



Chemipedia

LKPD • EDISI GURU

Chemipedia

Kimia Itu Asyik!

39 lembar kerja inkuiri: satu untuk setiap bab, dengan bahan sederhana dan versi virtual, lengkap dengan kunci, contoh data, dan rubrik penilaian.



dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD

Editor: Abdullah Hanif Hidayat

Didukung oleh Aurumgen Academy

Edisi 1 • 2026 • Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia

Tentang LKPD edisi guru

Setiap LKPD mengikuti alur Pembelajaran Mendalam: memahami masalah, mengeksplorasi, mengumpulkan dan menganalisis data, menemukan pola, menyimpulkan, lalu merefleksi. Kegiatan dirancang untuk kelompok 3–4 orang dengan bahan murah yang mudah dicari. Bila bahan tidak tersedia, gunakan versi virtual (Grafik Hidup atau Lab Mini) di aurumgen.my.id/chemipedia.

Edisi guru memuat kunci analisis, contoh data hasil percobaan, rubrik penilaian 4 tingkat, dan catatan pelaksanaan.

Chemipedia • Kimia Itu Asyik! Edisi 1 (2026).

Penulis: **dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD**

Editor: **Abdullah Hanif Hidayat**

Didukung oleh Aurumgen Academy.

© 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dokumen ini boleh dicetak dan diperbanyak untuk keperluan pembelajaran nonkomersial dengan tetap mencantumkan sumber.

Semua soal dan LKPD adalah karya asli. Label "gaya IGCSE", "gaya IB", dan "gaya olimpiade" menunjukkan tingkat dan format, bukan salinan soal resmi. Disusun selaras dengan Capaian Pembelajaran 2025 (Keputusan Kepala BSKAP No. 046/H/KR/2025) dan pendekatan Pembelajaran Mendalam.

Versi interaktif dengan komik bergerak, Rumus Hidup, Grafik Hidup, Lab Mini, Adu Cepat, dan latihan berskor: aurumgen.my.id/chemipedia

Daftar isi

BAGIAN A • DUNIA KIMIA

1	Kimia Ada di Mana-mana	5
2	Materi, Wujud & Perubahannya	9
3	Campuran & Teknik Pemisahan	15
4	Pengukuran dalam Kimia	20

BAGIAN B • ATOM & TABEL PERIODIK

5	Perjalanan Model Atom	24
6	Partikel Atom, Isotop & Massa Atom	29
7	Konfigurasi Elektron & Bilangan Kuantum	33
8	Tabel Periodik & Sifat Keperiodikan	39
9	Kimia Unsur di Nusantara	45

BAGIAN C • IKATAN & WUJUD ZAT

10	Ikatan Ion	50
11	Ikatan Kovalen & Struktur Lewis	55
12	Bentuk Molekul: VSEPR & Hibridisasi	59
13	Gaya Antarmolekul & Ikatan Logam	64
14	Wujud Gas & Hukum-Hukum Gas	68

BAGIAN D • STOIKIOMETRI

15	Bahasa Kimia: Rumus & Tata Nama	72
16	Persamaan Reaksi & Hukum Dasar Kimia	77
17	Konsep Mol	81
18	Stoikiometri Reaksi	85

BAGIAN E • ENERGI, LAJU & KESETIMBANGAN

19	Termokimia	90
----	------------------	----

20	Entropi & Energi Bebas Gibbs	94
21	Laju Reaksi	98
22	Keseimbangan Kimia	103

BAGIAN F • LARUTAN & ASAM-BASA

23	Larutan & Konsentrasi	109
24	Sifat Koligatif Larutan	113
25	Sistem Koloid	118
26	Asam & Basa	123
27	Titrasi, Penyangga & Hidrolisis	129
28	Kelarutan & Hasil Kali Kelarutan	134

BAGIAN G • REDOKS & ELEKTROKIMIA

29	Reaksi Redoks	139
30	Sel Volta & Baterai	144
31	Elektrolisis & Korosi	149

BAGIAN H • KIMIA KARBON & KEHIDUPAN

32	Hidrokarbon & Minyak Bumi	154
33	Gugus Fungsi	159
34	Reaksi & Mekanisme Organik	164
35	Polimer & Material	169
36	Biokimia: Molekul Kehidupan	175

BAGIAN I • INTI, LINGKUNGAN & ANALISIS

37	Kimia Inti & Radioaktivitas	181
38	Kimia Lingkungan & Kimia Hijau	186
39	Detektif Molekul: Analisis & Spektroskopi	191

Detektif Gula: Siapa yang Paling Cepat Larut?

Bab 1 · Kimia Ada di Mana-mana

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMP kelas VII–IX atau SMA kelas X

2 × 40 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merumuskan pertanyaan penyelidikan dan hipotesis tentang faktor yang memengaruhi kecepatan gula larut.
- Peserta didik dapat mengidentifikasi variabel bebas, terikat, dan kontrol, lalu merancang percobaan yang adil.
- Peserta didik dapat mengumpulkan data berulang, menghitung rata-rata, dan menyajikannya dalam grafik.
- Peserta didik dapat menjelaskan hasil percobaan dengan gerak partikel air dan luas permukaan butir gula.

Cerita pemantik



Siang itu panas sekali. Laras membeli es teh manis di kantin, tetapi tegukan pertamanya hambar, sedangkan tegukan terakhirnya kemanisan. "Gulanya mengendap semua di dasar!" keluhnya. Bima menimpali, "Kalau teh panas di rumahku, gulanya langsung hilang." Kak Tirta tersenyum, "Nah, itu petunjuk untuk detektif. Faktor apa saja yang membuat gula cepat larut? Jangan menebak saja, ayo kita buktikan dengan percobaan yang adil!"

? Rumusan masalah

Faktor apa saja yang memengaruhi kecepatan gula larut dalam air, dan bagaimana merancang percobaan yang adil untuk mengujinya?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Bagian A: suhu air (± 10 °C, suhu kamar, ± 50 °C). Bagian B: ukuran butir gula (halus, pasir, batu)	Waktu sampai gula larut sempurna (detik)	Volume air 100 mL, massa gula 1 sendok teh peres (± 4 –5 g), ukuran gelas, cara mengaduk (1 putaran per detik), dan cara menentukan 'larut sempurna'

Alat dan bahan

- Gelas plastik bening 200 mL yang sama ukurannya, 6 buah
- Gula pasir ± 40 g, gula halus (tepung gula) ± 10 g, dan 2 bongkah kecil gula batu (± 5 g)
- Air dingin dari kulkas (± 10 °C), air suhu kamar, dan air hangat ± 50 °C dari termos
- Gelas takar atau gelas ukur 100 mL
- Termometer dapur
- Sendok teh dan sendok pengaduk, masing-masing 3 buah
- Stopwatch HP
- Timbangan dapur digital (bila ada) dan kain lap

Keselamatan

Air hangat cukup $\pm 50^{\circ}\text{C}$ (bukan air mendidih) dan dituang oleh guru atau orang dewasa; pegang gelas dari bagian bawah. Letakkan gelas di meja datar yang stabil, jauh dari tepi meja. Lap tumpahan segera agar lantai tidak licin dan tidak mengundang semut. Jangan mencicipi larutan selama praktikum karena alat dipakai bersama. Larutan gula dapat dibuang ke wastafel dengan air mengalir; cuci dan keringkan semua gelas.

Langkah kerja

1. Tuliskan prediksi (hipotesis) kelompokmu untuk bagian A dan B, lengkap dengan alasannya.
2. Bagian A: siapkan 3 gelas berisi masing-masing 100 mL air dingin, air suhu kamar, dan air hangat. Ukur dan catat suhunya.
3. Masukkan 1 sendok teh peres gula pasir ke gelas pertama, mulai stopwatch, dan aduk 1 putaran per detik. Hentikan stopwatch ketika tidak ada butir gula yang terlihat saat gelas dilihat dengan latar belakang gelap.
4. Ulangi untuk dua gelas lainnya. Lakukan ulangan kedua dengan air baru, lalu hitung rata-ratanya.
5. Bagian B: dengan air suhu kamar 100 mL, bandingkan gula halus dan gula batu kecil dengan massa yang sama seperti gula pasir. Pakai cara mengaduk yang sama. Data gula pasir suhu kamar dari bagian A dipakai sebagai pembanding.
6. Catat semua data di tabel, lalu buat grafik waktu larut terhadap suhu air untuk bagian A.
7. Bandingkan hasilmu dengan Lab Mini Detektif Variabel di subbab 1.3.

Tabel waktu larut gula

Perlakuan	Suhu air ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu ulangan 1 (s)	Waktu ulangan 2 (s)	Rata-rata (s)
A: air dingin (gula pasir)				
A: air suhu kamar (gula pasir)				
A: air hangat (gula pasir)				
B: gula halus (suhu kamar)				
B: gula batu kecil (suhu kamar)				

Grafik

Buat grafik garis waktu larut rata-rata (sumbu tegak, detik) terhadap suhu air (sumbu datar, $^{\circ}\text{C}$) untuk bagian A. Untuk bagian B, buat diagram batang yang membandingkan gula halus, gula pasir, dan gula batu.

Analisis

1. Pada bagian A, apa variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrolnya?

Kunci: Bebas: suhu air. Terikat: waktu sampai gula larut sempurna. Kontrol: volume air, massa dan jenis gula, ukuran gelas, cara mengaduk, cara menentukan larut sempurna.

2. Bagaimana hubungan suhu air dengan waktu larut gula? Gunakan data dan grafismu.

Kunci: Makin tinggi suhu air, makin singkat waktu larut (contoh data: ± 86 s pada 10°C , ± 49 s pada 28°C , ± 30 s pada 50°C). Grafiknya menurun, tetapi tidak berupa garis lurus.

3. Jelaskan dengan gerak partikel air mengapa gula lebih cepat larut di air hangat.

Kunci: Pada suhu tinggi, molekul air bergerak lebih cepat dan berenergi lebih besar. Molekul air lebih sering dan lebih kuat menumbuk permukaan kristal, sehingga molekul gula lebih cepat terlepas dan menyebar ke seluruh air.

4. Mengapa gula halus lebih cepat larut daripada gula batu, padahal massanya sama?

Kunci: Massa sama yang dipecah menjadi butir kecil memiliki luas permukaan total yang jauh lebih besar. Lebih banyak molekul gula bersentuhan langsung dengan air pada saat yang sama, sehingga gula larut lebih cepat.

5. Mengapa setiap perlakuan diulang dan dihitung rata-ratanya?

Kunci: Setiap pengukuran mengandung galat acak (misalnya waktu reaksi menekan stopwatch atau menilai butir terakhir). Ulangan membantu mengenali data anomali, dan rata-rata membuat hasil lebih dapat dipercaya.

6. Bima membandingkan gula halus dalam air hangat dengan gula batu dalam air dingin, lalu menyimpulkan: "Ukuran butir sangat berpengaruh." Apakah kesimpulannya sah? Jelaskan.

Kunci: Tidak sah. Dua variabel berubah sekaligus (ukuran butir dan suhu air), sehingga tidak dapat diketahui mana penyebab perbedaan waktunya. Suhu harus dibuat sama.

7. Penjual es teh ingin gulanya cepat larut tanpa membuat minumannya hangat. Sarankan caranya berdasarkan hasil percobaanmu.

Kunci: Larutkan gula dulu dalam sedikit air panas sampai menjadi sirup (cepat larut dan kelarutan gula tinggi pada suhu panas), lalu campurkan dengan teh dan es. Atau gunakan gula halus dan aduk dengan baik.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang pengaruh suhu air dan ukuran butir terhadap kecepatan gula larut. Sebutkan apakah hipotesismu didukung data, dan jelaskan alasannya dengan teori partikel.

💡 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam percobaan ini adalah ...
- Sekarang aku paham bahwa percobaan disebut adil jika ...
- Aku ingin menyelidiki faktor lain, yaitu ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Detektif Variabel: uji gula yang adil** di subbab 1.3. Selesaikan ketiga misi (suhu, ukuran butir, pengadukan) dan perhatikan lensa partikelnya. Coba juga tombol 🎲 Rancangan acak lalu perbaiki rancangannya sampai pemeriksa menyatakan adil. Bandingkan dengan Grafik Hidup **Kurva kelarutan** untuk membedakan cepat larut dan banyak larut.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b1-3

Contoh data satu kelompok

Perlakuan	Suhu air (°C)	Waktu ulangan 1 (s)	Waktu ulangan 2 (s)	Rata-rata (s)
A: air dingin (gula pasir)	10	88	84	86
A: air suhu kamar (gula pasir)	28	47	51	49
A: air hangat (gula pasir)	50	31	28	29,5
B: gula halus (suhu kamar)	28	12	14	13
B: gula batu kecil (suhu kamar)	28	305	330	317,5

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Merancang percobaan yang adil	Variabel bebas, terikat, dan kontrol tepat; hanya satu variabel diubah di setiap bagian	Variabel benar, tetapi satu variabel kontrol terlewat	Variabel tertukar atau lebih dari satu variabel berubah	Tidak dapat menentukan variabel
Pengumpulan dan penyajian data	Data lengkap dengan ulangan, rata-rata benar, grafik berjudul dan sumbu berlabel	Data lengkap, grafik kurang satu unsur	Data tidak lengkap atau rata-rata keliru	Data dan grafik tidak ada
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan pengaruh suhu dan ukuran butir dengan gerak partikel dan luas permukaan secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Keselamatan dan kerja sama	Semua anggota berperan, air hangat ditangani aman, meja bersih	Sebagian besar anggota berperan, aman	Kerja didominasi satu orang atau ada tumpahan dibiarkan	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Bila waktu terbatas, bagi kelas: separuh kelompok mengerjakan bagian A, separuh bagian B, lalu saling berbagi data. Gula batu dapat diganti gula pasir yang dipadatkan atau gula aren yang diserut kasar (catat bahwa jenis gula ikut berubah). Untuk diferensiasi, siswa yang cepat dapat menyelidiki pengadukan atau menghitung laju $1/t$ dan memplotnya terhadap suhu. Tekankan perbedaan antara cepat larut (laju) dan banyak larut (kelarutan) dengan Grafik Hidup kurva kelarutan.

Berburu Titik Beku: Kurva Pendinginan Air dan Air Garam

Bab 2 · Materi, Wujud & Perubahannya

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMP kelas VII–VIII dan SMA kelas X

2 × 40 menit

Model: POE (Predict–Observe–Explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat mengukur dan mencatat suhu zat yang didinginkan secara berkala.
- Peserta didik dapat menyusun kurva pendinginan dan menentukan titik beku air dari bagian datarnya.
- Peserta didik dapat membandingkan kurva pendinginan zat murni (air) dengan campuran (air garam).
- Peserta didik dapat menjelaskan bagian datar kurva dengan teori partikel dan kalor laten.

Cerita pemantik



Pedagang es puter keliling di kampung Laras selalu menaburkan garam kasar ke dalam ember es yang mengelilingi tabung adonannya. "Kenapa harus pakai garam, Pak?" tanya Bima. "Supaya esnya lebih dingin, Dik," jawab pedagang itu. Laras penasaran: kalau es dan garam bisa membuat suhu turun jauh di bawah 0°C , apakah air garam juga membeku pada 0°C seperti air biasa? Kak Tirta tersenyum, "Ayo kita buktikan dengan kurva pendinginan. Termometer tidak pernah berbohong!"

Rumusan masalah

Pada suhu berapa air dan air garam mulai membeku? Apakah suhu keduanya tetap selama membeku?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis sampel (air minum atau air garam)	Suhu sampel setiap 2 menit dan suhu saat es mulai terbentuk (titik beku)	Volume sampel (15 mL), jenis dan ukuran tabung, campuran pendingin yang sama, selang waktu pencatatan 2 menit

Alat dan bahan

- Termometer dapur digital berujung tusuk (rentang minimal -20 sampai 100°C), 2 buah atau 1 buah dipakai bergantian
- 2 tabung reaksi atau botol kaca kecil bening (± 20 mL), diberi label A dan B
- 15 mL air minum kemasan (sampel A) dan 15 mL air garam (sampel B: 1 sendok teh garam ± 5 g dalam 150 mL air)
- Mangkuk plastik besar berisi ± 500 g es batu yang dihancurkan dan ± 150 g garam dapur kasar (campuran pendingin)
- Stopwatch HP, sendok, lap, sarung tangan kain, kertas berpetak, dan spidol

Keselamatan

Campuran es dan garam bisa mencapai -15 sampai -20 °C: jangan menggenggamnya dengan tangan kosong lebih dari beberapa detik, dan pakai sarung tangan kain atau lap saat memegang tabung. Bila memakai tabung kaca, letakkan dengan hati-hati dan jangan menekan termometer ke dasar tabung. Jangan mencicipi air garam maupun es karena alat dipakai bersama. Tumpahan air garam segera dilap agar lantai tidak licin. Sisa air garam dibuang ke wastafel sambil dialiri air; jangan disiramkan ke tanaman karena garam merusak tanaman.

Langkah kerja

1. Tulis prediksimu: pada suhu berapa air dan air garam akan membeku? Apakah suhunya terus turun selama membeku?
2. Siapkan campuran pendingin: masukkan es hancur ke mangkuk, taburkan garam berlapis-lapis, lalu aduk sebentar. Ukur suhunya (biasanya -15 sampai -20 °C).
3. Isi tabung A dengan 15 mL air minum dan tabung B dengan 15 mL air garam. Masukkan termometer ke tengah cairan; ujungnya tidak boleh menyentuh dinding atau dasar tabung.
4. Catat suhu awal kedua tabung (menit ke-0), lalu benamkan kedua tabung ke dalam campuran pendingin sampai permukaan cairan berada di bawah permukaan es.
5. Catat suhu setiap 2 menit selama 24 menit. Aduk cairan perlahan dengan ujung termometer setiap kali mencatat supaya suhunya merata. Tambahkan es dan garam bila campuran pendingin mulai mencair.
6. Amati dan catat menit ketika kristal es pertama kali terlihat di setiap tabung, dan kapan tabung A membeku seluruhnya.
7. Buat grafik suhu (sumbu tegak) terhadap waktu (sumbu datar) untuk kedua sampel pada kertas berpetak yang sama.

Suhu sampel selama pendinginan

Waktu (menit)	Suhu air minum, A (°C)	Suhu air garam, B (°C)	Pengamatan
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
22			
24			

Grafik

Gambar dua kurva (suhu terhadap waktu) dengan warna berbeda pada satu kertas berpetak. Tandai bagian yang datar atau landai dan tuliskan suhunya.

Analisis

1. Pada menit ke berapa kristal es mulai terbentuk di setiap tabung, dan berapa suhunya saat itu?

Kunci: Contoh data: air minum mulai berkristal sekitar menit ke-3,5 pada $\pm 0^\circ\text{C}$ (setelah sempat turun ke $-0,8^\circ\text{C}$); air garam sekitar menit ke-4 pada $\pm -2^\circ\text{C}$. Jawaban bergantung pada data kelompok.

2. Bagian mana pada kurva air minum yang datar? Pada suhu berapa? Apa nama suhu itu?

Kunci: Bagian datar dari sekitar menit ke-4 sampai menit ke-18 pada 0°C . Suhu itu adalah titik beku air, sama dengan titik lelehnya.

3. Mengapa suhu air tidak turun selama air membeku, padahal tabung terus berada di dalam campuran pendingin yang jauh lebih dingin? Jelaskan dengan teori partikel.

Kunci: Saat membeku, molekul air menyusun diri menjadi kisi es dan membentuk tarikan antarmolekul yang baru, sehingga melepas kalor laten (kalor beku). Kalor yang dilepas ini mengimbangi kalor yang diambil campuran pendingin, sehingga suhu tetap sampai semua air membeku. Setelah semuanya padat, suhunya turun lagi dengan cepat.

4. Bandingkan kurva air garam dengan kurva air minum. Apa dua perbedaan utamanya?

Kunci: (1) Air garam mulai membeku pada suhu lebih rendah ($\pm -2\text{ }^{\circ}\text{C}$) daripada air ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$). (2) Air garam tidak menunjukkan bagian datar yang tajam; suhunya terus turun perlahan selama membeku karena sisa air garam yang belum membeku makin pekat.

5. Air minum kemasan sebenarnya mengandung sedikit mineral. Mengapa hasilnya tetap mendekati $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? Bila kurvamu sempat turun sedikit di bawah $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ lalu naik lagi ke $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, apa yang terjadi?

Kunci: Kadar mineralnya sangat kecil sehingga penurunan titik bekunya hanya sepersekian derajat dan tidak terbaca oleh termometer dapur. Bila suhu sempat turun di bawah $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ lalu melonjak kembali ke $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, terjadi pendinginan lanjut (supercooling): air masih cair di bawah titik bekunya, lalu begitu kristal pertama terbentuk, kalor beku yang dilepas menaikkan suhu kembali ke $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6. Jelaskan mengapa pedagang es puter menaburkan garam ke es di sekeliling tabung adonannya.

Kunci: Garam larut dalam lapisan air di permukaan es dan menurunkan titik beku, sehingga es terus mencair sambil menyerap kalor dari sekelilingnya, termasuk dari adonan. Campuran es dan garam dapat mencapai jauh di bawah $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, cukup dingin untuk membekukan adonan es puter yang mengandung gula dan santan.

7. Kurva pendinginan dapat dipakai untuk menguji kemurnian zat. Jelaskan caranya berdasarkan hasil percobaanmu.

Kunci: Zat murni membeku (dan meleleh) pada satu suhu tetap dengan bagian datar yang tajam. Zat yang mengandung pengotor membeku pada suhu lebih rendah dan dalam suatu rentang suhu (kurvanya landai). Jadi, bandingkan titik beku dan bentuk bagian datarnya dengan data zat murni.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang titik beku air, bentuk kurva pendinginan zat murni dibandingkan campuran, dan alasan suhu tetap selama zat murni membeku.

💬 Refleksi

- Bagian percobaan yang paling membuatku penasaran adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan mengapa suhu tetap saat zat membeku, yaitu ...
- Aku ingin mencoba kurva pendinginan untuk zat lain, misalnya ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan **Grafik Hidup** "Kurva pemanasan 100 g es" di subbab 2.2: tekan ► dan amati dua dataran. Kurva pendinginan adalah kebalikannya (dibaca dari kanan ke kiri). Lalu buka Lab Mini **Kotak Partikel** di subbab 2.1: pilih air, turunkan suhu dari $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ke $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, nyalakan "Tampilkan gaya tarik", dan amati partikel yang menyusun diri menjadi kisi saat membeku. Untuk diskusi zat murni dan campuran, mainkan juga **Pemilah Materi** di subbab 2.4.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b2-2

 Contoh data satu kelompok (campuran pendingin $\pm -18\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Waktu (menit)	Suhu air minum, A ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu air garam, B ($^{\circ}\text{C}$)	Pengamatan
0	25,0	25,0	keduanya cair
2	6,6	6,8	keduanya cair
4	0,0	-2,1	A: kristal muncul $\pm$ menit ke-3,5 (sempat $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$); B: kristal pertama
6	0,0	-2,4	es bertambah di A dan B
8	0,0	-2,8	B: suhu turun perlahan
10	0,0	-3,3	A: setengah membeku
12	0,0	-3,9	A: masih ada air
14	0,0	-4,8	B: seperti bubur es
16	0,0	-6,0	A: hampir semua beku
18	-0,3	-7,6	A: membeku seluruhnya
20	-7,7	-9,8	A: suhu turun cepat
22	-14,6	-12,5	B: masih ada sedikit cairan
24	-16,9	-14,8	A mendekati suhu campuran pendingin

 Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Pengukuran dan pencatatan data	Semua suhu tercatat tepat waktu, termometer dipasang benar, pengamatan kristal lengkap	Satu atau dua data terlambat atau kurang lengkap	Banyak data hilang atau termometer menyentuh dinding tabung	Data tidak dapat dipakai
Grafik	Dua kurva rapi, sumbu berlabel dan bersatuan, bagian datar ditandai	Grafik benar tetapi label atau satuan kurang lengkap	Skala tidak tepat atau titik salah plot	Grafik tidak dibuat
Analisis dan penjelasan partikel	Menjelaskan bagian datar dengan kalor laten dan perbedaan zat murni-campuran secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Keselamatan dan kerja sama	Memakai pelindung tangan, area kerja kering, semua anggota berperan	Aman tetapi pembagian tugas kurang merata	Kurang hati-hati atau kerja didominasi satu orang	Mengabaikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor $\div$ 16) $\times$ 100.

Catatan guru

Bila waktu terbatas, kelompok berbeda dapat mengukur sampel berbeda lalu berbagi data, atau memakai air yang sudah didinginkan di lemari es ($\pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Supercooling sering muncul pada air yang sangat bersih: ketuk tabung atau jatuhkan sebutir kristal es kecil untuk memicu pembekuan, lalu diskusikan lonjakan suhunya. Alternatif yang sesuai silabus: lelehkan serutan lilin parafin di dalam toples kecil yang direndam air panas (jangan di atas api langsung), lalu ukur kurva pendinginannya dari $\pm 80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Parafin adalah campuran alkana, sehingga bagian datarnya landai di sekitar $50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$, cocok untuk diskusi zat murni dan campuran. Diferensiasi: siswa yang cepat dapat menghitung kalor yang dilepas 15 g air saat membeku ($15 \times 334 = 5.010\text{ J}$).

Detektif Pewarna Jajanan: Kromatografi Kertas dan Nilai Rf

Bab 3 · Campuran & Teknik Pemisahan

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMP kelas VII–IX dan SMA kelas X

2 × 40 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat melakukan kromatografi kertas untuk memisahkan komponen pewarna makanan.
- Peserta didik dapat mengukur jarak noda dan pelarut, lalu menghitung nilai Rf.
- Peserta didik dapat membedakan pewarna murni dan pewarna campuran berdasarkan jumlah noda.
- Peserta didik dapat mengidentifikasi pewarna dalam sampel dengan membandingkan Rf dan warnanya dengan pewarna standar.

Cerita pemantik



Laras membeli kerupuk berwarna merah muda yang sangat mencolok di dekat sekolah. Bima langsung berkomentar, "Warnanya cantik, pasti enak!" Laras mengernyit: "Aku pernah baca berita BPOM menemukan pewarna tekstil di kerupuk. Bagaimana cara tahu pewarna apa yang dipakai?" Kak Tirta mengeluarkan kertas saring kopi dan segelas air garam. "Hari ini kita jadi detektif pewarna. Setiap pewarna punya 'sidik jari' bernama Rf. Kita latihan dulu dengan pewarna makanan yang aman." Kimo menambahkan, "Dan ingat: detektif tidak pernah mencicipi barang bukti!"

? Rumusan masalah

Apakah pewarna makanan merupakan zat murni atau campuran, dan bagaimana nilai Rf dapat dipakai untuk mengenali pewarna dalam permen dan minuman berwarna?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis pewarna atau sampel yang ditotolkan	Jumlah noda, jarak noda, dan nilai Rf	Jenis kertas, jenis dan tinggi pelarut, jarak garis start, ukuran totolan, suhu ruang, dan lama pengembangan

Alat dan bahan

- Kertas saring kopi atau kertas saring laboratorium, dipotong 10 cm × 12 cm (2 lembar per kelompok)
- Pewarna makanan cair merah, kuning, biru, dan hijau (masing-masing beberapa tetes di tutup botol bersih)
- Sampel: 2–3 butir permen coklat berlapis warna-warni dan 1 sendok minuman serbuk berwarna yang dilarutkan dalam sedikit air
- Larutan garam 1%: 1 g garam dapur dalam 100 mL air
- Gelas plastik bening tinggi atau toples kaca kecil (1 buah) dan plastik penutup
- Pensil, penggaris berskala milimeter, tusuk gigi atau lidi untuk menotol (1 per pewarna)
- Penjepit kertas atau sedotan untuk menggantung kertas, tisu, stopwatch HP

Keselamatan

Semua bahan adalah bahan pangan, tetapi jangan mencicipi apa pun selama praktikum karena alat dipakai bersama. Pewarna makanan dapat menodai pakaian dan kulit; pakai celemek atau kaus lama dan bersihkan tumpahan segera. Jangan memakai sampel jajanan yang dicurigai mengandung pewarna terlarang (misalnya Rhodamin B); pengujian semacam itu dilakukan di laboratorium resmi dengan sarung tangan. Bila memakai alkohol sebagai pelarut tambahan, jauhkan dari api dan lakukan di ruangan berventilasi. Buang sisa larutan ke wastafel dengan banyak air, buang kertas ke tempat sampah, dan cuci tangan setelah selesai.

Langkah kerja

1. Tulis prediksimu: pewarna mana yang menurutmu murni dan mana yang campuran? Pewarna mana yang akan bergerak paling jauh?
2. Tarik garis start dengan pensil 1,5 cm dari tepi bawah kertas. Beri tanda titik setiap 1,5 cm di sepanjang garis dan tulis kodenya dengan pensil di bawah garis (M, K, B, H, P, D).
3. Siapkan sampel: celupkan permen ke 3 tetes air di tutup botol sampai lapisan warnanya larut; larutkan sedikit minuman serbuk dalam air.
4. Dengan tusuk gigi yang berbeda, totolkan setiap pewarna dan sampel di titiknya. Buat noda kecil (diameter ± 3 mm); biarkan kering lalu ulangi 2–3 kali agar pekat.
5. Tuang larutan garam 1% ke gelas setinggi ± 1 cm (harus di bawah garis start). Gulung kertas menjadi silinder (tepinya tidak saling menempel) atau gantung dengan penjepit, lalu masukkan ke gelas tanpa menyentuh dinding.
6. Tutup gelas dengan plastik dan jangan digoyang. Amati selama 10–15 menit.
7. Angkat kertas ketika pelarut ± 1 cm dari tepi atas. Segera tandai garis depan pelarut dengan pensil, lalu keringkan.
8. Ukur jarak dari garis start ke titik tengah setiap noda dan ke garis depan pelarut. Hitung R_f dan isi tabel.

Tabel pengamatan kromatografi pewarna

Pewarna / sampel	Warna noda yang muncul	Jarak noda (cm)	Jarak pelarut (cm)	R_f	Cocok dengan standar
Pewarna merah (M)					
Pewarna kuning (K)					
Pewarna biru (B)					
Pewarna hijau (H)					
Permen oranye (P)					
Minuman merah (D)					

Grafik

Gambar sketsa kromatogram kelompokmu (berwarna) dan buat diagram batang nilai R_f setiap noda.

Analisis

1. Mengapa garis start harus ditarik dengan pensil, dan mengapa permukaan larutan garam harus berada di bawah garis start?

Kunci: Grafit pensil tidak larut dalam pelarut sehingga tidak ikut bergerak, sedangkan tinta pulpen akan larut dan menghasilkan noda tambahan. Bila permukaan pelarut di atas garis start, noda larut ke dalam pelarut di gelas dan tidak naik ke kertas.

2. Pewarna mana yang merupakan zat murni dan mana yang campuran? Apa buktinya?

Kunci: Pewarna yang memberi satu noda (misalnya merah, kuning, biru) dianggap zat murni. Pewarna hijau memberi dua noda (kuning dan biru), jadi merupakan campuran. Satu noda di satu pelarut belum membuktikan kemurnian mutlak; uji dengan pelarut kedua untuk lebih yakin.

3. Noda mana yang memiliki R_f terbesar? Jelaskan pada tingkat partikel mengapa noda itu bergerak paling jauh.

Kunci: Pada contoh data, noda biru ($R_f \pm 0,91$) bergerak paling jauh. Molekul pewarna biru paling mudah larut dalam air garam (fase gerak) dan paling lemah tertarik pada serat selulosa (fase diam), sehingga lebih sering terbawa pelarut.

4. Pewarna apa saja yang terdapat dalam permen oranye dan minuman merah? Jelaskan cara kamu menyimpulkannya.

Kunci: Permen oranye memberi noda kuning ($R_f \pm 0,80$) dan merah ($R_f \pm 0,53$) yang warnanya dan R_f -nya cocok dengan standar kuning dan merah. Minuman merah memberi satu noda merah ($R_f \pm 0,51$) yang cocok dengan standar merah. Kesimpulan diambil dari kecocokan warna dan R_f pada kertas dan pelarut yang sama.

5. R_f permen dalam data kelompokmu 0,53, sedangkan R_f standar merah 0,51. Apakah keduanya zat yang sama? Sebutkan sumber galat yang mungkin.

Kunci: Kemungkinan besar sama, karena selisih 0,02 masih dalam batas ketidakpastian pengukuran. Sumber galat: menentukan titik tengah noda yang melebar, penggaris berskala 1 mm ($\pm 0,05$ cm), garis depan pelarut yang tidak rata, ukuran totolan berbeda, atau pelarut menguap. Konfirmasi dengan menjalankan sampel dan standar berdampingan atau memakai pelarut kedua.

6. Mengapa wadah harus ditutup dan kertas diangkat sebelum pelarut mencapai tepi atas?

Kunci: Tutup membuat udara di dalam wadah jenuh uap pelarut, sehingga pelarut tidak menguap dari kertas dan garis depan naik rata. Kertas diangkat sebelum mencapai tepi atas agar jarak tempuh pelarut dapat diukur; bila pelarut sudah mencapai ujung, jaraknya tidak diketahui dan noda terus menyebar.

7. Bagaimana petugas BPOM dapat memakai prinsip yang sama untuk mendeteksi Rhodamin B pada kerupuk atau saus?

Kunci: Sampel jajanan diekstraksi, lalu ditotolkan berdampingan dengan standar Rhodamin B pada KLT atau kertas. Bila muncul noda dengan warna (merah muda berpendar) dan R_f yang sama dengan standar pada beberapa pelarut, sampel diduga kuat mengandung Rhodamin B dan dikonfirmasi dengan metode lain.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang (1) pewarna yang murni dan yang merupakan campuran, (2) arti nilai Rf, dan (3) cara memakai Rf untuk mengenali pewarna dalam sampel, berdasarkan data kelompokmu.

