ≈ 0,0715 M.
4. Konsentrasi contoh asli = 0,07146 × 50 = 3,573 M.
5. Massa HCl per liter contoh asli = 3,573 × 36,5 = 130,4 g/L = 13,04 g per 100 mL, yaitu kadar sekitar 13,0% b/v.

**Cek ulang:** massa HCl dalam labu = 17,865 mmol × 36,5 = 652,1 mg = 0,6521 g, semuanya berasal dari 5,00 mL contoh asli; 0,6521 ÷ 5,00 × 100 = 13,04% b/v.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 0,715 M muncul bila faktor pengenceran 10 dipakai (hanya rasio 250,0 ÷ 25,00); faktor yang benar 50 karena contoh asli 5,00 mL.
• **B.** ✓ Rata-rata dua ulangan yang berselisih 0,06 mL.
• **C.** ✓ 1,7865 mmol ÷ 25,00 mL = 0,0715 M.
• **D.** ✗ Jebakan: 0,26% muncul bila massa HCl dalam labu (0,6521 g) dibagi volume labu 250,0 mL; massa itu berasal dari 5,00 mL contoh asli.
• **E.** ✓ 3,573 M × 36,5 ÷ 10 = 13,04% b/v, memakai faktor pengenceran 50.

**Jawaban: B, C, dan E.**

## No. 19 Kunci: D

**Konsep:** Pada titik ekuivalen, mol $H^+$ dari asam sama dengan mol $OH^-$ dari basa: $n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$, dengan n adalah jumlah $H^+$ atau $OH^-$ per rumus zat. $Ca(OH)_2$ melepas dua $OH^-$, sedangkan HCl melepas satu $H^+$.

**Langkah:**
1. Mol $OH^-$ = 2 × 0,0125 × 20,00 = 0,500 mmol.
2. Mol $H^+$ yang diperlukan = 0,500 mmol = 1 × 0,0500 × V.
3. V = 0,500 ÷ 0,0500 = 10,00 mL.

**Cek ulang:** 0,0500 M × 10,00 mL = 0,500 mmol HCl, setara dengan 0,250 mmol $Ca(OH)_2$ (perbandingan 2 : 1), dan 0,0125 M × 20,00 mL = 0,250 mmol. Cocok.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: 5,00 mL muncul bila $Ca(OH)_2$ dianggap melepas satu $OH^-$ (0,0125 × 20,00 ÷ 0,0500).
• **B.** ✗ Jebakan: 2,50 mL muncul bila faktor 2 diberikan pada HCl, bukan pada $Ca(OH)_2$ (0,0125 × 20,00 ÷ (2 × 0,0500)).
• **C.** ✗ Jebakan: 40,00 mL muncul dari rumus dibalik (0,0500 × 20,00 ÷ (2 × 0,0125)).
• **D.** ✓ 10,00 mL.
• **E.** ✗ Jebakan: volume asam dianggap sama dengan volume basa; konsentrasi dan jumlah $H^+$ per rumus zat berbeda.

**Jawaban: D.**

## No. 20 Kunci: B

**Konsep:** Pemeriksaan validitas berurutan: blanko dan kontrol dahulu, baru duplo, baru spesifikasi. Blanko dan kontrol di luar batas membuat seluruh seri tidak sah: hasil ditahan, penyebab dicari, perbaikan dibuktikan, baru contoh diulang. Batas penerimaan menentukan apakah data boleh dipercaya; spesifikasi hanya dipakai setelah data sah.

**Langkah:**
1. Blanko 0,45 mL melebihi batas 0,20 mL → blanko di luar batas; blanko yang besar menandakan pereaksi atau pelarut mungkin tercemar.



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

2. Kontrol 2,02% berada dalam 1,95% sampai 2,05%: baik, tetapi tidak menutupi blanko yang di luar batas.
3. Duplo S-01 (selisih 0,03%) dan S-02 (selisih 0,03%) berada dalam batas 0,05%; namun karena seri tidak sah, hasil keduanya belum boleh dibandingkan dengan spesifikasi.
4. Keputusan: seluruh seri tidak sah; tahan hasil, periksa pereaksi dan pelarut, perbaiki, ulangi blanko dan kontrol, lalu ulangi contoh.

**Cek ulang:** S-02 rata-rata 3,115% (di bawah 3,30%) dan S-01 3,425% (di atas 3,30%) memang tampak jelas, tetapi baru boleh dilaporkan setelah seri sah.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: memakai spesifikasi sebelum data sah; kontrol baik tidak membuat seri sah bila blanko melewati batas.
• **B.** ✓ Blanko di luar batas membuat seluruh seri tidak sah; hasil ditahan dan penyebab dicari.
• **C.** ✗ Jebakan: blanko dikurangkan hanya bila nilainya masih dalam batas; blanko yang melebihi batas menandakan pencemaran yang tidak dapat dikoreksi dengan pengurangan.
• **D.** ✗ Jebakan: keputusan terhadap S-02 diambil dari spesifikasi, padahal seri belum sah.
• **E.** ✗ Jebakan: blanko dan kontrol tidak boleh dianggap sah hanya karena kontrol dalam rentang; blanko juga harus dalam batas.

**Jawaban: B.**

## No. 21 Kunci: A, D

**Konsep:** Standar primer memenuhi syarat zat: sangat murni, stabil, tidak menyerap uap air, mudah larut, dan massa molekul relatif besar. Mr besar membuat massa yang ditimbang untuk jumlah mol tertentu lebih besar, sehingga galat relatif penimbangan lebih kecil. Galat relatif = galat neraca ÷ massa yang ditimbang × 100%.

**Langkah:**
1. Hitung massa untuk 2,5 mmol: massa = mmol × Mr ÷ 1.000.
• A (Mr 204): 2,5 × 204 ÷ 1.000 = 0,510 g → galat relatif 0,0002 ÷ 0,510 × 100% = 0,039%.
• D (Mr 126): 2,5 × 126 ÷ 1.000 = 0,315 g → 0,0002 ÷ 0,315 × 100% = 0,063%.
• E (Mr 36): 2,5 × 36 ÷ 1.000 = 0,090 g → 0,0002 ÷ 0,090 × 100% = 0,22%.
2. Syarat galat paling besar 0,10%: A dan D memenuhi; E tidak memenuhi walaupun sifat lainnya baik.
3. Zat B dan C gagal pada sifat dasar (menyerap uap air dan karbon dioksida; kadar berubah).

**Cek ulang:** E ditolak karena massa 0,090 g terlalu kecil bagi neraca ±0,0002 g, bukan karena kemurnian atau kestabilannya.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Murni, stabil, tidak menyerap air, galat penimbangan 0,039%.
• **B.** ✗ Jebakan: zat tampak mudah dibuat larutan, tetapi menyerap uap air dan $CO_2$ sehingga massa zat murninya tidak pasti (cirinya NaOH).
• **C.** ✗ Jebakan: larutan pekat yang kadarnya berubah tidak dapat ditimbang sebagai zat murni.
• **D.** ✓ Murni, stabil, tidak menyerap air, galat penimbangan 0,063%.
• **E.** ✗ Jebakan: sifat kimianya memenuhi syarat, tetapi Mr kecil membuat galat relatif penimbangan 0,22%, melebihi 0,10%.

**Jawaban: A dan D.**

## No. 22 Kunci: A

**Konsep:** Bobot tetap tercapai bila selisih dua penimbangan berturut-turut tidak lebih dari batas SOP; penimbangan yang dipakai adalah yang terakhir setelah bobot tetap. Massa yang naik pada penimbangan berikutnya berarti cawan menyerap uap air selama didinginkan. Pada gambar, silika gel



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

berwarna merah muda, yaitu sudah jenuh (tidak lagi menyerap uap air), sehingga desikator tidak lagi bekerja.

**Langkah:**
1. Selisih ke-1 ke ke-2 = 34,2810 − 34,2764 = 0,0046 g, lebih dari 0,0020 g: belum tetap.
2. Selisih ke-2 ke ke-3 = 34,2802 − 34,2764 = 0,0038 g dan arahnya naik, lebih dari 0,0020 g: belum tetap, dan massa bertambah.
3. Penyebab: silika gel merah muda pada gambar sudah jenuh, sehingga cawan kering menyerap uap air udara di dalam desikator.
4. Tindakan: ganti silika gel, atau keringkan di oven sampai biru kembali, lalu ulangi pengeringan, pendinginan 30 menit, dan penimbangan sampai selisih berturut-turut ≤ 0,0020 g.

**Cek ulang:** selisih ke-1 dan ke-3 memang 34,2810 − 34,2802 = 0,0008 g, tetapi SOP membandingkan dua penimbangan berturut-turut, dan arah massa berbalik naik; kecilnya selisih itu kebetulan.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ Menghilangkan penyebab (silika gel jenuh) lalu mengulang sampai bobot tetap.
• **B.** ✗ Jebakan: massa terendah belum tentu paling kering; angka ke-2 hanya titik sebelum cawan menyerap uap air dan belum memenuhi batas bobot tetap.
• **C.** ✗ Jebakan: penimbangan terakhir dipakai hanya setelah bobot tetap tercapai; ke-3 belum memenuhi syarat itu.
• **D.** ✗ Jebakan: merata-ratakan angka yang belum tetap menyembunyikan penyebabnya; selisih 0,0038 g bukan 'kecil' menurut batas 0,0020 g.
• **E.** ✗ Jebakan: 0,0008 g adalah selisih penimbangan ke-1 dan ke-3 yang tidak berurutan; aturannya berlaku untuk dua penimbangan berturut-turut.

**Jawaban: A.**

## No. 23 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Ada dua jenis batas. Batas penerimaan analisis (blanko, kontrol, duplo) menentukan apakah data boleh dipercaya; spesifikasi produk menentukan apakah produk memenuhi syarat dan hanya dipakai setelah data sah. Kontrol yang baik membuktikan proses secara umum bekerja, tetapi setiap contoh tetap harus lolos pemeriksaan duplonya sendiri.

**Langkah:**
1. Blanko 0,08 mL ≤ 0,20 mL dan kontrol 2,01% dalam 1,95% sampai 2,05%: seri sah pada tingkat blanko dan kontrol.
2. Contoh 1,31% dan 1,33%: selisih 0,02% ≤ 0,05%, sah; rata-rata 1,32% > 1,20% → tidak memenuhi spesifikasi.
3. Contoh 1,10% dan 1,22%: selisih 0,12% > 0,05%, tidak sah → diulang; rata-rata 1,16% belum boleh dipakai walaupun di bawah 1,20%.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: kontrol baik tidak menggantikan pemeriksaan duplo tiap contoh; masing-masing contoh dapat memiliki kekeliruan sendiri.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Duplo sah (selisih 0,02%) dan rata-rata 1,32% melebihi spesifikasi maksimum 1,20%.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Jebakan yang dihindari: 'rata-rata memenuhi spesifikasi, maka hasil sah'; selisih duplo 0,12% melebihi 0,05%, jadi data tidak sah dan contoh diulang.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

## No. 24 Kunci: A, C, D

**Konsep:** Batas penerimaan duplo dapat berupa selisih mutlak atau selisih relatif terhadap rata-rata. Selisih relatif = (nilai terbesar − nilai terkecil) ÷ rata-rata × 100%. Selisih mutlak yang besar belum



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

tentu tidak sah, sebab contoh yang kadarnya tinggi wajar memiliki selisih mutlak lebih besar. Duplo yang tidak sah diulang dan belum boleh dilaporkan, walaupun rata-ratanya dapat dihitung.

**Langkah:**
1. Contoh U: selisih = 12,62 − 12,40 = 0,22; rata-rata = 12,51; selisih relatif = 0,22 ÷ 12,51 × 100% = 1,8% ≤ 2,0%: sah, dilaporkan 12,51 g/L.
2. Contoh V: selisih = 8,40 − 8,10 = 0,30; rata-rata = 8,25; selisih relatif = 0,30 ÷ 8,25 × 100% = 3,6% > 2,0%: tidak sah, diulang.
3. Contoh W: selisih = 25,4 − 25,0 = 0,4; rata-rata = 25,2; selisih relatif = 0,4 ÷ 25,2 × 100% = 1,6% ≤ 2,0%: sah, dilaporkan 25,2 g/L.

**Cek ulang:** selisih mutlak W (0,4) paling besar, tetapi relatifnya (1,6%) lebih kecil daripada V (3,6%) yang selisih mutlaknya hanya 0,30.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✓ 1,8% ≤ 2,0%.
• **B.** ✗ Jebakan: W sah karena selisih relatifnya 1,6%; yang dibandingkan dengan batas adalah selisih relatif, bukan selisih mutlak.
• **C.** ✓ 3,6% > 2,0%, diulang.
• **D.** ✓ Rata-rata U = (12,40 + 12,62) ÷ 2 = 12,51 g/L.
• **E.** ✗ Jebakan: 8,25 g/L adalah rata-rata V, tetapi duplo V tidak sah sehingga belum boleh dilaporkan.

**Jawaban: A, C, dan D.**

## No. 25 Kunci: B, D, E

**Konsep:** Galat kasar adalah kekeliruan nyata (titik akhir terlewat, salah catat, tumpah) yang membuat satu data jauh menyimpang. Data itu dibuang dan penyebabnya dicatat; ia tidak ikut dirata-ratakan. Rata-rata hanya dihitung dari data yang sah, dan data sah diperiksa dengan batas SOP (di sini rentang ≤ 0,10 mL).

**Langkah:**
1. Ulangan 16,40 mL menyimpang sekitar 1,2 mL dari empat ulangan lain (15,20 sampai 15,26 mL): diduga galat kasar, mungkin titik akhir terlewat.
2. Rentang empat ulangan lain = 15,26 − 15,20 = 0,06 mL ≤ 0,10 mL: sah.
3. Rata-rata empat ulangan = (15,20 + 15,26 + 15,22 + 15,20) ÷ 4 = 60,88 ÷ 4 = 15,22 mL.
4. Ulangan 16,40 mL dicatat sebagai dibuang beserta dugaan penyebabnya.

**Cek ulang:** rata-rata kelima ulangan = 77,28 ÷ 5 = 15,456 ≈ 15,46 mL, tergeser sekitar 0,24 mL oleh satu data yang menyimpang, sehingga tidak boleh dilaporkan.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: data yang lebih banyak membantu hanya bila datanya sah; satu data menyimpang menggeser rata-rata (15,46 bukan 15,22).
• **B.** ✓ 16,40 mL menyimpang sekitar 1,2 mL; diduga galat kasar dan tidak dipakai.
• **C.** ✗ Jebakan: data yang dibuang harus dicatat beserta penyebabnya, bukan dihapus diam-diam; kerapian tidak boleh mengorbankan ketertelusuran.
• **D.** ✓ Rentang 0,06 mL, memenuhi batas 0,10 mL.
• **E.** ✓ 15,22 mL.