💡 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam praktikum ini adalah ...
- Sekarang, saat melihat jajanan berwarna mencolok, aku akan ...
- Bagian yang masih membuatku penasaran adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Detektif Pewarna: Kromatografi Kertas** di subbab 3.5: pilih setiap sampel, jalankan dengan pelarut air garam 1% dan alkohol 50%, ketuk setiap noda untuk mengukur Rf, lalu cocokkan dengan lajur standar. Coba juga kesalahan "pulpen" dan "pelarut terlalu tinggi". Hitung ulang Rf dengan Rumus Hidup **Nilai Rf** dan latih kecepatanmu di Adu Cepat **Hitung Rf secepat kilat**.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b3-5

📊 Contoh data satu kelompok (pelarut air garam 1%)

Pewarna / sampel	Warna noda yang muncul	Jarak noda (cm)	Jarak pelarut (cm)	Rf	Cocok dengan standar
Pewarna merah (M)	<i>merah</i>	<i>4,1</i>	<i>8,0</i>	<i>0,51</i>	<i>standar merah</i>
Pewarna kuning (K)	<i>kuning</i>	<i>6,4</i>	<i>8,0</i>	<i>0,80</i>	<i>standar kuning</i>
Pewarna biru (B)	<i>biru</i>	<i>7,3</i>	<i>8,0</i>	<i>0,91</i>	<i>standar biru</i>
Pewarna hijau (H)	<i>kuning + biru</i>	<i>6,4 dan 7,2</i>	<i>8,0</i>	<i>0,80 dan 0,90</i>	<i>kuning + biru</i>
Permen oranye (P)	<i>kuning + merah</i>	<i>6,3 dan 4,2</i>	<i>7,9</i>	<i>0,80 dan 0,53</i>	<i>kuning + merah</i>
Minuman merah (D)	<i>merah</i>	<i>4,0</i>	<i>7,9</i>	<i>0,51</i>	<i>merah</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Keterampilan praktikum	Garis start pensil, totalan kecil dan pekat, pelarut di bawah garis, wadah tertutup, garis depan segera ditandai	Satu langkah kurang cermat	Dua atau tiga langkah keliru sehingga noda kurang jelas	Kromatogram gagal (noda larut ke pelarut atau tidak terbaca)
Pengukuran dan perhitungan Rf	Semua jarak diukur ke titik tengah noda dengan ketelitian 0,1 cm dan Rf benar dua desimal	Satu atau dua kesalahan kecil	Beberapa Rf keliru atau tanpa langkah	Rf tidak dihitung atau sebagian besar salah
Analisis dan penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan pemisahan dengan fase diam dan fase gerak secara tepat serta mengidentifikasi komponen sampel dengan bukti	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, tidak ada yang mencicipi bahan, area kerja bersih	Sebagian besar anggota berperan, area cukup bersih	Kerja didominasi satu orang atau area kotor	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Kertas saring kopi memberi hasil cukup baik dan murah; kertas saring laboratorium (misalnya bermutu kualitatif) memberi noda lebih tajam. Larutan garam 1% biasanya memisahkan pewarna makanan lebih baik daripada air biasa. Nilai Rf sangat bergantung pada kertas dan pelarut, jadi minta siswa selalu menjalankan standar pada kertas yang sama. Untuk diferensiasi: siswa SMP cukup menghitung Rf dan menyimpulkan murni/campuran; siswa SMA diminta mengulang dengan pelarut kedua (alkohol 50%) dan membahas ketidakpastian Rf sebagai jembatan ke Bab 4.

Detektif Massa Jenis: Mengukur Benda Tak Beraturan

Bab 4 · Pengukuran dalam Kimia

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (dapat disederhanakan untuk SMP kelas VII)

2 x 40 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict-observe-explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat menentukan volume benda tak beraturan dengan metode pemindahan air.
- Peserta didik dapat menghitung massa jenis dan menuliskannya dengan angka penting yang benar.
- Peserta didik dapat menghitung persentase ketidakpastian hasil dan menunjukkan sumber ketidakpastian terbesar.
- Peserta didik dapat menjelaskan peristiwa mengapung dan tenggelam dengan konsep massa jenis dan gagasan partikel.

Cerita pemantik



Bima menemukan sebutir batu mengilap di halaman sekolah dan yakin itu "batu emas". Laras menggeleng: "Buktikan dulu! Emas punya massa jenis $19,3 \text{ g/cm}^3$." Masalahnya, bentuk batu itu tidak beraturan, jadi volumenya tidak bisa dihitung dengan penggaris. Kak Tirta tersenyum dan mengambil gelas ukur: "Biarkan air yang mengukurnya. Archimedes sudah melakukannya lebih dari 2.000 tahun yang lalu." Kimo menambahkan, "Jangan lupa angka pentingnya, ya!"

? Rumusan masalah

Bagaimana menentukan massa jenis benda yang bentuknya tidak beraturan, dan seberapa besar ketidakpastian hasilnya? Mengapa benda yang volumenya kecil memberi ketidakpastian yang lebih besar?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis benda (kelereng, kerikil, mur baja, kentang)	Massa jenis benda dan persentase ketidakpastiannya	Gelas ukur yang sama, volume air awal $\pm 50 \text{ mL}$, suhu air, cara membaca meniskus (mata sejajar, dasar meniskus)

Alat dan bahan

- Gelas ukur 100 mL berskala 1 mL (kaca atau plastik), 1 buah; bila ada, gelas ukur 10 mL atau 25 mL untuk benda kecil
- Timbangan digital dengan ketelitian 0,1 g (timbangan dapur atau timbangan perhiasan)
- Air keran $\pm 500 \text{ mL}$ dan pipet tetes atau sedotan untuk menepatkan volume
- Benda uji: 10 kelereng kaca, ± 5 butir kerikil bersih, 5 mur baja, sepotong kentang tanpa kulit berbentuk batang ($\pm 1,5 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 11 \text{ cm}$)
- Benang tipis $\pm 20 \text{ cm}$, nampan, lap atau tisu
- Kalkulator dan lembar kerja

Keselamatan

Letakkan gelas ukur di atas nampan pada meja yang datar dan masukkan benda perlahan-lahan dengan bantuan benang, jangan dijatuhkan, karena gelas ukur kaca mudah pecah. Kelereng dan mur jangan dimasukkan ke mulut (bahaya tersedak), terutama bila ada adik kecil di dekatmu. Segera lap air yang tumpah agar lantai tidak licin. Kentang hanya untuk percobaan, jangan dimakan mentah. Cuci tangan setelah selesai; air bekas boleh dibuang ke wastafel.

Langkah kerja

1. Tulis dugaanmu: urutkan keempat benda dari massa jenis terkecil sampai terbesar. Adakah yang akan mengapung?
2. Nyalakan timbangan, letakkan wadah kosong, lalu tekan tara (nol). Timbang setiap kelompok benda sekaligus (10 kelereng, semua kerikil, 5 mur, potongan kentang) dan catat massanya dengan satu desimal.
3. Isi gelas ukur dengan air sampai ± 50 mL. Letakkan di meja datar, sejajarkan mata dengan dasar meniskus, dan catat volume awal sampai 0,5 mL terdekat (misalnya 50,0 mL).
4. Masukkan benda perlahan dengan bantuan benang sampai tenggelam seluruhnya. Ketuk dinding gelas pelan-pelan agar tidak ada gelembung udara yang menempel.
5. Baca volume akhir dengan cara yang sama. Hitung volume benda = volume akhir – volume awal.
6. Hitung massa jenis $\rho = m/V$ dan tuliskan dengan angka penting yang benar.
7. Hitung ketidakpastian: massa $\pm 0,1$ g; setiap bacaan volume $\pm 0,5$ mL sehingga volume benda $\pm 1,0$ mL. Persentase ketidakpastian $\rho = \% \text{ massa} + \% \text{ volume}$.
8. Ulangi pengukuran volume kerikil dua kali lagi untuk melihat ketelitian (presisi) hasilmu.

Data massa jenis benda tak beraturan

Benda	Massa m (g)	V air awal (mL)	V air akhir (mL)	V benda (mL)	ρ (g/mL)	Ketidakpastian ρ (%)
10 kelereng kaca						
Kerikil (± 5 butir)						
5 mur baja						
Potongan kentang						

Grafik

Buat grafik massa (sumbu tegak) terhadap volume (sumbu datar) untuk keempat benda. Tarik garis dari titik (0, 0) ke setiap titik data. Garis yang paling curam milik benda dengan massa jenis terbesar.

Analisis

1. Urutkan benda dari massa jenis terkecil sampai terbesar. Apakah sesuai dengan dugaanmu? Adakah yang mengapung?

Kunci: Kentang ($\pm 1,09$) < kelereng ($\pm 2,50$) < kerikil ($\pm 2,67$) < mur baja ($\pm 7,9$ g/mL). Tidak ada yang mengapung karena massa jenis semuanya lebih besar daripada air (1,00 g/mL).

2. Mengapa volume benda dapat diukur dari kenaikan permukaan air? Jelaskan dengan gagasan partikel.

Kunci: Partikel benda dan partikel air tidak dapat menempati ruang yang sama. Benda yang tenggelam seluruhnya mendesak air sebanyak volumenya, sehingga permukaan air naik setara volume benda (asalkan benda tidak menyerap air dan tidak ada gelembung udara).

3. Benda mana yang persentase ketidakpastiannya paling besar? Mengapa?

Kunci: Mur baja ($\pm 12,7\%$), karena volumenya kecil ($8,0 \text{ mL}$) sedangkan ketidakpastian volume tetap $\pm 1,0 \text{ mL}$, sehingga persentasenya besar.

4. Sarankan dua cara untuk mengurangi ketidakpastian pengukuran volume mur baja.

Kunci: Memakai gelas ukur yang lebih kecil dengan skala lebih halus (10 mL atau 25 mL); mengukur lebih banyak mur sekaligus; memakai wadah luapan lalu menimbang air yang meluap dengan timbangan $0,1 \text{ g}$; mengulang dan merata-ratakan.

5. Bandingkan massa jenis mur dengan nilai buku baja ($\pm 7,87 \text{ g/cm}^3$). Hitung galat relatifnya. Apakah perbedaan itu masih di dalam ketidakpastianmu?

Kunci: Galat relatif = $|7,9 - 7,87|/7,87 \times 100\% \approx 0,4\%$. Nilai ini jauh lebih kecil daripada ketidakpastian $\pm 12,7\%$ ($\pm 1,0 \text{ g/mL}$), jadi hasil kelompok sesuai dengan nilai buku.

6. Kentang tenggelam di air tawar, tetapi bisa mengapung di air garam pekat. Jelaskan dengan konsep massa jenis.

Kunci: Massa jenis kentang ($\pm 1,09 \text{ g/mL}$) lebih besar daripada air tawar ($1,00 \text{ g/mL}$), jadi tenggelam. Air garam pekat dapat mencapai $\pm 1,2 \text{ g/mL}$, lebih besar daripada kentang, sehingga kentang mengapung.

7. Batu Bima bermassa $13,0 \text{ g}$ dan menaikkan air dari $50,0 \text{ mL}$ menjadi $55,0 \text{ mL}$. Apakah batu itu emas? Sertakan ketidakpastiannya.

Kunci: $V = 55,0 - 50,0 = 5,0 \text{ mL}$; $\rho = 13,0/5,0 = 2,6 \text{ g/mL}$ (2 AP). Ketidakpastian $\pm 1,0/5,0 = 20\%$ ($\pm 0,5$), jadi $\rho = 2,6 \pm 0,5 \text{ g/mL}$. Nilai ini jauh dari $19,3 \text{ g/cm}^3$, jadi batu itu bukan emas; massa jenisnya cocok dengan batuan biasa seperti kuarsa atau granit ($\pm 2,6-2,7$).

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang cara menentukan massa jenis benda tak beraturan, besar ketidakpastian setiap hasil, dan faktor yang paling memengaruhi ketepatan dan ketelitian hasilmu.

💡 Refleksi

- Bagian pengukuran yang paling menantang bagiku adalah ...
- Sekarang aku sadar bahwa sebuah angka hasil pengukuran ...
- Cara ini bisa kupakai dalam kehidupan sehari-hari untuk ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Berlatih membaca gelas ukur tanpa galat paralaks dengan Lab Mini **Detektif Meniskus** dan membedakan ketelitian dan ketepatan dengan Lab Mini **Papan Panah** (keduanya di subbab 4.5). Lalu buka subbab 4.6: masukkan data kelompokmu ke Rumus Hidup **Massa jenis**, dan seret titik "sampel misterius" pada Grafik Hidup **Garis massa-volume** untuk melihat garis zat yang paling dekat dengan bendamu.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b4-6

Contoh data satu kelompok

Benda	Massa m (g)	V air awal (mL)	V air akhir (mL)	V benda (mL)	ρ (g/mL)	Ketidakpastian ρ (%)
10 kelereng kaca	52,4	50,0	71,0	21,0	2,50	$\pm 5,0$
Kerikil (± 5 butir)	38,7	50,0	64,5	14,5	2,67	$\pm 7,2$
5 mur baja	62,8	50,0	58,0	8,0	7,9	$\pm 12,7$
Potongan kentang	27,2	50,0	75,0	25,0	1,09	$\pm 4,4$

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Keterampilan mengukur	Memakai tara, membaca dasar meniskus dengan mata sejajar, mencatat sampai 0,5 mL	Pengukuran benar tetapi ada satu kelalaian kecil	Beberapa bacaan tidak sejajar atau lupa tara	Pengukuran tidak mengikuti prosedur
Perhitungan dan angka penting	Semua ρ benar dan ditulis dengan AP yang tepat	Perhitungan benar, satu kesalahan AP	Beberapa kesalahan hitung atau AP	Sebagian besar perhitungan keliru
Analisis ketidakpastian	Menghitung % ketidakpastian semua benda dan menjelaskan sumber terbesarnya	Menghitung ketidakpastian tetapi penjelasan kurang lengkap	Ketidakpastian dihitung sebagian	Tidak ada analisis ketidakpastian
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, area kerja aman dan bersih	Sebagian besar anggota berperan	Kerja didominasi satu orang atau ada tumpahan dibiarkan	Tidak bekerja sama, area kerja tidak aman

Nilai akhir = (jumlah skor $\div$ 16) $\times$ 100.

Catatan guru

Bila gelas ukur kaca terbatas, gelas ukur plastik 100 mL sudah memadai. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat mencoba metode luapan (wadah berceratan diisi penuh, air yang meluap ditampung dan ditimbang) lalu membandingkan ketidakpastiannya; kelompok yang butuh bantuan cukup mengerjakan dua benda. Diskusikan mengapa mur menghasilkan ketidakpastian terbesar walaupun massanya paling besar. Bila tersedia neraca 0,01 g, tunjukkan bahwa ketidakpastian massa hampir tidak berpengaruh dibanding ketidakpastian volume.

Spektroskop CD: Membaca Sidik Jari Cahaya

Bab 5 · Perjalanan Model Atom

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (juga bisa untuk SMP kelas IX)



2 × 45 menit

Model: POE (Predict–Observe–Explain) dipadukan inkuiri terbimbing

Nama

Kelas

Kelompok

Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merakit spektroskop sederhana dari CD bekas dan kotak kardus.
- Peserta didik dapat membedakan spektrum kontinu dan spektrum garis dari beberapa sumber cahaya.
- Peserta didik dapat menjelaskan asal spektrum garis dengan model atom Bohr (perpindahan elektron antartingkat energi).
- Peserta didik dapat menghitung energi foton dari panjang gelombang garis spektrum.

Cerita pemantik



Malam itu Bima pulang lewat jalan yang diterangi lampu jalan kuning-jingga. "Aneh, jaket merahku kok kelihatan cokelat gelap?" tanyanya. Laras membuka catatannya: "Mungkin cahaya lampu itu tidak punya warna merah sama sekali." Keesokan harinya Kak Tirta membawa setumpuk CD bekas. "Ayo kita buat alat pembaca sidik jari cahaya!" Kimo menambahkan, "Astronom di Observatorium Bosscha memakai cara serupa untuk mengetahui isi bintang, lho!"

Rumusan masalah

Apakah semua sumber cahaya yang tampak "putih" atau "kuning" memiliki spektrum yang sama? Bagaimana pola spektrum dapat dipakai untuk mengenali sumber cahaya dan unsur penyusunnya?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis sumber cahaya	Pola spektrum (kontinu atau garis), urutan warna, dan warna paling terang	Spektroskop yang sama, lebar celah, jarak spektroskop ke sumber cahaya (± 1 m), dan ruang yang diredupkan

Alat dan bahan

- 1 keping CD atau DVD bekas (dipotong guru/orang dewasa menjadi $\pm 3 \times 3$ cm)
- 1 kotak kardus kecil (bekas pasta gigi atau teh celup) per kelompok
- Gunting, selotip hitam, dan 2 potong kertas karton hitam $\pm 3 \times 5$ cm
- Sumber cahaya: senter LED HP, lampu neon hemat energi (CFL/TL) di kelas, layar HP yang menampilkan warna kuning penuh, lilin (opsional, diawasi guru)
- Pensil warna (merah, jingga, kuning, hijau, biru, ungu) dan penggaris
- HP berkamera untuk memotret spektrum (opsional)

Keselamatan

JANGAN PERNAH mengarahkan spektroskop atau mata langsung ke Matahari: cahayanya dapat merusak retina secara permanen. Untuk cahaya siang, arahkan spektroskop ke langit biru yang jauh dari Matahari atau ke kertas putih yang disinari. Pemotongan CD dilakukan guru dengan gunting; tutup tepi potongan yang tajam dengan selotip. Jangan membuka, mengetuk, atau memecahkan lampu neon/CFL karena berisi sedikit uap raksa; bila ada yang pecah, buka jendela, tinggalkan ruangan ± 15 menit, dan biarkan guru membersihkannya dengan sarung tangan dan karton (bukan disapu kering). Kabel dan stopkontak hanya ditangani guru. Lilin dinyalakan di atas piring tahan panas, jauh dari kertas dan rambut, dan dimatikan setelah dipakai.

Langkah kerja

1. Tulis prediksimu di tabel: apakah setiap sumber cahaya akan memberi spektrum kontinu (pelangi utuh) atau spektrum garis?
2. Di satu ujung kotak, buat jendela $\pm 2 \times 3$ cm, lalu tempelkan dua potong karton hitam sehingga tersisa celah tegak selebar ± 1 mm.
3. Di ujung seberang, tempelkan potongan CD di dalam kotak dengan sisi mengilap menghadap celah, dimiringkan $\pm 45^\circ$. Buat lubang intip ± 1 cm di sisi atas kotak tepat di atas CD.
4. Redupkan ruangan. Arahkan celah ke senter LED HP dari jarak ± 1 m, intip lewat lubang, dan putar kotak perlahan sampai pita warna paling jelas.
5. Gambar spektrum yang terlihat dengan pensil warna di atas skala 400–700 nm (merah di sisi 700, ungu di sisi 400). Tandai garis atau pita yang paling terang.
6. Ulangi untuk lampu neon/CFL, layar HP berwarna kuning penuh, langit biru siang hari (bukan Matahari), dan nyala lilin (bila diizinkan guru).
7. Bandingkan gambar spektrum antarkelompok, lalu jawab pertanyaan analisis.

Tabel pengamatan spektrum berbagai sumber cahaya

Sumber cahaya	Prediksi (kontinu/garis)	Pola teramati	Urutan warna/garis yang tampak	Warna paling terang
Langit biru siang hari (bukan Matahari langsung)				
Senter LED HP				
Lampu neon hemat energi (CFL/TL)				
Layar HP berwarna kuning penuh				
Nyala lilin (bila ada)				

Grafik

Gambarlah spektrum setiap sumber cahaya sebagai pita berwarna yang disusun bertumpuk di atas satu skala 400–700 nm, lalu tandai posisi garis terang dengan anak panah.

Analisis

1. Sumber cahaya mana yang memberi spektrum kontinu dan mana yang memberi spektrum garis (atau pita terpisah)? Apakah prediksimu tepat?

Kunci: Kontinu: langit siang, senter LED (ada bagian biru yang sangat terang), dan lilin. Garis/pita terpisah: lampu neon/CFL dan layar HP. Sumber yang cahayanya berasal dari benda panas atau serbuk berpendar berpita lebar memberi spektrum kontinu.

2. Lampu neon/CFL memberi beberapa garis terang terpisah. Jelaskan asal garis-garis itu dengan model atom Bohr.

Kunci: Listrik mengeksitasi elektron atom raksa (dan serbuk berpendar di dinding lampu) ke tingkat energi lebih tinggi. Saat elektron turun ke tingkat tertentu, ia memancarkan foton dengan energi tepat sama dengan selisih tingkat, sehingga hanya panjang gelombang tertentu yang muncul sebagai garis.

3. Garis hijau paling terang pada lampu neon berasal dari atom raksa dengan $\lambda \approx 546$ nm. Hitung energi fotonnya dalam eV ($hc = 1240$ eV·nm).

Kunci: $E = 1240/546 = 2,27$ eV.

4. Layar HP yang tampak kuning ternyata hanya menampilkan pita merah dan hijau. Mengapa mata kita melihatnya kuning? Apa bedanya dengan kuning lampu natrium?

Kunci: Mata memiliki sel kerucut peka merah, hijau, dan biru. Campuran merah + hijau merangsang sel merah dan hijau sekaligus, sehingga otak menafsirkannya sebagai kuning. Lampu natrium benar-benar memancarkan foton kuning 589 nm (satu garis), bukan campuran.

5. Mengapa setiap unsur memiliki pola garis yang berbeda, seperti sidik jari?

Kunci: Setiap unsur memiliki jumlah proton dan susunan elektron yang berbeda, sehingga tingkat-tingkat energinya berbeda. Selisih tingkat energi yang berbeda menghasilkan panjang gelombang yang berbeda pula.

6. Jelaskan mengapa jaket merah Bima tampak coklat gelap di bawah lampu jalan natrium.

Kunci: Lampu natrium hampir hanya memancarkan cahaya kuning 589 nm, tanpa cahaya merah. Kain merah memantulkan cahaya merah dan menyerap warna lain; karena tidak ada cahaya merah yang dipantulkan, jaket tampak gelap.

7. Sebutkan dua sumber galat dalam pengamatanmu dan cara memperbaikinya.

Kunci: Contoh: celah terlalu lebar sehingga garis kabur (perbaiki dengan celah lebih sempit); cahaya ruangan masuk ke kotak (redupkan ruangan, tutup celah kotak dengan selotip hitam); posisi CD berubah (tempel lebih kuat); gambar warna kurang tepat (potret dengan HP).

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang perbedaan spektrum kontinu dan spektrum garis, serta hubungan antara garis spektrum dan tingkat energi elektron, berdasarkan data kelompokmu.

Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang, saat melihat lampu atau kembang api, aku membayangkan ...

- Aku masih penasaran tentang ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Atom Bohr Hidrogen: Lompat dan Bersinar!** dan **Uji Nyala: Warna Rahasia Logam** di subbab 5.4 untuk melihat bagaimana setiap lompatan elektron menghasilkan satu garis berwarna. Cocokkan perhitunganmu dengan Rumus Hidup **Panjang gelombang foton dari selisih energi** dan Grafik Hidup **Tangga energi hidrogen**.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b5-4

Contoh data satu kelompok

Sumber cahaya	Prediksi (kontinu/garis)	Pola teramati	Urutan warna/garis yang tampak	Warna paling terang
Langit biru siang hari	<i>kontinu</i>	<i>kontinu</i>	<i>merah-jingga-kuning-hijau-biru-ungu utuh</i>	<i>kuning-hijau dan biru</i>
Senter LED HP	<i>kontinu</i>	<i>kontinu, ada celah redup di biru kehijauan</i>	<i>biru terang, lalu hijau-kuning-merah</i>	<i>biru dan kuning</i>
Lampu neon hemat energi	<i>kontinu</i>	<i>garis-garis terpisah</i>	<i>ungu, biru, hijau terang, jingga, merah</i>	<i>hijau (± 546 nm)</i>
Layar HP kuning	<i>garis kuning</i>	<i>dua pita terpisah</i>	<i>merah dan hijau saja, tanpa kuning</i>	<i>hijau</i>
Nyala lilin	<i>kontinu</i>	<i>kontinu</i>	<i>merah sampai biru, birunya redup</i>	<i>jingga-merah</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Perakitan spektroskop	Celah sempit dan lurus, CD terpasang kokoh, spektrum tampak tajam	Spektrum tampak tetapi agak kabur	Spektrum sulit diamati karena celah/CD kurang tepat	Spektroskop tidak berfungsi
Pengamatan dan pencatatan data	Semua sumber diamati, gambar berwarna rapi dengan skala, garis terang ditandai	Satu sumber terlewat atau skala kurang rapi	Data tidak lengkap dan gambar kurang jelas	Tidak ada data yang bermakna
Penjelasan dengan model atom Bohr	Menjelaskan spektrum garis dengan tingkat energi dan foton secara tepat, termasuk perhitungan eV	Penjelasan benar tetapi perhitungan kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Keselamatan dan kerja sama	Tidak pernah mengarah ke Matahari, tepi CD tertutup, semua anggota berperan	Sebagian besar aturan dipatuhi, sebagian besar anggota berperan	Perlu diingatkan guru lebih dari sekali	Melanggar aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

DVD menghasilkan spektrum lebih lebar daripada CD karena jarak alurnya lebih rapat. Bila lampu neon hemat energi tidak ada, pakai lampu TL di kelas atau minta siswa mengamati di rumah bersama orang tua. Siapkan contoh foto spektrum lampu natrium untuk diskusi stimulus. Untuk diferensiasi: siswa yang cepat dapat mengukur sudut pita warna dan memperkirakan panjang gelombang dengan jarak alur CD $\pm 1,6 \mu\text{m}$; siswa yang memerlukan dukungan cukup membedakan kontinu dan garis lalu memakai Lab Mini Atom Bohr.

Chemipedia · LKPD Bab 5 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Atom Kacang: Menimbang Unsur Kacangium

Bab 6 · Partikel Atom, Isotop & Massa Atom

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (bisa juga untuk SMP kelas IX)

2 × 40 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan model analogi (POE: prediksi-amati-jelaskan)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat menghitung kelimpahan (persen jumlah) setiap "isotop" dalam sampel campuran.
- Peserta didik dapat menghitung massa rata-rata berbobot ("Ar") dari data massa dan kelimpahan.
- Peserta didik dapat membuktikan bahwa rata-rata berbobot sama dengan massa total dibagi jumlah butir.
- Peserta didik dapat menjelaskan mengapa Ar unsur seperti klorin tidak bulat dan lebih dekat ke isotop yang paling melimpah.

Cerita pemantik



Bima memandangi tabel periodik. "Kak, kenapa Ar klorin 35,45? Atom kan tidak bisa dipotong." Kak Tirta tersenyum dan menuang segenggam kacang campur ke meja. "Anggap ini unsur baru, namanya Kacangium. Ada tiga 'isotop': hijau, kedelai, dan merah. Kalau kita ingin tahu massa rata-rata satu butir Kacangium, bagaimana caranya?" Laras langsung membuka buku catatannya. "Kita hitung, kita timbang, lalu kita buktikan!" Kimo menambahkan, "Itulah yang dilakukan spektrometer massa, hanya saja ia menghitung triliunan atom."

? Rumusan masalah

Bagaimana cara menghitung massa rata-rata satu butir "Kacangium" dari campuran tiga jenis kacang, dan mengapa hasilnya lebih dekat ke jenis kacang yang paling banyak?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Komposisi (kelimpahan) setiap jenis kacang dalam sampel	Massa rata-rata satu butir Kacangium ("Ar")	Jenis kacang, timbangan yang sama, dan cara menimbang (selalu memakai tara)

Alat dan bahan

- Timbangan digital dapur atau timbangan perhiasan (ketelitian 0,1 g lebih baik)
- Kacang hijau ± 10 g ("Kacangium-hijau")
- Kedelai ± 10 g ("Kacangium-kedelai")
- Kacang merah ± 20 g ("Kacangium-merah")
- Satu kantong plastik bening berisi campuran ketiganya (± 200 butir), disiapkan guru
- 4 mangkuk atau gelas plastik kecil, kertas label, dan spidol
- Kalkulator atau kalkulator HP

! Keselamatan

Kacang adalah bahan pangan, tetapi jangan dimakan selama maupun sesudah praktikum karena sudah dipegang banyak tangan. Butiran kecil berbahaya bila masuk hidung atau tertelan anak kecil, jadi jangan

dilempar-lempar. Tanyakan alergi kacang di kelompokmu: peserta yang alergi cukup mencatat data, atau ganti bahan dengan kancing plastik tiga ukuran. Sapu butiran yang jatuh agar lantai tidak licin. Cuci tangan dengan sabun setelah selesai.

Langkah kerja

1. Tuliskan prediksimu: berapa kira-kira massa rata-rata satu butir Kacangium? Lebih dekat ke kacang hijau atau ke kacang merah?
2. Pisahkan campuran Kacangium ke dalam tiga mangkuk menurut jenisnya. Hitung jumlah butir setiap jenis dan catat.
3. Letakkan mangkuk kosong di timbangan dan tekan tombol tara (nol). Timbang semua butir setiap jenis sekaligus dan catat massanya.
4. Hitung massa satu butir setiap jenis = massa total jenis itu ÷ jumlah butirnya.
5. Hitung kelimpahan setiap jenis = (jumlah butir jenis itu ÷ jumlah semua butir) × 100%.
6. Hitung "Ar" Kacangium dengan rumus rata-rata berbobot: $\Sigma(\text{massa satu butir} \times \text{kelimpahan}) \div 100$.
7. Bandingkan hasilnya dengan (massa total semua butir ÷ jumlah semua butir) dan dengan rata-rata biasa ketiga massa satu butir.
8. Tambahkan 50 butir kacang merah ke campuran. Ramalkan dulu "Ar" yang baru, lalu hitung.

Tabel pengamatan isotop Kacangium

Isotop (jenis kacang)	Jumlah butir	Massa total (g)	Massa 1 butir (g)	Kelimpahan (%)	Massa 1 butir × kelimpahan
Kacangium-hijau					
Kacangium-kedelai					
Kacangium-merah					
Jumlah / rata-rata					

Grafik

Buat diagram batang seperti spektrum massa: sumbu mendatar = massa 1 butir setiap jenis (g), sumbu tegak = kelimpahan (%). Tandai letak "Ar" dengan garis tegak putus-putus.

Analisis

1. Isotop Kacangium mana yang paling melimpah? Apakah "Ar" lebih dekat ke massa isotop itu? Jelaskan.

Kunci: Kacangium-hijau (60%). Ya: "Ar" contoh data 0,157 g, jauh lebih dekat ke 0,065 g (hijau) dan 0,17 g (kedelai) daripada ke 0,50 g (merah), karena setiap isotop "bersuara" sebanyak kelimpahannya.

2. Bandingkan "Ar" (rata-rata berbobot) dengan rata-rata biasa ketiga massa satu butir. Mengapa hasilnya berbeda?

Kunci: Rata-rata biasa = $(0,065 + 0,17 + 0,50) \div 3 = 0,245$ g. Rata-rata biasa menganggap ketiga jenis sama banyak, padahal kacang hijau jauh lebih banyak, sehingga hasilnya terlalu besar.

3. Tunjukkan bahwa rata-rata berbobot sama dengan massa total dibagi jumlah butir. Mengapa keduanya pasti sama?

Kunci: Massa total = $7,8 + 8,5 + 15,0 = 31,3$ g; $31,3 \div 200 = 0,1565$ g, sama dengan $\Sigma(\text{massa} \times \text{kelimpahan}) \div 100 = (3,90 + 4,25 + 7,50) \div 100 = 0,1565$ g. Keduanya pasti sama karena massa 1 butir $\times$ jumlah butir = massa total jenis itu, dan kelimpahan = jumlah butir jenis itu $\div$ jumlah semua butir.

4. Setelah ditambah 50 butir kacang merah, apakah "Ar" naik atau turun? Hitung nilainya dari contoh data.

Kunci: Naik, karena isotop terberat bertambah. Massa baru = $31,3 + 50 \times 0,50 = 56,3$ g untuk 250 butir, sehingga "Ar" = $56,3 \div 250 = 0,225$ g.

5. Dalam model ini, apa yang mewakili isotop, kelimpahan, dan massa isotop? Sebutkan satu kelemahan model kacang dibandingkan isotop sungguhan.

Kunci: Jenis kacang = isotop; persen jumlah butir = kelimpahan; massa 1 butir = massa isotop. Kelemahan: isotop satu unsur hanya berbeda jumlah neutron (± 1 u per neutron) dan sifat kimianya sama, sedangkan kacang berbeda ukuran, bentuk, dan bahan; massa butir kacang sejenis juga bervariasi, padahal semua atom satu isotop massanya sama persis.

6. Klorin terdiri atas 75,8% Cl-35 (massa 34,969) dan 24,2% Cl-37 (massa 36,966). Hitung Ar klorin dan jelaskan mengapa tidak ada atom klorin yang bermassa 35,45.

Kunci: Ar = $(34,969 \times 75,8 + 36,966 \times 24,2) \div 100 = 35,45$. Setiap atom klorin adalah Cl-35 atau Cl-37; 35,45 hanyalah rata-rata dari sangat banyak atom, sama seperti tidak ada butir Kacangium yang bermassa 0,157 g.

7. Mengapa sampel 200 butir memberi "Ar" yang lebih dapat dipercaya daripada sampel 10 butir? Kaitkan dengan spektrometer massa yang menghitung sangat banyak atom.

Kunci: Sampel besar mengurangi pengaruh kebetulan (galat acak) saat mengambil sampel, sehingga kelimpahan yang terukur mendekati kelimpahan sebenarnya. Spektrometer massa menghitung jutaan sampai triliunan ion, sehingga kelimpahannya sangat teliti.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang arti massa atom relatif sebagai rata-rata berbobot, hubungan kelimpahan dengan letak Ar, dan cara spektrometer massa memberi data kelimpahan isotop.

💡 Refleksi

- Bagian yang paling membuatku berkata "aha!" hari ini adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan mengapa Ar klorin 35,45 kepada adik atau temanku dengan cara ...
- Aku masih penasaran tentang ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Spektrometer Massa** di subbab 6.5: pilih klorin, magnesium, atau timah, lalu seret puncak-puncaknya dan amati Ar berubah, persis seperti "Ar" Kacangium. Cocokkan juga dengan Grafik Hidup **Ar klorin: jungkat-jungkit dua isotop** dan Rumus Hidup **Ar rata-rata dua isotop** di subbab 6.4.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b6-4

Contoh data satu kelompok (timbangan ketelitian 0,1 g)

Isotop (jenis kacang)	Jumlah butir	Massa total (g)	Massa 1 butir (g)	Kelimpahan (%)	Massa 1 butir × kelimpahan
Kacangium-hijau	120	7,8	0,065	60,0	3,90
Kacangium-kedelai	50	8,5	0,17	25,0	4,25
Kacangium-merah	30	15,0	0,50	15,0	7,50
Jumlah / rata-rata	200	31,3	"Ar" = $15,65 \div 100$ = 0,157	100	15,65

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Ketelitian pengukuran dan pencatatan	Menghitung butir dan menimbang dengan tara secara teliti; semua data tercatat rapi lengkap dengan satuan	Data lengkap, sedikit kurang rapi atau ada satuan yang terlewat	Ada data yang hilang atau lupa memakai tara	Data tidak lengkap dan tidak dapat dipakai
Perhitungan kelimpahan dan rata-rata berbobot	Semua kelimpahan dan "Ar" benar, langkah lengkap, dan dicek dengan massa total ÷ jumlah butir	Hasil benar tetapi langkah kurang lengkap	Ada kesalahan konsep kecil, misalnya memakai rata-rata biasa	Sebagian besar perhitungan keliru
Penjelasan konsep (kaitan dengan isotop dan Ar)	Menjelaskan arti rata-rata berbobot, letak Ar, dan kelemahan model dengan tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan yang relevan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, tidak ada kacang yang dimakan, area kerja bersih	Sebagian besar anggota berperan, area cukup bersih	Kerja didominasi satu orang atau area kerja kotor	Tidak bekerja sama dan mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Siapkan satu kantong campuran untuk setiap kelompok dengan komposisi berbeda (misalnya 60 : 25 : 15 dan 40 : 30 : 30) agar hasil antarkelompok bisa dibandingkan dalam diskusi. Bila hanya ada timbangan ketelitian 1 g, timbang semua butir setiap jenis sekaligus (bukan per butir) supaya galat relatifnya kecil. Kacang bisa diganti kancing plastik, manik-manik, atau mur tiga ukuran. Diferensiasi: siswa yang cepat dapat menghitung balik kelimpahan dari "Ar" dan massa dua jenis saja (seperti soal boron), atau mencoba Lab Mini Spektrometer Massa untuk timah yang punya 10 isotop.