**Jawaban: B, D, dan E.**



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

## Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026

### No. 1 Kunci: A, C, E

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

**Konsep:** Tahap pengembangan produk: ide → formulasi laboratorium → uji (stabilitas, lapangan/pasar) → perbaikan → analisis biaya dan kelayakan → peluncuran.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Uji lapangan/uji pasar menunjukkan kinerja dan penerimaan produk pada kondisi nyata.

• **Pernyataan 2** ✗ Kemasan dan merek ikut diuji karena memengaruhi penerimaan pembeli dan keawetan produk.

• **Pernyataan 3** ✓ Umpan balik uji coba dipakai untuk perbaikan sebelum produksi.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: bahan alami justru mudah terurai atau berjamur; stabilitas penyimpanan harus diuji.

• **Pernyataan 5** ✓ Analisis biaya menentukan harga dan kelayakan usaha.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.**

### No. 2 Kunci: D

**Konsep:** Proses bisnis manufaktur dapat memakai pola produksi untuk stok (make-to-stock) bagi produk yang permintaannya stabil, dan produksi berdasarkan pesanan (make-to-order) bagi produk khusus, agar persediaan tidak menumpuk dan pesanan terpenuhi.

**Langkah:**

1. Cat dasar putih: permintaan stabil → layak disetok.
2. Warna khusus: permintaan tidak pasti, tetapi dapat dibuat cepat (30 menit) → dibuat setelah pesanan.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Menambah biaya penyimpanan dan risiko kedaluwarsa tanpa mengatasi warna yang kosong.

• **B.** ✗ Jebakan: kekosongan berkurang, tetapi penumpukan dan kedaluwarsa makin parah.

• **C.** ✗ Kehilangan pelanggan yang membutuhkan warna khusus.

• **D.** ✓ Persediaan menjadi ringkas dan pesanan warna apa pun dapat dipenuhi cepat.

• **E.** ✗ Jebakan: stok lama berkurang sesaat, tetapi penyebabnya (produksi berdasarkan perkiraan) tidak diperbaiki.

**Jawaban: D.**

### No. 3 Kunci: C

**Konsep:** Keputusan pengurangan emisi mempertimbangkan pengurangan terbesar yang dapat dicapai dalam batas anggaran, termasuk menggabungkan beberapa proyek.

**Langkah:**

1. Kombinasi dalam anggaran: Q + T = 180 juta (450 t); Q + P = 170 juta (415 t); S + T + P = 170 juta (565 t); S + T = 150 juta (550 t).
2. Q + P + T (200 juta), R + P (220 juta), dan S + Q (270 juta) melebihi anggaran.
3. Pengurangan terbesar: S, T, dan P (565 ton/tahun).



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

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: anggaran terpakai penuh, tetapi pengurangannya hanya 450 ton.
- **B.** ✗ Jebakan: biayanya 200 juta, melebihi anggaran.
- **C.** ✓ Dalam anggaran dengan pengurangan terbesar (565 ton).
- **D.** ✗ Jebakan: dua proyek dengan pengurangan terbesar, tetapi biayanya 270 juta melebihi anggaran.
- **E.** ✗ Biayanya 220 juta (melebihi anggaran) dan pengurangannya kecil.

**Jawaban: C.**

## No. 4 Kunci: E

**Konsep:** Neraca total: $m_1 + m_2 = 300$ kg. Neraca garam: $0{,}20\ m_1 + 0{,}05\ m_2 = 0{,}10 \times 300 = 30$ kg.

**Langkah:**

1. $m_2 = 300 - m_1 \rightarrow 0{,}20\ m_1 + 0{,}05\ (300 - m_1) = 30$.
2. $0{,}15\ m_1 + 15 = 30 \rightarrow m_1 = 100$ kg; $m_2 = 200$ kg.
3. Cek: 20 + 10 = 30 kg garam ✓.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: mencampur sama banyak menghasilkan kadar 12,5%, bukan 10%.
- **B.** ✗ Jebakan: jumlahnya tertukar; kadar campuran menjadi 15%.
- **C.** ✗ Kadar campuran 11%, bukan 10%.
- **D.** ✗ Jebakan: menganggap larutan 20% hanya dibutuhkan 60 kg karena 0,20 × 300 = 60; kadar campuran menjadi 8%.
- **E.** ✓ 100 kg × 20% + 200 kg × 5% = 30 kg garam dalam 300 kg.

**Jawaban: E.**

## No. 5 Kunci: D

**Konsep:** Titik impas (unit) = biaya tetap ÷ (harga jual per unit − biaya variabel per unit).

**Langkah:**

1. Sumbangan per botol = 25.000 − 16.000 = Rp9.000.
2. Titik impas = 4.500.000 ÷ 9.000 = 500 botol.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: biaya tetap dibagi harga jual, biaya variabel diabaikan.
- **B.** ✗ Jebakan: biaya tetap dibagi biaya variabel.
- **C.** ✗ Salah menghitung selisih harga menjadi Rp10.000.
- **D.** ✓ 4.500.000 ÷ 9.000 = 500 botol.
- **E.** ✗ Salah menghitung selisih harga menjadi Rp8.500.

**Jawaban: D.**

## No. 6 Kunci: A

**Konsep:** Hidrokarbon menguap bila suhunya di atas titik didih (pada tekanan tabung yang ada). Butana ($C_4H_{10}$) bertitik didih lebih tinggi daripada propana ($C_3H_8$) karena rantainya lebih panjang, sehingga pada suhu di bawah 0 °C butana sukar menguap.

**Langkah:**

1. Suhu tabung −3 °C: di atas titik didih propana, di bawah titik didih butana.
2. Propana sebagian menguap, butana tertinggal sebagai cairan → gas keluar sedikit.
3. Tabung masih berat karena butana cair masih ada.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Sesuai data titik didih: butana tidak menguap pada −3 °C.
- **B.** ✗ Jebakan: propana justru masih menguap pada −3 °C karena titik didihnya −42 °C; titik beku propana jauh lebih rendah lagi.



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

- **C.** ✗ Bila bocor, tabung tidak akan tetap berat, dan nyala tidak pulih saat siang.
- **D.** ✗ Alkana tidak bereaksi satu sama lain pada kondisi itu.
- **E.** ✗ Jebakan: kadar oksigen udara tidak berubah berarti antara pagi dan siang.

**Jawaban: A.**

## No. 7 Kunci: C

**Konsep:** Perbandingan mol = perbandingan koefisien. Mol = massa ÷ Mr.

**Langkah:**

1. Mr $NH_3$ = 17 → 34 kg = 2 kmol.
2. Mol $(NH_4)_2SO_4$ = ½ × 2 = 1 kmol.
3. Mr $(NH_4)_2SO_4$ = 2(18) + 96 = 132 → massa 132 kg.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Membagi dua massa produk lagi (½ kmol).
- **B.** ✗ Itu massa 1 kmol asam sulfat, bukan pupuk.
- **C.** ✓ 1 kmol × 132 = 132 kg.
- **D.** ✗ Jebakan: menjumlahkan massa amonia dan pupuk (34 + 132).
- **E.** ✗ Jebakan: perbandingan 1 : 1 (2 kmol pupuk), koefisien 2 pada $NH_3$ diabaikan.

**Jawaban: C.**

## No. 8 Kunci: A, B, E

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

**Konsep:** Hierarki pengendalian bahaya: eliminasi → substitusi → pengendalian teknik → pengendalian administratif → APD. Tingkat yang lebih tinggi lebih efektif; APD tetap dipakai sebagai pelengkap.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✓ Substitusi menghilangkan sumber bahaya; tingkatnya lebih tinggi daripada APD.
- **Pernyataan 2** ✓ Pengendalian teknik menangkap uap sebelum terhirup.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: masker bedah tidak menyaring uap pelarut; bila APD diperlukan, dipakai respirator berkartrid uap organik sebagai lapis terakhir.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: rotasi (administratif) hanya mengurangi lama paparan per orang; uapnya tetap ada.
- **Pernyataan 5** ✓ Mengurangi permukaan terbuka mengurangi uap yang lepas.

**Jawaban: pernyataan 1, 2, 5.**

## No. 9 Kunci: E

**Konsep:** Asas Le Chatelier: menambah pereaksi atau mengambil hasil menggeser kesetimbangan ke kanan. Katalis dan waktu tambahan tidak mengubah letak kesetimbangan.

**Langkah:**

1. Campuran sudah setimbang → menambah waktu tidak menambah hasil.
2. Katalis hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan.
3. Etanol berlebih dan pengambilan air menggeser kesetimbangan ke arah ester.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan, tetapi tidak menambah hasil pada keadaan setimbang.

• **B.** ✗ Jebakan: setelah setimbang, komposisi tidak berubah walau waktu ditambah.

• **C.** ✗ Jebakan: tekanan berpengaruh pada reaksi gas yang jumlah mol gasnya berubah; reaksi ini berlangsung dalam fase cair.

• **D.** ✗ Menurunkan suhu memperlambat reaksi dan tidak menggeser kesetimbangan secara berarti.

• **E.** ✓ Menambah pereaksi dan mengambil hasil menggeser kesetimbangan ke kanan.

**Jawaban: E.**

## No. 10 Kunci: B, D

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

**Konsep:** Label bahan kimia memuat piktogram, kata sinyal (BAHAYA/PERINGATAN), pernyataan bahaya, dan pernyataan pencegahan. Rencana kerja harus sesuai dengan semua informasi itu.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: piktogram yang ada adalah nyala api dan tanda seru, bukan tengkorak; bahaya utamanya mudah menyala dan iritasi.

• **Pernyataan 2** ✓ Label: jauhkan dari percikan api dan api terbuka; uapnya sangat mudah menyala.

• **Pernyataan 3** ✗ Label meminta pertolongan medis bila iritasi berlanjut; obat tetes mata biasa bukan bagian dari pertolongan pada label.

• **Pernyataan 4** ✓ Label: gunakan di tempat berventilasi baik karena uap dapat menyebabkan kantuk atau pusing.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: wadahnya tertutup rapat, tetapi label meminta disimpan dalam wadah asli yang berlabel.

**Jawaban: pernyataan 2, 4.**

## No. 11 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Pertumbuhan mikroba dipengaruhi air (kelembapan), suhu, nutrisi, pH, dan oksigen. Pengendalian penyimpanan: kering, berventilasi, tidak menempel dinding/lantai.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Kelembapan tinggi menaikkan kadar air tepung sehingga kapang dapat tumbuh.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Suhu rendah hanya memperlambat pertumbuhan; spora tetap hidup dan tumbuh lagi bila suhu naik.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Mencegah karung menyerap air dari dinding dan lantai.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

## No. 12 Kunci: B, C, D, E

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

**Konsep:** Elektrolisis larutan NaCl: anode (+) $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$; katode (−) $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$. Jumlah hasil sebanding dengan arus dan waktu.



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

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Air suling hampir tidak menghantarkan listrik dan tidak mengandung $Cl^-$, sehingga klorin tidak terbentuk.

• **Pernyataan 2** ✓ Ion $Cl^-$ dioksidasi di anode menjadi $Cl_2$.

• **Pernyataan 3** ✓ Air direduksi: $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$.

• **Pernyataan 4** ✓ Hidrogen mudah menyala; klorin juga beracun sehingga ventilasi penting.

• **Pernyataan 5** ✓ Jumlah zat yang bereaksi sebanding dengan muatan listrik yang mengalir.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 4, 5.**

## No. 13 Kunci: A, D, E

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

**Konsep:** Pencampuran: urutan bahan, kecepatan aduk yang sesuai, penambahan serbuk perlahan, bahan mudah menguap ditambahkan saat dingin, dan pemeriksaan homogenitas.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Serbuk yang dituang sekaligus membentuk gumpalan yang sukar larut.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: putaran terlalu kencang pada cairan bersurfaktan membuat busa dan udara terperangkap.

• **Pernyataan 3** ✗ Pewangi mudah menguap; dimasukkan setelah campuran dingin.

• **Pernyataan 4** ✓ Bila hasil uji dari beberapa titik sama, campuran sudah merata.

• **Pernyataan 5** ✓ Misalnya garam pengental ditambahkan setelah surfaktan larut.

**Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.**

## No. 14 Kunci: A

**Konsep:** Pertolongan pertama untuk mata yang terkena bahan korosif: segera bilas dengan air mengalir dalam jumlah banyak sekitar 15 menit sambil kelopak dibuka, lalu bawa ke tenaga medis.

**Langkah:**

1. Bahan korosif terus merusak jaringan selama masih menempel.
2. Air mengalir yang banyak dan lama mengencerkan serta membuang basa.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Bilasan lama dengan air mengalir adalah tindakan pertama yang tepat.

• **B.** ✗ Jebakan: cairannya aman untuk mata, tetapi beberapa tetes jauh dari cukup untuk membuang bahan korosif.

• **C.** ✗ Mengusap dapat menggosok bahan ke mata; pembilasan harus didahulukan.

• **D.** ✗ Jebakan: membilas memang benar, tetapi segelas air jauh dari cukup untuk bahan korosif.

• **E.** ✗ Obat tetes mata tidak membuang basa yang masih menempel.

**Jawaban: A.**

## No. 15 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Sterilisasi kering: oven 160–180 °C selama 1–2 jam untuk alat kaca/logam yang dibungkus; tidak untuk plastik dan cairan.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Sterilisasi kering untuk alat kaca.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Perubahan suhu mendadak meretakkan kaca dan membuka peluang pencemaran.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Media (mengandung air) disterilkan dengan autoklaf; di oven airnya menguap dan media rusak.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**



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

## No. 16 Kunci: B, C, E

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

**Konsep:** ALT = rata-rata koloni pada cawan yang memenuhi rentang hitung × (1 ÷ faktor pengenceran) × (1 ÷ volume contoh yang ditanam, mL).

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: koloni di atas 250 melampaui rentang hitung; koloni berdempet sehingga hasilnya tidak teliti.
- **Pernyataan 2** ✓ 58 dan 62 berada di rentang 25–250.
- **Pernyataan 3** ✓ Rata-rata $60 \times 10^3 \times (1 \div 0{,}1) = 6{,}0 \times 10^5$.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: lupa membagi dengan volume yang disebar (0,1 mL).
- **Pernyataan 5** ✓ $6{,}0 \times 10^5 > 1 \times 10^5$.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.**

## No. 17 Kunci: D

**Konsep:** Sterilisasi basah dengan autoklaf memerlukan 121 °C (±1 bar di atas tekanan udara) selama ±15 menit. Bila suhu tidak tercapai, spora tahan panas dapat bertahan sehingga sterilisasi tidak sah walaupun siklus "selesai".