Permainan Papan Hotel Elektron

Bab 7 · Konfigurasi Elektron & Bilangan Kuantum

Permainan papan kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (dapat disederhanakan untuk SMP kelas IX dengan konfigurasi per kulit saja)

2 × 45 menit

Model: Discovery learning berbasis permainan (game-based learning)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat menyusun konfigurasi elektron dan diagram orbital 20 unsur pertama dengan menerapkan aturan Aufbau, larangan Pauli, dan aturan Hund.
- Peserta didik dapat menentukan elektron valensi, blok, golongan, dan periode suatu unsur dari konfigurasi elektronnya.
- Peserta didik dapat menemukan pola bahwa unsur dengan konfigurasi elektron terluar yang sama terletak dalam golongan yang sama.
- Peserta didik dapat mendeteksi dan menjelaskan pelanggaran aturan pengisian elektron.

Cerita pemantik



Kak Tirta membuka meja resepsionis di kelas: "Selamat datang di Hotel Elektron! Hari ini setiap kelompok menjadi resepsionis." Bima langsung menaruh semua kancing natrium di lantai 1. "Biar dekat inti!" katanya. Laras menggeleng sambil membuka catatan: "Lantai 1 cuma muat dua tamu, Bim. Lagi pula, kenapa litium, natrium, dan kalium sama-sama suka melepas satu elektron? Pasti ada pola di susunan tamunya." Kimo si komodo mengetuk tabel periodik: "Susun dulu semuanya, nanti polanya muncul sendiri!"

? Rumusan masalah

Bagaimana susunan elektron 20 unsur pertama menurut aturan Aufbau, Pauli, dan Hund, dan pola apa yang menghubungkan konfigurasi elektron terluar dengan letak unsur dalam tabel periodik?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Nomor atom unsur (jumlah elektron yang ditempatkan)	Konfigurasi elektron, jumlah elektron valensi, elektron tak berpasangan, dan letak unsur (golongan, periode, blok)	Aturan pengisian yang sama (Aufbau, Pauli, Hund) dan papan hotel yang sama

Alat dan bahan

- 1 lembar karton A3 atau kardus bekas per kelompok sebagai papan hotel
- 20 kartu unsur dari kertas (H sampai Ca) bertuliskan lambang dan nomor atom
- ±40 kancing atau tutup botol dua warna (20 warna A = spin ↑, 20 warna B = spin ↓); boleh diganti kacang hijau dan kacang merah
- Spidol, penggaris, gunting, dan selotip
- Tabel periodik (buku atau poster) untuk pengecekan akhir
- Stopwatch HP untuk babak tantangan (opsional)

Keselamatan

Kegiatan ini tidak memakai bahan kimia, tetapi tetap perlu tertib. Kancing, tutup botol, dan kacang adalah benda kecil: jangan dimasukkan ke mulut, hidung, atau telinga, dan jauhkan dari anak kecil karena dapat menyebabkan tersedak. Kacang yang sudah dipegang banyak orang jangan dimakan. Saat memotong karton dengan gunting atau cutter, arahkan mata pisau menjauhi tubuh dan mintalah bantuan guru untuk kardus tebal. Kumpulkan semua kancing setelah selesai agar tidak tercecer dan membuat orang tergelincir, lalu cuci tangan.

Langkah kerja

1. Gambar papan hotel di karton: kotak-kotak orbital 1s, 2s, 2p (3 kotak), 3s, 3p (3 kotak), dan 4s, disusun dari bawah ke atas menurut urutan energi. Beri label setiap subkulit.
2. Tulis hipotesis kelompok: unsur-unsur mana yang menurutmu akan punya susunan elektron terluar yang mirip?
3. Kocok 20 kartu unsur. Setiap anggota bergiliran mengambil satu kartu dan menaruh kancing sebanyak nomor atomnya satu per satu di papan: warna A untuk $\uparrow$, warna B untuk $\downarrow$.
4. Anggota lain menjadi "pengawas aturan": periksa setiap kancing yang ditaruh. Bila ada pelanggaran Aufbau, Pauli, atau Hund, sebutkan aturannya dan minta kancing dipindahkan.
5. Setelah susunan benar, isi tabel: konfigurasi per kulit, konfigurasi subkulit, jumlah elektron valensi, blok, ramalan golongan dan periode, serta jumlah elektron tak berpasangan.
6. Ulangi sampai ke-12 unsur pada tabel selesai (bagi tugas antaranggota). Kosongkan papan setiap kali berganti unsur.
7. Jajarkan kartu-kartu unsur di meja menurut jumlah elektron valensinya (satu kolom untuk setiap jumlah), lalu bandingkan susunanmu dengan tabel periodik sungguhan.
8. Babak tantangan (opsional): satu anggota sengaja menaruh satu kancing yang melanggar aturan, anggota lain harus menemukan dan menjelaskan pelanggarannya dalam 30 detik.

Tabel pengamatan susunan elektron

Unsur (Z)	Konfigurasi per kulit	Konfigurasi subkulit	Elektron valensi	Blok	Golongan & periode (ramalan)	Elektron tak berpasangan
Li (3)						
Na (11)						
K (19)						
Be (4)						
Mg (12)						
Ca (20)						
N (7)						
P (15)						
O (8)						
S (16)						
F (9)						
Cl (17)						

Grafik

Buat diagram batang jumlah elektron valensi (sumbu tegak) terhadap nomor atom $Z = 1$ sampai 20 (sumbu datar). Tandai setiap penurunan tajam. Pada nomor atom berapa saja pola itu berulang?

Analisis

- Unsur mana saja yang memiliki jumlah elektron valensi sama dengan litium? Apa persamaan konfigurasi elektron terluarnya?

Kunci: Natrium dan kalium (hidrogen juga punya 1 elektron di kulit terluar). Ketiga logam alkali berakhir dengan ns^1 : Li $2s^1$, Na $3s^1$, K $4s^1$.

- Bagaimana hubungan antara jumlah kulit yang terisi dengan nomor periode, dan antara jumlah elektron valensi dengan nomor golongan?

Kunci: Jumlah kulit yang terisi = nomor periode (Li 2 kulit → periode 2; K 4 kulit → periode 4). Untuk golongan utama, jumlah elektron valensi = nomor golongan A (golongan 1-2, atau $10 +$ elektron valensi untuk blok p).

- Pada unsur mana kamu pertama kali harus memasangkan dua elektron dalam satu orbital 2p? Jelaskan dengan aturan Hund.

Kunci: Pada oksigen ($Z = 8$). Tiga elektron 2p pertama (milik B, C, N) menempati tiga orbital berbeda dengan spin searah; elektron 2p keempat milik O baru berpasangan karena semua kamar 2p sudah berpenghuni.

4. Mengapa elektron ke-19 kalium ditaruh di 4s, bukan di subkulit 3d yang masih kosong?

Kunci: Karena energi 4s lebih rendah daripada 3d (aturan $n + l$: $4s = 4$, $3d = 5$). Menurut prinsip Aufbau, elektron mengisi subkulit berenergi terendah lebih dulu.

5. Bima menaruh tiga kancing di satu kotak 1s untuk litium. Aturan apa yang ia langgar, dan bagaimana susunan yang benar?

Kunci: Larangan Pauli: satu orbital paling banyak berisi dua elektron dengan spin berlawanan. Susunan litium yang benar $1s^2 2s^1$, yaitu $\uparrow\downarrow$ di 1s dan $\uparrow$ di 2s.

6. Nitrogen dan fosforus punya jumlah elektron tak berpasangan yang sama. Berapa jumlahnya dan mengapa demikian?

Kunci: Tiga. Nitrogen $2p^3$ dan fosforus $3p^3$: tiga elektron p menempati tiga orbital p terpisah dengan spin searah (Hund). Keduanya segolongan (golongan 15).

7. Ramalkan konfigurasi elektron skandium ($Z = 21$), unsur sesudah kalsium. Ke subkulit mana elektron ke-21 masuk?

Kunci: Skandium: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ atau $[\text{Ar}] 4s^2 3d^1$. Elektron ke-21 masuk ke 3d karena 4s sudah penuh dan 3d adalah subkulit termurah berikutnya.

8. Kaitkan dengan kehidupan: mengapa natrium dan kalium sama-sama harus disimpan di dalam minyak di laboratorium?

Kunci: Keduanya punya satu elektron valensi (ns^1) yang sangat mudah dilepas, sehingga bereaksi hebat dengan air dan oksigen di udara. Minyak mencegah logam bersentuhan dengan udara lembap.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan kelompokmu tentang (1) urutan pengisian elektron dan (2) hubungan konfigurasi elektron terluar dengan golongan dan periode, berdasarkan data pada tabelmu.

💡 Refleksi

- Bagian permainan yang paling membantuku memahami aturan Hund adalah ...
- Aturan yang paling sering dilanggar kelompokku adalah ..., karena ...
- Sekarang aku melihat tabel periodik sebagai ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Hotel Elektron** di subbab 7.3: tekan **+** Tamu masuk satu per satu dari H sampai Ca, catat konfigurasi yang muncul, lalu coba langgar aturan dengan mengetuk kamar (pilih spin " $\uparrow$ saja") dan baca peringatan resepsionis. Periksa letak setiap unsur dengan **Tabel Periodik Hidup** mode blok di subbab 7.5, dan amati lompatan energi ionisasi pada **Grafik Hidup** di subbab 7.6.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b7-3

 Contoh data satu kelompok

Unsur (Z)	Konfigurasi per kulit	Konfigurasi subkulit	Elektron valensi	Blok	Golongan & periode (ramalan)	Elektron tak berpasangan
Li (3)	2, 1	$1s^2 2s^1$	1	s	golongan 1, periode 2	1
Na (11)	2, 8, 1	$[Ne] 3s^1$	1	s	golongan 1, periode 3	1
K (19)	2, 8, 8, 1	$[Ar] 4s^1$	1	s	golongan 1, periode 4	1
Be (4)	2, 2	$1s^2 2s^2$	2	s	golongan 2, periode 2	0
Mg (12)	2, 8, 2	$[Ne] 3s^2$	2	s	golongan 2, periode 3	0
Ca (20)	2, 8, 8, 2	$[Ar] 4s^2$	2	s	golongan 2, periode 4	0
N (7)	2, 5	$1s^2 2s^2 2p^3$	5	p	golongan 15, periode 2	3
P (15)	2, 8, 5	$[Ne] 3s^2 3p^3$	5	p	golongan 15, periode 3	3
O (8)	2, 6	$1s^2 2s^2 2p^4$	6	p	golongan 16, periode 2	2
S (16)	2, 8, 6	$[Ne] 3s^2 3p^4$	6	p	golongan 16, periode 3	2
F (9)	2, 7	$1s^2 2s^2 2p^5$	7	p	golongan 17, periode 2	1
Cl (17)	2, 8, 7	$[Ne] 3s^2 3p^5$	7	p	golongan 17, periode 3	1

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Penerapan aturan pengisian	Semua susunan di papan dan tabel mematuhi Aufbau, Pauli, dan Hund	Satu atau dua kesalahan kecil yang segera diperbaiki	Beberapa pelanggaran aturan tidak disadari	Sebagian besar susunan melanggar aturan
Ketepatan data tabel	Konfigurasi, elektron valensi, blok, golongan, periode, dan elektron tak berpasangan benar untuk semua unsur	Benar untuk sebagian besar unsur (≥ 9 dari 12)	Benar untuk 5–8 unsur	Benar untuk kurang dari 5 unsur
Penemuan pola dan penjelasan	Menemukan hubungan konfigurasi terluar–golongan–periode dan menjelaskannya dengan istilah yang tepat	Menemukan pola tetapi penjelasannya kurang lengkap	Pola ditemukan sebagian, penjelasan keliru	Tidak menemukan pola
Kerja sama dan ketertiban	Semua anggota bergiliran menjadi resepsionis dan pengawas aturan; alat dirapikan	Sebagian besar anggota aktif	Kerja didominasi satu atau dua orang	Tidak bekerja sama, alat tercecer

Nilai akhir = (jumlah skor $\div$ 16) $\times$ 100.

Catatan guru

Siapkan satu papan hotel besar di depan kelas sebagai contoh. Untuk SMP, cukup gunakan konfigurasi per kulit dan hilangkan kolom subkulit serta elektron tak berpasangan. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat melanjutkan ke Sc–Zn memakai Lab Mini Hotel Elektron dan menemukan pengecualian Cr dan Cu. Babak tantangan efektif memunculkan miskonsepsi (misalnya memasang elektron 2p terlalu cepat). Bila kancing terbatas, satu papan dapat dipakai bergantian oleh dua kelompok.

Kartu Unsur dan Bola Atom: Menemukan Pola Keperiodikan

Bab 8 · Tabel Periodik & Sifat Keperiodikan

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing) dengan kartu data dan model

SMA kelas X (bisa disederhanakan untuk SMP kelas IX)

2 × 40 menit

Model: Discovery learning

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat menyusun kartu data 20 unsur pertama sehingga unsur bersifat mirip berada dalam satu kolom.
- Peserta didik dapat membuat model bola atom berskala dan membandingkan ukuran atom dalam satu periode dan satu golongan.
- Peserta didik dapat menggambar grafik jari-jari kovalen dan energi ionisasi pertama terhadap nomor atom serta menemukan polanya.
- Peserta didik dapat menjelaskan pola tersebut dengan konsep muatan inti efektif dan efek perisai.

Cerita pemantik



Klub Kimia sekolah Bima dan Laras akan mengadakan pameran tabel periodik. Bima ingin langsung menempelkan kartu unsur secara acak. "Yang penting lengkap, kan?" katanya. Laras menggeleng sambil membuka buku catatannya: "Mendeleev tidak asal tempel. Ia menemukan polanya dulu." Kak Tirta menyodorkan setumpuk kartu data dan sebakom adonan tepung. "Hari ini kalian jadi Mendeleev. Susun kartunya, buat bola atomnya, dan temukan iramanya sendiri!"

Rumusan masalah

Bagaimana jari-jari atom dan energi ionisasi pertama berubah bila unsur diurutkan menurut nomor atom? Mengapa pola itu berulang?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Nomor atom (letak unsur dalam periode dan golongan)	Jari-jari kovalen (dan diameter bola model) serta energi ionisasi pertama	Jenis data (jari-jari kovalen dari satu buku data), skala model 1 cm : 100 pm untuk diameter, cara mengukur yang sama

Alat dan bahan

- 20 kartu data unsur (kertas karton 6 cm × 9 cm) berisi lambang, nama, nomor atom, jari-jari kovalen, dan energi ionisasi pertama $Z = 1-20$
- Adonan mainan buatan sendiri: 2 cangkir tepung terigu, 1/2 cangkir garam, $\pm 3/4$ cangkir air (cukup untuk satu kelompok)
- Penggaris 30 cm dan jangka sorong plastik atau kertas berskala
- Kertas grafik 2 lembar, pensil, dan spidol 4 warna
- Karton besar (± 60 cm × 40 cm) sebagai papan tabel

- Tisu basah atau lap untuk membersihkan tangan dan meja

Keselamatan

Adonan tepung–garam tidak untuk dimakan: kadar garamnya sangat tinggi dan tepungnya mentah. Jangan memasukkan adonan ke mulut atau mata; cuci tangan setelah selesai. Bila ada anggota kelompok alergi gandum, gunakan sarung tangan plastik atau ganti dengan plastisin. Bersihkan tumpahan tepung agar lantai tidak licin. Sisa adonan dibungkus dan dibuang ke tempat sampah organik, bukan ke wastafel karena bisa menyumbat saluran.

Langkah kerja

1. Kocok 20 kartu data unsur. Urutkan menurut nomor atom, lalu susun di karton menjadi baris-baris sehingga unsur yang sifatnya mirip (misalnya Li, Na, K) berada di kolom yang sama. Catat aturan yang kamu pakai untuk memulai baris baru.
2. Tulis hipotesis: bagaimana dugaanmu tentang perubahan ukuran atom dari Li ke F dan dari Li ke K?
3. Hitung diameter bola model setiap unsur dengan skala $1 \text{ cm} : 100 \text{ pm}$, yaitu $\text{diameter (cm)} = \text{jari-jari kovalen (pm)} \div 50$. Tulis di tabel.
4. Buat bola adonan untuk Li, Be, B, C, N, O, F (periode 2) serta Na, Mg, Cl, K, dan Ca. Ukur diameternya dengan penggaris atau jangka sorong, lalu catat hasil ukurmu.
5. Letakkan bola-bola itu di atas kartunya pada papan tabel. Foto susunannya dari atas.
6. Gambar dua grafik garis untuk $Z = 1\text{--}20$: jari-jari kovalen terhadap nomor atom dan energi ionisasi pertama terhadap nomor atom. Tandai gas mulia dengan warna merah dan logam alkali dengan warna biru.
7. Bandingkan kedua grafik dan jawab pertanyaan analisis. Cocokkan hasilmu dengan Grafik Hidup dan Lab Mini di subbab 8.3 dan 8.4.

Data 20 unsur pertama dan hasil pengukuran bola model

Unsur	Z	Periode	Golongan	Jari-jari kovalen (pm)	Diameter bola terukur (cm)	EI pertama (kJ/mol)
Hidrogen (H)						
Helium (He)						
Litium (Li)						
Berilium (Be)						
Boron (B)						
Karbon (C)						
Nitrogen (N)						
Oksigen (O)						
Fluorin (F)						
Neon (Ne)						
Natrium (Na)						
Magnesium (Mg)						
Aluminium (Al)						
Silikon (Si)						
Fosforus (P)						
Belerang (S)						
Klorin (Cl)						
Argon (Ar)						
Kalium (K)						
Kalsium (Ca)						

Grafik

Buat dua grafik garis dengan sumbu mendatar nomor atom ($Z = 1-20$): (1) jari-jari kovalen (pm) dan (2) energi ionisasi pertama (kJ/mol). Lewati titik gas mulia pada grafik jari-jari. Tandai gas mulia (merah) dan logam alkali (biru).

Analisis

1. Bagaimana perubahan diameter bola dari Li ke F? Bagaimana dari Li ke Na ke K?

Kunci: Dari Li ke F diameter mengecil ($2,6 \rightarrow 1,1$ cm menurut hitungan). Dari Li ke Na ke K diameter membesar ($2,6 \rightarrow 3,3 \rightarrow 4,1$ cm).

2. Pada grafik energi ionisasi, unsur apa saja yang menjadi puncak dan lembah? Di mana letak mereka di tabel yang kamu susun?

Kunci: Puncak: He, Ne, Ar (gas mulia), di kolom paling kanan. Lembah: Li, Na, K (logam alkali), di kolom paling kiri. Puncak dan lembah selalu berada di ujung baris.

3. Fluorin punya elektron tiga kali lebih banyak daripada litium, tetapi atomnya jauh lebih kecil. Jelaskan dengan konsep muatan inti efektif dan efek perisai.

Kunci: Dari Li ke F proton bertambah dari 3 ke 9, tetapi elektron tambahan masuk ke kulit yang sama sehingga perisainya hampir tidak bertambah. Muatan inti efektif naik (aturan sederhana: $1 \rightarrow 7$), sehingga elektron ditarik lebih dekat dan atom menyusut.

4. Temukan dua "penyimpangan" kecil pada energi ionisasi periode 2 dan dua pada periode 3. Jelaskan salah satu pasangan dengan konfigurasi elektron.

Kunci: Periode 2: Be $\rightarrow$ B ($900 \rightarrow 801$) dan N $\rightarrow$ O ($1.402 \rightarrow 1.314$). Periode 3: Mg $\rightarrow$ Al ($738 \rightarrow 578$) dan P $\rightarrow$ S ($1.012 \rightarrow 1.000$). Contoh: elektron yang dilepas dari B berada di 2p yang energinya lebih tinggi dan terperisai oleh 2s; pada O, elektron 2p keempat berpasangan sehingga saling tolak dan lebih mudah lepas.

5. Mengapa kartu He, Ne, dan Ar tidak mencantumkan jari-jari kovalen?

Kunci: Gas mulia hampir tidak membentuk ikatan kovalen, sehingga jarak ikatannya (dasar perhitungan jari-jari kovalen) tidak dapat diukur seperti unsur lain.

6. Ramalkan jari-jari kovalen dan energi ionisasi pertama rubidium ($Z = 37$), unsur di bawah kalium. Jelaskan alasanmu.

Kunci: Jari-jari lebih besar daripada K (203 pm), misalnya $\pm 220 \text{ pm}$; EI_1 lebih kecil daripada K (419 kJ/mol), misalnya $\pm 400 \text{ kJ/mol}$. Alasannya Rb punya satu kulit lebih banyak. (Nilai buku data: 220 pm dan 403 kJ/mol .)

7. Bandingkan diameter terukur dengan hasil hitungan. Apa saja sumber galat model adonanmu?

Kunci: Bola tidak bulat sempurna, adonan memipih karena beratnya sendiri, keterbatasan ketelitian penggaris ($\pm 0,1 \text{ cm}$), dan adonan menyusut saat mengering. Model juga menganggap atom terbatas tegas, padahal awan elektron tidak punya batas.

8. Kalium lebih reaktif terhadap air daripada natrium. Hubungkan fakta ini dengan pola yang kamu temukan.

Kunci: Elektron valensi K berada di kulit keempat, lebih jauh dan lebih terperisai, sehingga EI_1 -nya lebih kecil ($419 \text{ vs } 496 \text{ kJ/mol}$). Elektron lebih mudah dilepas saat bereaksi dengan air, sehingga kalium lebih reaktif.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang pola jari-jari atom dan energi ionisasi pertama dalam satu periode dan satu golongan, beserta penjelasannya pada tingkat partikel (proton, elektron kulit dalam, dan elektron valensi).

💡 Refleksi

- Bagian yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang aku membayangkan atom sebagai ...
- Aku masih penasaran tentang ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Grafik Hidup **Gigi gergaji energi ionisasi pertama** (subbab 8.4) untuk memeriksa grafik EI-mu, Lab Mini **Tarik-menarik Inti** (subbab 8.3) untuk melihat muatan inti efektif dan ukuran atom $Z = 1-20$, serta Tabel Periodik mini **Jari-jari menurut golongan** (subbab 8.3). Untuk langkah 1, mainkan juga Lab Mini **Teka-teki Mendeleev** (subbab 8.1).

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b8-3

Contoh data satu kelompok (data kartu dari buku data; diameter hasil ukur)

Unsur	Z	Periode	Golongan	Jari-jari kovalen (pm)	Diameter bola terukur (cm)	EI pertama (kJ/mol)
Hidrogen (H)	1	1	1	31	—	1.312
Helium (He)	2	1	18	—	—	2.372
Litium (Li)	3	2	1	128	2,5	520
Berilium (Be)	4	2	2	96	2,0	900
Boron (B)	5	2	13	84	1,7	801
Karbon (C)	6	2	14	76	1,5	1.086
Nitrogen (N)	7	2	15	71	1,4	1.402
Oksigen (O)	8	2	16	66	1,3	1.314
Fluorin (F)	9	2	17	57	1,2	1.681
Neon (Ne)	10	2	18	—	—	2.081
Natrium (Na)	11	3	1	166	3,4	496
Magnesium (Mg)	12	3	2	141	2,8	738
Aluminium (Al)	13	3	13	121	—	578
Silikon (Si)	14	3	14	111	—	787
Fosforus (P)	15	3	15	107	—	1.012
Belerang (S)	16	3	16	105	—	1.000
Klorin (Cl)	17	3	17	102	2,1	1.251
Argon (Ar)	18	3	18	—	—	1.521
Kalium (K)	19	4	1	203	4,0	419
Kalsium (Ca)	20	4	2	176	3,5	590

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Penyusunan kartu dan pola	Kartu tersusun dalam baris dan kolom yang tepat, aturan baris baru dijelaskan dengan benar	Susunan tepat, penjelasan aturan kurang lengkap	Ada 2–3 kartu di kolom yang salah	Kartu disusun tanpa pola
Model bola dan pengukuran	Diameter dihitung benar, bola rapi, hasil ukur dicatat dengan satu desimal	Satu kesalahan kecil dalam hitungan atau pengukuran	Beberapa bola tidak sesuai skala	Model tidak dibuat atau tidak diukur
Grafik	Dua grafik lengkap, sumbu berlabel dan bersatuan, puncak dan lembah ditandai	Grafik lengkap tetapi label atau penanda kurang	Hanya satu grafik atau skala tidak tepat	Grafik tidak dibuat
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan pola dengan muatan inti efektif, perisai, dan konfigurasi elektron secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, area kerja bersih, adonan tidak dicicipi	Sebagian besar anggota berperan, area cukup bersih	Kerja didominasi satu orang	Tidak bekerja sama dan area kerja kotor

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 20) × 100.

Catatan guru

Siapkan kartu data dari tabel jari-jari kovalen di subbab 8.3 (Cordero dkk., 2008) dan energi ionisasi dari Grafik Hidup subbab 8.4 agar seluruh kelas memakai satu sumber. Untuk menghemat waktu, adonan bisa dibuat sehari sebelumnya; plastisin juga boleh. Diferensiasi: kelompok yang cepat dapat menghitung Z efektif aturan Slater untuk Li sampai F dan memplotnya terhadap jari-jari. Untuk SMP, cukup bandingkan ukuran bola dan urutan kartu tanpa grafik energi ionisasi.

Siapa Mendesak Siapa? Menyusun Deret Keaktifan Logam

Bab 9 · Kimia Unsur di Nusantara

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (Fase E); dapat diperdalam untuk kelas XII

2 x 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict-observe-explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat mengamati tanda-tanda reaksi pendesakan logam (endapan, perubahan warna, gelembung).
- Peserta didik dapat menyusun urutan kereaktifan Mg, Zn, Fe, dan Cu berdasarkan data percobaan.
- Peserta didik dapat menuliskan persamaan ion reaksi pendesakan yang terjadi.
- Peserta didik dapat menjelaskan reaksi pendesakan sebagai perpindahan elektron dari logam yang lebih reaktif ke ion logam yang kurang reaktif.

Cerita pemantik



Bima menemukan paku besi yang tertinggal semalaman di ember berisi larutan terusi milik ayahnya, petani di Malang. "Pakunya berubah jadi tembaga!" serunya. Laras mengernyit: "Masa besi bisa berubah jadi tembaga? Pasti ada yang pindah tempat." Kak Tirta tersenyum: "Logam-logam itu sedang berebut elektron. Hari ini kita adakan turnamennya: empat logam, empat larutan, dan kalian wasitnya. Siapa juaranya?" Kimo menambahkan, "Nikel Sulawesi juga ikut turnamen ini di pabrik baterai, lho!"

Rumusan masalah

Bagaimana urutan kereaktifan logam magnesium, seng, besi, dan tembaga berdasarkan kemampuannya mendesak ion logam lain dari larutan garamnya?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis logam yang dicelupkan dan jenis larutan ion logam	Terjadi atau tidaknya reaksi pendesakan (endapan, perubahan warna, gelembung)	Konsentrasi larutan (0,1 M), volume larutan (± 10 tetes), ukuran potongan logam, lama pengamatan (10 menit), suhu ruang

Alat dan bahan

- Pelat tetes (spot plate) atau 16 gelas plastik kecil bening
- Larutan 0,1 M magnesium sulfat (garam Inggris dari apotek), seng sulfat, besi(II) sulfat (dibuat segar), dan tembaga(II) sulfat (terusi), masing-masing ± 20 mL dalam botol tetes berlabel
- Potongan logam ± 1 cm: pita magnesium, lempeng seng, paku besi kecil, kawat tembaga (masing-masing 4 potong)
- Amplas halus untuk membersihkan permukaan logam
- Pinset plastik, tisu, spidol permanen, kaca pembesar

- Wadah limbah bertutup berlabel "Limbah logam berat"
- Kacamata pelindung dan sarung tangan karet untuk setiap anggota

Keselamatan

Pakai kacamata pelindung dan sarung tangan sepanjang praktikum. Larutan tembaga(II) sulfat dan seng sulfat berbahaya bila tertelan dan dapat mengiritasi mata serta kulit: jangan dicicipi, jangan menyentuh wajah, dan segera bilas dengan air mengalir bila terciprat. Pita magnesium mudah terbakar: jauhkan dari api. Gunakan pinset, bukan jari, untuk memasukkan logam. Semua sisa larutan dan logam dikumpulkan di wadah limbah yang disediakan guru, tidak dibuang ke wastafel, selokan, atau kolam karena ion tembaga dan seng beracun bagi ikan. Cuci tangan dengan sabun setelah selesai.

Langkah kerja

1. Tuliskan prediksimu: urutkan keempat logam dari yang paling reaktif menurut perkiraanmu, dan alasannya.
2. Amplas setiap potongan logam sampai mengilap, lalu bersihkan dengan tisu.
3. Beri label pada pelat tetes: baris untuk logam (Mg, Zn, Fe, Cu) dan kolom untuk larutan (MgSO_4 , ZnSO_4 , FeSO_4 , CuSO_4).
4. Teteskan ± 10 tetes setiap larutan ke kolomnya masing-masing pada keempat baris.
5. Dengan pinset, masukkan potongan logam ke setiap lekukan sesuai barisnya. Kombinasi logam dalam larutan ionnya sendiri dipakai sebagai pembanding.
6. Amati selama 10 menit dengan kaca pembesar. Catat setiap perubahan pada permukaan logam, warna larutan, dan munculnya gelembung.
7. Isi tabel pengamatan dengan $\checkmark$ (bereaksi) atau $\times$ (tidak bereaksi) beserta ciri yang terlihat, lalu hitung jumlah $\checkmark$ setiap logam.
8. Kumpulkan semua sisa ke wadah limbah, bilas pelat tetes di atas wadah limbah, dan cuci tangan.

Tabel pengamatan reaksi pendesakan logam

Logam	dalam MgSO_4	dalam ZnSO_4	dalam FeSO_4	dalam CuSO_4	Jumlah $\checkmark$
Pita magnesium (Mg)					
Lempeng seng (Zn)					
Paku besi (Fe)					
Kawat tembaga (Cu)					

Grafik

Buat diagram batang jumlah reaksi pendesakan ($\checkmark$) untuk setiap logam, diurutkan dari yang terbanyak.

Analisis

1. Logam mana yang paling banyak mendesak logam lain, dan mana yang tidak mendesak satu pun? Susun urutan kereaktifan keempat logam berdasarkan datamu.

Kunci: Magnesium paling banyak (3 $\checkmark$), lalu seng (2 $\checkmark$), besi (1 $\checkmark$), dan tembaga tidak mendesak satu pun (0 $\checkmark$). Urutan kereaktifan: $\text{Mg} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu}$.

2. Apa yang terlihat ketika paku besi berada dalam larutan tembaga(II) sulfat? Jelaskan perubahan pada paku dan pada warna larutan.

Kunci: Permukaan paku tertutup lapisan cokelat kemerahan (tembaga), dan warna biru larutan memudar menjadi kehijauan pucat karena ion Cu^{2+} berkurang dan ion Fe^{2+} terbentuk.

3. Tuliskan persamaan ion untuk semua reaksi yang terjadi dengan larutan tembaga(II) sulfat.

Kunci: $\text{Mg} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}$; $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$; $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$.

4. Jelaskan pada tingkat partikel (atom, ion, elektron) apa yang terjadi saat seng dicelupkan ke larutan tembaga(II) sulfat. Zat mana yang teroksidasi dan mana yang tereduksi?

Kunci: Atom Zn di permukaan melepas dua elektron menjadi ion Zn^{2+} yang larut (Zn teroksidasi). Ion Cu^{2+} di dekat permukaan menangkap dua elektron itu menjadi atom Cu yang menempel (Cu^{2+} tereduksi). Ion SO_4^{2-} tidak berubah (ion penonton).

5. Pada magnesium dalam larutan tembaga(II) sulfat sering terlihat gelembung gas. Gas apakah itu dan dari mana asalnya?

Kunci: Gas hidrogen. Magnesium sangat reaktif sehingga juga bereaksi dengan air dan ion H^+ yang sedikit ada dalam larutan tembaga(II) sulfat (larutannya agak asam): $\text{Mg} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2$.

6. Bandingkan urutanmu dengan deret volta. Apakah sama? Bila ada perbedaan, sebutkan kemungkinan penyebabnya.

Kunci: Urutannya sama dengan deret volta (Mg, Zn, Fe, ..., Cu). Perbedaan dapat muncul karena permukaan logam masih teroksidasi (kurang diamplas), waktu pengamatan terlalu singkat untuk reaksi lambat seperti Zn dalam FeSO_4 , atau larutan FeSO_4 yang sudah teroksidasi menjadi Fe^{3+} .

7. Atap seng sebenarnya adalah besi yang dilapisi seng. Berdasarkan datamu, jelaskan mengapa lapisan seng tetap melindungi besi walaupun tergores.

Kunci: Seng lebih reaktif daripada besi, jadi seng yang melepas elektron (teroksidasi) lebih dulu dan melindungi besi, walaupun besinya terbuka di bagian yang tergores. Ini disebut perlindungan katodik atau pengorbanan.

✓ Kesimpulan

Tuliskan urutan kereaktifan Mg, Zn, Fe, dan Cu yang kamu temukan, aturan kapan sebuah logam dapat mendesak ion logam lain, dan hubungannya dengan kemudahan melepas elektron.

💡 Refleksi

- Prediksiku tentang urutan logam ternyata ..., karena ...
- Bagian yang paling membuatku penasaran dari percobaan ini adalah ...
- Pengetahuan ini dapat kupakai untuk memahami ... di kehidupan sehari-hari.

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Laboratorium pendesakan: susun sendiri deret keaktifan** di subbab 9.5. Uji 30 pasangan enam logam (Mg, Zn, Fe, Ni, Cu, Ag) dan amati perpindahan elektron di lingkaran perbesaran. Bandingkan hasil dengan animasi langkah "seng dalam larutan tembaga(II) sulfat" dan gambar deret keaktifan di subbab yang sama.