**Langkah:**

1. Program 121 °C, tetapi suhu tertinggi hanya 115,8 °C dan tekanan 0,7 bar.
2. Syarat suhu tidak tercapai → sterilisasi tidak sah.
3. Cari penyebab (mis. udara belum terbuang, katup bocor), perbaiki, ulangi sterilisasi.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: status dan waktu tahan terpenuhi, tetapi suhunya tidak mencapai 121 °C.
- **B.** ✗ Jebakan: suhu di atas 100 °C belum tentu mematikan spora tahan panas.
- **C.** ✗ Bila penyebabnya tidak diperbaiki, suhu yang sama dapat tidak tercapai lagi.
- **D.** ✓ Media tidak steril tidak dipakai; alat diperiksa lalu sterilisasi diulang.
- **E.** ✗ Hasil uji dari media tidak steril tetap tidak sah, apa pun contohnya.

**Jawaban: D.**

## No. 18 Kunci: B

**Konsep:** Pengenceran: $C_1V_1 = C_2V_2 \rightarrow V_1 = C_2V_2 \div C_1$.

**Langkah:**

1. $V_1 = (5\ \text{mg/L} \times 100\ \text{mL}) \div 1.000\ \text{mg/L} = 0{,}50\ \text{mL}$.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Salah satu desimal (dibagi 10.000).
- **B.** ✓ 5 × 100 ÷ 1.000 = 0,50 mL.
- **C.** ✗ Jebakan: menganggap pengenceran 50 kali, padahal 1.000 ÷ 5 = 200 kali.
- **D.** ✗ Jebakan: mengambil angka 5 mg/L langsung sebagai volume dalam mL.
- **E.** ✗ Jebakan: menghitung 100 mL ÷ 5, seolah pengenceran hanya 5 kali.

**Jawaban: B.**

## No. 19 Kunci: A

**Konsep:** Pemeriksaan harian dengan anak timbangan standar memastikan validitas hasil penimbangan. Bila satu titik melampaui toleransi, neraca tidak layak dipakai sampai dikalibrasi.

**Langkah:**

1. Selisih: 10 g → +0,0003 (masuk); 50 g → +0,0018 (masuk); 100 g → −0,0070 (di luar ±0,0020).
2. Neraca menyimpang pada beban besar dan belum diketahui penyebabnya.
3. Neraca dihentikan pemakaiannya dan dikalibrasi.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Neraca menyimpang di luar toleransi; tidak dipakai sampai dikalibrasi.
• **B.** ✗ Jebakan: satu titik di luar toleransi sudah membuat neraca tidak layak.
• **C.** ✗ Jebakan: justru beban besar yang menyimpang; 80 g dekat dengan titik yang gagal.
• **D.** ✗ Koreksi angka tetap tanpa kalibrasi tidak sah karena besar penyimpangan berbeda pada setiap beban.
• **E.** ✗ Hasil hari itu tidak dapat dipercaya bila neraca tetap dipakai.

**Jawaban: A.**

## No. 20 Kunci: E

**Konsep:** Larutan x% (b/b): massa zat terlarut = x% × massa larutan; massa pelarut = massa larutan − massa zat terlarut.

**Langkah:**

1. Massa garam = 2% × 5.000 g = 100 g.
2. Massa air = 5.000 − 100 = 4.900 g.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Salah menghitung persen (0,2%).
• **B.** ✗ Jebakan: total larutan menjadi 5.100 g sehingga kadarnya di bawah 2%.
• **C.** ✗ Menghitung 4% dari 5 kg.
• **D.** ✗ Salah menghitung persen menjadi 1%.
• **E.** ✓ Garam 100 g dalam total 5.000 g larutan = 2%.

**Jawaban: E.**

## No. 21 Kunci: A, D

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

**Konsep:** Alkana ($C_nH_{2n+2}$) jenuh; alkena ($C_nH_{2n}$) memiliki ikatan rangkap yang mengalami adisi brom sehingga warna air brom hilang.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Brom mengadisi ikatan rangkap C=C sehingga warnanya hilang.
• **Pernyataan 2** ✗ Jumlah atom C sama-sama 6; yang berbeda jumlah atom H (ada atau tidaknya ikatan rangkap).
• **Pernyataan 3** ✗ Heksana dan heksena sama-sama cair pada suhu ruang (6 atom C), jadi wujud tidak membedakan.
• **Pernyataan 4** ✓ $C_6H_{12}$ sesuai $C_nH_{2n}$.
• **Pernyataan 5** ✗ Alkana jenuh tidak mengalami adisi; reaksinya dengan brom sangat lambat tanpa cahaya.

**Jawaban: pernyataan 1, 4.**

## No. 22 Kunci: B

**Konsep:** Peluang usaha (technopreneurship) yang baik memanfaatkan sumber daya yang ada (bahan, alat, modal, keterampilan) untuk memenuhi kebutuhan pasar yang jelas.

**Langkah:**

1. Bahan: kulit jeruk gratis; alat: distilasi uap; modal kecil; pasar: laundry butuh pewangi alami.
2. Ide yang memakai ketiganya: pewangi dari minyak kulit jeruk.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: memanfaatkan kulit jeruk dan ada pasarnya, tetapi tidak memakai alat distilasi dan nilai jual kompos per kilogram rendah.
• **B.** ✓ Memakai kulit jeruk dan alat distilasi; minyak atsiri bernilai jual tinggi dan ada pasar laundry.



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

• **C.** ✗ Jebakan: kulit jeruk dapat difermentasi, tetapi bahan bakar kendaraan butuh izin, kemurnian tinggi, dan skala besar.
• **D.** ✗ Ada pasarnya, tetapi tidak memanfaatkan kulit jeruk maupun alat distilasi.
• **E.** ✗ Tidak memakai alat distilasi dan nilai jualnya rendah.

**Jawaban: B.**

## No. 23 Kunci: C

**Konsep:** Pada titik akhir: mol NaOH = mol $CH_3COOH$. Kadar (% b/v) = gram zat per 100 mL contoh.

**Langkah:**
1. Mol NaOH = 1,000 × 21,00 = 21,00 mmol = mol asam asetat.
2. Massa = 21,00 × 60 = 1.260 mg = 1,260 g dalam 5,00 mL.
3. Kadar = 1,260 ÷ 5,00 × 100 = 25,20% (b/v).

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: lupa mengalikan dengan Mr (21,00 ÷ 5,00).
• **B.** ✗ Jebakan: membagi dengan 10 mL, bukan 5,00 mL contoh.
• **C.** ✓ 1,260 g per 5,00 mL = 25,20 g per 100 mL.
• **D.** ✗ Menganggap perbandingan mol asam : NaOH = 2 : 1.
• **E.** ✗ Jebakan: lupa membagi dengan volume contoh 5,00 mL (1,260 g × 100).

**Jawaban: C.**

## No. 24 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Titrasi asam lemah dengan basa kuat: titik ekivalen pH > 7, indikator fenolftalein. Titik akhir saat warna menetap.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Salah.** Titik akhir dicapai saat warna merah muda pucat menetap (sekitar 30 detik); warna yang hilang menandakan asam belum habis.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Garam natrium asetat bersifat basa; trayek fenolftalein ±8–10.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Air tidak mengubah mol asam; titran di dinding ikut terhitung.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

## No. 25 Kunci: B

**Konsep:** Pipet volume dikalibrasi untuk mengeluarkan volume tertentu dengan sisa cairan tetap tertinggal di ujungnya. Meniup sisa itu menambah volume yang dikeluarkan.

**Langkah:**
1. Sisa di ujung pipet bukan bagian dari 10,00 mL.
2. Ditiup → contoh yang masuk > 10,00 mL.
3. Zat yang dititrasi lebih banyak, tetapi perhitungan memakai 10,00 mL → kadar terhitung lebih tinggi.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Arah kesalahan terbalik.
• **B.** ✓ Volume berlebih tetapi dihitung 10,00 mL → kadar terhitung lebih tinggi.
• **C.** ✗ Jebakan: sisanya memang sedikit, tetapi pada ketelitian 0,01 mL berpengaruh dan terjadi setiap kali.
• **D.** ✗ Udara tidak mengencerkan contoh.
• **E.** ✗ Jebakan: kesalahan yang selalu dilakukan dengan cara sama menggeser hasil ke satu arah, bukan acak.

**Jawaban: B.**



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

## Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

### No. 1 Kunci: B

**Konsep:** Kajian siklus hidup (LCA) membandingkan emisi per satuan fungsi (di sini per liter produk) dari pembuatan sampai pembuangan, termasuk pemakaian ulang.

**Langkah:**

1. Botol kaca: (380 + 20 + 10 × 20) ÷ 10 = 60 g per liter.
2. Kantong isi ulang: 45 + 25 = 70 g per liter.
3. Botol daur ulang 110 g; botol baru 180 g per liter.
4. Terendah: botol kaca yang dipakai ulang.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: lebih rendah daripada botol baru, tetapi masih 110 g per liter.
- **B.** ✓ Emisinya terbagi ke 10 kali pemakaian sehingga hanya 60 g per liter.
- **C.** ✗ Tidak ada data yang mendukung; botol tebal menaikkan emisi pembuatan.
- **D.** ✗ Jebakan: emisi pembuatannya memang terkecil, tetapi setelah emisi pembuangan dihitung menjadi 70 g per liter.
- **E.** ✗ Botol kaca sekali pakai menghasilkan 400 g per liter.

**Jawaban: B.**

### No. 2 Kunci: B, C, E

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

**Konsep:** Saponifikasi minyak dengan basa menghasilkan sabun dan gliserol. Takaran NaOH dihitung agar habis bereaksi; curing menyempurnakan reaksi dan mengeringkan sabun.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: NaOH berlebih justru tertinggal dan membuat sabun kaustik; resep biasanya sedikit kekurangan NaOH (sisa minyak melembapkan).
- **Pernyataan 2** ✓ Saponifikasi: trigliserida + NaOH → garam asam lemak (sabun) + gliserol.
- **Pernyataan 3** ✓ Selama curing, sisa NaOH terus bereaksi dan air menguap; sabun muda masih kaustik.
- **Pernyataan 4** ✗ Curing untuk menyelesaikan saponifikasi dan menguapkan air, bukan untuk mereaksikan pewangi.
- **Pernyataan 5** ✓ Gliserol bersifat humektan.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.**

### No. 3 Kunci: A

**Konsep:** Ketertelusuran (traceability) dalam proses bisnis manufaktur menghubungkan bahan baku → batch produksi → produk di pasar melalui pencatatan lot dan kode batch.

**Langkah:**

1. Masalah: produk tidak dapat dihubungkan ke batch dan lot bahan baku.
2. Perlu pencatatan lot bahan di catatan batch dan kode batch di kemasan.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Menghubungkan sachet ke batch dan lot bahan baku sehingga penarikan dapat dibatasi.
- **B.** ✗ Jebakan: mengurangi produk cacat, tetapi tidak membuat produk dapat ditelusuri.
- **C.** ✗ Tidak menyelesaikan masalah penelusuran.
- **D.** ✗ Contoh simpan tanpa catatan batch tidak dapat dicocokkan dengan sachet di pasar.
- **E.** ✗ Tidak terkait dengan penelusuran sumber masalah.

**Jawaban: A.**



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

### No. 4 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Industri 4.0 (IoT, pemantauan waktu nyata, alarm otomatis) mempercepat keputusan, tetapi memerlukan kalibrasi sensor, verifikasi lapangan, dan keamanan data.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Benar.** Data digital hanya benar bila sensornya benar.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: batas yang terlalu sempit memicu banyak alarm palsu sehingga alarm yang penting cenderung diabaikan.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Sistem digital dapat gagal; pemantauan manual menjaga proses tetap aman.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

### No. 5 Kunci: C

**Konsep:** Neraca komponen: massa etanol masuk = massa etanol di distilat + massa etanol di residu. Perolehan = etanol distilat ÷ etanol umpan × 100%.

**Langkah:**

1. Etanol umpan = 10% × 1.000 = 100 kg; etanol distilat = 90% × 100 = 90 kg.
2. Perolehan = 90 ÷ 100 = 90% (≥ 85% ✓).
3. Etanol residu = 100 − 90 = 10 kg → kadar = 10 ÷ 900 = 1,1% (< 2% ✓).

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: 90 kg dibagi massa umpan total (1.000 kg), bukan massa etanol umpan.

• **B.** ✗ Mengalikan 90% × 90% dan salah menghitung kadar residu.

• **C.** ✓ Kedua syarat terpenuhi.

• **D.** ✗ Jebakan: kadar residu dianggap sama dengan kadar umpan.

• **E.** ✗ Jebakan: menganggap 100 kg distilat semuanya etanol, padahal kadarnya 90%.

**Jawaban: C.**

### No. 6 Kunci: A, C, D, E

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

**Konsep:** Perawatan pH meter: bilas air suling, keringkan dengan menyentuhkan tisu, simpan dalam larutan penyimpan, kalibrasi berkala dan setelah ganti elektrode. Neraca: benda pada suhu ruang, pintu tertutup, tara sebelum menimbang.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Menggosok membran kaca dapat merusak dan menimbulkan muatan statis.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: elektrode disimpan dalam larutan penyimpan (KCl); air suling mengurangi ion di dalam elektrode sehingga respons lambat.

• **Pernyataan 3** ✓ Getaran dan aliran udara mengganggu pembacaan neraca analitik.

• **Pernyataan 4** ✓ Mencegah gangguan aliran udara dan memastikan hanya massa bahan yang terbaca.

• **Pernyataan 5** ✓ Setiap elektrode memiliki respons berbeda sehingga perlu kalibrasi.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 4, 5.**

### No. 7 Kunci: B, D, E

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

**Konsep:** Klorin beracun dan lebih berat daripada udara. Evakuasi melawan arah angin ke tempat lebih tinggi; hanya petugas terlatih dengan SCBA yang menangani sumber kebocoran.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: masker kain tidak melindungi dari klorin; hanya petugas terlatih dengan SCBA yang boleh masuk.

• **Pernyataan 2** ✓ Melawan arah angin (angin menuju selatan) dan menjauhi gas yang berat di bawah.

• **Pernyataan 3** ✗ Klorin lebih berat daripada udara sehingga mengumpul di tempat rendah.



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

• **Pernyataan 4** ✓ Penanganan sumber kebocoran oleh tim terlatih dengan APD yang sesuai.
• **Pernyataan 5** ✓ Arah selatan berada di bawah angin sehingga dilalui gas.

**Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.**

## No. 8 Kunci: B, D, E

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

**Konsep:** Kesalahan yang menambah volume titran tercatat (gelembung, lewat titik akhir, titran terencerkan) membuat kadar terhitung lebih tinggi; air di labu titrasi tidak berpengaruh.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: air tidak mengubah jumlah mol asam, jadi volume NaOH tidak berubah.
• **Pernyataan 2** ✓ Volume yang terbaca lebih besar daripada NaOH yang benar-benar masuk.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: asam lebih banyak membutuhkan NaOH lebih banyak, tetapi dibagi massa catatan yang lebih kecil → hasil justru lebih tinggi.
• **Pernyataan 4** ✓ Titran berlebih ikut tercatat.
• **Pernyataan 5** ✓ NaOH lebih encer → volume yang dibutuhkan lebih banyak → kadar terhitung lebih tinggi.

**Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.**

## No. 9 Kunci: D

**Konsep:** Labu takar (P) menepatkan volume larutan; pipet volume (Q) memindahkan volume tetap yang teliti; erlenmeyer (T) menampung larutan saat titrasi karena mudah digoyang tanpa tumpah; buret (R) untuk titran; gelas ukur (S) untuk takaran yang tidak perlu teliti.

**Langkah:**
1. (1) Volume tepat 250 mL → labu takar P.
2. (2) Tepat 25,00 mL → pipet volume Q.
3. (3) Penampung titrasi yang digoyang → erlenmeyer T.
4. (4) Sekitar 50 mL, tidak perlu teliti → gelas ukur S.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: gelas ukur (S) tidak cukup teliti untuk larutan standar, dan labu takar tidak dipakai untuk menakar air pengencer.
• **B.** ✗ Buret (R) sudah dipakai untuk NaOH, bukan untuk mengambil contoh.
• **C.** ✗ Jebakan: urutan alat (3) dan (4) tertukar; gelas ukur mudah tumpah saat digoyang.
• **D.** ✓ P–Q–T–S sesuai fungsi dan ketelitian yang dibutuhkan.
• **E.** ✗ Jebakan: pipet volume 25 mL tidak dapat menakar 50 mL, dan ketelitian tinggi tidak diperlukan untuk air pengencer.

**Jawaban: D.**

## No. 10 Kunci: B

**Konsep:** Massa zat murni = kadar × massa bahan. Perbandingan mol $CaCO_3$ : CaO = 1 : 1.

**Langkah:**
1. $CaCO_3$ murni = 90% × 1.000 = 900 kg = 9 kmol (Mr 100).
2. CaO = 9 kmol × 56 = 504 kg.



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

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: itu massa $CO_2$ yang terbentuk (9 × 44).
- **B.** ✓ 9 kmol × 56 = 504 kg.
- **C.** ✗ Jebakan: kadar 90% diabaikan (10 kmol × 56).
- **D.** ✗ Menganggap massa CaO sama dengan massa $CaCO_3$ murni.
- **E.** ✗ Menganggap massa batu kapur tidak berkurang.

**Jawaban: B.**

## No. 11 Kunci: C

**Konsep:** Standardisasi: mol NaOH = mol KHP (1 : 1). M = mol ÷ volume (L).

**Langkah:**

1. Ulangan 1: 0,6126 ÷ 204,2 = 3,000 mmol ÷ 29,40 mL = 0,1020 M.
2. Ulangan 2: 0,4084 ÷ 204,2 = 2,000 mmol ÷ 19,60 mL = 0,1020 M.
3. Rata-rata 0,1020 M.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: mol ulangan 2 (2,000 mmol) dibagi volume ulangan 1 (29,40 mL).
- **B.** ✗ Jebakan: menganggap NaOH tepat 0,1 M seperti saat dibuat tanpa menghitung.
- **C.** ✓ Kedua ulangan memberi 0,1020 M.
- **D.** ✗ Jebakan: mol ulangan 1 (3,000 mmol) dibagi volume ulangan 2 (19,60 mL).
- **E.** ✗ Menganggap perbandingan KHP : NaOH = 1 : 2.

**Jawaban: C.**

## No. 12 Kunci: B, D

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

**Konsep:** Pembuatan media: timbang sesuai takaran → larutkan dalam air suling dengan pemanasan → atur pH → sterilisasi (autoklaf) → tuang → simpan tertutup di lemari pendingin.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: air keran mengandung mineral dan klorin yang mengubah komposisi media; petunjuk meminta air suling.
- **Pernyataan 2** ✓ 28 g/L × 0,5 L = 14 g.
- **Pernyataan 3** ✗ Media disimpan tertutup/terbungkus di lemari pendingin agar tidak tercemar dan tidak mengering.
- **Pernyataan 4** ✓ Agar baru larut pada pemanasan mendekati mendidih.
- **Pernyataan 5** ✗ pH diatur saat media masih cair, sebelum disterilkan; media beku tidak dapat diatur pH-nya secara merata.

**Jawaban: pernyataan 2, 4.**

## No. 13 Kunci: D

**Konsep:** Tata nama IUPAC alkana: rantai terpanjang sebagai induk, penomoran dari ujung terdekat cabang, nama cabang diberi nomor.

**Langkah:**

1. Rantai terpanjang: 4 atom C → butana.
2. Cabang metil di atom C kedua bila dinomori dari kiri → 2-metilbutana.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: penomoran dari ujung yang lebih jauh dari cabang.
- **B.** ✗ Jebakan: rantai terpanjang tidak dipilih; cabang "etil" sebenarnya bagian dari rantai utama.
- **C.** ✗ Itu isomer lain (dua metil di C-2 propana), strukturnya berbeda.



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

- **D.** ✓ Rantai 4 C, metil di C-2.
- **E.** ✗ Itu isomer rantai lurus; struktur soal bercabang.

**Jawaban: D.**

## No. 14 Kunci: C

**Konsep:** Larutan x% (b/v) mengandung x gram zat dalam 100 mL larutan.

**Langkah:**
1. 0,9% (b/v) = 0,9 g per 100 mL.
2. Untuk 1.000 mL: 0,9 × 10 = 9,00 g.

**Analisis setiap opsi:**
- **A.** ✗ Salah dua tingkat desimal.
- **B.** ✗ Jebakan: menganggap 0,9 g per liter.
- **C.** ✓ 0,9 g × 10 = 9,00 g.
- **D.** ✗ Jebakan: mengalikan 0,9 dengan 100.
- **E.** ✗ Menganggap 0,9 g per mL.

**Jawaban: C.**

## No. 15 Kunci: A, C, D

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

**Konsep:** Alkohol di industri: gliserol (humektan), etanol (pelarut, antiseptik), metanol (bahan baku, beracun), etilen glikol (antibeku, beracun).

**Analisis setiap pernyataan:**
- **Pernyataan 1** ✓ Gliserol (tiga gugus –OH) bersifat humektan.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: metanol beracun bila terhirup atau terserap kulit; tidak boleh untuk kosmetik.
- **Pernyataan 3** ✓ Etanol menguap cepat sehingga aroma tertinggal di kulit.
- **Pernyataan 4** ✓ Etilen glikol larut dalam air dan menurunkan titik beku.
- **Pernyataan 5** ✗ Etilen glikol beracun walaupun rasanya manis.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.**

## No. 16 Kunci: A

**Konsep:** Khamir memfermentasi gula menjadi etanol dan $CO_2$ (botol menggembung, berbuih, berbau alkohol). Kapang membentuk hifa/bulu. Virus tidak berkembang biak di luar sel hidup.

**Langkah:**
1. Gejala: gas (menggembung, berbuih) dan bau alkohol.
2. Tidak ada hifa → bukan kapang.
3. Penyebab: khamir.

**Analisis setiap opsi:**
- **A.** ✓ Gas dan alkohol adalah hasil fermentasi khamir.
- **B.** ✗ Jebakan: kapang juga merusak sari buah, tetapi tampak sebagai benang/bulu, dan kasus menyebut tidak ada benang.
- **C.** ✗ Jebakan: bakteri asam laktat membuat produk asam, tetapi kasus menyebut bau alkohol dan gas.
- **D.** ✗ Sari buah nanas miskin protein, dan gejalanya bau alkohol, bukan busuk.
- **E.** ✗ Jebakan: bakteri asam asetat memerlukan alkohol dan oksigen; gejala botol tertutup yang menggembung dengan bau tape menunjukkan tahap fermentasi alkohol.

**Jawaban: A.**



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

## No. 17 Kunci: A, C

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

**Konsep:** Perpindahan panas pada penukar panas dipengaruhi kebersihan permukaan (kerak), arah aliran (berlawanan arah lebih efektif), laju alir (waktu kontak), dan selisih suhu. Alat ukur juga harus diperiksa.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Lapisan endapan bersifat menghambat panas.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: aliran berlawanan arah menjaga selisih suhu di sepanjang pelat sehingga panas yang berpindah lebih besar.
• **Pernyataan 3** ✓ Susu tidak sempat menerima cukup panas.
• **Pernyataan 4** ✗ Api langsung membuat bagian tertentu terlalu panas dan susu gosong; pemanasan tidak merata.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: laju alir lebih besar memperpendek waktu kontak sehingga suhu susu keluar justru turun.

**Jawaban: pernyataan 1, 3.**

## No. 18 Kunci: D

**Konsep:** Penilaian risiko: nilai risiko = kemungkinan × keparahan. Pengendalian diprioritaskan pada risiko tertinggi.

**Langkah:**

1. K = 8; L = 5; M = 16; N = 15.
2. Tertinggi: M (16).

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Nilai risiko K hanya 8.
• **B.** ✗ Jebakan: keparahan tertinggi, tetapi kemungkinannya sangat kecil sehingga risikonya hanya 5.
• **C.** ✗ Jebakan: kemungkinan tertinggi, tetapi nilai risikonya 15, sedikit di bawah M.
• **D.** ✓ Nilai risiko 16, tertinggi.
• **E.** ✗ Jebakan: biaya murah tidak menjadi dasar prioritas; nilai risiko K hanya 8.

**Jawaban: D.**

## No. 19 Kunci: E

**Konsep:** Tyndalisasi: pemanasan 100 °C berulang (biasanya 3 hari) dengan inkubasi di antaranya; spora yang bertahan sempat bertunas lalu dimatikan pada pemanasan berikutnya. Dipakai untuk bahan yang rusak pada suhu autoklaf.

**Langkah:**

1. Autoklaf merusak susu; penyaringan tidak mungkin karena keruh.
2. Spora tahan 100 °C, tetapi sel hasil tunasnya tidak.
3. Pemanasan 100 °C berulang dengan jeda inkubasi → tyndalisasi.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Oven merusak cairan (air menguap, susu gosong).
• **B.** ✗ Jebakan: membran tetap tersumbat oleh susu yang keruh.
• **C.** ✗ Jebakan: waktu lebih lama justru makin merusak susu.
• **D.** ✗ UV hanya bekerja di permukaan dan tidak menembus susu.
• **E.** ✓ Sesuai sifat bahan dan perilaku spora.

**Jawaban: E.**



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

## No. 20 Kunci: B

**Konsep:** Kristalisasi pendinginan cocok untuk zat yang kelarutannya turun tajam saat suhu turun. Zat yang kelarutannya hampir tetap tetap larut dan terbuang bersama larutan induk.

**Langkah:**

1. $KNO_3$: kelarutan turun dari 169 ke 32 g → banyak mengkristal saat didinginkan.
2. NaCl: hanya turun dari 38 ke 36 g → tetap larut.
3. Saring kristal setelah pendinginan → $KNO_3$ murni.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Semua zat terlarut, termasuk NaCl, ikut tertinggal.
- **B.** ✓ $KNO_3$ mengkristal, NaCl tetap dalam larutan induk.
- **C.** ✗ Jebakan: pencucian memang membuang larutan induk yang menempel, tetapi air panas yang banyak ikut melarutkan kembali kristal $KNO_3$.
- **D.** ✗ Jebakan: pada 80 °C kelarutan $KNO_3$ masih tinggi sehingga sedikit $KNO_3$ mengkristal, sedangkan NaCl yang hampir jenuh ikut mengkristal.
- **E.** ✗ Jebakan: pendinginannya benar, tetapi menguapkan sisa cairan membuat NaCl ikut mengkristal.

**Jawaban: B.**

## No. 21 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Hukum kekekalan massa: massa zat sebelum reaksi = massa zat sesudah reaksi dalam sistem tertutup.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1 → Benar.** Massa gas yang keluar tidak lagi tertimbang.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Gas tidak keluar sehingga semua zat tetap di dalam sistem (jumlah kecil, tekanan tetap aman).
- **Pernyataan 3 → Salah.** Massa total tetap; sebagian massa hanya berpindah sebagai gas ke luar sistem.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## No. 22 Kunci: A

**Konsep:** NaOH bersifat higroskopis dan menyerap $CO_2$, sehingga massanya bertambah selama terbuka. Ditimbang cepat dalam wadah tertutup, lalu larutannya distandardisasi dengan zat baku primer.

**Langkah:**

1. Angka naik terus → zat menyerap sesuatu dari udara.
2. NaOH higroskopis → timbang cepat, wadah tertutup, jauh dari udara lembap.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Sesuai sifat NaOH dan cara menimbangnya.
- **B.** ✗ NaOH tidak menguap; massanya justru naik.
- **C.** ✗ Jebakan: listrik statis membuat angka melompat, tetapi tidak membuat angka naik terus; menunggu justru menambah air yang terserap.
- **D.** ✗ Kertas basah oleh NaOH yang lembap; kaca arloji terbuka tetap membiarkan penyerapan uap air.
- **E.** ✗ Jebakan: aliran udara memang mengganggu neraca, tetapi membuka pintu memperburuknya, dan angka yang naik terus menunjukkan penyerapan air.

**Jawaban: A.**

## No. 23 Kunci: E

**Konsep:** Bahan hasil pengeringan didinginkan dalam desikator agar mencapai suhu ruang tanpa menyerap uap air, baru ditimbang.

**Langkah:**

1. Benda panas → aliran udara naik → angka tidak stabil.



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

2. Pendinginan di udara terbuka → menyerap uap air.
3. Desikator: dingin dan kering.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Bacaan saat panas tidak stabil dan keliru.
• **B.** ✗ Jebakan: cawan memang lebih cepat dingin, tetapi contoh menyerap uap air dari udara.
• **C.** ✗ Jebakan: sama-sama terbuka sehingga contoh menyerap uap air.
• **D.** ✗ Air dapat masuk atau menempel dan cawan dapat retak.
• **E.** ✓ Dingin tanpa menyerap uap air.

**Jawaban: E.**

### No. 24 Kunci: 1S 2B 3S

**Konsep:** Alat volumetrik tidak dipanaskan di oven, dibersihkan sampai bebas lemak (air membasahi merata), dan pipet/buret dibilas dengan larutan yang akan diukur sebelum dipakai.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Salah.** Pemanasan dapat mengubah volume alat volumetrik; labu takar dikeringkan pada suhu ruang (labu takar boleh basah air suling karena akan diisi air sampai tanda tera).
• **Pernyataan 2 → Benar.** Butiran air menandakan lemak yang menempel sehingga pembacaan volume tidak tepat.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Sisa air suling di pipet mengencerkan contoh; pipet dibilas dulu dengan sedikit contoh yang akan dipipet.

**Jawaban: Salah, Benar, Salah.**

### No. 25 Kunci: E

**Konsep:** Pada otomasi industri, keputusan alat bergantung pada data sensor. Bila data sensor bertentangan dengan pengukuran acuan, sistem dihentikan dan sensor diperiksa/dikalibrasi.