Contoh data satu kelompok (pengamatan 10 menit)

Logam	dalam MgSO_4	dalam ZnSO_4	dalam FeSO_4	dalam CuSO_4	Jumlah ✓
Pita magnesium (Mg)	— (pembanding)	✓ lapisan abu-abu gelap, sedikit gelembung	✓ lapisan hitam, hijau pucat memudar	✓ lapisan cokelat-merah, biru memudar, banyak gelembung	3
Lempeng seng (Zn)	x tidak berubah	— (pembanding)	✓ lapisan gelap tipis (lambat)	✓ lapisan cokelat-merah, biru memudar	2
Paku besi (Fe)	x tidak berubah	x tidak berubah	— (pembanding)	✓ lapisan cokelat-merah, larutan kehijauan	1
Kawat tembaga (Cu)	x tidak berubah	x tidak berubah	x tidak berubah	— (pembanding)	0

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Prediksi dan rumusan hipotesis	Prediksi urutan lengkap disertai alasan berdasarkan elektron valensi atau deret volta	Prediksi lengkap dengan alasan kurang tepat	Prediksi sebagian tanpa alasan	Tidak menulis prediksi
Keterampilan praktikum dan keselamatan	Logam diampelas, label rapi, memakai APD, limbah dikumpulkan dengan benar	Satu langkah keselamatan atau kebersihan terlewat	Beberapa langkah terlewat sehingga data meragukan	Tidak mengikuti prosedur keselamatan
Pengamatan dan data	Tabel lengkap dengan ciri reaksi yang spesifik (warna, endapan, gelembung)	Tabel lengkap tetapi ciri reaksi kurang rinci	Tabel tidak lengkap	Data tidak dicatat
Analisis dan penjelasan partikel	Urutan benar, persamaan ion setara, dan penjelasan perpindahan elektron tepat	Urutan dan persamaan benar, penjelasan partikel kurang lengkap	Urutan benar tetapi persamaan atau penjelasan keliru	Tidak mampu menyusun urutan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Siapkan larutan FeSO_4 segar pada hari praktikum (tambahkan sebutir paku bersih ke botol stok untuk menahan oksidasi). Bila tidak ada lempeng seng, gunakan kulit seng dari baterai kering bekas yang sudah dibersihkan guru, atau butiran seng laboratorium. Reaksi Zn dalam FeSO_4 dan Mg dalam ZnSO_4 berjalan lambat; minta kelompok mengamati dengan kaca pembesar atau memperpanjang waktu menjadi 15 menit. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat menambah kawat tembaga dalam larutan perak nitrat encer

(demonstrasi guru) untuk melihat "pohon perak", atau menghitung E°sel setiap pasangan. Versi rumah yang aman tersedia pada Tantangan Rumah bab ini (paku dalam cuka-garam bekas merendam tembaga).

Chemipedia · LKPD Bab 9 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

LED Detektif Ion: Larutan Dapur Mana yang Menghantarkan Listrik?

Bab 10 • Ikatan Ion

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (juga bisa untuk SMP kelas IX)



2 x 40 menit

Model: POE (Predict–Observe–Explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama _____ Kelas _____ Kelompok _____ Tanggal _____

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merakit rangkaian uji daya hantar sederhana yang aman dengan baterai 9 V dan lampu LED.
- Peserta didik dapat mengelompokkan zat rumah tangga menjadi elektrolit kuat, elektrolit lemah, dan nonelektrolit berdasarkan data pengamatan.
- Peserta didik dapat menjelaskan perbedaan daya hantar kristal garam dan air garam pada tingkat partikel (ion yang bebas bergerak).
- Peserta didik dapat mengaitkan hasil percobaan dengan keselamatan listrik di rumah.

Cerita pemantik



Saat listrik padam, Bima membaca bahwa air garam bisa menghantarkan listrik. "Berarti air gula juga, dong? Sama-sama putih dan sama-sama larut," katanya yakin. Laras mengerutkan dahi: "Belum tentu. Kita uji saja!" Kak Tirta menyerahkan baterai 9 V dan sebuah LED. "Pakai baterai ini saja, jangan sekali-kali listrik rumah. LED ini akan menjadi detektif ion kalian," katanya. Kimo menambahkan, "Petunjuknya: cari partikel bermuatan yang bisa bergerak!"

? Rumusan masalah

Zat rumah tangga mana yang dapat menghantarkan listrik, dan apa hubungannya dengan ada atau tidaknya ion yang bebas bergerak?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis zat yang diuji (kristal garam, air suling, air garam, air gula, cuka, air keran, larutan tawas)	Nyala LED (terang, redup, atau padam) dan ada atau tidaknya gelembung di elektrode	Baterai 9 V yang sama, jarak antarelektrode (± 2 cm), kedalaman celup elektrode (± 2 cm), volume larutan (± 100 mL), banyak zat terlarut (1 sendok teh)

Alat dan bahan

- Baterai 9 V (1 buah) beserta konektornya
- Lampu LED merah 5 mm (1 buah) dan resistor $470\ \Omega$ (1 buah, untuk melindungi LED)
- Kabel jepit buaya (3 utas)
- Dua elektrode: isi pensil 2B (grafit) dari pensil yang diraut kedua ujungnya, atau dua paku baja bersih
- 7 gelas plastik bening (± 200 mL) dan satu piring kecil

- Air suling (air untuk aki tanpa zat tambahan atau air minum kemasan) ± 500 mL dan air keran ± 100 mL
- Garam dapur, gula pasir, cuka dapur, dan tawas (masing-masing ± 1 sendok teh; cuka ± 100 mL)
- Sendok teh, spidol, kertas label, dan tisu

Keselamatan

Hanya pakai baterai 9 V. DILARANG memakai listrik PLN, stopkontak, atau adaptor: tegangan 220 V dapat mematikan, apalagi melalui air. Jangan menyambungkan langsung kutub + dan – baterai (korsleting membuat baterai panas). Nyalakan rangkaian paling lama ± 10 detik setiap kali uji: gelembung di elektrode pada air garam dapat mengandung sedikit gas klorin, jadi bekerjalah di ruangan berventilasi dan jangan menghirupnya dari dekat. Hati-hati dengan ujung paku dan pensil yang tajam. Jangan mencicipi larutan apa pun, termasuk larutan gula, karena alatnya dipakai bersama. Sisa larutan dibuang ke wastafel sambil dibilas banyak air; baterai bekas dikumpulkan untuk didaur ulang, jangan dibuang ke tempat sampah biasa.

Langkah kerja

1. Rakit rangkaian: kutub + baterai $\rightarrow$ resistor $\rightarrow$ kaki panjang LED; kaki pendek LED $\rightarrow$ elektrode A; elektrode B $\rightarrow$ kutub – baterai. Uji rangkaian dengan menempelkan kedua elektrode sebentar: LED harus menyala.
2. Tulis prediksi (hipotesis) untuk setiap zat di kolom "Prediksi" sebelum menguji.
3. Uji kristal garam kering: tuang segunduk garam di piring, tancapkan kedua elektrode berjarak ± 1 cm, lalu amati LED.
4. Siapkan gelas berlabel: 100 mL air suling (kontrol); 100 mL air suling + 1 sendok teh garam; 100 mL air suling + 1 sendok teh gula; 100 mL cuka; 100 mL air keran; 100 mL air suling + 1 sendok teh tawas. Aduk sampai larut.
5. Celupkan kedua elektrode ± 2 cm ke dalam setiap cairan dengan jarak tetap ± 2 cm. Amati nyala LED dan gelembung di elektrode paling lama 10 detik, lalu angkat.
6. Bilas elektrode dengan air suling dan keringkan dengan tisu sebelum menguji cairan berikutnya.
7. Pengayaan: tambahkan garam sejumput demi sejumput ke gelas air suling sambil mengamati perubahan terang LED.
8. Bereskan alat, lepaskan baterai dari rangkaian, dan buang limbah sesuai petunjuk keselamatan.

Tabel pengamatan daya hantar

Zat yang diuji	Prediksi (menyala/tidak)	Nyala LED (terang/redup/padam)	Gelembung di elektrode	Ada ion yang bebas bergerak?
Kristal garam kering				
Air suling				
Air garam				
Air gula				
Cuka dapur				
Air keran				
Larutan tawas				

Grafik

Buat diagram batang tingkat nyala LED setiap zat (0 = padam, 1 = redup, 2 = terang).

Analisis

1. Zat mana saja yang membuat LED menyala terang, menyala redup, dan padam?

Kunci: Terang: air garam dan larutan tawas. Redup: cuka (air keran mungkin sangat redup). Padam: kristal garam kering, air suling, dan air gula.

2. Kristal garam dan air garam sama-sama tersusun dari ion Na^+ dan Cl^- . Mengapa hasil ujinya berbeda? Jelaskan pada tingkat partikel.

Kunci: Dalam kristal, ion terkunci di kisi dan tidak dapat bergerak sehingga tidak ada muatan yang mengalir. Setelah larut, molekul air memisahkan ion-ion dari kisi; ion terhidrasi bebas bergerak: Na^+ ke elektrode negatif dan Cl^- ke elektrode positif, sehingga arus mengalir.

3. Gula juga larut dalam air. Mengapa air gula tidak menghantarkan listrik?

Kunci: Gula larut sebagai molekul netral (ikatan kovalen) yang tidak terurai menjadi ion, sehingga tidak ada partikel bermuatan yang membawa arus. Gula adalah nonelektrolit.

4. Cuka membuat LED hanya menyala redup. Apa artinya tentang jumlah ion di dalam cuka?

Kunci: Asam asetat adalah elektrolit lemah: hanya sebagian kecil molekulnya terionisasi menjadi H_3O^+ dan CH_3COO^- , sehingga jumlah ion sedikit dan arus kecil.

5. Mengapa air suling dipakai sebagai kontrol? Dari mana asal ion di dalam air keran?

Kunci: Air suling hampir tidak mengandung ion, sehingga menjadi pembanding bahwa nyala LED berasal dari zat terlarut, bukan dari airnya. Air keran mengandung sedikit ion mineral terlarut, misalnya Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , dan Cl^- dari tanah dan proses penjernihan.

6. Di dalam kabel, partikel apa yang membawa muatan? Di dalam cairan, partikel apa yang membawa muatan?

Kunci: Di kabel yang bergerak adalah elektron. Di dalam cairan yang bergerak adalah ion positif dan ion negatif ke arah elektrode yang berlawanan.

7. Air murni hampir tidak menghantarkan listrik. Mengapa kita tetap dilarang menyentuh alat listrik dengan tangan basah?

Kunci: Air di tangan dan permukaan kulit hampir selalu mengandung ion (keringat, garam, kotoran), sehingga menjadi penghantar yang baik. Tegangan PLN 220 V dapat mendorong arus berbahaya melalui tubuh.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang syarat suatu zat dapat menghantarkan listrik dengan memakai kata "ion" dan "bebas bergerak", berdasarkan data kelompokmu. Sebutkan contoh elektrolit kuat, elektrolit lemah, dan nonelektrolit dari percobaanmu.

Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam percobaan ini adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan kepada adikku bahwa air garam menyalakan LED karena ...

- Aku masih penasaran tentang ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Uji daya hantar: siapa yang menyalakan LED?** di subbab 10.5. Pilih kristal garam, garam leleh, air garam, air gula, cuka, larutan tawas, dan air suling, lalu tutup sakelar dan amati gerak ion serta nyala LED. Bandingkan dengan Tebak Dulu tentang kristal garam di subbab yang sama, dan lihat stepper diagram titik-silang di subbab 10.2 untuk mengingat asal ion Na^+ dan Cl^- .

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b10-5

Contoh data satu kelompok

Zat yang diuji	Prediksi (menyala/tidak)	Nyala LED (terang/redup/padam)	Gelembung di elektrode	Ada ion yang bebas bergerak?
Kristal garam kering	<i>menyala</i>	<i>padam</i>	<i>tidak ada</i>	<i>tidak (ion terkunci di kisi)</i>
Air suling	<i>padam</i>	<i>padam</i>	<i>tidak ada</i>	<i>hampir tidak ada</i>
Air garam	<i>menyala</i>	<i>terang</i>	<i>ada, cukup banyak</i>	<i>ya: Na^+ dan Cl^-</i>
Air gula	<i>menyala</i>	<i>padam</i>	<i>tidak ada</i>	<i>tidak (molekul netral)</i>
Cuka dapur	<i>menyala</i>	<i>redup</i>	<i>sedikit</i>	<i>sedikit: H_3O^+ dan CH_3COO^-</i>
Air keran	<i>padam</i>	<i>sangat redup</i>	<i>sangat sedikit</i>	<i>sedikit ion mineral</i>
Larutan tawas	<i>menyala</i>	<i>terang</i>	<i>ada</i>	<i>ya: K^+, Al^{3+}, SO_4^{2-}</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Perakitan rangkaian dan keselamatan	Rangkaian benar, hanya memakai baterai 9 V, waktu uji singkat, area kerja rapi	Rangkaian benar dengan sedikit bantuan, keselamatan dijaga	Rangkaian sering salah atau waktu uji terlalu lama	Tidak mengikuti petunjuk keselamatan
Pengamatan dan pencatatan data	Semua zat diuji dengan variabel kontrol terjaga dan tabel lengkap	Sebagian kecil data kurang lengkap	Banyak data hilang atau kontrol tidak dijaga	Data tidak dicatat
Penjelasan pada tingkat partikel	Menjelaskan semua hasil dengan konsep ion yang bebas bergerak secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru (misalnya menyebut elektron bebas di larutan)	Tidak ada penjelasan
Kesimpulan dan kaitan dengan kehidupan	Kesimpulan didukung data dan dikaitkan dengan keselamatan listrik	Kesimpulan benar tetapi kaitannya kurang jelas	Kesimpulan tidak sesuai sebagian data	Tidak ada kesimpulan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Bila LED tidak menyala pada air garam, periksa arah LED (kaki panjang ke kutub +) dan sambungan resistor. Multimeter (mode arus mA) dapat dipakai sebagai alternatif LED untuk data yang lebih teliti. Siapkan air suling, karena air minum kemasan tertentu mengandung mineral yang membuat LED menyala redup; perbedaan ini justru bisa menjadi bahan diskusi. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat memvariasikan banyak garam ($\frac{1}{2}$, 1, 2 sendok teh) dan membandingkan terang LED. Tekankan bahwa kristal garam kering tidak menghantar walaupun tersusun dari ion. Larutan sisa dapat dibuang ke wastafel.

Chemipedia • LKPD Bab 10 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Molekul dari Permen Kenyal dan Tusuk Gigi

Bab 11 · Ikatan Kovalen & Struktur Lewis

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing) dan diskusi

SMA kelas X (juga bisa untuk SMP kelas IX sebagai pengayaan)

2 x 45 menit

Model: Discovery Learning

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat menghubungkan jumlah elektron valensi dengan jumlah ikatan yang dibentuk H, C, N, dan O.
- Peserta didik dapat membangun model molekul berikatan tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga.
- Peserta didik dapat menggambar struktur Lewis lengkap (PEI dan PEB) dari model yang dibangun.
- Peserta didik dapat mengevaluasi kelebihan dan kekurangan model fisik dibandingkan molekul sebenarnya.

Cerita pemantik



Di kantin sekolah, Bima menusuk dua permen kenyal dengan satu tusuk gigi. "Lihat, molekul H_2 !" katanya bangga. Laras menyodorkan permen merah: "Kalau oksigen, berapa tusuk gigi yang dibutuhkan? Ingat, O_2 itu rangkap dua." Kak Tirta tersenyum, "Mari kita buktikan. Hari ini kantin jadi laboratorium molekul." Kimo ikut berbisik, "Tahukah kamu? Kemasan keripik diisi gas nitrogen, N_2 , supaya keripik tidak cepat tengik."

Rumusan masalah

Bagaimana jumlah elektron valensi menentukan jumlah ikatan setiap atom, dan kapan dua atom harus memakai bersama lebih dari satu pasang elektron?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis molekul yang dibangun (atom-atom penyusun dan elektron valensinya)	Jumlah dan jenis ikatan (tunggal, rangkap dua, rangkap tiga) serta jumlah PEB	Kode warna atom, aturan satu tusuk gigi = satu pasangan elektron ikatan, dan aturan oktet/duplet

Alat dan bahan

- Permen kenyal (jeli) atau plastisin 4 warna, ± 60 butir per kelompok
- Tusuk gigi ± 50 batang
- Sedotan lentur 5 batang, dipotong ± 4 cm (untuk ikatan rangkap)
- Kertas HVS, spidol, dan penggaris
- Lembar data elektron valensi dan keelektronegatifan
- HP untuk memotret model dan membuka Penggambar Lewis

Keselamatan

Ujung tusuk gigi runcing: pegang di bagian tengah, jangan diarahkan ke mata atau wajah teman, dan jangan dipakai bercanda. Permen yang sudah ditusuk dan dipegang banyak tangan tidak boleh dimakan. Plastisin

bukan makanan; awasi peserta yang lebih muda agar tidak memasukkannya ke mulut. Sampah permen dan tusuk gigi dibuang ke tempat sampah tertutup supaya tidak mengundang semut. Cuci tangan dengan sabun setelah selesai.

Langkah kerja

1. Sepakati kode warna seperti di Molekul 3D: hitam/cokelat = C, merah = O, biru = N, putih/kuning = H. Satu tusuk gigi = satu pasangan elektron ikatan (PEI).
2. Tulis lambang Lewis H, C, N, dan O beserta jumlah elektron valensinya. Tentukan berapa elektron yang masih dibutuhkan setiap atom untuk oktet (H: duplet).
3. Bangun H_2 , H_2O , NH_3 , dan CH_4 dengan ikatan tunggal. Hitung jumlah tusuk gigi yang menempel pada setiap atom.
4. Bangun O_2 , N_2 , CO_2 , dan HCN . Jika sebuah atom belum memenuhi jumlah ikatannya, pakai dua atau tiga potong sedotan lentur yang dilengkungkan di antara dua atom yang sama.
5. Gambar struktur Lewis setiap model di lembar kerja (garis untuk PEI, pasangan titik untuk PEB). Pastikan total elektronnya sama dengan jumlah elektron valensi.
6. Cek jumlah ikatan dengan trik $N - A$ dan cocokkan dengan jumlah tusuk gigi/sedotan pada modelmu.
7. Foto semua model, lalu periksa setiap struktur dengan Penggambar Lewis (subbab 11.2) dan bandingkan panjang ikatannya di Molekul 3D (subbab 11.1).

Tabel pengamatan model molekul

Molekul	Total elektron valensi	Jumlah PEI (batang)	Jumlah PEB	Ikatan terkuat (tunggal/rangkap dua/rangkap tiga)	Semua atom oktet/duplet?
H_2					
H_2O					
NH_3					
CH_4					
O_2					
N_2					
CO_2					
HCN					

Grafik

Buat diagram batang berdampingan: jumlah PEI dan jumlah PEB untuk setiap molekul.

Analisis

1. Berapa "tangan" (ikatan) yang selalu dimiliki H, O, N, dan C pada model kelompokmu? Hubungkan dengan jumlah elektron valensinya.

Kunci: H 1, O 2, N 3, C 4. Jumlah ikatan = jumlah elektron yang masih dibutuhkan untuk oktet ($8 - \text{elektron valensi}$) atau duplet untuk H ($2 - 1$).

2. Mengapa O_2 dan N_2 tidak dapat dibuat dengan satu tusuk gigi saja? Jelaskan dengan aturan oktet.

Kunci: O butuh 2 elektron dan N butuh 3. Satu tusuk gigi hanya memberi 1 pasang, sehingga O dan N belum oktet. O_2 butuh 2 pasang (rangkap dua) dan N_2 butuh 3 pasang (rangkap tiga).

3. Pada CO_2 , berapa PEI dan PEB? Mengapa atom C tidak cukup diberi ikatan tunggal?

Kunci: 4 PEI (dua ikatan rangkap dua) dan 4 PEB (2 pada setiap O). Dengan ikatan tunggal, setelah setiap O dilengkapi 3 PEB, C hanya dikelilingi 4 elektron; maka dua PEB dari O digeser menjadi ikatan rangkap.

4. Hitung jumlah ikatan HCN dengan trik $N - A$. Cocokkah dengan jumlah batang pada modelmu?

Kunci: $N = 8(2) + 2(1) = 18$, $A = 1 + 4 + 5 = 10$; ikatan $= (18 - 10)/2 = 4$ (satu H-C dan tiga $C \equiv N$). Cocok dengan 4 batang.

5. Data energi ikatan: C-C 347, C=C 614, $C \equiv C$ 839 kJ/mol. Apakah ikatan rangkap dua dua kali lebih kuat daripada ikatan tunggal? Jelaskan.

Kunci: Tidak. $2 \times 347 = 694$ kJ/mol, padahal C=C hanya 614 kJ/mol. Pasangan kedua (ikatan pi) tumpang tindihnya kurang efektif sehingga menyumbang energi lebih kecil.

6. Sebutkan minimal dua kelemahan model permen dan tusuk gigi dibandingkan molekul sebenarnya.

Kunci: Contoh: ukuran atom dan panjang ikatan tidak sesuai skala; sudut ikatan tidak tepat; ikatan digambarkan sebagai batang kaku padahal berupa awan elektron; PEB tidak terlihat; semua ikatan tampak sama kuat; atom bergetar dan tidak diam.

7. Gas nitrogen dipakai untuk mengisi kemasan keripik dan ban kendaraan. Kaitkan pilihan itu dengan ikatan pada molekul N_2 .

Kunci: Ikatan rangkap tiga $N \equiv N$ sangat kuat (945 kJ/mol), sehingga N_2 sukar bereaksi dengan minyak keripik atau bahan ban. Gas ini menggantikan O_2 yang mudah bereaksi dan membuat minyak tengik.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan antara elektron valensi, jumlah ikatan, jenis ikatan (tunggal/rangkap), dan jumlah PEB berdasarkan data kelompokmu.

💡 Refleksi

- Bagian yang paling seru dari membangun molekul hari ini adalah ...
- Sekarang aku membayangkan ikatan rangkap sebagai ...
- Hal yang masih membuatku penasaran tentang ikatan kovalen adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Penggambar Lewis** di subbab 11.2: pilih molekul, ketuk atom untuk menambah PEB dan ketuk garis untuk mengubah orde ikatan, lalu tekan Periksa. Ukur panjang ikatan etana, etena, dan etuna di **Molekul 3D** "Tunggal, rangkap dua, rangkap tiga" (subbab 11.1), dan bandingkan energinya dengan Grafik Hidup **Orde ikatan karbon-karbon** (subbab 11.6).

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b11-2

Contoh data satu kelompok

Molekul	Total elektron valensi	Jumlah PEI (batang)	Jumlah PEB	Ikatan terkuat (tunggal/rangkap dua/rangkap tiga)	Semua atom oktet/duplet?
H ₂	2	1	0	tunggal	ya (duplet)
H ₂ O	8	2	2	tunggal	ya
NH ₃	8	3	1	tunggal	ya
CH ₄	8	4	0	tunggal	ya
O ₂	12	2	4	rangkap dua	ya
N ₂	10	3	2	rangkap tiga	ya
CO ₂	16	4	4	rangkap dua	ya
HCN	10	4	1	rangkap tiga	ya

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Ketepatan model molekul	Semua model benar, jumlah ikatan setiap atom sesuai	Satu model keliru	Dua atau tiga model keliru	Sebagian besar model keliru
Struktur Lewis	Semua struktur lengkap dengan PEI, PEB, dan jumlah elektron benar	Satu kesalahan kecil (mis. PEB terlupa)	Beberapa struktur salah hitung elektron	Struktur Lewis tidak dibuat atau sebagian besar salah
Analisis dan penjelasan konsep	Menjelaskan oktet, ikatan rangkap, dan energi ikatan dengan tepat dan runtut	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, tusuk gigi dipakai aman, area bersih	Sebagian besar anggota berperan, area cukup bersih	Kerja didominasi satu orang atau ada pelanggaran kecil	Tidak bekerja sama atau mengabaikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Plastisin atau bola styrofoam kecil dapat menggantikan permen. Ikatan rangkap lebih mudah dibuat dengan sedotan lentur atau pipa bersih (kawat berbulu). Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat menambahkan NH₄⁺ (ikatan koordinasi), BF₃ (oktet tak lengkap), dan O₃ (resonansi), lalu memeriksanya di Penggambar Lewis. Tekankan bahwa model batang hanyalah alat bantu; ikatan sebenarnya adalah awan elektron.

Balon Pesta, Bentuk Molekul

Bab 12 · Bentuk Molekul: VSEPR & Hibridisasi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X–XI (juga bisa untuk SMP kelas IX sebagai pengayaan)



2 x 45 menit

Model: POE (predict–observe–explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat memodelkan susunan 2–6 domain elektron dengan balon tiup dan menamai geometrinya.
- Peserta didik dapat mengukur sudut antarbalon dan membandingkannya dengan sudut ramalan VSEPR.
- Peserta didik dapat menjelaskan pengaruh pasangan elektron bebas (balon yang lebih besar) terhadap sudut ikatan.
- Peserta didik dapat membedakan geometri domain dengan bentuk molekul untuk NH_3 dan H_2O .

Cerita pemantik



Menjelang pesta perpisahan kelas, Bima mengikat empat balon jadi satu dan heran karena balon-balon itu tidak mau membentuk tanda plus yang datar. "Balon-balonnya tidak akur!" serunya. Laras mengambil busur derajat: "Coba kita ukur sudutnya." Kak Tirta tersenyum, "Kalian baru saja menemukan cara alam menyusun pasangan elektron di sekitar atom. Kimo bilang air bengkok karena dua balonnya lebih gemuk. Ayo kita buktikan!"

? Rumusan masalah

Bagaimana susunan dan sudut antarbalon berubah bila jumlah balon yang diikat bertambah dari 2 sampai 6, dan bagaimana pengaruh balon yang lebih besar (pemeran pasangan elektron bebas) terhadap sudut di antara balon-balon kecil?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jumlah balon yang diikat (2–6) dan jumlah balon besar (0, 1, 2)	Susunan (bentuk) dan sudut antarbalon kecil	Ukuran balon kecil yang sama, cara mengikat, busur derajat yang sama

Alat dan bahan

- 14 balon bulat warna A (mis. merah) dan 4 balon warna B (mis. ungu); pilih balon nonlateks bila ada yang alergi
- 1 pompa balon tangan per kelompok
- Benang kasur atau karet gelang secukupnya
- Busur derajat plastik (1 per kelompok)
- Sedotan plastik atau lidi tumpul 6 batang (penunjuk arah balon)
- Selotip kertas dan spidol
- Plastisin 1 bungkus dan tusuk gigi (untuk model mini)

Keselamatan

Tiup balon dengan pompa, bukan dengan mulut (higienis dan mencegah pusing). Jangan meniup balon terlalu besar dan jauhkan dari wajah karena bisa meletus mengenai mata. Tanyakan alergi lateks sebelum mulai. Kumpulkan balon yang meletus dan sisa karet segera ke kantong sampah karena berbahaya bila tertelan anak kecil. Potong atau tumpulkan ujung tusuk gigi dan lidi. Jangan memakai gas helium atau korek api di dekat balon.

Langkah kerja

1. Tulis prediksi: bentuk apa yang terbentuk oleh 2, 3, 4, 5, dan 6 balon yang diikat di satu titik? Gambar sketsanya.
2. Tiup 14 balon warna A dengan pompa sampai berdiameter ± 15 cm. Usahakan ukurannya sama (cek dengan lingkaran dari kertas).
3. Ikat dua balon pada simpulnya, lalu lepaskan. Selipkan sedotan sejajar sumbu tiap balon dengan selotip, lalu ukur sudut di antara sedotan dengan busur derajat yang ditempel di simpul. Catat.
4. Ulangi untuk 3, 4, 5, dan 6 balon (ikat berpasangan dulu, lalu gabungkan pasangan-pasangannya). Untuk 5 balon, ukur sudut antara balon 'sabuk' dan antara balon 'sabuk' dengan balon 'kutub'.
5. Buat kelompok 4 balon: 3 balon A + 1 balon B yang ditiup $\pm 20\%$ lebih besar. Ukur sudut di antara balon-balon A.
6. Buat kelompok 4 balon: 2 balon A + 2 balon B besar. Ukur sudut di antara kedua balon A.
7. Bayangkan balon B tidak terlihat. Gambar bentuk yang dibentuk ujung-ujung balon A saja dan beri nama.
8. Buat model mini CH_4 , NH_3 , dan H_2O dari plastisin dan tusuk gigi, lalu cocokkan dengan Lab Mini Balon Elektron.

Tabel pengamatan model balon VSEPR

Susunan balon	Jumlah domain	Bentuk yang terlihat	Sudut terukur ($^\circ$)	Sudut teori ($^\circ$)	Contoh molekul
2 balon sama besar					
3 balon sama besar					
4 balon sama besar					
4 balon: 3 kecil + 1 besar					
4 balon: 2 kecil + 2 besar					
5 balon sama besar					
6 balon sama besar					

Grafik

Buat diagram batang sudut terukur dan sudut teori untuk kelompok 4 balon dengan 0, 1, dan 2 balon besar (sumbu datar: jumlah balon besar; sumbu tegak: sudut antarbalon kecil).

Analisis

1. Mengapa balon-balon yang diikat selalu menyebar sejauh mungkin? Kaitkan dengan pasangan elektron di sekitar atom pusat.

Kunci: Setiap balon menempati ruang dan saling mendorong; susunan paling stabil adalah yang membuat jarak antarbalon terbesar. Pasangan elektron sama-sama bermuatan negatif, sehingga saling tolak dan menjauh sejauh mungkin (VSEPR).

2. Mengapa 4 balon tidak membentuk tanda plus datar (90°) tetapi tetrahedron ($\pm 109,5^\circ$)?

Kunci: Ruang tiga dimensi memberi tempat lebih lega: pada tetrahedron setiap pasangan balon berjarak $\pm 109,5^\circ$, lebih besar daripada 90° pada tanda plus datar, sehingga tolakan lebih kecil.

3. Apa yang terjadi pada sudut antarbalon kecil ketika jumlah balon besar bertambah dari 0 ke 1 lalu ke 2? Hubungkan dengan CH_4 , NH_3 , dan H_2O .

Kunci: Sudut antarbalon kecil menyempit (mis. $\pm 109^\circ \rightarrow \pm 104^\circ \rightarrow \pm 100^\circ$) karena balon besar mendorong lebih kuat. Ini sesuai urutan CH_4 $109,5^\circ \rightarrow \text{NH}_3$ $107^\circ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ $104,5^\circ$.

4. Mengapa pasangan elektron bebas di dalam molekul nyata 'lebih gemuk' daripada pasangan elektron ikatan?

Kunci: PEB hanya ditarik satu inti (atom pusat), sehingga awannya lebih dekat ke atom pusat dan lebih melebar; PEI ditarik dua inti sehingga memanjang dan ramping. Akibatnya tolakan PEB lebih kuat.

5. Untuk kelompok 3 kecil + 1 besar, apa nama geometri domainnya dan apa nama bentuk molekulnya? Mengapa keduanya berbeda?

Kunci: Geometri domain tetrahedral (4 balon), bentuk molekul piramida trigonal. Bentuk molekul hanya dilihat dari posisi atom (balon kecil), sedangkan PEB tidak dihitung sebagai atom.

6. Pada 5 balon, ada dua jenis posisi. Sebutkan dan jelaskan mengapa sudutnya tidak semua sama.

Kunci: Posisi ekuatorial (sabuk, saling bersudut 120°) dan aksial (kutub, 90° terhadap sabuk, 180° satu sama lain). Lima titik tidak bisa tersebar merata sempurna di permukaan bola, sehingga ada dua jenis sudut.

7. Sebutkan dua keterbatasan model balon dibandingkan molekul sungguhan.

Kunci: Contoh: ukuran balon tidak bisa persis sama; simpul dan gravitasi mengubah sudut; balon tidak menggambarkan atom di ujung domain, panjang ikatan, atau keelektronegatifan; molekul sungguhan juga bergetar.

8. Gunakan temuanmu untuk menjelaskan mengapa CO_2 lurus tetapi H_2O bengkok.

Kunci: C dalam CO_2 hanya punya 2 domain (ikatan rangkap dihitung satu) sehingga lurus 180° . O dalam H_2O punya 4 domain (2 PEI + 2 PEB) yang tersusun tetrahedral; karena PEB tidak terlihat, molekulnya bengkok, dan PEB menekan sudutnya menjadi $104,5^\circ$.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan jumlah domain dengan susunan (geometri) dan sudutnya, serta pengaruh pasangan elektron bebas terhadap sudut ikatan dan bentuk molekul, berdasarkan data kelompokmu.

Refleksi

- Bagian yang paling membuatku berkata "aha!" hari ini adalah ...

- Sekarang, saat melihat balon pesta, aku teringat ...
- Aku masih penasaran tentang ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Balon Elektron** di subbab 12.1: atur PEI dan PEB, bandingkan pilihan sudut "ideal" dan "nyata", lalu selesaikan 🎯 Tantangan. Periksa bentuk 15 molekul pada Molekul 3D **Galeri VSEPR** (subbab 12.2) dan ukur sudut sendiri pada Molekul 3D **Ukur sendiri: siapa yang paling terjepit?** (subbab 12.3).

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b12-1

Contoh data satu kelompok

Susunan balon	Jumlah domain	Bentuk yang terlihat	Sudut terukur (°)	Sudut teori (°)	Contoh molekul
2 balon sama besar	2	<i>lurus</i>	<i>175</i>	<i>180</i>	<i>BeCl₂, CO₂</i>
3 balon sama besar	3	<i>segitiga datar</i>	<i>117</i>	<i>120</i>	<i>BF₃</i>
4 balon sama besar	4	<i>tetrahedral</i>	<i>106–112</i>	<i>109,5</i>	<i>CH₄</i>
4 balon: 3 kecil + 1 besar	4	<i>piramida (dilihat dari balon kecil)</i>	<i>±104</i>	<i>107</i>	<i>NH₃</i>
4 balon: 2 kecil + 2 besar	4	<i>bengkok (dilihat dari balon kecil)</i>	<i>±100</i>	<i>104,5</i>	<i>H₂O</i>
5 balon sama besar	5	<i>bipiramida trigonal</i>	<i>86–94 dan 114–125</i>	<i>90 dan 120</i>	<i>PCl₅</i>
6 balon sama besar	6	<i>oktahedral</i>	<i>85–95</i>	<i>90</i>	<i>SF₆</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Prediksi dan perencanaan	Prediksi semua bentuk lengkap dengan sketsa dan alasan	Prediksi lengkap tetapi alasan kurang	Sebagian prediksi kosong	Tidak menulis prediksi
Keterampilan mengukur dan mencatat	Semua sudut diukur teliti, data rapi dengan satuan	Sebagian besar sudut terukur dengan rapi	Pengukuran kurang teliti atau data tidak lengkap	Tidak mengukur
Penjelasan tingkat partikel	Mengaitkan balon dengan tolakan pasangan elektron, PEB, dan bentuk molekul secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, memakai pompa, sampah balon dibersihkan	Sebagian besar anggota berperan dan tertib	Kerja didominasi satu orang atau area berantakan	Mengabaikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Balon dengan ukuran seragam memberi hasil terbaik; minta siswa memakai cincin kertas berdiameter sama sebagai pengukur. Model 5 dan 6 balon sulit diikat: ikat dulu dua pasang, lalu tambahkan. Bila balon terbatas, setiap kelompok membuat dua susunan lalu berbagi data. Untuk diferensiasi, siswa yang cepat dapat memodelkan SF_4 dan XeF_4 dengan balon besar sebagai PEB dan menamai bentuknya; siswa yang butuh dukungan dapat memulai dari Lab Mini Balon Elektron sebelum membuat model nyata. Tekankan bahwa model balon menjelaskan susunan domain, bukan ukuran atom.

Kubah Air di Atas Koin Rp500

Bab 13 · Gaya Antarmolekul & Ikatan Logam

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X-XI (juga dapat untuk SMP kelas IX sebagai pengayaan)

2 x 45 menit

Model: POE (Predict–Observe–Explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat mengukur jumlah tetes air, air sabun, dan alkohol 70% yang dapat ditampung di atas sebuah koin.
- Peserta didik dapat membandingkan tegangan permukaan ketiga cairan berdasarkan data percobaan.
- Peserta didik dapat menjelaskan perbedaan hasil dengan jenis dan kekuatan gaya antarmolekul, terutama ikatan hidrogen.
- Peserta didik dapat menjelaskan peran sabun (surfaktan) dalam menurunkan tegangan permukaan dan kaitannya dengan mencuci.