**Langkah:**
1. Sensor 9,1, uji manual 6,2 → sensor keliru (kotor atau bergeser).
2. Pompa menyala karena bacaan sensor, sehingga air makin asam.
3. Hentikan pompa, bersihkan dan kalibrasi sensor.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: pompa memang berhenti, tetapi sensor yang keliru tetap dipakai untuk kendali berikutnya.
• **B.** ✗ Jebakan: pH meter laboratorium terkalibrasi adalah acuan; air limbah yang makin asam membuktikan sensor yang keliru.
• **C.** ✗ Pompa bekerja sesuai perintah; yang keliru adalah sensornya.
• **D.** ✗ Jebakan: pemeriksaan ditunda sementara pompa terus menambah asam.
• **E.** ✓ Menghentikan dampak dan memperbaiki sumber kesalahan.

**Jawaban: E.**

## Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

### No. 1 Kunci: E

**Konsep:** Harga yang diterima usaha = biaya × (1 + persen laba). Harga eceran × (1 − diskon) = harga yang diterima usaha.

**Langkah:**
1. Biaya = 8.000 + 2.500 + 1.000 + 500 = Rp12.000.
2. Harga diterima = 12.000 × 1,25 = Rp15.000.
3. Harga eceran = 15.000 ÷ 0,80 = Rp18.750.



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

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: menambahkan 20% pada biaya, lalu melupakan laba.
• **B.** ✗ Jebakan: itu harga yang diterima usaha; diskon reseller belum diperhitungkan.
• **C.** ✗ Laba 25% dihitung dari harga jual (12.000 ÷ 0,75) dan diskon dilupakan.
• **D.** ✗ Jebakan: menambahkan 20% dari Rp15.000; setelah diskon 20% dari Rp18.000, usaha hanya menerima Rp14.400.
• **E.** ✓ Rp18.750 × 0,80 = Rp15.000.

**Jawaban: E.**

## No. 2 Kunci: A, C, E

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

**Konsep:** Tekanan osmotik sebanding dengan jumlah partikel terlarut. Larutan gula/garam pekat menarik air dari sel mikroba (plasmolisis) sehingga pangan awet.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Tekanan osmotik larutan pekat menyebabkan sel mikroba kehilangan air.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: yang menentukan jumlah partikel; garam (Mr kecil, terurai menjadi dua ion) memberi partikel jauh lebih banyak per gram.
• **Pernyataan 3** ✓ Tekanan osmotik naik bila jumlah partikel terlarut bertambah.
• **Pernyataan 4** ✗ Larutan encer memberi tekanan osmotik kecil sehingga mikroba lebih mudah tumbuh.
• **Pernyataan 5** ✓ Mikroba memerlukan air untuk tumbuh.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.**

## No. 3 Kunci: B

**Konsep:** Operator ruang kontrol menjalankan dan memantau proses dari layar DCS: mengatur katup, pompa, menanggapi alarm, dan mencatat kejadian shift.

**Langkah:**

1. Tugas: memantau dan mengatur proses dari layar, menanggapi alarm.
2. Tidak ada tugas memperbaiki alat (teknisi) atau menganalisis contoh (analis).

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: teknisi instrumentasi juga berhubungan dengan sistem kendali, tetapi tugasnya memperbaiki dan mengalibrasi alat.
• **B.** ✓ Semua tugas sesuai operator ruang kontrol.
• **C.** ✗ Analis bekerja di laboratorium.
• **D.** ✗ QA mengurus sistem mutu dan dokumen.
• **E.** ✗ HSE mengurus keselamatan dan izin kerja.

**Jawaban: B.**

## No. 4 Kunci: A, C, D

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

**Konsep:** TPS limbah B3: lantai kedap, beratap, berventilasi, ada penampung tumpahan, limbah yang saling bereaksi dipisah, jauh dari saluran air, jalur keluar bebas, APAR mudah dijangkau.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✓ Tumpahan oli dapat langsung masuk saluran dan mencemari lingkungan.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: bila bocor atau tumpah, asam bertemu sianida dan membentuk gas HCN beracun; keduanya harus dipisah.
• **Pernyataan 3** ✓ Jalur evakuasi harus bebas hambatan.
• **Pernyataan 4** ✓ APAR mudah dijangkau saat menuju pintu keluar.



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

• **Pernyataan 5 ✗** Atap hanya mencegah hujan; lantai harus kedap agar tumpahan tidak meresap ke tanah.

**Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.**

## No. 5 Kunci: B, C, E

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

**Konsep:** 5R pada bahan kimia: singkirkan bahan kedaluwarsa/tanpa label (Ringkas), tempat tetap berlabel dengan stok minimum (Rapi), kebersihan (Resik), standar FIFO dan daftar periksa (Rawat, Rajin).

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: bahan tanpa identitas yang tidak dapat dipastikan isinya disingkirkan sebagai limbah sesuai prosedur, bukan disimpan.
• **Pernyataan 2 ✓** Mencegah pereaksi kedaluwarsa tersimpan sementara stok baru dipakai.
• **Pernyataan 3 ✓** Memudahkan menemukan bahan dan mengetahui kapan harus memesan.
• **Pernyataan 4 ✗** Memindahkan tidak sama dengan menyingkirkan; bahan kedaluwarsa dikelola sebagai limbah.
• **Pernyataan 5 ✓** Menjaga hasil penataan tetap bertahan.

**Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.**

## No. 6 Kunci: A

**Konsep:** Pada tahap penurunan (penjualan terus turun karena kebutuhan pasar berubah), perusahaan mengurangi produk lama dan mengembangkan produk baru yang sesuai kebutuhan pasar.

**Langkah:**
1. Penjualan turun 3 tahun meski harga turun; pembeli pindah ke produk jenis lain → tahap penurunan.
2. Ada mesin yang dapat dipakai untuk produk cair lain → kembangkan produk baru sesuai tren.

**Analisis setiap opsi:**
• **A. ✓** Menjawab perubahan kebutuhan pasar dengan sumber daya yang ada.
• **B. ✗** Jebakan: penurunan harga sudah dicoba dan tidak berhasil karena pembeli menginginkan jenis produk lain.
• **C. ✗** Jebakan: bau tertutup sementara, tetapi produk tetap berbahan pelarut, sedangkan pasar beralih ke bahan dasar air.
• **D. ✗** Jebakan: kemasan baru tidak mengubah alasan pembeli pindah.
• **E. ✗** Mesin masih dapat dipakai untuk produk cair lain; berhenti total membuang peluang.

**Jawaban: A.**

## No. 7 Kunci: B, D, E

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

**Konsep:** Larutan standar primer: massa = M × V × Mr; konsentrasi dihitung dari massa yang benar-benar ditimbang. Padatan baku dikeringkan dulu agar massa yang ditimbang adalah zat murni.



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

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: 5,300 g adalah massa untuk 1 L; untuk 250 mL massanya 1,325 g.

• **Pernyataan 2** ✓ 1,060 ÷ 106 = 0,0100 mol ÷ 0,250 L = 0,0400 M; konsentrasi dihitung dari massa nyata.

• **Pernyataan 3** ✗ Larutan standar tetap dapat dipakai asalkan konsentrasinya dihitung dari massa yang benar-benar ditimbang.

• **Pernyataan 4** ✓ Sebagian massa yang ditimbang adalah air, sehingga mol $Na_2CO_3$ lebih sedikit.

• **Pernyataan 5** ✓ Pengeringan membuang air yang terserap sehingga massa yang ditimbang adalah $Na_2CO_3$ murni.

**Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.**

## No. 8 Kunci: B

**Konsep:** Laju reaksi dipercepat oleh suhu tinggi, cahaya, dan katalis (ion logam). Penyimpanan bahan yang mudah terurai: sejuk, gelap, bebas pencemar logam, dengan wadah berventilasi tekanan.

**Langkah:**

1. Penyebab: panas dinding seng (suhu) dan sendok besi (katalis ion logam).
2. Perbaikan: tempat sejuk/teduh dan alat ambil bukan logam.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Jebakan: menutup rapat tidak memperlambat penguraian dan justru menimbulkan tekanan berbahaya.

• **B.** ✓ Menghilangkan dua faktor pemercepat sekaligus.

• **C.** ✗ Baja melepaskan ion besi yang mempercepat penguraian.

• **D.** ✗ Jebakan: suhunya turun, tetapi cahaya terus-menerus tetap mempercepat penguraian.

• **E.** ✗ Jebakan: masih alat logam dan panas dari dinding seng belum ditangani.

**Jawaban: B.**

## No. 9 Kunci: D

**Konsep:** % (b/v) = gram per 100 mL. mg/L = miligram zat per liter larutan.

**Langkah:**

1. 2 mL konsentrat 20% (b/v) mengandung 20 g/100 mL × 2 mL = 0,4 g N.
2. 0,4 g = 400 mg dalam 1 L → 400 mg/L.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Salah tiga tingkat satuan.

• **B.** ✗ Salah dua tingkat satuan.

• **C.** ✗ Jebakan: menganggap 20% sebagai 20 g per liter (0,04 g per 2 mL).

• **D.** ✓ 0,4 g = 400 mg per liter.

• **E.** ✗ Jebakan: lupa mengubah gram ke miligram dengan benar, atau menghitung dengan 20 mL.

**Jawaban: D.**

## No. 10 Kunci: A

**Konsep:** SDS bagian 6 (tumpahan), 8 (kontrol paparan/APD), dan 10 (reaktivitas) dipakai bersama untuk menentukan cara aman menangani tumpahan.

**Langkah:**

1. Bagian 8: APD sarung tangan nitril, goggle, respirator uap organik.
2. Bagian 6: serap dengan bahan inert ke wadah tertutup.
3. Bagian 10: hindari pengoksidasi kuat (pemutih).

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✓ Sesuai bagian 6 dan 8.



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

• **B.** ✗ Jebakan: cara menyerapnya benar, tetapi masker dan sarung tangan kain tidak melindungi dari uap dan cairan korosif.
• **C.** ✗ Jebakan: penanganan tumpahan benar, tetapi limbah formalin disimpan dekat pengoksidasi kuat yang harus dihindari (bagian 10).
• **D.** ✗ Jebakan: APD sebagian benar, tetapi tanpa respirator dan limbah dibuang ke saluran.
• **E.** ✗ Jebakan: hampir lengkap, tetapi bagian 6 meminta wadah tertutup; pasir berformalin adalah limbah B3.

**Jawaban: A.**

## No. 11 Kunci: 1B 2S 3B

**Konsep:** Prosedur titrasi: isi buret dengan corong lalu lepas corong, buang gelembung, baca bagian bawah meniskus, hentikan saat warna indikator menetap.

**Analisis setiap pernyataan:**
• **Pernyataan 1 → Benar.** Corong yang tertinggal dapat meneteskan larutan dan mengubah pembacaan.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Larutan tak berwarna dibaca pada bagian bawah meniskus sejajar mata.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Perubahan warna fenolftalein dalam suasana basa.

**Jawaban: Benar, Salah, Benar.**

## No. 12 Kunci: C

**Konsep:** Bahaya terjerat pada mesin berputar dikendalikan dengan pelindung mesin (guard) dan larangan benda longgar (rambut terurai, syal, sarung tangan longgar) di dekat bagian berputar.

**Langkah:**
1. Sumber bahaya: poros berputar terbuka dan benda longgar.
2. Kendalikan keduanya sebelum bekerja.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: sarung tangan tebal tetap dapat tertarik poros; rambut dan syal tidak ditangani.
• **B.** ✗ Jebakan: rambut ditangani, tetapi syal masih terurai dan poros tetap terbuka.
• **C.** ✓ Menghilangkan benda longgar dan menutup bagian berputar.
• **D.** ✗ Jebakan: pelindung mengurangi bahaya, tetapi rambut, syal, dan sarung tangan longgar tetap dapat tersangkut di bagian lain.
• **E.** ✗ Jarak membantu, tetapi benda longgar dan poros terbuka tetap berbahaya.

**Jawaban: C.**

## No. 13 Kunci: E

**Konsep:** Perbandingan a : b (v/v) berarti a bagian zat dicampur b bagian pelarut; total a + b bagian.

**Langkah:**
1. Total 1 + 4 = 5 bagian = 1.000 mL → 1 bagian = 200 mL.
2. Konsentrat 200 mL + air 800 mL.

**Analisis setiap opsi:**
• **A.** ✗ Jebakan: menganggap 1 : 4 sebagai seperempat volume total (perbandingan sebenarnya 1 : 3).
• **B.** ✗ Jebakan: konsentrat dihitung seperempat dari 1 L lalu ditambah 1 L air; volume dan perbandingannya salah.
• **C.** ✗ Perbandingan tertukar dan salah hitung.
• **D.** ✗ Itu perbandingan 1 : 9.
• **E.** ✓ 200 : 800 = 1 : 4 dengan total 1 L.

**Jawaban: E.**



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

## No. 14 Kunci: E

**Konsep:** Penyepuhan (elektroplating): benda yang dilapisi menjadi katode (kutub −) tempat $Ag^+$ direduksi menjadi Ag; logam pelapis menjadi anode (kutub +) yang larut menggantikan ion yang terpakai.

**Langkah:**

1. Gambar: sendok ke kutub +, batang perak ke kutub −.
2. Dengan susunan itu sendok menjadi anode (terkikis) dan perak mengendap di batang perak.
3. Perbaikan: tukar sambungan.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: menganggap susunan pada gambar sudah benar; sendok di kutub + justru terkikis.
- **B.** ✗ Larutan harus mengandung ion perak; garam dapur tidak.
- **C.** ✗ Jebakan: anode karbon dapat dipakai, tetapi ion perak dalam larutan akan habis, dan masalah utama (kutub tertukar) tidak diperbaiki.
- **D.** ✗ Arus besar dengan kutub tertukar justru mempercepat sendok terkikis.
- **E.** ✓ Benda yang dilapisi harus menjadi katode.

**Jawaban: E.**

## No. 15 Kunci: B

**Konsep:** Pencatatan data yang baik: data asli tidak dihapus; koreksi dengan satu coretan agar tetap terbaca, disertai angka benar, paraf, tanggal, dan alasan bila perlu.

**Langkah:**

1. Data asli harus tetap terbaca untuk ketertelusuran.
2. Koreksi harus jelas siapa dan kapan.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Data asli hilang sehingga tidak dapat ditelusuri.
- **B.** ✓ Koreksi terbaca dan dapat ditelusuri.
- **C.** ✗ Jebakan: angka benar tertulis, tetapi angka asli tidak terbaca lagi sehingga koreksi tidak dapat ditelusuri.
- **D.** ✗ Jebakan: menimpa angka tanpa paraf membuat data meragukan dan tidak jelas siapa yang mengoreksi.
- **E.** ✗ Kertas tempel mudah lepas dan tidak menjadi bagian resmi catatan.