Cerita pemantik



Bima bertaruk dengan Laras: "Koin Rp500 itu kecil. Paling-paling cuma muat lima tetes air, terus tumpah." Laras menggeleng sambil membuka buku catatannya: "Aku tebak lebih dari dua puluh. Air kan punya 'kulit'." Kak Tirta tertawa, "Daripada bertaruk, kita ukur saja." Kimo menambahkan, "Bagaimana kalau airnya diganti alkohol atau air sabun? Apakah kubahnya tetap setinggi itu?"

? Rumusan masalah

Bagaimana jenis cairan (air, air sabun, alkohol 70%) memengaruhi jumlah tetes yang dapat ditampung di atas sebuah koin sebelum tumpah, dan apa hubungannya dengan gaya antarmolekul cairan tersebut?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis cairan (air keran, air sabun, alkohol 70%)	Jumlah tetes yang tertampung sebelum cairan tumpah dari tepi koin	Jenis dan kebersihan koin (Rp500), jenis pipet, tinggi pipet ± 1 cm di atas koin, posisi menetes (tengah koin), kecepatan meneteskan

Alat dan bahan

- 3 keping koin Rp500 yang sama (dicuci dengan sabun, dibilas, dan dikeringkan)
- 3 pipet tetes plastik (satu pipet untuk setiap cairan)
- Air keran ± 50 mL dalam gelas plastik
- Air sabun: 1 tetes sabun cuci piring dalam 50 mL air
- Alkohol 70% (antiseptik dari apotek) ± 20 mL dalam gelas plastik tertutup
- 3 gelas plastik kecil, spidol, dan kertas label
- Nampan atau piring plastik sebagai alas, tisu atau lap
- Penggaris dan kamera HP (untuk memotret kubah dari samping)

Keselamatan

Alkohol 70% mudah menyala: jauhkan dari kompor, lilin, dan obat nyamuk bakar, tutup wadahnya setelah dipakai, dan bekerja di ruangan berventilasi. Jangan mencicipi atau meminum cairan apa pun selama praktikum. Jaga agar air sabun dan alkohol tidak terkena mata; bila terkena, bilas dengan air mengalir dan lapor ke guru. Jangan menukar pipet antarcairan. Lap tumpahan segera agar meja dan lantai tidak licin. Sisa air sabun dan sedikit alkohol boleh dibuang ke wastafel sambil dialiri air. Cuci tangan dan cuci koin setelah selesai.

Langkah kerja

1. Letakkan koin Rp500 yang bersih dan kering di atas nampan. Pastikan nampan datar.
2. Tuliskan prediksimu di tabel: berapa tetes setiap cairan yang muat di atas koin? Cairan mana yang paling banyak?
3. Isi pipet dengan air keran. Pegang pipet tegak ± 1 cm di atas tengah koin dan teteskan satu per satu dengan tekanan yang sama. Hitung setiap tetes dengan suara keras.
4. Amati kubah air dari samping (sejajar mata) dan foto dengan HP saat kubah hampir tumpah.
5. Berhenti saat air meluber dari tepi koin. Catat jumlah tetes yang tertampung (tetes yang membuat tumpah tidak dihitung).
6. Keringkan koin dan ulangi langkah 3–5 sampai tiga kali. Hitung rata-ratanya.
7. Ulangi seluruh langkah untuk air sabun dan alkohol 70%, memakai pipet dan koin yang berbeda atau koin yang sudah dicuci dan dikeringkan.
8. Pengayaan: buat kubah air yang hampir tumpah, lalu sentuhkan ujung tusuk gigi yang telah dicelup sabun ke puncaknya. Amati yang terjadi.

Jumlah tetes yang tertampung di atas koin Rp500

Cairan	Prediksi (tetes)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata	Bentuk kubah
Air keran						
Air sabun						
Alkohol 70%						

Grafik

Buat diagram batang rata-rata jumlah tetes untuk ketiga cairan (sumbu tegak: jumlah tetes).

Analisis

1. Cairan mana yang paling banyak tetesnya? Urutkan ketiga cairan dari yang paling banyak.

Kunci: Air keran paling banyak (± 35 – 40 tetes), lalu air sabun dan alkohol 70% yang hasilnya mirip (± 15 – 20 tetes). Urutan: air > air sabun $\approx$ alkohol 70%.

2. Gambarkan bentuk kubah air dari samping. Jelaskan mengapa air dapat menggembung lebih tinggi dari tepi koin tanpa langsung tumpah, memakai kata "tarik-menarik antarmolekul".

Kunci: Kubah air menggembung seperti lensa cembung. Molekul air di permukaan ditarik ke samping dan ke dalam oleh molekul air lain, sehingga permukaan berperilaku seperti kulit elastis yang menahan air tetap menggumpal di atas koin sampai beratnya terlalu besar.

3. Gaya antarmolekul apa yang paling berperan pada air? Mengapa tegangan permukaan air sangat tinggi dibandingkan cairan lain?

Kunci: Ikatan hidrogen. Setiap molekul air dapat membentuk hingga 4 ikatan hidrogen (2 lewat atom H, 2 lewat pasangan elektron bebas O), membentuk jaringan tiga dimensi yang kuat. Akibatnya tegangan permukaan air sangat tinggi (± 72 mN/m).

4. Etanol dalam alkohol juga dapat berikatan hidrogen. Mengapa alkohol 70% menampung jauh lebih sedikit tetes daripada air?

Kunci: Molekul etanol hanya punya satu gugus O-H dan bagian etil yang nonpolar, sehingga jaringan ikatan hidrogennya jauh lebih sedikit; tegangan permukaan alkohol 70% hanya ± 25 mN/m. Alkohol juga mudah membasahi logam sehingga cepat meluber melewati tepi koin, meskipun setiap tetesnya lebih kecil.

5. Apa yang dilakukan sabun terhadap permukaan air? Jelaskan pada tingkat partikel, lalu hubungkan dengan hasil langkah pengayaan.

Kunci: Molekul sabun (surfaktan) berkumpul di permukaan; ekor nonpolarnya menyisip di antara molekul air sehingga banyak ikatan hidrogen di permukaan terputus. Tegangan permukaan turun drastis, sehingga kubah air langsung runtuh saat disentuh tusuk gigi bersabun.

6. Sebutkan sumber galat yang dapat membuat data antarkelompok berbeda.

Kunci: Ukuran tetes berbeda karena pipet dipencet tidak sama kuat, tinggi menetes berbeda, koin kotor atau berminyak, koin tidak benar-benar kering, meja bergetar, salah hitung, dan alkohol menguap selama percobaan.

7. Mengapa mencuci pakaian berminyak dengan air sabun lebih efektif daripada dengan air saja?

Kunci: Sabun menurunkan tegangan permukaan sehingga air mudah membasahi dan menembus serat kain. Selain itu, ekor nonpolar sabun mengikat minyak dan kepala polarnya tertarik ke air, sehingga minyak terbungkus (misel) dan dibawa air bilasan.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan antara kekuatan gaya antarmolekul cairan, tegangan permukaan, dan jumlah tetes yang dapat ditampung di atas koin, berdasarkan data kelompokmu.

💡 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam percobaan ini adalah ...
- Sekarang, saat melihat embun di daun atau anggang-anggang di kolam, aku membayangkan ...
- Pertanyaan yang masih ingin kuselidiki adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Kubah air di atas koin: berapa tetes muat?** di subbab 13.4. Pilih cairan (air, air sabun, alkohol 70%, minyak goreng) dan koin (Rp100 sampai Rp1000), tekan ► Jalankan sampai tumpah, lalu catat hasilnya. Ulangi tiga kali untuk setiap cairan. Bandingkan panjang panah tarikan ke dalam pada lingkaran perbesaran. Pakai juga Grafik Hidup **Titik didih hidrida golongan 14-17** (subbab 13.3) untuk melihat betapa istimewanya ikatan hidrogen air.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b13-4

Contoh data satu kelompok (koin Rp500, pipet plastik)

Cairan	Prediksi (tetes)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata	Bentuk kubah
Air keran	10	36	40	38	38	tinggi, bulat, mengilap
Air sabun	20	17	20	18	18,3	rendah, cepat tumpah
Alkohol 70%	25	15	17	16	16	hampir datar, merembes ke tepi

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Keterampilan percobaan	Meneteskan dari tinggi yang sama, mengeringkan koin, dan mengulang 3 kali untuk setiap cairan	Prosedur benar tetapi pengulangan kurang dari 3 kali	Prosedur tidak konsisten (tinggi/kecepatan berubah-ubah)	Data tidak dapat dipakai
Pengolahan data	Tabel lengkap, rata-rata benar, diagram batang rapi dan berlabel	Tabel dan diagram lengkap dengan satu kesalahan kecil	Data atau diagram tidak lengkap	Tidak ada pengolahan data
Penjelasan tingkat partikel	Mengaitkan hasil dengan ikatan hidrogen, tegangan permukaan, dan peran surfaktan secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan partikel
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, alkohol jauh dari api, meja bersih dan kering	Sebagian besar anggota berperan, area kerja cukup rapi	Kerja didominasi satu orang atau area basah	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Jumlah tetes sangat bergantung pada ukuran pipet, jadi bandingkan antarcairan di dalam satu kelompok, bukan antarkelompok. Koin Rp100, Rp200, atau Rp1000 juga dapat dipakai; mintalah kelompok yang cepat membandingkan dua jenis koin (jumlah tetes kira-kira sebanding dengan luas koin). Bila alkohol 70% tidak tersedia, ganti dengan minyak goreng (tegangan permukaan ± 32 mN/m) dan siapkan sabun untuk mencuci koin. Untuk diferensiasi, siswa yang membutuhkan dukungan dapat langsung memakai Lab Mini virtual sebelum praktikum nyata.

Chemipedia • LKPD Bab 13 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Sput, Buku, dan Rahasia Boyle

Bab 14 · Wujud Gas & Hukum-Hukum Gas

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X–XI (juga bisa untuk SMP kelas VIII–IX tanpa perhitungan tekanan)

2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (prediksi–observasi–eksplanasi)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat mengukur perubahan volume udara terkurung ketika tekanannya diubah pada suhu tetap.
- Peserta didik dapat menghitung tekanan dari gaya berat beban dan luas penampang penghisap spuit.
- Peserta didik dapat menemukan hubungan $P \times V = \text{tetap}$ dari data dan grafik P – V serta P – $1/V$.
- Peserta didik dapat menjelaskan hukum Boyle pada tingkat partikel dan mengaitkannya dengan keselamatan menyelam.

Cerita pemantik



Bima baru pulang dari kursus selam di Raja Ampat. "Instrukturku bilang, jangan pernah menahan napas waktu naik ke permukaan, nanti paru-paru bisa cedera. Masa sih?" Laras mengambil spuit tanpa jarum dari kotak P3K, menutup ujungnya, lalu menekan penghisapnya. "Coba rasakan, makin ditekan makin melawan." Kak Tirta menyodorkan setumpuk buku: "Ayo kita ukur berapa tekanannya dan berapa volumenya. Mungkin ada pola rahasia di balik angka-angka itu."

? Rumusan masalah

Bagaimana hubungan antara tekanan dan volume sejumlah udara yang terkurung pada suhu tetap?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Tekanan pada udara (diatur dengan jumlah buku di atas penghisap)	Volume udara di dalam spuit	Jumlah udara (ujung tertutup rapat), suhu ruang, spuit yang sama, cara membaca skala

Alat dan bahan

- Spuit (alat suntik) plastik 20 mL tanpa jarum, 1 buah per kelompok
- Tutup ujung spuit (bawaan) atau plastisin untuk menyumbat ujungnya
- Papan kecil datar $\pm 10 \times 10$ cm (potongan triplek atau kotak CD) sebagai alas beban
- 4 buku yang sama ($\pm 0,4$ kg per buku)
- Timbangan dapur digital
- Penggaris atau jangka sorong untuk mengukur diameter dalam spuit
- Botol plastik 1,5 L berisi pasir dan selotip untuk menegakkan spuit
- Kertas grafik atau aplikasi lembar kerja di HP

! Keselamatan

Gunakan spuit baru tanpa jarum; jangan pernah memakai jarum. Jangan mengarahkan ujung spuit ke wajah dan jangan menekan penghisap terlalu kuat karena dapat terlepas mendadak. Tegakkan spuit dengan

selotip pada botol berpasir supaya tidak roboh, tumpuk buku perlahan, dan pegangi tumpukan agar tidak jatuh menimpa tangan atau kaki. Jangan memanaskan spuit. Setelah selesai, bersihkan spuit dan simpan untuk praktikum berikutnya; jangan dibuang sembarangan.

Langkah kerja

1. Ukur diameter dalam spuit (d) dan hitung luas penampang penghisap $A = \pi d^2/4$ dalam m^2 .
2. Tarik penghisap sampai tanda 20 mL, lalu tutup ujung spuit rapat-rapat. Tekan sebentar lalu lepaskan: penghisap harus kembali ke dekat 20 mL (tanda tidak bocor).
3. Tegakkan spuit (ujung tertutup di bawah) dengan selotip pada botol berpasir. Catat volume tanpa beban.
4. Timbang papan dan setiap buku. Letakkan papan di atas penghisap, ketuk-ketuk ringan badan spuit agar penghisap tidak tersangkut, tunggu 10 detik, lalu baca volumenya setinggi mata.
5. Tambahkan buku satu per satu. Setiap kali, ketuk ringan, tunggu 10 detik, lalu baca volumenya.
6. Hitung tekanan tambahan $\Delta P = mg/A$ ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) dan tekanan total $P = 101 \text{ kPa} + \Delta P$.
7. Ulangi pengukuran sambil mengurangi buku satu per satu, lalu rata-ratakan volume naik dan turun.
8. Hitung $P \times V$ dan $1/V$ untuk setiap baris, lalu buat grafik.

Tabel pengamatan tekanan dan volume udara di dalam spuit (suhu ruang)

Beban di atas penghisap	Massa total beban (kg)	$\Delta P = mg/A$ (kPa)	P total (kPa)	V terbaca (mL)	$P \times V$ (kPa·mL)	$1/V$ (mL^{-1})
Tanpa beban						
Papan saja						
Papan + 1 buku						
Papan + 2 buku						
Papan + 3 buku						
Papan + 4 buku						

Grafik

Buat dua grafik: (1) P (sumbu tegak) terhadap V (sumbu datar), dan (2) P terhadap $1/V$. Tarik kurva atau garis lurus terbaik pada masing-masing grafik.

Analisis

1. Apa yang terjadi pada volume udara ketika beban ditambah? Apakah penurunannya sama besar untuk setiap buku?

Kunci: Volume makin kecil setiap kali beban ditambah, tetapi penurunannya makin kecil: dari tanpa beban ke 1 buku turun $\pm 2,6 \text{ mL}$, sedangkan dari 3 ke 4 buku hanya $\pm 1,1 \text{ mL}$. Udara yang makin mampat makin sulit ditekan.

2. Hitung $P \times V$ untuk setiap baris. Apa yang kamu temukan? Rumuskan hubungan P dan V dengan kata-katamu sendiri.

Kunci: $P \times V$ hampir tetap (± 2.020 – $2.050 \text{ kPa} \cdot \text{mL}$; berbeda kurang dari 2%). Jadi tekanan berbanding terbalik dengan volume: jika tekanan dua kali lipat, volume menjadi setengahnya ($P_1 V_1 = P_2 V_2$).

3. Bagaimana bentuk grafik P–V dan grafik P–1/V? Grafik mana yang lebih mudah dipakai untuk menguji hukum Boyle? Mengapa?

Kunci: Grafik P–V berupa kurva menurun (hiperbola), sedangkan grafik P–1/V berupa garis lurus yang melalui (mendekati) titik asal. Garis lurus lebih mudah diuji: cukup diperiksa apakah titik-titikny segaris dan melalui titik nol.

4. Jelaskan pada tingkat partikel mengapa tekanan udara di dalam spuit naik ketika volumenya mengecil.

Kunci: Jumlah partikel udara tetap, tetapi ruangnya mengecil sehingga partikel lebih rapat. Setiap detik lebih banyak partikel menumbuk setiap cm^2 dinding dan penghisap. Karena suhu tetap, kelajuan rata-rata partikel tetap, sehingga tumbukan yang lebih sering membuat tekanan naik.

5. Nilai $P \times V$ cenderung sedikit naik untuk beban besar. Sebutkan dua kemungkinan sumber galat dan cara mengatasinya.

Kunci: Gesekan penghisap dengan dinding spuit (sebagian berat beban ditahan gesekan), sedikit udara bocor, kesalahan paralaks saat membaca skala, atau udara sedikit memanaskan saat ditekan. Atasi dengan mengetuk spuit, mengukur naik-turun lalu merata-ratakan, memeriksa kebocoran, dan menunggu suhu kembali ke suhu ruang.

6. Mengapa ujung spuit harus tertutup rapat, dan mengapa kita menunggu beberapa detik sebelum membaca volume?

Kunci: Ujung yang tertutup menjaga jumlah partikel (n) tetap. Menunggu beberapa detik memberi waktu bagi udara yang sedikit memanaskan akibat ditekan untuk kembali ke suhu ruang (suhu tetap adalah syarat hukum Boyle) dan bagi penghisap untuk berhenti bergerak.

7. Seorang penyelam di kedalaman 20 m (tekanan ± 3 atm) menahan napas dengan 2 L udara di paru-parunya, lalu naik ke permukaan (1 atm). Berapa volume udara itu di permukaan, dan mengapa hal ini berbahaya?

Kunci: $V_2 = P_1 V_1 / P_2 = 3 \times 2 / 1 = 6$ L. Udara memuai tiga kali lipat. Bila penyelam menahan napas, paru-paru dapat teregang berlebihan dan robek (barotrauma paru), sehingga penyelam harus terus bernapas normal dan naik perlahan.

✓ Kesimpulan

Tuliskan hubungan antara tekanan dan volume udara pada suhu tetap berdasarkan data dan grafik kelompokmu, lengkap dengan bukti angka $P \times V$ dan penjelasan pada tingkat partikel.

💬 Refleksi

- Bagian percobaan yang paling seru bagiku adalah ...
- Sekarang aku paham mengapa penyelam ...
- Satu hal tentang gas yang masih membuatku penasaran adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Kotak Gas** di subbab 14.1: biarkan suhu dan jumlah partikel tetap, seret piston ke beberapa posisi, tekan  **Catat titik P–V**, dan bandingkan titik-titikny dengan kurva isoterm. Lalu buka Grafik Hidup **Isoterm Boyle** di subbab 14.2 dan periksa bahwa luas persegi panjang $P \times V$ selalu sama, serta coba **Adu Cepat Boyle**.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b14-2

 Contoh data satu kelompok (sprit 20 mL, diameter dalam 2,0 cm, $A = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$)

Beban di atas penghisap	Massa total beban (kg)	$\Delta P = mg/A$ (kPa)	P total (kPa)	V terbaca (mL)	$P \times V$ (kPa·mL)	$1/V$ (mL ⁻¹)
Tanpa beban	0	0	101,0	20,0	2.020	0,0500
Papan saja	0,10	3,1	104,1	19,5	2.030	0,0513
Papan + 1 buku	0,50	15,6	116,6	17,4	2.029	0,0575
Papan + 2 buku	0,90	28,1	129,1	15,8	2.040	0,0633
Papan + 3 buku	1,30	40,6	141,6	14,4	2.039	0,0694
Papan + 4 buku	1,70	53,0	154,0	13,3	2.048	0,0752

 Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Merangkai alat dan keselamatan	Sprit tertutup rapat tanpa bocor, tegak stabil, beban ditambah perlahan	Rangkaian berfungsi, sedikit goyah	Sprit bocor atau beban hampir jatuh, baru diperbaiki setelah diingatkan	Rangkaian tidak berfungsi atau tidak aman
Pengumpulan dan pengolahan data	Semua kolom lengkap; ΔP , P, dan $P \times V$ dihitung benar dengan satuan	Satu kesalahan hitung kecil	Beberapa kolom kosong atau satuan keliru	Data tidak lengkap
Grafik	Grafik P-V dan P-1/V berjudul, bersumbu, berskala, dengan kurva/garis terbaik	Dua grafik ada, satu unsur kurang	Hanya satu grafik	Tidak ada grafik
Penjelasan tingkat partikel dan kesimpulan	Menjelaskan hukum Boyle dengan frekuensi tumbukan dan mengaitkannya dengan penyelam	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru (misalnya partikel menyusut)	Tidak ada penjelasan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

 Catatan guru

Sprit 20 mL paling praktis; sprit 10 mL memberi kenaikan tekanan lebih besar per buku (luasnya lebih kecil) tetapi lebih mudah roboh. Bila tidak ada buku sejenis, pakai botol air 600 mL sebagai beban ($\pm 0,6$ kg). Untuk SMP, cukup minta siswa membuat grafik volume terhadap jumlah buku dan menemukan pola "makin ditekan makin kecil, tetapi makin sulit". Untuk siswa yang cepat, minta mereka menentukan tekanan atmosfer sendiri dari grafik $1/V$ terhadap massa beban (garis lurus; tekanan atmosfer = perpotongan/gradien × g/A).

Detektif Label: Membongkar Nama Kimia di Rak Warung

Bab 15 • Bahasa Kimia: Rumus & Tata Nama

Investigasi kelompok (penemuan terbimbing) + diskusi kelas

SMA kelas X (bisa disederhanakan untuk SMP kelas IX)



2 x 40 menit

Model: Discovery Learning

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat mengidentifikasi nama zat kimia yang tercantum pada label produk rumah tangga.
- Peserta didik dapat menuliskan rumus kimia dan nama IUPAC dari nama dagang produk.
- Peserta didik dapat mengelompokkan zat menjadi senyawa ion, kovalen, asam, basa, garam, dan hidrat.
- Peserta didik dapat menjelaskan pentingnya nama IUPAC bagi keselamatan konsumen.

Cerita pemantik



Sepulang sekolah, Laras dan Bima mampir ke warung untuk membeli bahan pesanan ibu. Bima bingung melihat dua bungkus bertuliskan "soda" dan dua botol yang sama-sama cair bening. "Kok namanya mirip semua, ya?" keluhnya. Laras mengeluarkan kaca pembesar: "Coba baca komposisinya. Di sini tertulis natrium bikarbonat, di sana natrium hidroksida." Kimo yang bertengger di rak berbisik, "Setiap label menyimpan rahasia. Siapa yang bisa membongkarnya, dialah detektif kimia sejati!"

? Rumusan masalah

Zat kimia apa saja yang tersembunyi di balik nama dagang produk rumah tangga, dan bagaimana rumus serta nama IUPAC-nya?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Alat dan bahan

- 8–10 kemasan bekas yang sudah kosong dan dibilas bersih, atau foto labelnya: cuka dapur, soda kue, garam beryodium, kapur sirih, pasta gigi berfluorida, tawas
- Foto label (tidak dibawa ke kelas): pemutih pakaian, soda api, terusi, pupuk ZA
- 1 kaca pembesar per kelompok untuk membaca tulisan kecil
- Tabel ion (subbab 15.3) dan tabel nama dagang ↔ IUPAC (subbab 15.6), dicetak atau dibuka di gawai
- Lembar kerja, pulpen, dan stiker label warna
- Ponsel untuk memotret dan mencari data pictogram

Keselamatan

Kegiatan ini hanya membaca label. Pakai kemasan yang sudah kosong dan dibilas bersih oleh orang dewasa, atau foto labelnya. Pemutih, soda api, terusi, pembersih porselen, dan pupuk TIDAK dibawa ke kelas. Jangan membuka, mencium, mencicipi, menuang, atau mencampur isi kemasan apa pun. Bila ada sisa serbuk atau cairan di kemasan, laporkan ke guru dan jangan disentuh. Cuci tangan dengan sabun setelah kegiatan.

Langkah kerja

1. Tulis dugaan kelompok: produk mana yang menurutmu mengandung senyawa ion, dan mana yang mengandung asam?
2. Amati setiap kemasan atau foto label. Dengan kaca pembesar, temukan bagian "komposisi", "bahan aktif", atau "kandungan".
3. Catat nama dagang dan nama kimia yang tertulis di label ke dalam tabel pengamatan. Bila tidak ada nama kimia, tulis "tidak tercantum".
4. Dengan tabel ion (subbab 15.3), tuliskan rumus kimia setiap zat. Periksa: apakah muatan totalnya nol?
5. Tuliskan nama IUPAC yang tepat, termasuk angka Romawi atau awalan hidrat bila perlu.
6. Kelompokkan setiap zat: senyawa ion, kovalen, asam, basa, garam, hidrat, atau campuran.
7. Catat pictogram bahaya atau kalimat peringatan pada label.
8. Bandingkan hasil dengan kelompok lain dan diskusikan perbedaannya.

Tabel hasil investigasi label

Produk (nama dagang)	Nama kimia di label	Rumus kimia	Nama IUPAC	Jenis zat	Peringatan/piktogram
Cuka dapur					
Soda kue					
Garam beryodium					
Kapur sirih					
Pemutih pakaian					
Terusi					
Pasta gigi berfluorida					
Tawas					

Grafik

Buat diagram batang jumlah produk menurut jenis zat (ion, kovalen, asam, basa, garam, hidrat) dari data seluruh kelas.

Analisis

1. Produk mana yang labelnya sudah mencantumkan nama kimia, dan mana yang hanya memakai nama dagang?

Kunci: Umumnya cuka (asam asetat), soda kue (natrium bikarbonat), garam beryodium (kalium iodat), pemutih (natrium hipoklorit), dan pasta gigi (natrium fluorida) mencantumkan nama kimia. Kapur sirih, tawas, dan terusi sering hanya memakai nama dagang.

2. Kelompokkan zat temuanmu menjadi senyawa ion, senyawa kovalen, asam, basa, garam, dan hidrat. Apa ciri rumus setiap kelompok?

Kunci: Senyawa ion/garam: NaHCO_3 , NaCl , KIO_3 , NaClO , NaF (diawali logam). Basa: Ca(OH)_2 (logam + hidroksida). Asam: CH_3COOH (melepas H^+ dalam air). Hidrat: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (ada $\cdot n\text{H}_2\text{O}$). Kovalen: asam asetat (tersusun atas nonlogam saja).

3. Mengapa tembaga(II) sulfat memakai angka Romawi, sedangkan natrium hipoklorit tidak?

Kunci: Tembaga bisa membentuk Cu^+ dan Cu^{2+} , jadi muatannya harus disebut (II). Natrium hanya membentuk Na^+ , sehingga namanya sudah jelas tanpa angka Romawi.

4. Soda kue (NaHCO_3) dan soda api (NaOH) sama-sama mengandung natrium. Jelaskan perbedaannya pada tingkat ion dan akibatnya bagi keselamatan.

Kunci: Soda kue tersusun atas Na^+ dan HCO_3^- yang bersifat basa lemah dan aman untuk makanan. Soda api tersusun atas Na^+ dan OH^- dalam jumlah besar, basa kuat yang merusak protein dan lemak kulit sehingga korosif. Yang menentukan sifat bahaya adalah anionnya.

5. Tentukan bilangan oksidasi Cl dalam NaClO dan I dalam KIO_3 .

Kunci: NaClO : $(+1) + x + (-2) = 0 \rightarrow \text{Cl} = +1$. KIO_3 : $(+1) + x + 3(-2) = 0 \rightarrow \text{I} = +5$.

6. Label pemutih menulis "jangan dicampur dengan pembersih lain". Jelaskan alasannya dan sarankan cara aman memakainya.

Kunci: Pemutih (natrium hipoklorit) yang bercampur pembersih berisi asam atau amonia melepaskan gas beracun (klorin atau kloramin). Cara aman: pakai satu produk saja, encerkan sesuai petunjuk dengan air, gunakan di ruangan berventilasi, pakai sarung tangan, dan bilas bersih sebelum memakai produk lain.

7. Mengapa nama IUPAC penting bagi pembeli, pedagang, dan petugas BPOM?

Kunci: Nama dagang berbeda antardaerah dan bisa mirip (soda kue vs soda api), sedangkan nama IUPAC hanya menunjuk satu zat. Pembeli bisa memilih produk yang aman, pedagang tidak salah memberi barang, dan BPOM dapat mengawasi kadar zat serta melarang zat berbahaya seperti boraks dan formalin pada pangan.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan kelompokmu tentang hubungan nama dagang, rumus kimia, dan nama IUPAC, serta mengapa membaca label penting bagi keselamatan.

💬 Refleksi

- Nama dagang yang paling mengejutkan bagiku ternyata adalah ...
- Mulai sekarang, sebelum memakai produk pembersih, aku akan ...
- Aku masih penasaran tentang ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Mesin Nama** di subbab 15.3: mode Rakit untuk menyusun NaClO (pemutih), KIO_3 (garam beryodium), dan CuSO_4 (terusi), lalu mode Tebak untuk berlatih. Ulangi ion poliatom dengan **Kartu Memori Ion Poliatom** (subbab 15.3) dan cocokkan hasilmu dengan tabel **nama dagang ↔ IUPAC** di subbab 15.6.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b15-6

 Contoh data satu kelompok

Produk (nama dagang)	Nama kimia di label	Rumus kimia	Nama IUPAC	Jenis zat	Peringatan/piktogram
Cuka dapur	asam asetat 25%	CH_3COOH	asam asetat (asam etanoat)	asam	encerkan sebelum dipakai
Soda kue	natrium bikarbonat	$NaHCO_3$	natrium hidrogen karbonat	garam	—
Garam beriodium	garam, kalium iodat	$NaCl + KIO_3$	natrium klorida + kalium iodat	garam (campuran)	—
Kapur sirih	tidak tercantum	$Ca(OH)_2$	kalsium hidroksida	basa	hindarkan dari mata
Pemutih pakaian	natrium hipoklorit $\pm 5\%$	$NaClO$	natrium hipoklorit	garam (larutan)	korosif; jangan dicampur
Terusi	tidak tercantum	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	tembaga(II) sulfat pentahidrat	hidrat	berbahaya bila tertelan; bahaya lingkungan
Pasta gigi berfluorida	natrium fluorida	NaF	natrium fluorida	garam	jangan ditelan
Tawas	tidak tercantum	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	kalium aluminium sulfat dodekahidrat	hidrat	—

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Ketepatan rumus kimia	Semua rumus benar, muatan total nol, kurung tepat	Satu atau dua rumus keliru	Tiga atau empat rumus keliru	Sebagian besar rumus keliru
Ketepatan nama IUPAC	Semua nama benar, termasuk angka Romawi dan awalan hidrat	Satu atau dua kesalahan kecil	Sering lupa angka Romawi atau awalan	Sebagian besar nama keliru
Analisis dan penjelasan	Menjelaskan perbedaan zat pada tingkat ion dan kaitannya dengan keselamatan secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Sikap keselamatan dan kerja sama	Mematuhi semua aturan keselamatan, semua anggota berperan	Mematuhi aturan, sebagian anggota kurang aktif	Perlu diingatkan soal keselamatan	Melanggar aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Kumpulkan foto label sehari sebelumnya agar bahan berbahaya tidak perlu dibawa ke sekolah. Untuk kelas yang lebih lambat, beri daftar pilihan nama IUPAC yang tinggal dicocokkan. Untuk siswa yang cepat, minta mereka menghitung Mr setiap zat (jembatan ke Bab 17) atau mencari zat yang dilarang BPOM untuk pangan (boraks, formalin, rhodamin B) beserta rumusnya. Tekankan bahwa NaCl dan garam lain tersusun atas ion, bukan molekul.

Chemipedia • LKPD Bab 15 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Timbangan Lavoisier di Dapur: Benarkah Massa Kekal?

Bab 16 · Persamaan Reaksi & Hukum Dasar Kimia

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (juga bisa untuk SMP kelas IX)

2 × 40 menit

Model: POE (Predict–Observe–Explain) dengan inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membandingkan perubahan massa reaksi soda kue dan cuka pada sistem terbuka dan sistem tertutup.
- Peserta didik dapat menuliskan persamaan reaksi setara lengkap dengan wujud zat.
- Peserta didik dapat menjelaskan hukum kekekalan massa pada tingkat partikel.
- Peserta didik dapat mengidentifikasi sumber galat, termasuk gaya apung udara pada balon.

Cerita pemantik



Malam itu listrik padam. Laras menimbang lilin sebelum dan sesudah menyala satu jam: massanya turun dari 50,0 g menjadi 44,0 g. "Lavoisier salah!" seru Bima. Esoknya Kak Tirta membawa soda kue, cuka, balon, dan botol bekas minuman bersoda. "Kita uji saja. Kalau semua gasnya kita kurung, apakah timbangan tetap turun?" Kimo berbisik, "Hati-hati, ada satu jebakan kecil yang mengapung di udara..."

Rumusan masalah

Bagaimana perubahan massa reaksi soda kue dan cuka bila dilakukan dalam sistem terbuka, sistem tertutup berbalon, dan sistem tertutup rapat? Apakah massa benar-benar dapat hilang?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis sistem (A: gelas terbuka, B: botol + balon, C: botol bersoda bertutup rapat)	Perubahan massa yang terbaca di timbangan	Takaran soda kue (± 2 g) dan cuka (50 mL), timbangan yang sama, waktu tunggu sampai buih berhenti

Alat dan bahan

- Timbangan dapur digital (ketelitian 0,1 g; bila hanya ada 1 g, gantikan takaran untuk sistem A saja)
- Cuka dapur ± 150 mL (tiga kali 50 mL)
- Soda kue (natrium hidrogen karbonat) $3 \times \frac{1}{2}$ sendok teh (± 2 g)
- 1 gelas plastik bening dan secarik kertas kecil
- 1 botol plastik bekas 600 mL dan 1 balon karet
- 1 botol bekas minuman bersoda 600 mL lengkap dengan tutupnya (dinding tebal)
- Tisu, corong dari kertas, sendok teh, gelas ukur atau gelas takar dapur
- Kacamata pelindung atau kacamata biasa

Keselamatan

Pakai kacamata selama percobaan. Takaran soda kue paling banyak $\frac{1}{2}$ sendok teh per wadah. Untuk sistem C, pakai hanya botol bekas minuman bersoda yang dindingnya tebal (dirancang menahan tekanan gas), jangan botol kaca atau botol air mineral tipis, dan jangan mengguncangnya keras-keras. Buka tutup botol perlahan sambil diarahkan menjauhi wajah. Bila cuka terciprat ke mata, bilas dengan air mengalir. Jangan mencicipi bahan atau campurannya. Buang larutan sisa ke wastafel sambil dialiri air, lalu cuci tangan.

Langkah kerja

1. Tulis prediksi kelompokmu: pada sistem A, B, dan C, apakah massa akan berkurang, tetap, atau bertambah? Berikan alasannya.
2. Sistem A: tuang 50 mL cuka ke gelas plastik. Taruh $\frac{1}{2}$ sendok teh soda kue di atas secarik kertas. Letakkan gelas dan kertas bersama-sama di timbangan, catat massa awal.
3. Tuang soda kue ke dalam cuka (kertas tetap di timbangan). Setelah buih berhenti (± 3 menit), catat massa akhir.
4. Sistem B: tuang 50 mL cuka ke botol 600 mL. Masukkan $\frac{1}{2}$ sendok teh soda kue ke balon dengan corong kertas, pasang balon di mulut botol tanpa menumpahkan isinya. Timbang (massa awal).
5. Tegakkan balon agar soda kue jatuh ke cuka. Amati balon. Setelah buih berhenti, timbang lagi (massa akhir).
6. Sistem C: tuang 50 mL cuka ke botol bekas minuman bersoda. Bungkus $\frac{1}{2}$ sendok teh soda kue dengan selembar kecil tisu. Timbang botol, tutup, dan bungkus tisu bersama-sama (massa awal).
7. Masukkan bungkus tisu ke botol dan segera tutup rapat. Tunggu sampai buih berhenti, lalu timbang (massa akhir). Buka tutup perlahan setelah selesai menimbang.
8. Hitung perubahan massa setiap sistem dan isi tabel.

Tabel pengamatan perubahan massa

Sistem	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Perubahan massa (g)	Pengamatan
A • Gelas terbuka				
B • Botol + balon				
C • Botol bertutup rapat				

Grafik

Buat diagram batang perubahan massa (g) untuk sistem A, B, dan C. Tandai garis nol sebagai "massa tetap".

Analisis

1. Sistem mana yang massanya paling banyak berkurang? Ke mana perginya massa itu?

Kunci: Sistem A. Gas karbon dioksida yang terbentuk keluar dari gelas terbuka ke udara, sehingga tidak lagi tertimbang.

2. Tuliskan persamaan reaksi setara antara soda kue (NaHCO_3) dan asam asetat dalam cuka (CH_3COOH), lengkap dengan wujud zat.

Kunci: $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$. Semua koefisien 1; jumlah setiap atom sudah sama di kedua ruas (Na 1, H 5, C 3, O 5).

3. Pada sistem C, buih terbentuk tetapi massa tidak berubah. Jelaskan pada tingkat partikel (atom dan molekul).

Kunci: Atom-atom dari soda kue dan asam asetat hanya ditata ulang menjadi natrium asetat, air, dan molekul CO_2 . Molekul CO_2 terkurung di dalam botol, jadi semua atom tetap berada di atas timbangan; jumlah atom dan massa total tidak berubah.

4. Timbangan yang teliti biasanya menunjukkan sistem B sedikit berkurang massanya. Apakah ada massa yang hilang? Jelaskan dengan gaya apung udara (hukum Archimedes).

Kunci: Tidak ada massa yang hilang. Balon yang mengembang mendesak udara di sekitarnya sehingga mendapat gaya apung ke atas sebesar berat udara yang dipindahkan ($\pm 1,2$ g per liter). Timbangan membaca gaya, sehingga angkanya turun sedikit, padahal massa sistem tetap.

5. Perbandingan massa NaHCO_3 : CO_2 adalah 84 : 44. Hitung massa CO_2 yang seharusnya terbentuk dari 2,0 g soda kue, lalu bandingkan dengan pengurangan massa sistem A. Mengapa berbeda sedikit?

Kunci: Massa CO_2 teoretis = $2,0 \times 44/84 = 1,05$ g. Pengurangan massa sistem A biasanya sedikit lebih kecil (misalnya 0,9 g) karena sebagian CO_2 larut dalam cairan, sebagian tertahan sebagai buih, dan takaran sendok tidak persis 2,0 g.

6. Mengapa sistem A tidak dapat dipakai untuk membuktikan hukum kekekalan massa?

Kunci: Karena gas dapat keluar (dan udara dapat masuk) dengan bebas, sehingga tidak semua zat hasil reaksi tertimbang. Hukum kekekalan massa hanya dapat dibuktikan langsung pada sistem tertutup.

7. Kayu yang dibakar menjadi lebih ringan, sedangkan paku yang berkarat menjadi lebih berat. Jelaskan keduanya dengan konsep sistem terbuka.

Kunci: Pada kayu, sebagian besar atomnya menjadi gas CO_2 dan uap air yang terbang ke udara, sehingga sisa abunya ringan. Pada paku, oksigen dan uap air dari udara masuk dan terikat sebagai karat, sehingga massanya bertambah. Pada keduanya, massa total kayu/besi + oksigen (+ air) = massa semua hasil reaksi.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hukum kekekalan massa berdasarkan data ketiga sistem. Sebutkan syarat agar hukum itu dapat dibuktikan dengan timbangan, dan satu sumber galat terbesar dalam percobaanmu.

💡 Refleksi

- Prediksiku yang ternyata keliru adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan "massa hilang" pada lilin atau kayu sebagai ...
- Bagian percobaan yang paling menyenangkan bagiku adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Timbangan Lavoisier: terbuka atau tertutup?** di subbab 16.3: jalankan reaksi soda kue + cuka pada sistem terbuka dan tertutup, lalu nyalakan "timbangan super teliti" untuk melihat efek gaya apung balon. Coba juga lilin dan wol besi berkarat. Setarakan persamaannya dengan **Penyetara Reaksi** di subbab 16.2 dan hitung massa gas kayu bakar dengan Rumus Hidup **Ke mana perginya massa kayu?**

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b16-3

 Contoh data satu kelompok (timbangan 0,1 g, soda kue $\pm 2,0$ g)

Sistem	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Perubahan massa (g)	Pengamatan
A • Gelas terbuka	61,6	60,7	-0,9	buih banyak, gelas terasa sedikit dingin
B • Botol + balon	79,0	78,5	-0,5	balon mengembang sebesar jeruk
C • Botol bertutup rapat	83,2	83,2	0,0	buih, botol terasa lebih keras

 Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Prediksi dan hipotesis	Prediksi untuk ketiga sistem disertai alasan berbasis partikel	Prediksi lengkap, alasan kurang tepat	Prediksi hanya untuk sebagian sistem	Tidak ada prediksi
Keterampilan menimbang dan mencatat	Menimbang semua bagian sistem (termasuk kertas/tisu), data rapi dengan satuan	Data lengkap, ada satu kekeliruan kecil	Ada bagian sistem yang lupa ditimbang	Data tidak lengkap atau tidak terbaca
Persamaan reaksi dan penjelasan partikel	Persamaan setara dengan wujud zat dan penjelasan tingkat partikel tepat	Persamaan setara, penjelasan kurang lengkap	Persamaan belum setara atau tanpa wujud zat	Tidak ada persamaan atau penjelasan
Analisis galat dan kesimpulan	Menjelaskan gaya apung dan CO_2 terlarut, kesimpulan sesuai data	Menyebut satu sumber galat dengan benar	Kesimpulan tidak didukung data	Tidak ada kesimpulan
Keselamatan dan kerja sama	Takaran dan prosedur aman dipatuhi, semua anggota berperan, area bersih	Aman, tetapi kerja didominasi sebagian anggota	Ada pelanggaran kecil (tanpa kacamata, takaran berlebih)	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor $\div$ 20) $\times$ 100.

 Catatan guru

Bila timbangan hanya teliti 1 g, sistem A tetap menunjukkan penurunan bila takaran soda kue digandakan (1 sendok teh, tetap dalam gelas terbuka), tetapi sistem C jangan ditambah takarannya. Diskusikan gaya apung secara kualitatif untuk SMP dan secara kuantitatif untuk SMA (ρ udara $\pm 1,2$ g/L $\times$ volume balon). Siswa yang cepat dapat mengulang sistem C dengan menunggu 10 menit lalu membuka tutup botol di atas timbangan: massa akan turun karena CO_2 keluar, sebuah bukti dramatis bahwa gas memang bermassa.

Satu Mol di Dapurku

Bab 17 • Konsep Mol

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (juga bisa untuk SMP kelas IX)



2 × 40 menit

Model: Inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat menghitung massa satu mol beberapa zat dari rumus kimianya.
- Peserta didik dapat menimbang dan membandingkan zat dengan jumlah mol yang sama.
- Peserta didik dapat menjelaskan mengapa jumlah mol yang sama memiliki massa dan volume yang berbeda.
- Peserta didik dapat menghitung jumlah partikel dalam sejumlah massa zat.

Cerita pemantik



Bima ingin tahu berapa banyak "satu mol" itu. "Kalau satu mol berisi 602 ribu miliar miliar partikel, pasti banyak sekali, ya? Sekarang?" tanyanya. Laras membuka buku catatannya: "Kita tidak perlu menebak. Ar dan Mr bisa memberi tahu kita massanya. Ayo kita timbang!" Kak Tirta menyiapkan timbangan dapur dan berkata, "Hari ini dapur kita jadi laboratorium."

Rumusan masalah

Berapa massa dan seberapa banyak (volume) satu mol garam, gula, air, dan soda kue? Mengapa jumlah partikel yang sama bisa tampak sangat berbeda?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis zat (garam, gula, air, soda kue)	Massa dan volume satu mol zat	Jumlah zat (selalu 1 mol), timbangan yang sama, cara menakar yang sama

Alat dan bahan

- Timbangan dapur digital (ketelitian 1 g; lebih baik 0,1 g)
- Garam dapur (NaCl) ± 60 g
- Gula pasir ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) ± 350 g
- Air ± 20 mL
- Soda kue (NaHCO_3) ± 90 g
- 4 gelas plastik bening atau mangkuk kecil
- Sendok makan dan sendok teh
- Spidol dan kertas label

Keselamatan

Semua bahan adalah bahan pangan, tetapi jangan dicicipi selama praktikum karena alat dipakai bersama. Bersihkan tumpahan gula agar lantai tidak licin dan tidak mengundang semut. Cuci tangan setelah selesai. Sisa bahan yang bersih dapat dikembalikan ke dapur.

Langkah kerja

1. Hitung Mr setiap zat dari rumusnya: NaCl, $C_{12}H_{22}O_{11}$, H_2O , dan $NaHCO_3$ (Ar H = 1, C = 12, O = 16, Na = 23, Cl = 35,5). Tulis di tabel.
2. Tulis hipotesis: zat mana yang menurutmu paling banyak tumpukannya untuk satu mol?
3. Letakkan gelas kosong di timbangan, tekan tombol nol (tara).
4. Masukkan garam sedikit demi sedikit sampai massanya sama dengan Mr garam dalam gram. Beri label "1 mol NaCl".
5. Ulangi untuk gula, air, dan soda kue di gelas terpisah.
6. Hitung berapa sendok makan setiap zat dan perkirakan volumenya dengan membaca skala gelas (bila ada) atau membandingkan tinggi tumpukan.
7. Jajarkan keempat gelas, foto, lalu hitung jumlah partikel dalam satu sendok teh garam (± 5 g).

Tabel pengamatan satu mol bahan dapur

Zat	Rumus	Mr	Massa 1 mol (g)	Banyak sendok makan	Kesan tumpukan
Garam dapur					
Gula pasir					
Air					
Soda kue					

Grafik

Buat diagram batang massa satu mol keempat zat (sumbu tegak: massa dalam gram).

Analisis

1. Zat mana yang massa satu molnya paling besar? Mengapa?

Kunci: Gula pasir (342 g), karena satu molekul sukrosa tersusun atas 45 atom sehingga jauh lebih berat daripada satu satuan NaCl, H_2O , atau $NaHCO_3$.

2. Keempat gelas berisi jumlah partikel yang sama. Jelaskan dengan bahasamu mengapa tumpukannya berbeda.

Kunci: Jumlah partikelnya sama, tetapi massa (dan ukuran) setiap partikel berbeda. Partikel yang lebih berat membuat massa satu mol lebih besar; kerapatan zat juga memengaruhi volume tumpukan.

3. Berapa mol yang ada dalam satu sendok teh garam (± 5 g)? Berapa jumlah partikel NaCl-nya?

Kunci: $n = 5/58,5 = 0,0855$ mol; $N = 0,0855 \times 6,02 \times 10^{23} \approx 5,1 \times 10^{22}$ satuan NaCl.

4. Jika kamu mengganti gula pasir dengan glukosa ($C_6H_{12}O_6$), apakah massa satu mol menjadi lebih besar atau lebih kecil? Hitunglah.

Kunci: Lebih kecil: Mr glukosa = $6(12) + 12(1) + 6(16) = 180$ g/mol, dibanding sukrosa 342 g/mol.

5. Bandingkan hasil timbanganmu dengan Mr. Apa saja sumber perbedaan atau galatnya?

Kunci: Ketelitian timbangan (± 1 g), kristal menempel di sendok/gelas, air menguap atau menempel, gula/garam menyerap uap air dari udara.

6. Seorang pedagang berkata, "1 kg gula dan 1 kg garam itu sama banyaknya." Benarkah pernyataan itu bila yang dimaksud adalah jumlah partikel? Jelaskan.

Kunci: Tidak. $1 \text{ kg gula} = 1000/342 = 2,9 \text{ mol}$, sedangkan $1 \text{ kg garam} = 1000/58,5 = 17,1 \text{ mol}$. Garam berisi hampir 6 kali lebih banyak partikel.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan antara Mr, massa satu mol, dan jumlah partikel berdasarkan data kelompokmu.

💡 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang aku bisa membayangkan satu mol sebagai ...
- Aku masih ingin tahu tentang ...

🖥️ Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Timbangan Mol** di subbab 17.3: pilih mode "mol sama" dan "massa sama" untuk membandingkan garam, gula, air, besi, dan emas. Cocokkan Mr dengan **Molekul 3D** "Hitung atomnya, dapatkan Mr" dan Rumus Hidup **Mol dari massa**.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b17-3

📊 Contoh data satu kelompok

Zat	Rumus	Mr	Massa 1 mol (g)	Banyak sendok makan	Kesan tumpukan
Garam dapur	NaCl	58,5	59	± 3	tumpukan kecil
Gula pasir	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	342	342	± 23	hampir segelas penuh
Air	H_2O	18	18	± 1 (18 mL)	sangat sedikit
Soda kue	NaHCO_3	84	84	± 7	sedang

📏 Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Perhitungan Mr dan massa	Semua Mr dan massa benar dengan langkah lengkap	Satu kesalahan kecil	Dua atau tiga kesalahan	Sebagian besar perhitungan keliru
Keterampilan menimbang	Memakai tara, menimbang teliti, data rapi	Menimbang teliti tetapi pencatatan kurang rapi	Lupa tara atau data kurang lengkap	Tidak menimbang dengan benar
Analisis dan penjelasan partikel	Menjelaskan perbedaan dengan konsep partikel dan Mr secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, area kerja bersih	Sebagian besar anggota berperan	Kerja didominasi satu orang	Tidak bekerja sama, area kerja kotor

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Bila timbangan terbatas, setiap kelompok cukup menimbang dua zat lalu berbagi data. Untuk diferensiasi, siswa yang cepat dapat menghitung jumlah atom total (bukan satuan rumus) dalam satu mol gula. Tekankan bahwa NaCl tidak terdiri atas molekul, sehingga dipakai istilah "satuan rumus".

Chemipedia · LKPD Bab 17 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Balon Soda Kue: Siapa yang Habis Duluan?

Bab 18 · Stoikiometri Reaksi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (juga dapat untuk SMP kelas IX dengan bimbingan)

2 × 40 menit

Model: POE (predict–observe–explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat menyelidiki pengaruh massa soda kue terhadap volume gas CO_2 yang dihasilkan bila jumlah cuka dibuat tetap.
- Peserta didik dapat menentukan pereaksi pembatas dan pereaksi berlebih dari data volume balon dan sisa padatan.
- Peserta didik dapat menghitung massa soda kue yang tepat setara dengan asam asetat dalam cuka memakai perbandingan mol.
- Peserta didik dapat membandingkan volume gas terukur dengan volume teoretis dan menjelaskan penyebab perbedaannya.

Cerita pemantik



Laras ingin membuat bolu kukus yang mekar untuk ulang tahun adiknya. Resepnya menulis "1 sendok teh soda kue + 2 sendok makan cuka". Bima berseloroh, "Tambah saja soda kuenya lima sendok, pasti bolunya makin mekar!" Kak Tirta tersenyum, "Kita uji dulu dengan balon. Kalau gasnya berhenti bertambah, berarti ada bahan yang habis duluan." Kimo menambahkan, "Dan soda kue yang tidak ikut bereaksi membuat kue terasa getir seperti sabun!"

Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh massa soda kue terhadap volume gas yang dihasilkan bila volume dan kadar cuka dibuat tetap? Pada massa berapa soda kue tepat setara dengan asam asetat, dan pereaksi mana yang membatasi di setiap botol?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Massa soda kue (0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 g)	Volume gas CO_2 (dihitung dari lingkaran balon) dan ada/tidaknya sisa padatan	Volume cuka (50 mL), kadar cuka (5%), jenis botol dan balon, suhu ruang, waktu tunggu (3 menit)

Alat dan bahan

- 6 botol plastik bekas sejenis (± 600 mL), dicuci dan dikeringkan
- 6 balon karet berukuran sama (tiup lalu kempiskan sekali agar lentur)
- Soda kue (natrium bikarbonat, NaHCO_3) ± 20 g
- Cuka dapur kadar 5% ± 300 mL (cuka 25% diencerkan dulu: 1 bagian cuka + 4 bagian air)
- Timbangan dapur digital (ketelitian 0,1 g) dan gelas takar 50 mL

- Corong dari kertas, sendok teh, meteran jahit, spidol, dan lap
- Kacamata pelindung (atau kacamata renang/kacamata biasa) untuk setiap anggota

Keselamatan

Pakai kacamata selama percobaan: cipratan cuka terasa perih di mata; bila terkena, segera bilas dengan air mengalir. Gunakan cuka dapur $\pm 5\%$ dan jangan memakai cuka biang tanpa diencerkan. Pakai botol plastik, bukan botol kaca, dan jangan menutup botol dengan tutup ulir selama reaksi. Jangan menghirup atau meniup gas dari balon, dan jangan mencicipi bahan maupun campurannya karena alat dipakai bersama. Lepaskan gas dari balon di dekat jendela. Buang cairan sisa ke wastafel sambil dialiri banyak air, keringkan lantai yang basah, lalu cuci tangan.

Langkah kerja

1. Tuliskan prediksimu: bagaimana bentuk grafik volume gas terhadap massa soda kue? Apakah akan terus naik?
2. Beri label botol A–F. Masukkan 50 mL cuka 5% ke setiap botol memakai gelas takar.
3. Timbang soda kue 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; dan 5,0 g di atas kertas (pakai tombol tara). Dengan corong kertas, masukkan setiap takaran ke balon yang berbeda.
4. Pasang mulut balon A ke mulut botol A tanpa menumpahkan soda kue. Ulangi untuk semua botol sehingga keenam balon terkulai di samping botolnya.
5. Tegakkan semua balon hampir bersamaan agar soda kue jatuh ke cuka. Goyangkan botol perlahan dan tunggu 3 menit sampai gelembung berhenti.
6. Ukur lingkaran balon di bagian terlebar dengan meteran jahit. Hitung perkiraan volume gas: $V \approx \frac{C^3}{6\pi^2}$ (C dalam cm, V dalam mL).
7. Amati dasar setiap botol: apakah masih ada serbuk putih? Tambahkan satu sendok makan cuka baru ke botol yang berserbuk dan catat apakah muncul gelembung lagi.
8. Catat semua data di tabel, lalu buat grafik volume gas terhadap massa soda kue.

Tabel pengamatan balon soda kue (cuka 50 mL, kadar 5%)

Botol	Massa soda kue (g)	Mol NaHCO_3	Lingkar balon (cm)	Volume gas (mL)	Sisa serbuk di dasar? (ya/tidak)
A					
B					
C					
D					
E					
F					

Grafik

Buat grafik volume gas (sumbu tegak) terhadap massa soda kue (sumbu datar). Tarik dua garis lurus: garis naik melalui titik A–D dan garis datar melalui titik E–F. Titik potong kedua garis menunjukkan massa soda kue yang tepat setara dengan asam asetat.

Analisis

1. Bagaimana ukuran balon berubah dari botol A sampai F? Mulai botol mana balon berhenti membesar?

Kunci: Balon makin besar dari botol A (± 105 mL) sampai D (± 690 mL), lalu hampir sama besar di botol E dan F (± 800 mL). Balon berhenti membesar setelah sekitar 3,5 g soda kue.

2. Tuliskan persamaan reaksi setara antara asam asetat (CH_3COOH) dan soda kue (NaHCO_3).

Kunci: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$; perbandingan molnya 1 : 1 : 1 : 1 : 1.

3. Hitung mol asam asetat dalam 50 mL cuka 5% (anggap 5 g asam asetat per 100 mL; Mr 60). Berapa gram soda kue (Mr 84) yang tepat habis bereaksi dengannya?

Kunci: Massa asam asetat = $5/100 \times 50 = 2,5$ g $\rightarrow n = 2,5/60 = 0,0417$ mol. Soda kue yang setara = $0,0417 \times 84 = 3,5$ g.

4. Tentukan pereaksi pembatas di botol A–D dan di botol E–F. Bukti pengamatan apa yang mendukung jawabanmu?

Kunci: Botol A–D: soda kue pembatas (mol $\text{NaHCO}_3 < 0,0417$ mol); tidak ada sisa serbuk. Botol E–F: asam asetat pembatas; masih ada serbuk putih di dasar, dan saat ditambah cuka baru muncul gelembung lagi.

5. Hitung volume CO_2 teoretis di botol C pada suhu kamar (1 mol gas ≈ 24 L), lalu hitung "rendemen gas" = volume terukur $\div$ volume teoretis $\times 100\%$.

Kunci: $n \text{ NaHCO}_3 = 2,0/84 = 0,0238$ mol $\rightarrow V$ teoretis = $0,0238 \times 24 \text{ L} = 0,571 \text{ L} = 571 \text{ mL}$. Dengan contoh data 456 mL, rendemen gas = $456/571 \times 100\% \approx 80\%$.

6. Sebutkan minimal tiga alasan mengapa volume gas terukur lebih kecil daripada volume teoretis.

Kunci: Sebagian CO_2 larut dalam cairan; balon yang elastis menekan gas sehingga volumenya lebih kecil; ada gas yang lolos sebelum balon terpasang rapat; balon tidak berbentuk bola sempurna; pembacaan lingkaran balon kurang teliti; soda kue sudah menyerap lembap.

7. Jelaskan pada tingkat partikel mengapa menambah soda kue setelah titik setara tidak menambah gas.

Kunci: Satu molekul asam asetat bereaksi dengan satu ion bikarbonat menghasilkan satu molekul CO_2 . Setelah semua molekul asam asetat terpakai, ion bikarbonat tambahan tidak punya pasangan untuk bereaksi, sehingga tetap sebagai padatan dan tidak menghasilkan gas.

8. Kembali ke bolu Laras: mengapa resep kue harus menakar soda kue dan bahan asam dengan perbandingan tertentu? Apa akibatnya bila soda kue berlebih?

Kunci: Perbandingan yang tepat membuat semua soda kue bereaksi sehingga gas yang dihasilkan maksimal tanpa sisa. Soda kue berlebih tidak menambah kemekaran, tetapi meninggalkan rasa getir seperti sabun dan warna kekuningan pada kue.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan massa soda kue dengan volume gas, massa soda kue yang tepat setara dengan 50 mL cuka 5%, dan cara mengenali pereaksi pembatas dari data percobaan.

Refleksi

- Bagian percobaan yang paling membuatku penasaran adalah ...

- Sekarang aku memahami pereaksi pembatas sebagai ...
- Takaran bahan di dapur rumahku yang ingin kuhitung ulang adalah ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Reaktor Balon: soda kue + cuka** di subbab 18.5: dengan cuka 50 mL berkadar 5%, geser massa soda kue dari 0 sampai 8 g dan catat volume CO₂ teoretis setiap 0,5 g. Bandingkan titik patah grafiknya dengan data kelompokmu. Lanjutkan dengan Lab Mini **Pabrik Martabak** (mode molekul) dan Grafik Hidup **Besi + belerang** di subbab 18.3 untuk melihat pereaksi pembatas pada tingkat partikel.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b18-3

Contoh data satu kelompok (cuka 50 mL, 5%, suhu ruang ±28 °C)

Botol	Massa soda kue (g)	Mol NaHCO ₃	Lingkar balon (cm)	Volume gas (mL)	Sisa serbuk di dasar? (ya/tidak)
A	0,5	0,0060	18,4	105	tidak
B	1,0	0,0119	23,6	222	tidak
C	2,0	0,0238	30,0	456	tidak
D	3,0	0,0357	34,4	687	tidak
E	4,0	0,0476	36,2	801	ya, sedikit
F	5,0	0,0595	36,3	808	ya, banyak

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Prediksi dan perencanaan	Prediksi bentuk grafik disertai alasan; variabel bebas, terikat, dan kontrol teridentifikasi lengkap	Prediksi dan variabel benar tetapi alasan kurang lengkap	Prediksi tanpa alasan atau variabel kurang tepat	Tidak membuat prediksi
Pengukuran dan pencatatan data	Takaran tepat (pakai tara), lingkaran balon diukur teliti, tabel dan grafik rapi	Data lengkap dengan sedikit ketidaktepatan	Sebagian data hilang atau grafik kurang tepat	Data tidak dicatat dengan benar
Perhitungan stoikiometri	Mol asam, massa setara soda kue, dan volume teoretis dihitung benar dengan langkah lengkap	Satu kesalahan kecil	Dua atau tiga kesalahan	Sebagian besar perhitungan keliru
Analisis pereaksi pembatas	Menentukan pembatas di setiap botol dengan bukti pengamatan dan penjelasan tingkat partikel yang tepat	Pembatas benar tetapi penjelasan partikel kurang lengkap	Pembatas sebagian keliru	Tidak dapat menentukan pembatas
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, memakai kacamata, area kerja bersih	Sebagian besar anggota berperan dan aturan keselamatan dipatuhi	Kerja didominasi satu orang atau keselamatan kadang diabaikan	Tidak bekerja sama dan mengabaikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 20) × 100.

Catatan guru

Simpan soda kue dalam wadah tertutup; soda kue yang lembap menghasilkan gas lebih sedikit. Bila timbangan 0,1 g tidak tersedia, pakai takaran sendok dan minta siswa menimbang 10 takaran sekaligus untuk menghitung massa rata-rata. Balon kadang belum mengembang pada volume kecil (< 150 mL); untuk data yang lebih teliti, kumpulkan gas dengan cara pemindahan air ke dalam botol ukur terbalik. Diferensiasi: siswa yang cepat dapat mengulang dengan 100 mL cuka dan meramalkan titik setara barunya (7,0 g), atau membandingkan cuka 5% dan cuka 10% (hasil pengenceran cuka 25%).

Chemipedia • LKPD Bab 18 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Kaleng Ajaib: Adu Nilai Kalor Lilin, Spiritus, dan Minyak Sawit

Bab 19 • Termokimia

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (juga cocok untuk SMP kelas IX sebagai pengayaan)

2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict–observe–explain)

Nama _____ Kelas _____ Kelompok _____ Tanggal _____

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merakit kalorimeter kaleng sederhana untuk mengukur kalor yang diserap air.
- Peserta didik dapat menghitung kalor dengan $q = mc\Delta T$ dan nilai kalor bahan bakar dalam kJ/g.
- Peserta didik dapat membandingkan nilai kalor terukur dengan nilai literatur dan menjelaskan sumber galatnya.
- Peserta didik dapat mengaitkan nilai kalor dengan pemilihan bahan bakar di rumah tangga dan industri Indonesia.

Cerita pemantik



Malam itu di Ranu Kumbolo, kompor portabel Kak Tirta kehabisan gas. Bima menawarkan lilin cadangan, Laras menunjuk lampu spiritus, sedangkan Kimo datang membawa botol minyak goreng sawit. "Mana yang paling hemat untuk memanaskan air teh?" tanya Bima. Laras membuka buku catatannya: "Yang penting bukan besar kecilnya api, tetapi berapa kilojoule yang keluar dari setiap gram bahan bakar." Kak Tirta tersenyum, "Ayo kita ukur dengan kaleng bekas!"

? Rumusan masalah

Bahan bakar mana (lilin, spiritus, atau minyak goreng sawit) yang memberikan kalor paling banyak per gram, dan mengapa nilai terukurnya lebih kecil daripada nilai literatur?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis bahan bakar (lilin parafin, spiritus, minyak goreng sawit)	Kenaikan suhu air dan massa bahan bakar yang terbakar, lalu nilai kalor (kJ/g)	Massa air (100 g), kaleng yang sama, jarak nyala ke dasar kaleng (± 2 cm), target kenaikan suhu (20 °C), suhu awal air

Alat dan bahan

- Kaleng minuman aluminium bekas (dibersihkan), dilubangi dua di dekat bibir untuk batang penggantung
- Statif dan klem, atau dua tumpuk batu bata dengan batang besi untuk menggantung kaleng
- Termometer dapur atau termometer digital 0–100 °C (bukan termometer raksa)
- Timbangan dapur digital ketelitian 0,01 g (atau 0,1 g)
- Gelas ukur 100 mL dan air keran 100 mL untuk setiap percobaan
- Lilin kecil di atas tutup kaleng, lampu spiritus kecil, dan pelita minyak goreng (botol kaca kecil, sumbu kain katun, minyak goreng sawit)

- Korek api, kain lap basah, ember kecil berisi air, sarung tangan kain tebal atau penjepit
- Stopwatch HP, alat tulis, kertas grafik

⚠ Keselamatan

Praktikum ini memakai api, jadi wajib diawasi guru atau orang dewasa. Ikat rambut panjang, gulung lengan baju, dan jauhkan buku, tisu, serta botol spiritus cadangan minimal 1 meter dari api. Bekerjalah di meja tahan panas di ruang berventilasi baik, jauh dari tirai. Jangan pernah menambah spiritus ke lampu yang masih menyala atau masih panas. Siapkan kain basah dan ember air; bila api membesar, tutup dengan kain basah. Kaleng dan alasnya sangat panas: pegang dengan sarung tangan tebal atau penjepit. Jangan menghirup asap jelaga dan jangan mencicipi bahan apa pun. Setelah selesai, padamkan semua api, biarkan alat dingin, simpan sisa minyak dalam wadah tertutup (jangan dibuang ke wastafel), dan cuci tangan.

📋 Langkah kerja

1. Tulis prediksimu: urutkan ketiga bahan bakar dari nilai kalor terbesar sampai terkecil, beserta alasannya.
2. Ukur 100 mL air keran (= 100 g) dengan gelas ukur, tuang ke kaleng, lalu gantung kaleng pada statif sehingga dasarnya ± 2 cm di atas sumbu.
3. Aduk air perlahan dengan termometer dan catat suhu awalnya.
4. Timbang lilin beserta alasnya (massa awal) dengan ketelitian 0,01 g.
5. Nyalakan lilin, letakkan di bawah kaleng, mulai stopwatch, dan aduk air perlahan.
6. Saat suhu air tepat naik 20 °C, padamkan lilin dengan cara ditutup (jangan ditiup ke arah teman), lalu catat suhu tertinggi.
7. Timbang kembali lilin beserta alasnya (massa akhir) setelah agak dingin.
8. Ganti air dengan 100 g air baru bersuhu awal sama, bersihkan jelaga di dasar kaleng, lalu ulangi langkah 3–7 untuk lampu spiritus dan pelita minyak goreng.
9. Hitung $q = m \times 4,18 \times \Delta T$, massa bahan bakar yang terbakar, dan nilai kalor (kJ/g) setiap bahan bakar.

📄 Data kalorimeter kaleng

Bahan bakar	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Massa terbakar (g)	T awal air (°C)	T akhir air (°C)	q air (kJ)	Nilai kalor (kJ/g)
Lilin parafin							
Spirit							
Minyak goreng sawit							

📊 Grafik

Buat diagram batang berdampingan: nilai kalor terukur dan nilai literatur (lilin ± 46 , spiritus ± 30 , minyak goreng sawit ± 39 kJ/g) untuk setiap bahan bakar.

🧠 Analisis

1. Bahan bakar mana yang nilai kalor terukurnya paling besar? Apakah sesuai dengan prediksimu?

Kunci: Biasanya lilin (± 16 kJ/g terukur), disusul minyak goreng (± 15 kJ/g) dan spiritus (± 10 kJ/g). Urutan literatur: lilin $\pm 46 >$ minyak sawit $\pm 39 >$ spiritus ± 30 kJ/g.

2. Hitung efisiensi setiap percobaan ($\text{nilai terukur} \div \text{nilai literatur} \times 100\%$). Mengapa semuanya jauh di bawah 100%?

Kunci: Efisiensinya $\pm 30\text{--}40\%$. Sebagian besar kalor memanaskan udara di sekitar nyala, sebagian diserap kaleng dan termometer, sebagian hilang karena pembakaran tidak sempurna (jelaga dan CO), dan air juga melepas kalor ke udara saat suhunya naik.

3. Mengapa dasar kaleng menjadi hitam pada lilin dan minyak goreng, tetapi hampir bersih pada spiritus? Tuliskan contoh persamaan pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan karbon.

Kunci: Lilin dan minyak goreng adalah molekul besar yang kaya karbon, sehingga oksigen di sekitar nyala tidak cukup untuk membakar semuanya; sebagian karbon keluar sebagai jelaga, misalnya $\text{C}_{25}\text{H}_{52} + 13 \text{O}_2 \longrightarrow 25 \text{C} + 26 \text{H}_2\text{O}$. Etanol bermolekul kecil dan sudah mengandung oksigen, sehingga terbakar lebih sempurna.

4. Jelaskan di tingkat partikel mengapa pembakaran melepaskan kalor (gunakan istilah memutus dan membentuk ikatan).

Kunci: Memutus ikatan C–H, C–C, dan O=O menyerap energi, sedangkan membentuk ikatan C=O dalam CO_2 dan O–H dalam H_2O melepas energi yang lebih besar. Selisihnya keluar sebagai kalor dan cahaya.

5. Sarankan dua perubahan rancangan alat agar hasilnya lebih mendekati nilai literatur.

Kunci: Contoh: memasang perisai angin di sekitar nyala dan kaleng, menutup kaleng, memakai kaleng tembaga yang tipis, mendekatkan nyala ke dasar kaleng, mengaduk air terus-menerus, atau memperhitungkan kalor yang diserap kaleng.

6. Nilai kalor spiritus lebih kecil daripada minyak goreng, tetapi spiritus dipakai di laboratorium. Berikan dua alasannya.

Kunci: Spiritus terbakar bersih (hampir tanpa jelaga), nyalanya stabil dan mudah diatur, mudah dipadamkan dengan tutup, dan tidak meninggalkan kotoran pada alat gelas.

7. Indonesia memakai biodiesel B35 dari minyak sawit. Berdasarkan datamu dan nilai literatur, bagaimana nilai kalor minyak sawit dibandingkan solar ($\pm 45 \text{ kJ/g}$)?

Kunci: Nilai kalor minyak sawit atau biodiesel ($\pm 39\text{--}40 \text{ kJ/g}$) sedikit lebih kecil daripada solar ($\pm 45 \text{ kJ/g}$) karena molekulnya sudah mengandung oksigen. Untuk energi yang sama dibutuhkan sedikit lebih banyak biodiesel, tetapi bahan bakunya terbarukan.

✓ Kesimpulan

Tuliskan urutan nilai kalor ketiga bahan bakar berdasarkan datamu, bandingkan dengan nilai literatur, dan jelaskan faktor utama yang membuat hasil percobaan lebih kecil.