**Jawaban: B.**

## No. 16 Kunci: B, D

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

**Konsep:** Pengecilan ukuran (penggilingan) dan pengayakan adalah operasi fisik. Bagian tidak lolos dikembalikan ke penggiling; ayakan harus utuh, bahan kering, dan muatan tidak berlebih.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✗ Keduanya operasi fisik; senyawanya tetap sama.
- **Pernyataan 2** ✓ Bagian kasar diproses ulang sampai lolos ayakan.
- **Pernyataan 3** ✗ Bahan lembap menggumpal dan menyumbat lubang ayakan.
- **Pernyataan 4** ✓ Ayakan rusak meloloskan partikel yang terlalu besar.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: muatan berlebih membuat partikel halus tidak sempat mencapai lubang ayakan.

**Jawaban: pernyataan 2, 4.**



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

## No. 17 Kunci: A, B, C, E

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

**Konsep:** Korosi besi: reaksi redoks dengan air dan oksigen, dipercepat elektrolit (garam) dan kontak dengan logam kurang aktif. Pencegahan: pelapisan, isolasi logam berbeda, proteksi katodik.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✓ Elektrolit mempercepat reaksi elektrokimia korosi.
- **Pernyataan 2** ✓ Besi menjadi anode dalam pasangan besi–tembaga.
- **Pernyataan 3** ✓ Lapisan cat menjadi penghalang.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: perak juga kurang aktif daripada besi sehingga tetap mempercepat karat baja.
- **Pernyataan 5** ✓ Memutus kontak listrik kedua logam.

**Jawaban: pernyataan 1, 2, 3, 5.**

## No. 18 Kunci: C

**Konsep:** Perbandingan mol = perbandingan koefisien. Massa = mol × Mr.

**Langkah:**

1. Mr glukosa = 180 → 180 kg = 1 kmol.
2. Etanol = 2 kmol × 46 = 92 kg.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: perbandingan 1 : 1, koefisien 2 diabaikan.
- **B.** ✗ Jebakan: itu massa $CO_2$ (2 × 44).
- **C.** ✓ 2 kmol × 46 = 92 kg.
- **D.** ✗ Menganggap massa etanol sama dengan massa glukosa.
- **E.** ✗ Mengalikan dua kali massa etanol per kmol secara keliru (4 × 46).

**Jawaban: C.**

## No. 19 Kunci: A, B, D

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

**Konsep:** Contoh kontrol dibandingkan dengan batas yang ditetapkan untuk memastikan validitas hasil uji; pola yang terus naik juga diperhatikan untuk mendeteksi galat sistematis sebelum melampaui batas.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1** ✓ Hasil kontrol Senin–Kamis berada di dalam 39,0–41,0.
- **Pernyataan 2** ✓ 41,3 di luar batas 39,0–41,0.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: aturan tidak memberi kelonggaran; di luar batas berarti tidak sah.
- **Pernyataan 4** ✓ Hasil yang terus naik lima hari berturut-turut menandakan galat sistematis yang perlu dicari sebelum melampaui batas.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: 40,9 masih di dalam batas sehingga analisis hari Kamis sah.

**Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.**

## No. 20 Kunci: A

**Konsep:** Pada metode gores kuadran, ose dipijarkan dan didinginkan setiap berpindah kuadran sehingga hanya sedikit sel yang terbawa dari kuadran sebelumnya; akhirnya terbentuk koloni terpisah.

**Langkah:**

1. Cawan kontrol bersih → media tidak tercemar.
2. Pertumbuhan rapat di semua kuadran → jumlah sel tidak berkurang.
3. Catatan tidak menyebut pemijaran ose di antara kuadran → sel dari kuadran 1 terbawa penuh ke kuadran berikutnya.



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

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✓ Sesuai catatan dan hasil yang diamati.
- **B.** ✗ Jebakan: pencemaran terbantah oleh cawan kontrol yang tetap bersih.
- **C.** ✗ Suhu tidak membuat koloni menyatu di semua kuadran.
- **D.** ✗ Biakan mati tidak akan tumbuh rapat.
- **E.** ✗ Jebakan: posisi terbalik justru cara yang benar untuk mencegah embun menetes.

**Jawaban: A.**

## No. 21 Kunci: D

**Konsep:** Neraca padatan: padatan umpan = padatan ampas. Neraca total: umpan = ampas + filtrat.

**Langkah:**

1. Padatan = 20% × 500 = 100 kg.
2. Ampas = 100 ÷ 0,60 = 166,7 kg.
3. Filtrat = 500 − 166,7 = 333,3 kg.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Itu massa padatan.
- **B.** ✗ Jebakan: itu massa ampas basah, bukan filtrat.
- **C.** ✗ Jebakan: menganggap ampas 200 kg (padatan dikali dua).
- **D.** ✓ 500 − 166,7 = 333,3 kg.
- **E.** ✗ Jebakan: menganggap semua cairan menjadi filtrat; ampas masih mengandung 40% cairan.

**Jawaban: D.**

## No. 22 Kunci: 1B 2B 3S

**Konsep:** Laju reaksi dipengaruhi luas permukaan, suhu, konsentrasi, dan katalis; laju tidak menentukan jumlah hasil maksimum.

**Analisis setiap pernyataan:**

- **Pernyataan 1 → Benar.** Partikel lebih kecil memberi bidang sentuh lebih luas.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Suhu tinggi menambah energi dan frekuensi tumbukan.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Laju hanya memengaruhi kecepatan; jumlah hasil ditentukan jumlah pereaksi.

**Jawaban: Benar, Benar, Salah.**

## No. 23 Kunci: C

**Konsep:** Faktor pengenceran total = hasil kali pengenceran setiap tahap. ALT = koloni × (1 ÷ faktor pengenceran) ÷ volume yang dituang.

**Langkah:**

1. 10 g dalam 90 mL → total 100 → $10^{-1}$.
2. Dua tahap 1 : 10 berikutnya → $10^{-2}$ lalu $10^{-3}$.
3. ALT = $64 \times 10^{3} = 6{,}4 \times 10^{4}$ koloni/g.

**Analisis setiap opsi:**

- **A.** ✗ Jebakan: hanya satu tahap 1 : 10 dari tiga tahap yang dihitung.
- **B.** ✗ Jebakan: tahap pertama (10 g dalam 90 mL) tidak dihitung sebagai pengenceran.
- **C.** ✓ $64 \times 10^{3} = 6{,}4 \times 10^{4}$.
- **D.** ✗ Menghitung satu tahap pengenceran berlebih.
- **E.** ✗ Menghitung dua tahap pengenceran berlebih.

**Jawaban: C.**



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

## No. 24 Kunci: 1S 2B 3B

**Konsep:** Pewarnaan Gram membedakan Gram positif (ungu) dan Gram negatif (merah muda), serta memperlihatkan bentuk sel. Sel dengan warna/bentuk berbeda dari biakan yang seharusnya menunjukkan pencemaran.

**Analisis setiap pernyataan:**

• **Pernyataan 1 → Salah.** Prosedur dan kontrol benar; lagi pula bentuknya bulat, bukan batang, jadi itu mikroba lain.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Warna merah muda menunjukkan Gram negatif, bentuknya berbeda dari Lactobacillus.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Satu koloni Lactobacillus yang terpisah diambil agar biakan kembali murni.

**Jawaban: Salah, Benar, Benar.**

## No. 25 Kunci: D

**Konsep:** Kadar abu = massa abu ÷ massa contoh × 100%. Basis kering = kadar basis basah ÷ (1 − kadar air).

**Langkah:**

1. Abu = 30,1080 − 30,0000 = 0,1080 g; contoh = 2,0000 g → 5,40% (basis basah).
2. Basis kering = 5,40 ÷ 0,90 = 6,00% > 5,5% → tidak memenuhi.

**Analisis setiap opsi:**

• **A.** ✗ Salah menggeser koma.

• **B.** ✗ Jebakan: dikalikan 0,90, bukan dibagi.

• **C.** ✗ Jebakan: masih basis basah; spesifikasi meminta basis kering.

• **D.** ✓ 5,40 ÷ 0,90 = 6,00%.

• **E.** ✗ Salah menggeser koma.

**Jawaban: D.**



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

# Penutup

Kamu sudah sampai di akhir buku ini: bukti bahwa kamu mampu menepati janji belajarmu.

**Lima strategi yang paling penting untuk TKA Teknik Kimia Industri:**

1. **Baca pertanyaannya dulu, baru ceritanya.** Kalimat pertanyaan memberi tahu data mana yang perlu kamu cari di dalam kasus: kadar, volume, suhu, atau nilai batas.
2. **Tulis satuan di setiap angka dan periksa kewajaran hasilnya.** mL dengan L, g dengan kg, mg/L dengan %: hasil hitung yang tidak masuk akal hampir selalu berarti satuan atau arah rumusnya terbalik.
3. **Susun langkah hitungan menjadi urutan pendek.** Stoikiometri, pengenceran, titrasi, dan ALT semuanya bisa dikerjakan dengan urutan: tulis persamaan atau rumus, ubah ke mol atau satuan yang sama, hitung, lalu cek ulang.
4. **Pilih tindakan yang mengikuti prosedur dan keselamatan.** SOP, SDS, dan kaidah aseptik selalu mengalahkan "supaya cepat selesai". Jalan pintas adalah pengecoh yang paling sering dipasang.
5. **Nilai data sebelum memercayainya.** Rata-rata yang bagus belum tentu data yang sah: periksa sebaran ulangan, blanko, kontrol, dan batas penerimaan.

**Sepekan sebelum ujian:**

- Kerjakan satu Simulasi TKA pada jam yang sama dengan jadwal ujianmu, lengkap dengan batas waktu.
- Ulangi soal yang pernah kamu jawab salah, lalu baca lagi "Strategi dan jebakan" di sub babnya.
- Hitung ulang contoh penting tanpa melihat buku: pengenceran, massa zat untuk larutan standar, molaritas dari titrasi, dan ALT dari cawan yang memenuhi rentang hitung.
- Jangan memaksakan materi baru pada malam terakhir; beristirahatlah dengan cukup. Teruslah belajar lewat LMS Next Level Study dengan kode QR di setiap bab.

Pekerjaan di laboratorium dan pabrik kimia menuntut kejujuran yang utuh: angka yang kamu tulis di lembar data akan dipercaya orang lain untuk menentukan mutu dan keselamatan. Ilmu yang kamu kumpulkan hari ini adalah bekal yang kelak kamu persembahkan dengan sepenuh jiwa dan raga untuk pelanggan yang tidak kamu kenal, untuk keluargamu, dan untuk negeri ini. Apa pun hasil ujianmu nanti, kesungguhan yang kamu bangun akan tetap menjadi milikmu.

Selamat berjuang.

**Handaka Lumu**



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

# Lampiran

## Lampiran 1 · Glosarium

| Istilah | Arti singkat | Dibahas di |
|---|---|---|
| proses bisnis | rangkaian kegiatan dari bahan baku sampai pelanggan | 1.1 |
| operasi satuan | langkah dasar yang berulang di banyak pabrik | 1.1 |
| reaktor | alat tempat reaksi | 1.1 |
| batch | proses bertahap | 1.1 |
| kontinu | proses mengalir terus | 1.1 |
| efek rumah kaca | penyerapan inframerah oleh gas di atmosfer | 1.2 |
| pemanasan global | kenaikan suhu rata-rata bumi akibat bertambahnya gas rumah kaca | 1.2 |
| GWP | potensi pemanasan global relatif terhadap $CO_2$ | 1.2 |
| $CO_2e$ | $CO_2$ ekuivalen | 1.2 |
| biogas | gas hasil penguraian tanpa oksigen, kaya metana | 1.2 |
| Industri 4.0 | hubungan mesin, data, dan manusia melalui jaringan dan sensor | 1.3 |
| sensor | alat pengukur | 1.3 |
| *set point* | nilai yang diinginkan | 1.3 |
| aktuator | katup, pompa, pemanas yang bergerak | 1.3 |
| loop kendali | putaran sensor–pengendali–aktuator | 1.3 |
| R&D | penelitian dan pengembangan | 1.4 |
| formulasi | komposisi dan cara membuat | 1.4 |
| uji stabilitas | uji ketahanan produk selama disimpan | 1.4 |
| skala pilot | pembuatan menengah sebelum pabrik | 1.4 |
| *scale-up* | menaikkan ukuran produksi | 1.4 |
| QC | pengendalian mutu, menguji | 1.5 |
| QA | penjaminan mutu, sistem dan dokumen | 1.5 |
| HSE | keselamatan, kesehatan, lingkungan | 1.5 |
| SOP | prosedur operasi standar | 1.5 |
| sertifikasi kompetensi | pengakuan resmi atas keterampilan | 1.5 |
| filtrat | cairan yang lolos saringan | 2.1 |
| residu | padatan yang tertahan | 2.1 |
| sedimentasi | pengendapan oleh gravitasi | 2.1 |



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

| | | |
|---|---|---|
| dekantasi | menuang cairan bening dari endapan | 2.1 |
| sentrifugasi | pemisahan dengan gaya putar | 2.1 |
| larutan | campuran merata | 2.2 |
| zat terlarut | komponen yang lebih sedikit | 2.2 |
| pelarut | komponen yang melarutkan | 2.2 |
| konsentrasi | jumlah zat per jumlah larutan | 2.2 |
| molaritas | mol zat per liter larutan | 2.2 |
| K3 | keselamatan dan kesehatan kerja | 2.3 |
| bahaya | potensi menimbulkan cedera atau kerusakan | 2.3 |
| risiko | kemungkinan × keparahan | 2.3 |
| APD | alat pelindung diri | 2.3 |
| pengendalian teknik | mengubah alat atau ruang | 2.3 |
| GHS | sistem harmonisasi global untuk klasifikasi dan label bahan kimia | 2.4 |
| piktogram | simbol bahaya berbentuk belah ketupat | 2.4 |
| kata sinyal | BAHAYA atau PERINGATAN | 2.4 |
| kode H | pernyataan bahaya | 2.4 |
| kode P | pernyataan kehati-hatian | 2.4 |
| hidrokarbon | senyawa C dan H saja | 3.1 |
| alkana | hidrokarbon jenuh, ikatan tunggal | 3.1 |
| alkena | ada ikatan rangkap dua | 3.1 |
| alkuna | ada ikatan rangkap tiga | 3.1 |
| deret homolog | deret yang berbeda satu $–CH_2–$ | 3.1 |
| gugus fungsi | kelompok atom penentu sifat | 3.2 |
| gugus hidroksil | –OH | 3.2 |
| alkohol primer | karbon pembawa –OH punya 2 H | 3.2 |
| alkohol sekunder | 1 H | 3.2 |
| alkohol tersier | tidak punya H | 3.2 |
| stoikiometri | perhitungan zat dalam reaksi | 3.3 |
| koefisien | jumlah mol zat | 3.3 |
| indeks | jumlah atom dalam molekul | 3.3 |
| Ar | massa atom relatif | 3.3 |
| Mr | massa molekul relatif | 3.3 |
| mg/L dan ppm | satuan untuk larutan encer | 3.4 |
| % b/v | gram per 100 mL | 3.4 |