💬 Refleksi

- Bagian percobaan yang paling seru bagiku adalah ...
- Sekarang aku paham bahwa api yang besar belum tentu berarti ...
- Di rumah, aku bisa menghemat bahan bakar dengan cara ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Kalorimeter Kaleng: adu nilai kalor** di subbab 19.6. Pilih lilin, spiritus, butana, biodiesel sawit, dan kayu; atur 100 g air dan target kenaikan 20°C ; nyalakan dan matikan *perisai angin* untuk melihat

pengaruh kebocoran kalor. Bandingkan dengan Rumus Hidup **Nilai kalor bahan bakar** dan Penyetara pembakaran di subbab yang sama.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b19-6

Contoh data satu kelompok (100 g air, target naik 20 °C)

Bahan bakar	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Massa terbakar (g)	T awal air (°C)	T akhir air (°C)	q air (kJ)	Nilai kalor (kJ/g)
Lilin parafin	18,46	17,94	0,52	27,0	47,0	8,36	16,1
Spiritus	102,35	101,50	0,85	27,0	47,0	8,36	9,8
Minyak goreng sawit	64,20	63,65	0,55	27,0	47,0	8,36	15,2

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Perencanaan dan keselamatan	Alat dirakit rapi, semua aturan keselamatan api dipatuhi, area kerja bersih	Alat dirakit benar dengan satu kelalaian kecil	Perlu diingatkan guru beberapa kali	Mengabaikan aturan keselamatan
Pengambilan data	Massa dan suhu dicatat teliti dengan satuan dan ketelitian yang tepat	Data lengkap tetapi ada satu pencatatan kurang teliti	Sebagian data hilang atau tanpa satuan	Data tidak dapat dipakai
Perhitungan	q, massa terbakar, nilai kalor, dan efisiensi benar dengan langkah lengkap	Satu kesalahan kecil (misalnya pembulatan atau satuan)	Dua atau tiga kesalahan	Sebagian besar perhitungan keliru
Analisis dan penjelasan partikel	Menjelaskan galat dan pembakaran dengan konsep ikatan secara tepat dan mengaitkannya dengan konteks Indonesia	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Bila waktu terbatas, bagi kelas sehingga setiap kelompok menguji satu bahan bakar, lalu data digabung. Pelita minyak goreng dibuat dari botol kaca kecil berisi 2–3 cm minyak dengan sumbu kain katun yang dijepit kawat. Isi lampu spiritus sebelum pelajaran dimulai. Untuk diferensiasi, siswa yang cepat dapat menghitung ΔH_c etanol (kJ/mol) dari datanya dan membandingkannya dengan -1.367 kJ/mol; siswa yang membutuhkan dukungan dapat mencoba Lab Mini lebih dulu untuk memahami alur perhitungan.

Koin, Kamar, dan Entropi: Mengapa yang Acak Selalu Menang?

Bab 20 · Entropi & Energi Bebas Gibbs

Praktikum kelompok (simulasi peluang, penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (juga bisa untuk SMP kelas IX sebagai pengayaan)

2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membedakan makrostate dan mikrostate melalui percobaan melempar koin.
- Peserta didik dapat menghitung banyaknya mikrostate W setiap makrostate dan membandingkannya dengan frekuensi hasil percobaan.
- Peserta didik dapat menjelaskan mengapa keadaan acak jauh lebih mungkin daripada keadaan teratur ketika jumlah partikel bertambah.
- Peserta didik dapat menghubungkan hasil percobaan dengan rumus entropi Boltzmann $S = k \ln W$ dan proses spontan seperti penyebaran gas.

Cerita pemantik



Bima mengeluh, "Kenapa kamarku selalu berantakan sendiri, tetapi tidak pernah rapi sendiri?" Laras mengeluarkan segenggam uang logam dari dompetnya. "Anggap setiap koin satu partikel gas. Sisi gambar berarti partikel ada di ruang kiri, sisi angka berarti di ruang kanan. Kalau 'semua di kiri' itu kamar rapi, seberapa sering kamar rapi muncul dengan sendirinya?" Kak Tirta tersenyum, "Ayo kita buktikan dengan data. Kimo, siapkan nampannya!"

? Rumusan masalah

Bagaimana hubungan antara banyaknya cara (mikrostate W) sebuah keadaan dengan seberapa sering keadaan itu muncul? Mengapa keadaan teratur makin jarang muncul ketika jumlah partikel bertambah?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jumlah koin yang dilempar (4 koin, lalu 10 koin)	Frekuensi setiap makrostate (banyaknya sisi gambar) dan frekuensi susunan teratur (semua gambar)	Jenis koin, cara mengocok, nampan yang sama, dan jumlah lemparan (32 kali untuk 4 koin)

Alat dan bahan

- 10 keping uang logam yang sama untuk setiap kelompok (misalnya Rp500 atau Rp1.000)
- 1 gelas plastik bekas air mineral atau kotak kecil untuk mengocok koin
- 1 nampan atau baki berpinggir supaya koin tidak menggelinding jatuh
- Lembar tabel pengamatan dan pensil
- Kalkulator atau HP untuk menghitung peluang
- Opsional: 2 dadu untuk percobaan tambahan

Keselamatan

Uang logam kotor, jadi cuci tangan dengan sabun setelah praktikum. Jangan memasukkan koin ke mulut, dan jauhkan dari anak kecil karena mudah tertelan. Kocok dan tuang koin di atas nampan berpinggir supaya tidak berceceran di lantai dan membuat orang terpeleset. Jangan melempar koin dengan keras ke arah teman.

Langkah kerja

1. Tuliskan dugaanmu: dari 32 kali melempar 4 koin, makrostate mana (0, 1, 2, 3, atau 4 gambar) yang paling sering muncul? Berapa kali kira-kira 'semua gambar' muncul?
2. Hitung secara teori banyaknya cara (W) setiap makrostate untuk 4 koin dengan mendaftar semua urutan (misalnya GGAA, GAGA, ...). Tulis di kolom W .
3. Masukkan 4 koin ke gelas, tutup dengan telapak tangan, kocok, lalu tuangkan ke nampan. Hitung banyaknya sisi gambar.
4. Ulangi sampai 32 kali. Catat setiap hasil dengan turus, lalu tuliskan frekuensinya di tabel.
5. Hitung frekuensi harapan setiap makrostate, yaitu $32 \times W/16$, dan bandingkan dengan hasilmu.
6. Ulangi percobaan dengan 10 koin sebanyak 20 kali. Catat berapa kali muncul 'semua gambar' dan berapa kali muncul 4, 5, atau 6 gambar.
7. Gabungkan data 10 koin seluruh kelas di papan tulis, lalu bandingkan frekuensi 'semua gambar' dengan peluang teori $1/1024$.
8. Kerjakan versi virtual (Lab Mini Pelempar Koin Entropi) dengan 20, 50, dan 100 koin, lalu amati bentuk sebarannya.

Tabel pengamatan 4 koin (32 lemparan)

Banyak gambar (partikel di kiri)	Banyak cara W (teori)	Peluang teori $W/16$	Frekuensi teramati	Frekuensi harapan $32 \times W/16$
0				
1				
2				
3				
4				

Grafik

Buat diagram batang frekuensi teramati untuk 0–4 gambar, lalu tandai frekuensi harapan dengan titik di atas setiap batang. Untuk data 10 koin seluruh kelas, buat diagram batang kedua dan bandingkan bentuknya.

Analisis

1. Makrostate mana yang paling sering muncul pada percobaan 4 koin? Hubungkan jawabanmu dengan nilai W .

Kunci: Makrostate 2 gambar–2 angka, karena W -nya paling besar (6 dari 16 susunan), dibanding 4 untuk 1 atau 3 gambar dan 1 untuk 0 atau 4 gambar.

2. Bandingkan frekuensi teramati dengan frekuensi harapan. Mengapa hasilnya tidak persis sama, dan bagaimana cara membuatnya lebih dekat?

Kunci: Hasil percobaan acak selalu berfluktuasi, dan 32 lemparan masih sedikit. Makin banyak lemparan (atau bila data seluruh kelas digabung), frekuensi relatif makin mendekati peluang teori $W/16$.

3. Berapa peluang teori 'semua gambar' untuk 10 koin? Berapa kali susunan itu muncul dalam data gabungan kelasmu?

Kunci: Peluangnya $1/2^{10} = 1/1024 \approx 0,001$. Dengan misalnya 8 kelompok $\times$ 20 lemparan = 160 lemparan, harapannya hanya 0,16 kali, jadi kemungkinan besar tidak muncul sama sekali.

4. Jika koin diganti 100 partikel gas, berapa peluang semua partikel berada di ruang kiri? Apa artinya bagi 1 mol gas (6×10^{23} partikel)?

Kunci: $1/2^{100} \approx 8 \times 10^{-31}$. Untuk 1 mol gas peluangnya $1/2$ pangkat 6×10^{23} , sangat-sangat kecil: gas yang sudah menyebar praktis tidak pernah berkumpul kembali sendiri. Itulah sebabnya penyebaran gas adalah proses spontan satu arah.

5. Gunakan $S = k \ln W$. Untuk 4 koin, makrostate mana yang entropinya paling besar? Hitung S/k untuk makrostate itu dan untuk makrostate 'semua gambar'.

Kunci: Makrostate 2 gambar: $S/k = \ln 6 = 1,79$. Semua gambar: $S/k = \ln 1 = 0$. Makrostate yang paling mungkin adalah makrostate dengan entropi terbesar.

6. Jelaskan dengan bahasamu mengapa wangi parfum menyebar ke seluruh kamar tetapi tidak pernah berkumpul kembali ke dalam botolnya.

Kunci: Molekul parfum bergerak acak. Keadaan 'tersebar di seluruh kamar' punya jumlah mikrostate jauh lebih besar daripada 'berkumpul di botol', sehingga entropi naik dan prosesnya spontan. Kembali ke botol berarti entropi turun drastis, dengan peluang yang praktis nol.

7. Kembali ke kamar Bima: mengapa kamar mudah berantakan sendiri tetapi tidak pernah rapi sendiri? Apa yang harus 'dibayar' Bima untuk merapikannya?

Kunci: Susunan berantakan jauh lebih banyak daripada susunan rapi, sehingga perubahan acak hampir selalu menuju berantakan (entropi naik). Untuk merapikan, Bima harus mengeluarkan energi (kerja otot dari makanan); kalor tubuhnya yang terlepas ke lingkungan menaikkan entropi semesta lebih banyak daripada keteraturan yang ia ciptakan.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan antara banyaknya cara (W), peluang suatu keadaan, entropi, dan arah proses spontan berdasarkan data kelompok dan kelasmu.

💬 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan entropi kepada adikku sebagai ...
- Aku masih penasaran tentang ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Pelempar Koin Entropi** di subbab 20.2: pilih 4 koin, tekan ⚡ Lempar 100× beberapa kali, dan bandingkan batang biru dengan garis teori $W/2^N$; lalu ulangi dengan 20, 50, dan 100 koin.

Lanjutkan dengan Lab Mini **Kotak Mikrostate** (subbab 20.2) untuk melihat partikel gas menyebar setelah sekat dibuka, dan animasi langkah "4 partikel, 2 ruang" untuk mendaftar semua mikrostate.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b20-2

Contoh data satu kelompok (4 koin, 32 lemparan)

Banyak gambar (partikel di kiri)	Banyak cara W (teori)	Peluang teori W/16	Frekuensi teramati	Frekuensi harapan $32 \times W/16$
0	1	0,0625	2	2
1	4	0,25	9	8
2	6	0,375	11	12
3	4	0,25	8	8
4	1	0,0625	2	2

Rubrik penilaian

Aspek	4 - Sangat baik	3 - Baik	2 - Cukup	1 - Perlu bimbingan
Perhitungan W dan peluang teori	Semua W, peluang, dan frekuensi harapan benar dengan cara yang jelas	Satu kesalahan kecil	Beberapa kesalahan atau cara tidak lengkap	Sebagian besar perhitungan keliru
Pengumpulan dan penyajian data	32 lemparan lengkap, turus rapi, diagram batang benar dengan titik harapan	Data lengkap tetapi diagram kurang rapi	Data kurang lengkap atau diagram keliru	Data tidak dikumpulkan dengan benar
Penjelasan konsep entropi	Menghubungkan W, $S = k \ln W$, dan proses spontan (parfum, kamar) dengan tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, koin tidak tercecer, mencuci tangan	Sebagian besar anggota berperan	Kerja didominasi satu orang	Tidak bekerja sama, area kerja berantakan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Bila uang logam terbatas, pakai tutup botol yang diberi tanda di satu sisi atau dadu (ganjil = kiri, genap = kanan). Kumpulkan data 10 koin dari seluruh kelas di papan tulis agar terlihat bahwa 'semua gambar' hampir tidak pernah muncul. Untuk diferensiasi, siswa yang cepat dapat menghitung $W = C(10, 5) = 252$ dan membandingkan peluang 5 gambar ($\pm 24,6\%$) dengan 10 gambar ($\pm 0,1\%$). Tekankan bahwa setiap urutan khusus sama peluangnya; yang berbeda adalah banyaknya urutan untuk setiap makrostate.

Balapan Tablet Effervescent: Siapa yang Paling Cepat Habis?

Bab 21 · Laju Reaksi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (versi sederhana untuk SMP kelas VIII-IX)



2 × 45 menit

Model: POE (Predict–Observe–Explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merancang percobaan yang hanya mengubah satu variabel (luas permukaan atau suhu) dan mengendalikan variabel lain.
- Peserta didik dapat mengukur waktu reaksi tablet effervescent dan menghitung laju relatif $1/t$.
- Peserta didik dapat menjelaskan pengaruh luas permukaan dan suhu terhadap laju reaksi memakai teori tumbukan dan energi aktivasi.
- Peserta didik dapat membedakan laju reaksi dengan jumlah produk yang dihasilkan.

Cerita pemantik



Laras sedang flu dan ingin segera minum vitamin C effervescent. "Lama sekali larutnya," keluhnya sambil memandangi gelas air es. Bima langsung menyambar ulekan: "Gerus saja, pasti lebih cepat! Kalau digerus, gasnya juga lebih banyak, kan?" Kak Tirta tersenyum: "Dua tebakan, satu benar dan satu keliru. Kita uji saja. Kimo, siapkan stopwatch!"

? Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh luas permukaan dan suhu air terhadap laju reaksi tablet effervescent? Apakah reaksi yang lebih cepat juga menghasilkan gas lebih banyak?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Bagian A: luas permukaan tablet (utuh, dibelah 4, digerus halus). Bagian B: suhu air ($\pm 10^\circ\text{C}$, suhu kamar, $\pm 45^\circ\text{C}$)	Waktu sampai gelembung berhenti (t), lalu laju relatif $1/t$	Jenis dan massa tablet, volume air 150 mL, jenis gelas, tanpa diaduk, cara mengamati titik akhir yang sama

Alat dan bahan

- Tablet vitamin C effervescent 6 buah (jenis dan ukuran sama)
- Gelas bening tahan panas ± 250 mL, 5 buah
- Gelas takar atau botol bertanda 150 mL
- Air es ($\pm 10^\circ\text{C}$), air keran (suhu kamar), dan air hangat dari termos ($\pm 45^\circ\text{C}$)
- Termometer dapur (atau termometer kaca dari laboratorium)
- Stopwatch HP
- Plastik klip dan sendok untuk menggerus, pisau dapur kecil dan talenan untuk membelah tablet
- Lap, nampan, dan kertas tabel

Keselamatan

Air hangat dituang oleh guru atau orang dewasa dan suhunya tidak lebih dari $\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (jangan air mendidih); pegang gelas pada bagian atas yang tidak panas. Jangan menutup gelas atau botol selama tablet bereaksi, karena tekanan gas CO_2 bisa membuat tutup terlontar. Larutan percobaan tidak boleh diminum, karena alat dipakai bersama dan beberapa tablet sekaligus memberi dosis vitamin C dan natrium berlebihan. Hati-hati saat memakai pisau; potong di atas talenan. Jangan mengucek mata dengan tangan yang terkena serbuk tablet dan cuci tangan setelah praktikum. Hati-hati dengan termometer kaca. Buang larutan ke wastafel dengan air mengalir dan lap tumpahan agar lantai tidak licin.

Langkah kerja

1. Tuliskan prediksi kelompokmu: urutan percobaan 1–5 dari yang tercepat sampai yang terlambat, serta apakah gas dari tablet serbuk lebih banyak.
2. Isi tiga gelas dengan 150 mL air keran dan ukur suhunya. Siapkan satu tablet utuh, satu tablet yang dibelah empat di atas talenan, dan satu tablet yang digerus halus di dalam plastik klip.
3. Percobaan 1–3: masukkan tablet ke gelas masing-masing bersamaan dengan menekan stopwatch. Jangan diaduk. Hentikan stopwatch saat tidak ada lagi gelembung yang naik dan tablet tidak terlihat. Catat waktunya.
4. Percobaan 4: isi gelas dengan 150 mL air es (ukur suhunya), masukkan satu tablet utuh, dan catat waktunya.
5. Percobaan 5: guru menuang 150 mL air hangat $\pm 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ukur suhunya). Masukkan satu tablet utuh dan catat waktunya.
6. Amati juga ketinggian busa dan banyaknya gelembung di setiap gelas. Bila waktu cukup, ulangi percobaan yang hasilnya meragukan.
7. Hitung laju relatif $1/t$ untuk setiap percobaan, lalu buat grafik.
8. Bandingkan hasilnya dengan Lab Mini "Tablet Effervescent & Stopwatch" dan diskusikan perbedaannya.

Tabel pengamatan balapan tablet effervescent

Percobaan	Bentuk tablet	Suhu air ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu habis t (s)	Laju relatif $1/t$ ($\times 10^{-3}\text{ s}^{-1}$)	Pengamatan gelembung
1 (utuh, air kamar)					
2 (dibelah 4, air kamar)					
3 (digerus, air kamar)					
4 (utuh, air es)					
5 (utuh, air hangat)					

Grafik

Buat (1) diagram batang laju relatif $1/t$ untuk percobaan 1, 2, dan 3 (pengaruh luas permukaan), dan (2) grafik garis $1/t$ terhadap suhu air untuk percobaan 4, 1, dan 5 (pengaruh suhu).

Analisis

1. Urutkan kelima percobaan dari yang tercepat. Apakah sesuai prediksiimu?

Kunci: Umumnya: 3 (serbuk, air kamar) > 5 (utuh, air hangat) > 2 (dibelah 4) > 1 (utuh, air kamar) > 4 (utuh, air es). Urutan percobaan 2 dan 5 bisa bertukar bergantung pada suhu air hangat.

2. Jelaskan pada tingkat partikel mengapa tablet yang digerus bereaksi paling cepat.

Kunci: Reaksi asam sitrat dan natrium bikarbonat hanya terjadi di permukaan tablet yang bersentuhan dengan air. Menggerus memperluas permukaan, sehingga lebih banyak partikel yang larut dan bertumbukan setiap detik; jumlah tumbukan efektif per detik naik.

3. Jelaskan pengaruh suhu memakai teori tumbukan dan energi aktivasi (sebutkan kurva Maxwell-Boltzmann).

Kunci: Pada suhu tinggi partikel bergerak lebih cepat, tumbukan sedikit lebih sering, dan terutama fraksi tumbukan yang energinya $\geq E_a$ bertambah besar (arsiran di kanan E_a pada kurva Maxwell-Boltzmann membesar). Pada air es kebalikannya.

4. Apakah gas yang dihasilkan tablet serbuk lebih banyak daripada tablet utuh? Jelaskan dengan konsep stoikiometri.

Kunci: Tidak. Jumlah NaHCO_3 dan asam sitrat dalam setiap tablet sama, sehingga jumlah CO_2 (dan busa total) sama; serbuk hanya melepaskannya dalam waktu lebih singkat. Laju menyatakan kecepatan, bukan jumlah.

5. Hitung berapa kali laju pada air hangat dibanding air kamar dari data kelompokmu. Apakah sesuai aturan "naik 10 °C, laju dua kali"?

Kunci: Contoh data: $52 \text{ s} \div 24 \text{ s} \approx 2,2$ kali untuk kenaikan $\pm 17^\circ\text{C}$, atau $\pm 1,6$ kali per 10°C . Aturan "dua kali" hanya perkiraan; nilainya bergantung pada E_a dan pada proses pelarutan tablet.

6. Mengapa air tidak boleh diaduk dan volumenya harus sama di setiap percobaan?

Kunci: Mengaduk menambah tumbukan dan menyingkirkan lapisan larutan jenuh di sekitar tablet sehingga mempercepat reaksi; volume yang berbeda mengubah konsentrasi dan suhu. Keduanya harus dikendalikan agar yang berpengaruh hanya variabel bebas.

7. Tuliskan persamaan reaksi setara antara natrium bikarbonat (NaHCO_3) dan asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) yang menghasilkan natrium sitrat, air, dan karbon dioksida.

Kunci: $3 \text{NaHCO}_3 + \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \longrightarrow \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2$

8. Mengapa tablet effervescent dijual dalam tabung yang tertutup rapat, kadang dengan kantong pengering?

Kunci: Uap air dari udara bisa melarutkan sedikit permukaan tablet sehingga asam sitrat dan bikarbonat bereaksi pelan-pelan di dalam kemasan; tablet menjadi lembek dan kehilangan CO_2 -nya. Kemasan rapat dan pengering menjaga reaktan tetap kering.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang pengaruh luas permukaan dan suhu terhadap laju reaksi, serta hubungan antara laju reaksi dan jumlah produk, berdasarkan data kelompokmu.

Refleksi

- Tebakan yang ternyata keliru dalam percobaan ini adalah ..., dan sekarang aku memahami bahwa ...

- Contoh di rumahku yang memakai prinsip luas permukaan atau suhu untuk mengatur laju reaksi adalah ...
- Bagian yang paling menyenangkan sekaligus masih membuatku penasaran adalah ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Tablet Effervescent & Stopwatch** di subbab 21.3: ulangi kelima percobaan secara virtual dan bandingkan kurva volume CO₂-nya. Lalu buka Lab Mini **Arena Tumbukan** (21.3) untuk melihat tumbukan efektif pada tingkat partikel, dan Grafik Hidup **Kurva Maxwell-Boltzmann** (21.3) untuk melihat arsiran di kanan E_a membesar saat suhu naik.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b21-3

Contoh data satu kelompok (air keran 28 °C)

Percobaan	Bentuk tablet	Suhu air (°C)	Waktu habis t (s)	Laju relatif 1/t ($\times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$)	Pengamatan gelembung
1 (utuh, air kamar)	<i>utuh</i>	<i>28</i>	<i>52</i>	<i>19,2</i>	<i>gelembung sedang, tablet mengecil perlahan</i>
2 (dibelah 4, air kamar)	<i>dibelah 4</i>	<i>28</i>	<i>34</i>	<i>29,4</i>	<i>gelembung lebih banyak dari keempat potongan</i>
3 (digerus, air kamar)	<i>serbuk</i>	<i>28</i>	<i>11</i>	<i>90,9</i>	<i>busa tebal, hampir langsung habis</i>
4 (utuh, air es)	<i>utuh</i>	<i>10</i>	<i>118</i>	<i>8,5</i>	<i>gelembung sedikit dan lambat</i>
5 (utuh, air hangat)	<i>utuh</i>	<i>45</i>	<i>24</i>	<i>41,7</i>	<i>gelembung deras, busa tinggi</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Merancang dan mengendalikan variabel	Hanya satu variabel diubah di setiap bagian; volume, jenis tablet, dan cara mengamati dijaga sama	Variabel kontrol hampir semua terjaga	Ada dua variabel yang berubah bersamaan pada beberapa percobaan	Percobaan tidak terkendali
Pengukuran dan pengolahan data	Waktu dan suhu tercatat lengkap, 1/t benar, grafik rapi dan berlabel	Data lengkap, ada satu kesalahan kecil hitungan atau grafik	Data kurang lengkap atau grafik tanpa label	Data tidak dapat dipakai
Penjelasan tingkat partikel	Memakai teori tumbukan, energi aktivasi, dan Maxwell-Boltzmann dengan tepat serta membedakan laju dan jumlah produk	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru (misalnya 'serbuk menghasilkan gas lebih banyak')	Tidak ada penjelasan partikel
Keselamatan dan kerja sama	Semua aturan keselamatan dipatuhi, tugas dibagi adil, area kerja bersih	Aturan dipatuhi dengan sedikit pengingat	Beberapa aturan dilanggar	Membahayakan diri atau teman

Catatan guru

Tablet effervescent di pasaran berbeda ukuran; pastikan satu kelompok memakai jenis yang sama. Bila tablet mahal, potong setiap tablet menjadi dua bagian sama besar dan pakai separuh tablet untuk setiap percobaan. Titik akhir "gelembung berhenti" agak subjektif; minta dua siswa mengamati dan mengambil rata-rata. Untuk diferensiasi: kelompok yang cepat dapat menghitung E_a kasar dengan $\ln(t_1/t_2) = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$ (contoh data memberi ± 35 kJ/mol); siswa SMP cukup mengurutkan dan menjelaskan dengan bahasa tumbukan. Alternatif bahan: soda kue + cuka dengan potongan kapur tulis utuh vs serbuk.

Kolam Kembar: Model Keseimbangan Dinamis dengan Sedotan

Bab 22 · Keseimbangan Kimia

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (juga cocok untuk pengayaan SMP kelas IX)



2 × 45 menit

Model: POE (Predict–Observe–Explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat memodelkan keseimbangan dinamis dengan memindahkan air bolak-balik antara dua gelas ukur memakai sedotan berbeda ukuran.
- Peserta didik dapat menunjukkan bahwa saat setimbang volume yang dipindahkan ke dua arah sama, walaupun volume kedua gelas tidak sama.
- Peserta didik dapat menyajikan data volume terhadap jumlah pemindahan dalam grafik dan menentukan saat tercapainya keseimbangan.
- Peserta didik dapat meramalkan dan menjelaskan respons sistem terhadap gangguan (penambahan air) dengan asas Le Chatelier.

Cerita pemantik



Bima dan Laras menunggu di depan eskalator mal. "Orang terus naik-turun, tetapi jumlah di lantai atas tetap," kata Laras. Kak Tirta tersenyum, "Reaksi kimia di botol tertutup juga begitu. Molekul terus berubah ke dua arah, tetapi jumlahnya tetap. Molekul terlalu kecil untuk dilihat, jadi mari kita buat modelnya dengan air dan sedotan!" Kimo menambahkan, "Sedotan besar = reaksi maju yang cepat, sedotan kecil = reaksi balik yang lambat. Apakah air di kedua gelas akhirnya sama banyak?"

Rumusan masalah

Bagaimana volume air di gelas A dan B berubah ketika air dipindahkan bolak-balik dengan sedotan berbeda ukuran? Apakah volume keduanya sama saat tidak berubah lagi, dan bagaimana sistem merespons bila air ditambahkan ke salah satu gelas?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jumlah pemindahan (waktu) dan ukuran sedotan; pada bagian kedua, penambahan 20 mL air ke gelas A (gangguan)	Volume air di gelas A dan di gelas B	Sedotan selalu dicelup tegak sampai dasar, gelas ukur yang sama, pemindahan dilakukan bersamaan, setiap sedotan dipegang orang yang sama

Alat dan bahan

- 2 gelas ukur plastik 100 mL (diameter dalam ± 3 cm), diberi label A dan B
- 1 sedotan besar (sedotan boba, diameter ± 1 cm) dan 1 sedotan biasa (diameter $\pm 0,5$ cm), keduanya lebih panjang daripada tinggi gelas ukur

- 100 mL air keran yang diberi 2 tetes pewarna makanan
- 1 gelas plastik berisi 20 mL air berwarna (untuk gangguan)
- Nampan atau baskom plastik sebagai alas kerja
- Lap atau tisu, kertas grafik, spidol

Keselamatan

Bekerja di atas nampan dan segera lap tumpahan agar lantai tidak licin. Jangan menyedot air dengan mulut: tutup ujung atas sedotan dengan jari. Jangan meminum air percobaan dan jangan memakai sedotan bergantian di mulut. Pewarna makanan dapat menodai pakaian, jadi gulung lengan baju atau pakai celemek. Bila memakai gelas ukur kaca, letakkan berdiri di tengah meja dan pegang dengan hati-hati. Air sisa dibuang ke wastafel; sedotan dicuci untuk dipakai ulang atau dibuang ke tempat sampah plastik.

Langkah kerja

1. Isi gelas ukur A dengan 80 mL air berwarna; gelas ukur B kosong. Tulis prediksi kelompok: setelah banyak pemindahan, apakah volume A dan B akan sama?
2. Siswa 1 memegang sedotan besar untuk memindahkan air dari A ke B. Siswa 2 memegang sedotan kecil untuk memindahkan air dari B ke A.
3. Cara memindahkan: celupkan sedotan tegak sampai menyentuh dasar gelas, tutup ujung atasnya rapat dengan jari, angkat, lalu lepaskan jari di atas gelas tujuan. Kedua siswa memindahkan bersamaan dengan aba-aba "satu, dua, pindah!". Selama B masih kosong, siswa 2 tetap mencelup walaupun belum ada air yang terambil.
4. Siswa 3 membaca volume A dan B (mata sejajar dengan dasar meniskus) setiap 2 pemindahan sampai pemindahan ke-10, lalu setiap 5 pemindahan. Siswa 4 mencatat di tabel.
5. Lanjutkan sampai pemindahan ke-25 atau sampai volume hampir tidak berubah lagi.
6. Gangguan: tuangkan 20 mL air berwarna ke gelas A dan catat volumenya. Prediksi: ke arah mana "sistem" akan bergeser?
7. Lanjutkan pemindahan sampai ke-40 dan catat volume setiap 5 pemindahan.
8. Gambar grafik volume A dan volume B terhadap jumlah pemindahan pada satu kertas grafik.

Volume air di gelas A dan B

Pemindahan ke-	Volume A (mL)	Volume B (mL)	Total A + B (mL)	Catatan
0				
2				
4				
6				
8				
10				
15				
20				
25				
25 (setelah +20 mL ke A)				
30				
35				
40				

Grafik

Buat grafik garis volume A dan volume B (sumbu tegak, mL) terhadap jumlah pemindahan (sumbu datar) pada satu bidang. Tandai saat kesetimbangan pertama tercapai dan saat gangguan diberikan.

Analisis

1. Apakah volume A dan B sama ketika tidak berubah lagi? Apa yang sebenarnya sama pada keadaan itu?

Kunci: Tidak sama: A ± 18 mL dan B ± 61 mL. Yang sama adalah volume yang dipindahkan ke setiap arah per pemindahan (laju A $\rightarrow$ B = laju B $\rightarrow$ A), sehingga volume tidak berubah lagi.

2. Mengapa sedotan besar memindahkan air makin sedikit setiap kali, seiring berkurangnya air di gelas A? Kaitkan dengan laju reaksi maju yang bergantung pada konsentrasi pereaksi.

Kunci: Sedotan dicelup sampai dasar, jadi air yang terambil setinggi permukaan air di gelas. Makin sedikit air di A, makin pendek kolom air di sedotan. Begitu pula laju reaksi maju makin kecil ketika konsentrasi pereaksi berkurang.

3. Perkirakan volume yang dipindahkan ke setiap arah pada pemindahan terakhir sebelum gangguan (petunjuk: bandingkan luas penampang sedotan dengan luas penampang gelas ukur). Apakah keduanya hampir sama?

Kunci: Luas penampang sedotan besar $\pm 0,79$ cm², sedotan kecil $\pm 0,20$ cm², gelas ukur $\pm 7,1$ cm². A $\rightarrow$ B $\approx 0,11 \times 18 \approx 2,0$ mL; B $\rightarrow$ A $\approx 0,028 \times 61 \approx 1,7$ mL. Hampir sama; selisihnya karena belum benar-benar setimbang dan karena galat baca.

4. Hitung perbandingan volume B : A pada kesetimbangan pertama dan kedua. Bandingkan nilainya. Besaran apa dalam kimia yang dimodelkan oleh perbandingan ini?

Kunci: Setimbang pertama: $61 : 18 \approx 3,4$; setimbang kedua: $76 : 22 \approx 3,5$. Keduanya cenderung menuju ± 4 (perbandingan luas penampang sedotan besar dan kecil). Nilainya hampir sama walaupun jumlah air berubah: memodelkan tetapan kesetimbangan K yang tidak berubah oleh gangguan konsentrasi.

5. Setelah 20 mL air ditambahkan ke A, ke arah mana "sistem" bergeser? Apakah sesuai dengan asas Le Chatelier?

Kunci: Volume A naik tiba-tiba, lalu pemindahan $A \rightarrow B$ lebih besar daripada $B \rightarrow A$ sehingga sistem bergeser ke arah B sampai setimbang baru. Sesuai Le Chatelier: sebagian tambahan "pereaksi" diubah menjadi "produk", dan perbandingan B : A kembali hampir sama.

6. Sebutkan dua kelemahan model ini dibandingkan kesetimbangan kimia yang sebenarnya.

Kunci: Contoh: (1) pemindahan terjadi bergiliran dan terputus-putus, bukan serentak dan terus-menerus seperti tumbukan molekul; (2) ada tetesan yang tumpah sehingga total berkurang; (3) tidak ada pengaruh suhu; (4) air tidak berubah menjadi zat baru.

7. Jika sedotan kecil diganti sedotan yang sama besar dengan sedotan A, ramalkan volume A dan B saat setimbang. Jelaskan.

Kunci: Volume A dan B sama (± 40 mL dan ± 40 mL untuk total 80 mL), karena laju kedua arah hanya sama bila tinggi air di kedua gelas sama. Ini seperti reaksi dengan $K = 1$.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang ciri-ciri kesetimbangan dinamis (laju dua arah sama, volume atau konsentrasi tetap tetapi tidak harus sama) dan tentang respons sistem terhadap gangguan, berdasarkan data kelompokmu.