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

| | | |
|---|---|---|
| % v/v | mL per 100 mL | 3.4 |
| hidrat | padatan yang mengikat air kristal | 3.4 |
| anhidrat | tanpa air kristal | 3.4 |
| laju reaksi | perubahan konsentrasi per waktu | 3.5 |
| teori tumbukan | reaksi terjadi dari tumbukan efektif | 3.5 |
| tumbukan efektif | energi cukup dan arah tepat | 3.5 |
| energi aktivasi | energi minimum untuk memulai reaksi | 3.5 |
| katalis | zat pemercepat yang tidak habis | 3.5 |
| sifat koligatif | bergantung jumlah partikel terlarut | 3.6 |
| molalitas | mol terlarut per kg pelarut | 3.6 |
| fraksi mol | perbandingan mol suatu zat dengan mol total | 3.6 |
| tekanan uap jenuh | tekanan uap pada kesetimbangan cair-uap | 3.6 |
| hukum Raoult | tekanan uap larutan = fraksi mol pelarut × tekanan uap murni | 3.6 |
| redoks | reaksi dengan serah-terima elektron | 3.7 |
| oksidator | zat yang mengalami reduksi | 3.7 |
| reduktor | zat yang mengalami oksidasi | 3.7 |
| bilangan oksidasi | muatan formal atom | 3.7 |
| deret Volta | urutan kemudahan logam teroksidasi | 3.7 |
| mikroba | makhluk hidup sangat kecil | 4.1 |
| koloni | kumpulan sel dari satu sel awal yang terlihat di media padat | 4.1 |
| prokariot | sel tanpa inti sejati | 4.1 |
| eukariot | sel berinti sejati | 4.1 |
| hifa | benang tubuh kapang | 4.1 |
| media pertumbuhan | makanan buatan mikroba | 4.2 |
| agar | pemadat dari rumput laut | 4.2 |
| pepton | protein yang dipecah | 4.2 |
| media selektif | menumbuhkan kelompok tertentu | 4.2 |
| media diferensial | membedakan mikroba lewat tanda yang terlihat | 4.2 |
| steril | bebas semua mikroba | 4.3 |
| sterilisasi | proses menjadikan steril | 4.3 |
| desinfeksi | pembunuhan mikroba dengan zat kimia | 4.3 |
| pasteurisasi | pemanasan yang tidak menyterilkan | 4.3 |
| autoklaf | alat sterilisasi uap bertekanan | 4.3 |
| inokulasi | pemindahan mikroba ke media | 4.4 |



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

| | | |
|---|---|---|
| inokulum | bahan yang dipindahkan | 4.4 |
| inkubasi | penyimpanan agar tumbuh | 4.4 |
| CFU | unit pembentuk koloni | 4.4 |
| biakan murni | satu jenis mikroba | 4.4 |
| apusan | lapisan tipis sel di kaca objek | 4.5 |
| fiksasi | pelekatan dan pematian sel dengan panas | 4.5 |
| pewarnaan sederhana | satu zat warna | 4.5 |
| kristal violet | pewarna utama | 4.5 |
| iodin | pengikat atau mordan | 4.5 |
| gelas kimia | *beaker*, wadah serba guna | 5.1 |
| erlenmeyer | labu kerucut, tempat titrasi | 5.1 |
| gelas ukur | alat takar kasar | 5.1 |
| labu takar | alat membuat volume tepat, TC | 5.1 |
| pipet volume | memindahkan satu volume teliti, TD | 5.1 |
| neraca analitik | neraca berketelitian 0,0001 g | 5.2 |
| keterbacaan | angka terkecil yang ditampilkan | 5.2 |
| waterpass | gelembung penunjuk kerataan | 5.2 |
| tara | menolkan layar dengan wadah | 5.2 |
| anak timbangan standar | massa acuan | 5.2 |
| titrasi | menambah titran sampai reaksi tuntas | 5.3 |
| titran | larutan baku di buret | 5.3 |
| titrat | analit di erlenmeyer | 5.3 |
| titik ekuivalen | mol titran setara mol titrat | 5.3 |
| titik akhir | indikator berubah warna | 5.3 |
| gravimetri | analisis berdasarkan massa | 5.4 |
| kadar air | persen air dalam bahan | 5.4 |
| kadar abu | persen mineral sisa pembakaran | 5.4 |
| bobot tetap | massa tidak berubah lagi | 5.4 |
| desikator | wadah pengering untuk mendinginkan | 5.4 |
| akurasi | kedekatan dengan nilai sebenarnya | 5.5 |
| presisi | kedekatan antarulangan | 5.5 |
| galat | selisih hasil dengan nilai sebenarnya | 5.5 |
| galat sistematis | galat tetap searah | 5.5 |



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

| | | |
|---|---|---|
| galat acak | galat naik-turun tak beraturan | 5.5 |

## Lampiran 2 · Daftar sumber

Buku ini tidak memuat data statistik nyata. Semua tokoh, lembaga, dan angka pada soal dan contoh adalah rekaan untuk latihan dan diberi keterangan di soalnya; angka teknis seperti kadar bahan, suhu tangki, atau batas penerimaan ditulis sebagai angka latihan "menurut SOP" dan bukan data pabrik tertentu. Rujukan resmi dan acuan teknis buku ini:

| Sumber | Dipakai untuk |
|---|---|
| Pusat Asesmen Pendidikan Kemendikdasmen, halaman kisi-kisi TKA SMK Teknik Kimia Industri (diakses 18 Oktober 2026) | definisi, muatan, kompetensi, matriks asesmen, contoh soal resmi |
| Soal asli TKA SMK 2025 Projek Kreatif dan Kewirausahaan | acuan bentuk dan tingkat kesulitan soal (bukan isi) |
| OpenStax, *Chemistry 2e* dan *Microbiology* (CC BY 4.0) | acuan konsep kimia dan mikrobiologi (sifat koligatif, elektrokimia, kesetimbangan, sterilisasi, pewarnaan, perbesaran); penulisan buku ini dengan kalimat sendiri |
| Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA), halaman *Understanding Global Warming Potentials* dan *Overview of Greenhouse Gases* (diakses 18 Oktober 2026) | nilai potensi pemanasan global (laporan IPCC keenam) dan sumber gas rumah kaca |
| *Making Indonesia 4.0* (peta jalan Kementerian Perindustrian, diluncurkan April 2018), dirangkum indonesia-investments.com | lima sektor prioritas Industri 4.0, termasuk industri kimia |
| Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang tata cara dan persyaratan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun | karakteristik limbah B3, lama penyimpanan, tempat penyimpanan sementara, wadah dan label |
| *Bacteriological Analytical Manual* (FDA), bab *Aerobic Plate Count*; LibreTexts dan ASM untuk protokol pewarnaan Gram | cara menuang media, inkubasi cawan terbalik, rentang hitung koloni, waktu pewarnaan |
| Chemguide, Wikipedia (*Contact process*, *Haber process*, *Ethanol*, *Methanol*, *Pentane*) | kondisi proses kontak dan Haber–Bosch, sifat fisik etanol, metanol, dan isomer pentana |
| LibreTexts, titrations.info, dan prosedur laboratorium lembaga publik | kurva titrasi, indikator, kalibrasi pH meter, galat alat gelas, gravimetri |

Foto dan ilustrasi nyata diambil dari sumber berlisensi terbuka (domain publik atau Creative Commons) dan diberi label bahasa Indonesia; gambar lain digambar sendiri oleh Tim Next Level Study Indonesia. Daftar lengkapnya ada pada "Daftar sumber gambar".



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

## Lampiran 3 · Lembar jawaban kosong

Lembar ini boleh difotokopi. Untuk soal PG, lingkari satu huruf. Untuk pilih lebih dari satu (MCMA), lingkari semua huruf yang benar. Untuk Benar/Salah, tulis B atau S untuk setiap pernyataan.

| No | Jawaban | No | Jawaban | No | Jawaban |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A B C D E | 10 | A B C D E | 19 | A B C D E |
| 2 | A B C D E | 11 | A B C D E | 20 | A B C D E |
| 3 | A B C D E | 12 | A B C D E | 21 | A B C D E |
| 4 | A B C D E | 13 | A B C D E | 22 | A B C D E |
| 5 | A B C D E | 14 | A B C D E | 23 | A B C D E |
| 6 | A B C D E | 15 | A B C D E | 24 | A B C D E |
| 7 | A B C D E | 16 | A B C D E | 25 | A B C D E |
| 8 | A B C D E | 17 | A B C D E | | |
| 9 | A B C D E | 18 | A B C D E | | |

Skor: _____ / _____ · Waktu yang dipakai: _____ menit

## Lampiran 4 · Catatan edisi

Edisi 1 (2026/2027), dibagikan gratis untuk pelajar Indonesia sebagai dedikasi Next Level Study Indonesia untuk bangsa; boleh diperbanyak dan dibagikan untuk belajar, tetapi tidak untuk diperjualbelikan. Semua soal latihan, kuis, dan simulasi TKA diambil dari Bank Soal NLS dengan kode yang sama dengan LMS. Belum ada soal asli TKA Teknik Kimia Industri; bentuk soal mengikuti soal asli TKA SMK 2025 Projek Kreatif dan Kewirausahaan dan contoh resmi Pusmendik. Isi buku ini untuk belajar dan bukan pengganti SOP, SDS, atau prosedur resmi tempat kerjamu: dalam pekerjaan nyata, selalu pakai data dan prosedur yang berlaku di tempat itu. Bila kamu menemukan kesalahan, sampaikan kepada pengajarmu agar dapat diperbaiki pada edisi berikutnya.

## Daftar sumber gambar

*Gambar materi yang diambil dari sumber berlisensi terbuka dipakai sesuai lisensinya dengan menyebut pembuatnya; gambar lain digambar oleh tim Next Level Study Indonesia.*

| Gambar | Judul | Pembuat | Lisensi | Sumber |
|---|---|---|---|---|
| Gambar 1.1 | Rantai proses bisnis industri kimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.2 | Operasi satuan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.3 | Proses batch dan proses kontinu | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.4 | Diagram blok produksi amonia | 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 | Pemurnian minyak sawit mentah | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.6 | Peta konsep proses bisnis dan produksi industri kimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.7 | Efek rumah kaca | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.8 | Sumber emisi di pabrik kimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.9 | Hierarki penurunan emisi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.10 | Biogas dari limbah organik | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.11 | Peta konsep pemanasan global dan industri kimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.12 | Empat generasi revolusi industri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.13 | Loop kendali pada tangki | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.14 | Arsitektur Industri 4.0 di pabrik | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.15 | Layar pemantauan tiga tangki | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.16 | Peta konsep Industri 4.0 di kimia industri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.17 | Tahap pengembangan produk | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.18 | Skala laboratorium, pilot, dan pabrik | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.19 | Kurva siklus hidup produk | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.20 | Batas sistem LCA | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.21 | Peta konsep pengembangan produk dan siklus hidup produk | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.22 | Struktur peran di sebuah pabrik kimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.23 | Jalur karier lulusan teknik kimia industri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.24 | Dari biaya sampai harga eceran | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 1.25 | Titik impas | 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 1.26 | Peta konsep profesi dan peluang usaha | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.1 | Pohon pilihan metode pemisahan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.2 | Distilasi sederhana | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.3 | Penyaringan, pengendapan, dan sentrifugasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.4 | Evaporator | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.5 | Neraca massa pengeringan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.6 | Peta konsep teknik dasar proses industri kimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.7 | Komponen larutan dan satuan konsentrasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.8 | Langkah membuat larutan dengan labu takar | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.9 | Pengenceran | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.10 | Alat gelas ukur volume | Hans-Joachim Engelhardt; Paweena.S; Gemsgy; Lilly_M | CC BY-SA 4.0; CC BY-SA 3.0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia | commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79528606 ; commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=59999955 ; commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44851157 ; commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13191200 |
| Gambar 2.11 | Peta konsep pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.12 | Hierarki pengendalian bahaya | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.13 | APD untuk bahan korosif dan menurut bahaya | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.14 | Segitiga api dan kelas kebakaran | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.15 | Urutan LOTO | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.16 | Budaya kerja 5R | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.17 | Peta konsep prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R | 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 2.18 | Sembilan piktogram GHS | Perserikatan Bangsa-Bangsa (desain piktogram GHS); berkas di Wikimedia Commons, pengunggah tidak disebut | Public domain; diubah: dipotong, diberi label Indonesia | commons.wikimedia.org/wiki/Category:GHS_pictograms |
| Gambar 2.19 | Enam belas bagian SDS | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.20 | Matriks ketidakcocokan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.21 | Kemasan, simbol, dan label limbah B3 | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 2.22 | Peta konsep simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.1 | Rumus struktur alkana, alkena, dan alkuna | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.2 | Tiga isomer $C_5H_{12}$ | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.3 | Titik didih alkana menurut jumlah atom karbon | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.4 | Menara distilasi bertingkat minyak bumi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.5 | Peta konsep hidrokarbon | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.6 | Jenis alkohol | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.7 | Oksidasi alkohol | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.8 | Fermentasi dan distilasi etanol | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.9 | Penerapan alkohol di industri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.10 | Peta konsep alkohol | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.11 | Jembatan mol | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.12 | Langkah menyetarakan persamaan reaksi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.13 | Partikel sebelum dan sesudah reaksi | 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 3.14 | Tabel mol, massa, dan volume menurut koefisien | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.15 | Peta konsep persamaan reaksi dan konsep mol | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.16 | Peta konversi satuan konsentrasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.17 | Menyiapkan larutan baku dengan labu takar | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.18 | Hidrat dan anhidrat | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.19 | Contoh konversi satuan konsentrasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.20 | Peta konsep stoikiometri larutan standar | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.21 | Tumbukan efektif dan tidak efektif | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.22 | Energi aktivasi dengan dan tanpa katalis | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.23 | Pergeseran kesetimbangan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.24 | Proses kontak pembuatan asam sulfat | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.25 | Peta konsep laju reaksi dan kesetimbangan kimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.26 | Diagram fase air murni dan larutan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.27 | Osmosis dan osmosis balik | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.28 | Partikel nonelektrolit dan elektrolit dalam larutan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.29 | Peta konsep sifat koligatif larutan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.30 | Sel volta seng–tembaga | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.31 | Korosi besi dan perlindungan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.32 | Elektrolisis lelehan dan larutan NaCl | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 3.33 | Pemurnian tembaga dengan elektrolisis | 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 3.34 | Peta konsep redoks dan elektrokimia | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.1 | Sel prokariot dan sel eukariot | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.2 | Kurva pertumbuhan mikroba | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.3 | Peran mikroba di industri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.4 | Bakteri, khamir, dan kapang di bawah mikroskop | Dr Graham Beards; Masur; Ajay Kumar Chaurasiya | CC BY-SA 4.0; Public domain; CC0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia | commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=105558066 ; commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1069017 ; commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=173992823 |
| Gambar 4.5 | Peta konsep dasar mikrobiologi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.6 | Komposisi media pertumbuhan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.7 | Jenis media pertumbuhan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.8 | Alur membuat media agar | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.9 | Cawan siap pakai: embun dan posisi simpan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.10 | Peta konsep media pertumbuhan | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.11 | Skema autoklaf | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.12 | Ringkasan metode sterilisasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.13 | Tyndalisasi tiga hari | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.14 | Pohon pilihan metode sterilisasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.15 | Peta konsep sterilisasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.16 | Pengenceran bertingkat | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.17 | Metode tuang, sebar, dan gores | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.18 | Cawan terlalu sedikit, dalam rentang, dan terlalu banyak | 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 4.19 | Gores kuadran | A doubt | CC BY-SA 4.0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia | commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=67423608 |
| Gambar 4.20 | Contoh pemilihan cawan dan hitungan ALT | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.21 | Peta konsep isolasi, inokulasi, dan ALT | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.22 | Tahap pewarnaan Gram | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.23 | Dinding sel bakteri Gram positif dan Gram negatif | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.24 | Sediaan Gram campuran | Y tambe | CC BY-SA 3.0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia | commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9999296 |
| Gambar 4.25 | Bentuk sel bakteri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 4.26 | Peta konsep pewarnaan bakteri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.1 | Alat gelas laboratorium dan ketelitiannya | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.2 | Membaca meniskus dan skala buret | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.3 | Menyiapkan dan memakai buret | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.4 | Pemilihan alat gelas | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.5 | Peta konsep peralatan gelas laboratorium | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.6 | Neraca analitik dan bagian-bagiannya | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.7 | Langkah penimbangan teliti | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.8 | Elektroda kaca dan kurva kalibrasi pH meter | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.9 | Peta konsep neraca dan pH meter | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.10 | Perangkat titrasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.11 | Kurva titrasi asam kuat dan asam lemah | 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 5.12 | Perubahan warna indikator | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.13 | Langkah-langkah titrasi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.14 | Peta konsep titrimetri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.15 | Alur gravimetri pengendapan sulfat | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.16 | Desikator | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.17 | Grafik massa terhadap penimbangan berulang | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.18 | Peta konsep gravimetri | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.19 | Sasaran akurasi dan presisi | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.20 | Sumber galat dalam analisis | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.21 | Diagram keputusan validitas data | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.22 | Contoh lembar data satu seri analisis | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |
| Gambar 5.23 | Peta konsep validitas data | Tim Next Level Study Indonesia | digambar sendiri | — |

## Tabel silang sub bab dan soal

| Sub bab | Soal |
|---|---|
| 1.1 · Proses bisnis manufaktur kimia dan contoh produksi industri kimia | Bedah Prediksi 07 no. 2; Latihan 1.1 no. 1; Latihan 1.1 no. 2; Latihan 1.1 no. 3; Latihan 1.1 no. 4; Kuis Bab 1 no. 1; Kuis Bab 1 no. 2; Kuis Bab 1 no. 3; Kuis Bab 1 no. 4; Kuis Bab 1 no. 5; Kuis Bab 1 no. 10; Kuis Bab 1 no. 13; Simulasi 1 no. 2; Simulasi 2 no. 2; Simulasi 2 no. 3 |
| 1.2 · Pemanasan global dan dampak industri kimia terhadap iklim | Bedah Prediksi 07 no. 1; Kuis Bab 1 no. 6; Kuis Bab 1 no. 7; Kuis Bab 1 no. 8; Simulasi 1 no. 3; Simulasi 2 no. 1 |
| 1.3 · Industri 4.0 di kimia industri | Bedah Prediksi 08 no. 10; Latihan 1.3 no. 1; Latihan 1.3 no. 2; Kuis Bab 1 no. 9; Kuis Bab 1 no. 11; Kuis Bab 1 no. 12; Kuis Bab 1 no. 17; Kuis Bab 1 no. 18; Simulasi 2 no. 4; Simulasi 2 no. 25 |
| 1.4 · Pengembangan produk dan siklus hidup produk | Bedah Prediksi 07 no. 4; Latihan 1.4 no. 1; Kuis Bab 1 no. 16; Kuis Bab 1 no. 22; Kuis Bab 1 no. 23; Kuis Bab 1 no. 25; Simulasi 1 no. 1; Simulasi 3 no. 6 |



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

| Sub bab | Soal |
|---|---|
| 1.5 · Profil profesi, peluang usaha, dan technopreneurship | Bedah Prediksi 07 no. 3; Latihan 1.5 no. 1; Latihan 1.5 no. 2; Kuis Bab 1 no. 14; Kuis Bab 1 no. 15; Kuis Bab 1 no. 19; Kuis Bab 1 no. 20; Kuis Bab 1 no. 21; Kuis Bab 1 no. 24; Simulasi 1 no. 5; Simulasi 1 no. 22; Simulasi 3 no. 1; Simulasi 3 no. 3 |
| 2.1 · Teknik dasar proses industri kimia | Bedah Prediksi 07 no. 7; Latihan 2.1 no. 1; Latihan 2.1 no. 2; Latihan 2.1 no. 3; Latihan 2.1 no. 4; Latihan 2.1 no. 5; Kuis Bab 2 no. 1; Kuis Bab 2 no. 2; Kuis Bab 2 no. 3; Kuis Bab 2 no. 7; Kuis Bab 2 no. 8; Kuis Bab 2 no. 9; Kuis Bab 2 no. 10; Kuis Bab 2 no. 11; Simulasi 1 no. 4; Simulasi 1 no. 13; Simulasi 2 no. 5; Simulasi 2 no. 17; Simulasi 2 no. 20; Simulasi 3 no. 16; Simulasi 3 no. 21 |
| 2.2 · Pembuatan larutan dan teknik dasar laboratorium | Bedah Prediksi 08 no. 6; Latihan 2.2 no. 1; Latihan 2.2 no. 2; Latihan 2.2 no. 3; Latihan 2.2 no. 4; Kuis Bab 2 no. 4; Kuis Bab 2 no. 5; Kuis Bab 2 no. 6; Kuis Bab 2 no. 13; Kuis Bab 2 no. 20; Simulasi 1 no. 20; Simulasi 2 no. 14; Simulasi 2 no. 22; Simulasi 3 no. 13 |
| 2.3 · Prosedur K3, APD, dan budaya kerja 5R | Bedah Prediksi 07 no. 5; Latihan 2.3 no. 1; Latihan 2.3 no. 2; Latihan 2.3 no. 3; Latihan 2.3 no. 4; Latihan 2.3 no. 5; Latihan 2.3 no. 6; Kuis Bab 2 no. 12; Kuis Bab 2 no. 14; Kuis Bab 2 no. 15; Kuis Bab 2 no. 16; Kuis Bab 2 no. 18; Kuis Bab 2 no. 19; Kuis Bab 2 no. 21; Simulasi 1 no. 8; Simulasi 1 no. 14; Simulasi 2 no. 7; Simulasi 2 no. 18; Simulasi 3 no. 5; Simulasi 3 no. 12 |
| 2.4 · Simbol bahaya, SDS, dan limbah B3/non-B3 | Bedah Prediksi 07 no. 13; Latihan 2.4 no. 1; Latihan 2.4 no. 2; Latihan 2.4 no. 3; Latihan 2.4 no. 4; Kuis Bab 2 no. 17; 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 3 no. 4; Simulasi 3 no. 10 |
| 3.1 · Hidrokarbon: struktur, tata nama, dan sifat | Bedah Prediksi 07 no. 14; Kuis Bab 3 no. 1; Kuis Bab 3 no. 6; Kuis Bab 3 no. 8; Simulasi 1 no. 6; Simulasi 1 no. 21; Simulasi 2 no. 13 |
| 3.2 · Gugus fungsi alkohol dan penerapannya di industri | Bedah Prediksi 08 no. 5; Latihan 3.2 no. 1; Kuis Bab 3 no. 10; Kuis Bab 3 no. 16; Simulasi 2 no. 15 |
| 3.3 · Persamaan reaksi dan konsep mol | Bedah Prediksi 07 no. 18; Latihan 3.3 no. 1; Latihan 3.3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 4; Kuis Bab 3 no. 12; Kuis Bab 3 no. 14; Kuis Bab 3 no. 18; Kuis Bab 3 no. 20; Simulasi 1 no. 7; Simulasi 2 no. 10; Simulasi 2 no. 21; Simulasi 3 no. 18 |
| 3.4 · Stoikiometri dan konversi satuan larutan standar | Bedah Prediksi 08 no. 7; Latihan 3.4 no. 1; Latihan 3.4 no. 2; Kuis Bab 3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 11; Kuis Bab 3 no. 13; Kuis Bab 3 no. 19; Simulasi 1 no. 18; Simulasi 3 no. 7; Simulasi 3 no. 9 |
| 3.5 · Laju reaksi dan kesetimbangan kimia | Bedah Prediksi 07 no. 9; Latihan 3.5 no. 1; Kuis Bab 3 no. 3; Kuis Bab 3 no. 5; Kuis Bab 3 no. 9; Kuis Bab 3 no. 17; Simulasi 1 no. 9; Simulasi 3 no. 8; Simulasi 3 no. 22 |
| 3.6 · Sifat koligatif larutan | Bedah Prediksi 08 no. 11; Latihan 3.6 no. 1; Latihan 3.6 no. 2; Kuis Bab 3 no. 7; Kuis Bab 3 no. 15; Kuis Bab 3 no. 21; Simulasi 3 no. 2 |
| 3.7 · Reaksi redoks dan elektrokimia: sel volta dan elektrolisis | Bedah Prediksi 07 no. 6; Latihan 3.7 no. 1; Kuis Bab 3 no. 22; Kuis Bab 3 no. 23; Kuis Bab 3 no. 24; Kuis Bab 3 no. 25; Simulasi 1 no. 12; Simulasi 3 no. 14; Simulasi 3 no. 17 |



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

| Sub bab | Soal |
|---|---|
| 4.1 · Konsep dasar mikrobiologi | Bedah Prediksi 07 no. 12; Kuis Bab 4 no. 2; Kuis Bab 4 no. 5; Kuis Bab 4 no. 10; Kuis Bab 4 no. 12; Simulasi 1 no. 11; Simulasi 2 no. 16 |
| 4.2 · Media pertumbuhan skala laboratorium | Bedah Prediksi 08 no. 8; Latihan 4.2 no. 1; Kuis Bab 4 no. 9; Kuis Bab 4 no. 11; Kuis Bab 4 no. 16; Kuis Bab 4 no. 19; Simulasi 2 no. 12 |
| 4.3 · Teknik sterilisasi basah dan kering | Bedah Prediksi 07 no. 11; Kuis Bab 4 no. 1; Kuis Bab 4 no. 4; Kuis Bab 4 no. 7; Kuis Bab 4 no. 13; Kuis Bab 4 no. 17; Simulasi 1 no. 15; Simulasi 1 no. 17; Simulasi 2 no. 19 |
| 4.4 · Isolasi, inokulasi, dan perhitungan mikroba (ALT/TPC) | Bedah Prediksi 07 no. 16; Latihan 4.4 no. 1; Latihan 4.4 no. 2; Latihan 4.4 no. 3; Kuis Bab 4 no. 3; Kuis Bab 4 no. 6; Kuis Bab 4 no. 8; Kuis Bab 4 no. 14; Kuis Bab 4 no. 15; Kuis Bab 4 no. 18; Kuis Bab 4 no. 20; Kuis Bab 4 no. 21; Kuis Bab 4 no. 22; Simulasi 1 no. 16; Simulasi 3 no. 20; Simulasi 3 no. 23 |
| 4.5 · Pewarnaan bakteri dasar | Bedah Prediksi 08 no. 18; Latihan 4.5 no. 1; Kuis Bab 4 no. 23; Kuis Bab 4 no. 24; Kuis Bab 4 no. 25; Simulasi 3 no. 24 |
| 5.1 · Peralatan gelas laboratorium sesuai SOP | Bedah Prediksi 07 no. 20; Kuis Bab 5 no. 3; Kuis Bab 5 no. 6; Kuis Bab 5 no. 7; Kuis Bab 5 no. 9; Simulasi 1 no. 25; Simulasi 2 no. 9; Simulasi 2 no. 24 |
| 5.2 · Peralatan non-gelas: neraca dan pH meter | Bedah Prediksi 08 no. 19; Latihan 5.2 no. 1; Kuis Bab 5 no. 1; Kuis Bab 5 no. 4; Kuis Bab 5 no. 8; Kuis Bab 5 no. 10; Simulasi 2 no. 6; Simulasi 2 no. 23 |
| 5.3 · Prosedur analisis titrimetri konvensional | Bedah Prediksi 07 no. 22; Latihan 5.3 no. 1; Latihan 5.3 no. 2; Kuis Bab 5 no. 2; Kuis Bab 5 no. 5; Kuis Bab 5 no. 14; Kuis Bab 5 no. 17; Kuis Bab 5 no. 18; Kuis Bab 5 no. 19; Kuis Bab 5 no. 21; Simulasi 1 no. 23; Simulasi 1 no. 24; Simulasi 2 no. 8; Simulasi 2 no. 11; Simulasi 3 no. 11 |
| 5.4 · Prosedur analisis gravimetri konvensional | Bedah Prediksi 08 no. 17; Latihan 5.4 no. 1; Kuis Bab 5 no. 12; Kuis Bab 5 no. 16; Kuis Bab 5 no. 22; Simulasi 3 no. 25 |
| 5.5 · Analisis data hasil uji untuk memastikan validitas | Bedah Prediksi 08 no. 22; Latihan 5.5 no. 1; Latihan 5.5 no. 2; Latihan 5.5 no. 3; Kuis Bab 5 no. 11; Kuis Bab 5 no. 13; Kuis Bab 5 no. 15; Kuis Bab 5 no. 20; Kuis Bab 5 no. 23; Kuis Bab 5 no. 24; Kuis Bab 5 no. 25; Simulasi 1 no. 19; Simulasi 3 no. 15; Simulasi 3 no. 19 |



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

NEXT LEVEL STUDY INDONESIA

*Era Baru Pendidikan*

# TKA SMK Teknik Kimia Industri

*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 Teknik Kimia Industri: 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-smktki

GRATIS · TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

SMKTKI · Edisi 1 · Gratis untuk pelajar Indonesia · 2026/2027