💡 Refleksi

- Bagian yang paling membuatku penasaran hari ini adalah ...
- Sekarang aku membayangkan molekul CO_2 di botol minuman bersoda sebagai ...
- Satu hal yang ingin kuuji dengan model ini adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Grafik Hidup **Menuju setimbang: atur laju maju dan laju balik** di subbab 22.1: buat k maju besar dan k balik kecil (seperti sedotan besar dan kecil), lalu amati $[A]$ dan $[B]$. Coba juga Lab Mini **Suntikan NO_2 : tekan, panaskan, dinginkan!** di subbab 22.4 untuk melihat pergeseran setelah gangguan, dan Rumus Hidup **Hasil ICE** di subbab 22.6.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b22-1

 Contoh data satu kelompok (sedotan $\pm 1,0$ cm dan $\pm 0,5$ cm; gelas ukur 100 mL berdiameter dalam ± 3 cm)

Pemindahan ke-	Volume A (mL)	Volume B (mL)	Total A + B (mL)	Catatan
0	80	0	80	mulai
2	64	16	80	A cepat berkurang
4	52	28	80	-
6	42	37	79	ada tetesan tumpah
8	36	43	79	-
10	31	48	79	perubahan melambat
15	23	56	79	-
20	20	59	79	hampir tetap
25	18	61	79	setimbang ($\pm$)
25 (setelah +20 mL ke A)	38	61	99	gangguan!
30	29	69	98	A berkurang lagi
35	25	73	98	-
40	22	76	98	setimbang baru

 Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Keterampilan melakukan percobaan	Pemindahan serentak, sedotan selalu tegak sampai dasar, pembacaan meniskus tepat	Sebagian besar pemindahan benar, ada satu-dua pembacaan kurang teliti	Sering tidak serentak atau sedotan tidak sampai dasar	Prosedur tidak diikuti sehingga data tidak dapat dipakai
Penyajian data dan grafik	Tabel lengkap, grafik dua garis berlabel, titik setimbang dan gangguan ditandai	Tabel dan grafik lengkap, penandaan kurang jelas	Grafik tidak lengkap atau tanpa label sumbu	Tidak ada grafik
Analisis dan penjelasan konsep	Mengaitkan laju dua arah, K, dan Le Chatelier dengan tepat serta menyebut kelemahan model	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Sebagian penjelasan keliru (mis. menganggap setimbang = sama banyak)	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, area kerja kering dan rapi	Sebagian besar anggota berperan, sedikit tumpahan segera dibersihkan	Kerja didominasi satu orang atau tumpahan dibiarkan	Tidak bekerja sama dan tidak memperhatikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor $\div$ 16) $\times$ 100.

Catatan guru

Bila gelas ukur terbatas, pakai botol air mineral bening yang diberi skala (tempel pita kertas dan tandai setiap 10 mL dengan menakar air). Sedotan boba mudah dibeli di warung minuman; selang akuarium juga bisa dipakai. Pastikan sedotan lebih panjang daripada tinggi gelas. Model ini menyerupai reaksi orde satu $A \rightleftharpoons B$ dengan $K = (\text{luas sedotan besar}) \div (\text{luas sedotan kecil}) \approx 4$. Diferensiasi: kelompok cepat mengulang dengan dua sedotan sama besar ($K = 1$) atau menukar sedotan untuk memodelkan perubahan suhu (K berubah). Hubungkan hasilnya dengan Grafik Hidup di subbab 22.1.

Chemipedia · LKPD Bab 22 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Gelas Es Teh yang Sama Manisnya: Larutan Stok dan Seri Pengenceran

Bab 23 • Larutan & Konsentrasi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (juga bisa untuk SMP kelas IX dengan bantuan guru)

2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membuat larutan gula dengan konsentrasi tertentu (% b/v) dengan cara menambahkan air sampai volume tertentu.
- Peserta didik dapat membuat seri pengenceran 2 kali dan menghitung kadar setiap larutan dengan $M_1V_1 = M_2V_2$.
- Peserta didik dapat menghubungkan kadar larutan dengan kepekatan warna dan massa jenis larutan.
- Peserta didik dapat menjelaskan pengenceran pada tingkat partikel dan menerapkannya pada konteks penjual minuman.

Cerita pemantik



Laras memperhatikan es teh di kantin sekolah tidak pernah sama manisnya. Bima mengusulkan, "Bagaimana kalau ibu kantin membuat satu wadah besar gula cair, lalu kita bantu membuat takaran pengencerannya?" Kak Tirta tersenyum, "Ide bagus! Itulah pekerjaan kimiawan setiap hari: membuat larutan stok, lalu mengencerkannya bertahap." Kimo menyela, "Beri sedikit pewarna supaya kepekatan bisa dilihat mata!"

? Rumusan masalah

Bagaimana kadar gula, kepekatan warna, dan massa 100 mL larutan berubah pada setiap tahap pengenceran 2 kali? Apakah hasil hitungan $M_1V_1 = M_2V_2$ cocok dengan pengamatan?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Tahap pengenceran (gelas A sampai E)	Kadar gula (% b/v dan M), kepekatan warna, massa 100 mL larutan	Volume larutan yang dipindahkan (100 mL), volume akhir tiap gelas (200 mL), jenis gula, jumlah pewarna di larutan stok, suhu air

Alat dan bahan

- Gula pasir 100 g
- Air matang ±1,5 L
- Pewarna makanan cair (merah atau biru) 3 tetes
- Gelas takar dapur 500 mL berskala (atau botol air mineral yang diberi tanda 100 mL dan 200 mL)
- 5 gelas plastik bening ukuran ±250 mL, diberi label A–E
- Timbangan dapur digital (ketelitian 1 g)
- Sendok pengaduk, spidol, kertas putih, dan senter HP

Keselamatan

Semua bahan adalah bahan pangan, tetapi larutan percobaan **tidak diminum** karena peralatan dipakai bersama dan bisa tercemar. Pakai gelas plastik agar tidak pecah. Bila memakai air hangat untuk mempercepat pelarutan gula, minta bantuan orang dewasa dan pegang wadah dengan lap. Bersihkan tumpahan gula dan pewarna segera agar lantai tidak licin dan tidak mengundang semut. Buang sisa larutan ke wastafel, bilas dengan banyak air, dan cuci tangan setelah selesai.

Langkah kerja

1. Tuliskan dugaanmu: bagaimana warna dan massa 100 mL larutan akan berubah dari gelas A sampai E?
2. Larutan stok A: masukkan 100 g gula ke gelas takar, tambahkan ± 300 mL air sambil diaduk sampai larut, teteskan 3 tetes pewarna, lalu tambahkan air **sampai** tepat 500 mL. Aduk rata.
3. Gelas B: ambil 100 mL larutan A dengan gelas takar, masukkan ke gelas B, tambahkan air sampai 200 mL, aduk.
4. Ulangi cara yang sama: 100 mL dari B ke gelas C, dari C ke D, dan dari D ke E, setiap kali ditambah air sampai 200 mL.
5. Letakkan gelas takar kosong di timbangan, tekan tara, lalu timbang 100 mL setiap larutan (mulai dari E yang paling encer). Catat massanya.
6. Jajarkan kelima gelas di atas kertas putih, beri skor kepekatan warna 1–5, lalu foto dari samping dengan senter HP di belakangnya.
7. Hitung kadar gula (% b/v) dan molaritas gula setiap gelas (M_r sukrosa = 342), lalu isi tabel.

Tabel pengamatan seri pengenceran larutan gula

Gelas	Cara membuat	Kadar gula (% b/v)	Molaritas gula (M)	Massa 100 mL (g)	Kepekatan warna (1–5)
A (larutan stok)					
B					
C					
D					
E					

Grafik

Buat grafik massa 100 mL larutan (sumbu tegak) terhadap kadar gula % b/v (sumbu mendatar). Tarik garis lurus terbaik, lalu perkirakan massa 100 mL air murni dari titik potong garis dengan sumbu tegak.

Analisis

1. Bagaimana warna berubah dari gelas A ke E? Jelaskan perubahan itu pada tingkat partikel.

Kunci: Warna makin pudar karena setiap pengenceran 2 kali membuat jumlah partikel pewarna (dan gula) di setiap mililiter tinggal separuhnya. Partikelnya tidak hilang, hanya tersebar di volume yang lebih besar.

2. Hitung molaritas gula di gelas A. Lalu buktikan dengan $M_1V_1 = M_2V_2$ bahwa gelas B berkonsentrasi separuh gelas A.

Kunci: Gelas A: $100 \text{ g} \div 342 \text{ g/mol} = 0,292 \text{ mol}$ dalam $0,500 \text{ L} \rightarrow 0,585 \text{ M}$. Gelas B: $M_2 = 0,585 \times 100/200 = 0,292 \text{ M}$, tepat separuh gelas A.

3. Berapa kali gelas E lebih encer daripada gelas A? Berapa kadar gulanya dalam % b/v dan M?

Kunci: Empat kali pengenceran $2 \times \rightarrow 2^4 = 16$ kali. Kadar E = $20\% \div 16 = 1,25\% \text{ (b/v)} = 12,5 \text{ g/L} \div 342 = 0,037 \text{ M}$.

4. Massa 100 mL larutan A ternyata $\pm 108 \text{ g}$, bukan 100 g. Hitung massa jenis larutan A dan persen massa gulanya. Mengapa persen massa berbeda dari persen b/v?

Kunci: $\rho = 108 \text{ g} \div 100 \text{ mL} = 1,08 \text{ g/mL}$. 100 mL larutan A berisi 20 g gula dalam 108 g larutan $\rightarrow 18,5\%$ massa. Berbeda karena % b/v membagi massa gula dengan volume (mL), sedangkan % massa membagi dengan massa larutan, yang lebih besar daripada volumenya ($\rho > 1 \text{ g/mL}$).

5. Penjual es teh ingin membuat 40 gelas @ 250 mL dengan kadar gula 8% (b/v) dari gula cair berkadar 50% (b/v). Berapa mL gula cair yang ia perlukan?

Kunci: Total volume $40 \times 250 \text{ mL} = 10.000 \text{ mL}$. $V_1 = 8\% \times 10.000 \text{ mL} \div 50\% = 1.600 \text{ mL}$ gula cair (40 mL per gelas), sisanya teh dan es sampai 250 mL per gelas.

6. Mengapa saat membuat larutan stok air ditambahkan 'sampai 500 mL', bukan 'sebanyak 500 mL'? Apa akibatnya bila 100 g gula dicampur dengan 500 mL air?

Kunci: Konsentrasi dihitung per volume **larutan**. Gula ikut menempati ruang, sehingga 100 g gula + 500 mL air menghasilkan $\pm 560 \text{ mL}$ larutan dengan kadar hanya $\pm 18\% \text{ (b/v)}$, bukan 20%.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan faktor pengenceran dengan kadar gula, kepekatan warna, dan massa jenis larutan, serta apakah data kelompokmu mendukung $M_1V_1 = M_2V_2$.

💬 Refleksi

- Bagian yang paling membuatku penasaran hari ini adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan kepada keluargaku cara membuat minuman yang selalu sama manisnya, yaitu ...
- Hal yang masih ingin kuselidiki tentang larutan adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Seri Pengenceran Sirup** di subbab 23.4: pilih faktor $2 \times$, tekan ▶ Semua langkah, ketuk setiap gelas untuk membaca kadarnya, lalu uji matamu dengan 🔍 Gelas misteri. Cocokkan hitunganmu dengan Rumus Hidup **Pengenceran** dan **Molaritas dari massa zat**, lalu latih kecepatanmu di Adu Cepat **Pengenceran kilat**. Lab Mini **Gelas Ajaib** menunjukkan apa yang terjadi bila zat terus ditambahkan sampai jenuh.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b23-4

Contoh data satu kelompok

Gelas	Cara membuat	Kadar gula (% b/v)	Molaritas gula (M)	Massa 100 mL (g)	Kepekatan warna (1-5)
A (larutan stok)	100 g gula + air sampai 500 mL	20	0,58	108	5
B	100 mL A + air sampai 200 mL	10	0,29	104	4
C	100 mL B + air sampai 200 mL	5	0,15	102	3
D	100 mL C + air sampai 200 mL	2,5	0,073	101	2
E	100 mL D + air sampai 200 mL	1,25	0,037	100	1

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Ketelitian membuat larutan	Menakar dengan tepat, menambahkan air 'sampai' tanda, mengaduk rata di setiap tahap	Satu tahap kurang teliti	Beberapa takaran tidak tepat atau lupa mengaduk	Larutan dibuat tanpa takaran yang jelas
Perhitungan konsentrasi	Semua % b/v, M, dan faktor pengenceran benar dengan langkah lengkap	Satu kesalahan kecil	Dua atau tiga kesalahan	Sebagian besar perhitungan keliru
Analisis data dan penjelasan partikel	Menghubungkan warna, massa jenis, dan kadar dengan konsep partikel secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kerja sama, kebersihan, dan keselamatan	Semua anggota berperan, area kerja bersih, larutan tidak diminum	Sebagian besar anggota berperan, area cukup bersih	Kerja didominasi satu orang atau area kotor	Tidak bekerja sama dan mengabaikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Gelas takar dapur bisa diganti botol air mineral 600 mL yang diberi tanda 100 mL dan 200 mL (ditera sekali memakai gelas takar). Bila timbangan hanya berketelitian 1 g, selisih massa gelas D dan E dengan air murni hampir tak terlihat; timbang 200 mL agar perbedaannya lebih jelas. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat menghitung molalitas dan fraksi mol larutan A (100 g gula dalam ±440 g air → ±0,66 mol/kg). Kaitkan dengan kantin sekolah atau usaha minuman di sekitar sekolah.

Kentang yang Kehausan: Mencari Konsentrasi Isotonik

Bab 24 · Sifat Koligatif Larutan

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI–XII (Fase F); dapat dikaitkan dengan biologi

2 × 45 menit (termasuk perendaman 60 menit)

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat mengamati perubahan massa dan kelenturan irisan kentang dalam larutan garam berbagai kadar.
- Peserta didik dapat menentukan kadar larutan NaCl yang isotonik dengan cairan sel kentang dari grafik perubahan massa.
- Peserta didik dapat menjelaskan arah perpindahan air melalui membran sel dengan konsep osmosis pada tingkat partikel.
- Peserta didik dapat memperkirakan tekanan osmotik cairan sel kentang dengan rumus $\pi = MRTi$.

Cerita pemantik



Laras membantu ibunya membuat asinan sawi. Begitu sawi diremas dengan garam, daunnya layu dan air menetes keluar. "Kok sawinya jadi lemas, padahal tidak dimasak?" tanya Bima. Kak Tirta tersenyum, "Sel-sel sawi kehilangan air. Ke mana airnya pergi, dan berapa kepekatan garam yang membuat sel tidak kehilangan maupun mendapat air?" Kimo menambahkan, "Rumah sakit memakai prinsip yang sama untuk cairan infus. Ayo kita cari jawabannya dengan kentang!"

Rumusan masalah

Bagaimana kadar larutan garam memengaruhi massa dan kelenturan irisan kentang? Pada kadar NaCl berapa larutan menjadi isotonik dengan cairan sel kentang?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Kadar NaCl larutan perendam (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 g per 100 mL)	Persentase perubahan massa dan kelenturan batang kentang	Ukuran batang kentang, jenis dan asal kentang, volume larutan (200 mL), lama perendaman (60 menit), suhu ruang, cara mengeringkan sebelum ditimbang

Alat dan bahan

- 2 buah kentang ukuran sedang (kentang yang sama untuk semua batang)
- Pisau dapur, talenan, dan penggaris (pemotongan didampingi guru atau orang dewasa)
- Timbangan dapur digital (ketelitian 0,1 g; lebih baik 0,01 g)
- Garam dapur ± 20 g
- 6 gelas plastik bening 250 mL, diberi label
- Gelas takar atau botol air mineral bertanda 200 mL
- Sendok teh dan pengaduk
- Tisu dapur, spidol, dan stopwatch HP

Keselamatan

Pisau tajam: potong di atas talenan, arahkan pisau menjauhi tubuh, dan lakukan di bawah pengawasan guru atau orang dewasa. Buang bagian kentang yang berwarna hijau, dan jangan memakan kentang mentah atau kentang yang sudah direndam. Air garam pekat terasa perih pada luka dan mata; bila terkena mata, bilas dengan air mengalir. Segera lap tumpahan agar lantai tidak licin. Larutan garam encer boleh dibuang ke wastafel sambil dialiri air; potongan kentang dibuang ke tempat sampah organik atau kompos. Cuci tangan setelah praktikum.

Langkah kerja

1. Beri label enam gelas: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0%. Buat larutan dengan melarutkan 0; 1; 2; 3; 4; dan 6 g garam dalam air hingga volumenya 200 mL, aduk sampai larut.
2. Bersama guru, kupas kentang lalu potong menjadi enam batang berukuran sama, 1 cm × 1 cm × 5 cm.
3. Keringkan setiap batang dengan tisu, timbang (massa awal), catat di tabel, dan rasakan kelenturannya dengan menekuk perlahan.
4. Tulis prediksimu: di gelas mana kentang akan bertambah berat, dan di gelas mana berkurang?
5. Masukkan satu batang ke setiap gelas sampai terendam seluruhnya. Mulai stopwatch 60 menit.
6. Setelah 60 menit, angkat setiap batang, keringkan dengan cara yang sama persis, lalu timbang lagi (massa akhir) dan uji kelenturannya.
7. Hitung perubahan massa (akhir – awal) dan persen perubahan massa ($(\text{perubahan} \div \text{awal}) \times 100\%$).
8. Buat grafik persen perubahan massa terhadap kadar NaCl dan tentukan titik potong grafik dengan garis nol.

Tabel pengamatan osmosis pada kentang

Kadar NaCl (%)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Perubahan massa (g)	Perubahan massa (%)	Kelenturan
0 (air tawar)					
0,5					
1,0					
1,5					
2,0					
3,0					

Grafik

Buat grafik garis: sumbu mendatar kadar NaCl (%), sumbu tegak persen perubahan massa (boleh negatif). Tarik garis nol, lalu baca kadar NaCl pada titik potong grafik dengan garis nol (titik isotonik).

Analisis

1. Pada larutan mana kentang bertambah massa, dan pada larutan mana berkurang? Ke arah mana air bergerak pada masing-masing larutan?

Kunci: Massa bertambah pada air tawar dan larutan 0,5% (larutan hipotonik): air masuk ke sel kentang. Massa berkurang pada larutan 1,5%, 2,0%, dan 3,0% (hipertonik): air keluar dari sel. Pada ±1,0% perubahannya hampir nol.

2. Dari grafikmu, berapa kadar NaCl yang isotonik dengan cairan sel kentang?

Kunci: Titik potong dengan garis nol berada di antara 0,5% dan 1,0%. Dengan contoh data: $0,5 + 0,5 \times 3,5/3,9 \approx 0,95\%$ NaCl.

3. Ubah kadar isotonik itu menjadi molaritas NaCl (M_r 58,5), lalu perkirakan tekanan osmotik cairan sel kentang pada 27 °C ($i = 2$, $R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K})$).

Kunci: $0,95 \text{ g per } 100 \text{ mL} = 9,5 \text{ g/L} \rightarrow M = 9,5/58,5 = 0,162 \text{ mol/L}$. $\pi = 0,162 \times 0,082 \times 300 \times 2 \approx 8,0 \text{ atm}$.

4. Mengapa kita membandingkan persen perubahan massa, bukan perubahan massa dalam gram saja?

Kunci: Massa awal setiap batang sedikit berbeda. Persen perubahan massa membandingkan perubahan relatif terhadap massa awal, sehingga hasil antarbatang adil untuk dibandingkan.

5. Jelaskan pada tingkat partikel mengapa batang kentang dalam larutan NaCl 3% menjadi lentur, sedangkan dalam air tawar menjadi kaku.

Kunci: Dalam larutan 3%, cairan di luar sel lebih pekat (hipertonik). Molekul air keluar dari sel melalui membran sel, vakuola mengempis, dan sel kehilangan tekanan turgor sehingga batang lentur. Dalam air tawar, air masuk ke sel, sel mengembang dan menekan dinding sel sehingga batang kaku.

6. Kaitkan hasilmu dengan kehidupan sehari-hari: mengapa sawi yang diremas garam menjadi layu, dan mengapa cairan infus memakai NaCl 0,9%?

Kunci: Garam pada sawi membuat lingkungan sel hipertonic sehingga air keluar dan sawi layu. Cairan infus NaCl 0,9% isotonic dengan darah ($\pm 7,7 \text{ atm}$), jadi sel darah tidak mengembang maupun mengerut; kebetulan cairan sel kentang juga mendekati kadar itu.

7. Sebutkan dua sumber galat dalam percobaan ini dan cara menguranginya.

Kunci: Contoh galat: ukuran batang tidak sama, sisa air di permukaan saat ditimbang, ketelitian timbangan, lama perendaman berbeda, penguapan. Cara mengurangi: potong dengan penggaris dan cetakan, keringkan dengan cara yang sama, pakai timbangan 0,01 g, mulai dan akhiri perendaman bersamaan, ulangi percobaan dan ambil rata-rata.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan kadar larutan dengan arah perpindahan air, sertakan kadar isotonic yang kamu temukan dan perkiraan tekanan osmotik cairan sel kentang.

💬 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam percobaan ini adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan kepada keluargaku mengapa sayur asinan layu, yaitu ...
- Aku masih penasaran tentang ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Membran Semipermeabel: siapa yang boleh lewat?** di subbab 24.5. Anggap ruang kiri sebagai cairan sel kentang dan ruang kanan sebagai larutan perendam. Atur jumlah zat terlarut di ruang kanan lebih sedikit, sama, dan lebih banyak daripada ruang kiri, lalu amati arah aliran air dan beda tinggi kolom. Hitung tekanan osmotik dengan Rumus Hidup **Tekanan osmotik** di subbab yang sama.

Contoh data satu kelompok (kentang yang sama, 60 menit, $\pm 27^{\circ}\text{C}$)

Kadar NaCl (%)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Perubahan massa (g)	Perubahan massa (%)	Kelenturan
0 (air tawar)	5,42	5,94	+0,52	+9,6	kaku, renyah
0,5	5,38	5,57	+0,19	+3,5	kaku
1,0	5,45	5,43	-0,02	-0,4	hampir tidak berubah
1,5	5,40	5,19	-0,21	-3,9	agak lentur
2,0	5,36	4,97	-0,39	-7,3	lentur
3,0	5,41	4,73	-0,68	-12,6	sangat lentur

Rubrik penilaian

Aspek	4 - Sangat baik	3 - Baik	2 - Cukup	1 - Perlu bimbingan
Prediksi dan perancangan	Prediksi beralasan dengan konsep osmosis; variabel dikendalikan dengan cermat	Prediksi benar tetapi alasannya kurang lengkap	Prediksi tanpa alasan atau variabel kontrol tidak dijaga	Tidak menulis prediksi dan langkah kerja tidak diikuti
Pengukuran dan pengolahan data	Penimbangan teliti, perhitungan persen benar, grafik rapi dengan titik isotonik terbaca	Data lengkap dengan satu kesalahan kecil	Beberapa data atau perhitungan keliru, grafik kurang tepat	Data tidak lengkap dan tidak diolah
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan arah gerak air melalui membran semipermeabel dan menghitung tekanan osmotik dengan benar	Penjelasan benar tetapi perhitungan tekanan osmotik kurang tepat	Penjelasan sebagian keliru (misalnya menyebut garam yang berpindah)	Tidak ada penjelasan
Keselamatan dan kerja sama	Memakai pisau dengan aman, area kerja bersih, semua anggota berperan	Aman dan bersih, tetapi pembagian tugas kurang merata	Ada kelalaian kecil dalam keselamatan atau kebersihan	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Siapkan larutan dan potong kentang lebih dulu bila waktu sempit; perendaman bisa dimulai di awal jam pelajaran sementara siswa mempelajari teori. Pakai satu jenis kentang untuk seluruh kelas agar data antarkelompok dapat digabung. Sebagai alternatif, gunakan larutan gula (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mol/L) atau wortel. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat membandingkan hasil dengan kadar infus NaCl 0,9% atau menghitung beda tekanan osmotik antara cairan sel dan larutan 3%. Tekankan bahwa yang berpindah adalah air, bukan garam.

Detektif Tiga Gelas: Larutan, Koloid, atau Suspensi?

Bab 25 · Sistem Koloid

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (juga cocok untuk SMP kelas VII–VIII)

2 × 45 menit

Model: POE (predict–observe–explain) dalam inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membedakan larutan, koloid, dan suspensi dengan uji efek Tyndall, pengendapan, dan penyaringan.
- Peserta didik dapat menghubungkan hasil pengamatan dengan rentang ukuran partikel ($< 1\text{ nm}$, $1\text{--}1000\text{ nm}$, $> 1000\text{ nm}$).
- Peserta didik dapat menjelaskan efek Tyndall dan kestabilan koloid pada tingkat partikel.
- Peserta didik dapat menyusun pohon keputusan untuk menggolongkan campuran yang belum dikenal.

Cerita pemantik



Malam itu Bima menyorotkan senter HP ke segelas air gula dan segelas susu encer. "Di susu ada pedang cahaya, di air gula tidak!" serunya. Laras tidak mau percaya begitu saja: "Kita uji enam campuran. Kita diamkan dan saring juga, baru kita simpulkan." Kak Tirta menambahkan, "PDAM di kotamu memakai pengetahuan yang sama untuk menjernihkan air sungai." Kimo berbisik, "Petunjuk: lihat dari samping, bukan dari depan!"

Rumusan masalah

Bagaimana cara membedakan larutan, koloid, dan suspensi dengan uji efek Tyndall, pengendapan, dan penyaringan?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis campuran (air gula, air garam, susu encer, air sabun, santan encer, air tanah)	Tampak atau tidaknya berkas cahaya, terbentuknya endapan setelah didiamkan, dan sisa di kertas saring	Volume air (150 mL), jarak dan arah senter, lama didiamkan (15 menit), jenis kertas saring

Alat dan bahan

- 6 gelas plastik bening ($\pm 200\text{ mL}$) yang sama ukurannya
- Senter HP (bukan pointer laser)
- Kertas saring kopi atau tisu dapur tebal 2 lapis, dan corong plastik
- Gula pasir 2 sendok makan dan garam dapur 1 sendok teh
- Susu cair 2 sendok makan dan santan kemasan 2 sendok makan
- Sabun cuci piring cair $\frac{1}{2}$ sendok teh
- Tanah kebun 1 sendok teh
- Air bersih $\pm 1\text{ L}$, sendok, pengaduk, stopwatch HP
- Karton hitam sebagai latar, spidol, dan label

Keselamatan

Gunakan senter HP, jangan pointer laser: sinar laser dapat merusak retina meskipun hanya sesaat, jadi jangan pernah menyorotkan cahaya apa pun ke mata teman. Jangan mencicipi campuran apa pun, termasuk yang dibuat dari bahan pangan, karena alatnya dipakai bersama sabun dan tanah. Lap tumpahan agar lantai tidak licin. Buang cairan ke wastafel dengan air mengalir; tanah dan kertas saring bekas dibuang ke tempat sampah. Cuci tangan dengan sabun setelah selesai.

Langkah kerja

1. Beri label gelas A–F, lalu isi masing-masing dengan 150 mL air.
2. Tambahkan: A 2 sdm gula, B 1 sdt garam, C 2 sdm susu cair, D $\frac{1}{2}$ sdt sabun cuci piring (aduk pelan agar tidak banyak busa), E 2 sdm santan, F 1 sdt tanah kebun. Aduk setiap gelas dengan pengaduk bersih.
3. Tulis dugaanmu di buku: campuran mana yang akan memperlihatkan berkas cahaya, dan mana yang akan mengendap?
4. Redupkan ruangan dan letakkan karton hitam di belakang gelas. Sorotkan senter HP mendatar menembus sisi gelas, lalu amati dari samping (tegak lurus berkas). Catat: berkas tampak jelas, samar, atau tidak tampak.
5. Catat penampilan awal setiap campuran (jernih atau keruh, warnanya).
6. Diamkan semua gelas 15 menit tanpa diguncang. Amati apakah ada endapan atau lapisan yang memisah.
7. Aduk lagi, lalu saring ± 50 mL setiap campuran dengan kertas saring baru. Amati sisa di kertas saring dan kejernihan filtrat; sorot filtratnya lagi dengan senter.
8. Golongkan setiap campuran sebagai larutan, koloid, atau suspensi, lalu bandingkan dengan dugaanmu.

Tabel pengamatan enam campuran

Campuran	Penampilan awal	Berkas senter	Setelah 15 menit	Sisa di kertas saring	Jenis campuran
A. Air gula					
B. Air garam					
C. Susu encer					
D. Air sabun					
E. Santan encer					
F. Air tanah					

Grafik

Buat pohon keputusan (bagan alir) dengan tiga pertanyaan berurutan: Berkas tampak? Mengendap setelah didiamkan? Tertahan di kertas saring? Letakkan keenam campuran di ujung cabang yang sesuai.

Analisis

1. Campuran mana saja yang memperlihatkan berkas cahaya? Apa persamaan partikel-partikelnya?

Kunci: Susu encer, santan encer, dan air sabun (berkas tampak jelas), serta air tanah sesaat setelah diaduk. Partikelnya cukup besar (1–1000 nm atau lebih) untuk menghamburkan cahaya ke samping.

2. Mengapa berkas cahaya tidak tampak pada air gula dan air garam? Jelaskan pada tingkat partikel.

Kunci: Partikel terlarutnya berupa molekul gula (± 1 nm) dan ion Na^+ serta Cl^- ($\pm 0,2$ nm), jauh lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya (400–700 nm), sehingga hamburannya terlalu lemah untuk terlihat.

3. Campuran mana yang membentuk endapan setelah 15 menit dan meninggalkan sisa di kertas saring? Apa artinya tentang ukuran partikelnya?

Kunci: Air tanah: butir tanah mengendap dan tertahan di kertas saring. Partikelnya lebih besar dari 1000 nm (suspensi), cukup berat untuk mengendap dan lebih besar daripada pori kertas saring.

4. Susu encer dan santan lolos kertas saring tetapi memperlihatkan berkas. Jelaskan dengan rentang ukuran partikel koloid.

Kunci: Butir lemak, misel kasein, dan butir minyak santan berukuran sekitar 100–1000 nm atau sedikit lebih, lebih kecil daripada pori kertas saring (± 10 – 20 μm) sehingga lolos, tetapi cukup besar untuk menghamburkan cahaya. Gerak Brown membuatnya tidak mengendap.

5. Filtrat air tanah sering masih sedikit keruh dan memperlihatkan berkas samar. Apa penyebabnya, dan bagaimana PDAM mengatasinya?

Kunci: Sebagian butir lempung berukuran koloid dan bermuatan negatif sehingga lolos kertas saring dan tidak mengendap. PDAM menambahkan tawas: ion Al^{3+} menetralkan muatannya, partikel menggumpal menjadi flok, mengendap, lalu sisanya disaring pasir.

6. Air sabun tampak hampir jernih tetapi memperlihatkan berkas. Apa yang dapat kamu simpulkan tentang pernyataan "koloid selalu keruh"?

Kunci: Pernyataan itu keliru. Misel sabun kecil (± 5 nm) dan indeks biasnya mirip air sehingga larutan tampak hampir jernih, tetapi tetap menghamburkan cukup cahaya. Uji yang tepat adalah efek Tyndall, bukan kekeruhan.

7. Gunakan pohon keputusanmu untuk menggolongkan kabut pagi dan air kopi tubruk. Jelaskan alasanmu.

Kunci: Kabut pagi: berkas tampak, tidak cepat mengendap, butir air halus melayang di udara $\rightarrow$ koloid (aerosol cair). Kopi tubruk: ampas kopi mengendap dan tertahan di kertas saring $\rightarrow$ suspensi (cairan di atasnya sebagian besar larutan dengan sedikit koloid).

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang cara membedakan larutan, koloid, dan suspensi, dan hubungkan setiap hasil uji dengan ukuran partikelnya.

💡 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang, setiap kali melihat kabut atau sorot lampu di jalan, aku akan teringat bahwa ...
- Aku masih penasaran tentang ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Pedang Cahaya: Uji Efek Tyndall** di subbab 25.1: pilih campuran yang sama, ganti sumber cahaya, tekan "Aduk lagi", dan amati apa yang terjadi saat campuran didiamkan. Kaitkan dengan Rumus Hidup **Skala ukuran partikel** (25.1) dan Lab Mini **Gumpalkan Koloidnya!** (25.4) untuk melihat mengapa air tanah dijernihkan dengan tawas.

Contoh data satu kelompok

Campuran	Penampilan awal	Berkas senter	Setelah 15 menit	Sisa di kertas saring	Jenis campuran
A. Air gula	<i>jernih, tak berwarna</i>	<i>tidak tampak</i>	<i>tetap jernih, tanpa endapan</i>	<i>tidak ada</i>	<i>larutan</i>
B. Air garam	<i>jernih, tak berwarna</i>	<i>tidak tampak</i>	<i>tetap jernih, tanpa endapan</i>	<i>tidak ada</i>	<i>larutan</i>
C. Susu encer	<i>putih keruh</i>	<i>tampak jelas</i>	<i>tetap merata</i>	<i>tidak ada; filtrat tetap putih</i>	<i>koloid (emulsi)</i>
D. Air sabun	<i>hampir jernih, sedikit berkabut</i>	<i>tampak (agak samar)</i>	<i>tetap merata, sedikit busa di atas</i>	<i>tidak ada</i>	<i>koloid (misel)</i>
E. Santan encer	<i>putih keruh</i>	<i>tampak jelas</i>	<i>tetap merata; lapisan krim tipis mulai tampak di atas</i>	<i>sangat sedikit</i>	<i>koloid (emulsi)</i>
F. Air tanah	<i>cokelat keruh</i>	<i>tampak sesaat, lalu melemah</i>	<i>tanah mengendap di dasar, bagian atas masih agak keruh</i>	<i>banyak butir tanah</i>	<i>suspensi (dengan sedikit koloid lempung)</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 - Sangat baik	3 - Baik	2 - Cukup	1 - Perlu bimbingan
Perencanaan dan dugaan	Dugaan lengkap untuk keenam campuran disertai alasan ukuran partikel	Dugaan lengkap, alasan kurang tepat	Dugaan untuk sebagian campuran saja	Tidak menulis dugaan
Keterampilan pengamatan dan pencatatan	Semua uji dilakukan dengan variabel kontrol terjaga; tabel lengkap dan rapi	Satu uji kurang teliti atau satu kolom kurang lengkap	Beberapa data hilang atau kontrol tidak dijaga	Data sangat tidak lengkap
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan hasil setiap uji dengan ukuran partikel, hamburan cahaya, dan gerak Brown secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan tingkat partikel
Keselamatan dan kerja sama	Memakai senter HP dengan aman, tidak mencicipi, area bersih, semua anggota berperan	Aman dan bersih, peran anggota kurang merata	Ada pelanggaran kecil (misal tumpahan tidak dibersihkan)	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Bila ruangan sulit digelapkan, lakukan uji Tyndall di dalam kardus besar yang diberi lubang untuk senter dan untuk mengintip. Susu jangan terlalu pekat agar berkas tidak "tenggelam" dalam cahaya yang dihamburkan ke segala arah. Diferensiasi: kelompok yang cepat dapat menambahkan sejumput tawas ke sisa air tanah, mengaduk cepat 1 menit lalu pelan 5 menit, dan mengamati flok yang terbentuk (subbab 25.7). Kelompok yang perlu dukungan cukup mengerjakan gelas A, C, dan F.

Chemipedia · LKPD Bab 25 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Pelangi pH dari Dapur: Indikator Alami Kubis Ungu, Kunyit, dan Bunga Sepatu

Bab 26 · Asam & Basa

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (dapat disederhanakan untuk SMP kelas VII-IX)

2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict-observe-explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membuat larutan indikator alami dari kubis ungu, kunyit, dan bunga sepatu.
- Peserta didik dapat mengelompokkan bahan rumah tangga menjadi asam, netral, dan basa berdasarkan perubahan warna indikator.
- Peserta didik dapat menyusun skala pH sederhana dan membandingkan ketelitian ketiga indikator alami.
- Peserta didik dapat menjelaskan perubahan warna indikator sebagai akibat perpindahan ion H^+ pada molekul pewarna.

Cerita pemantik



Sepulang sekolah, Bima melihat ibunya memasak sayur asem dan merendam tahu dalam air kunyit. "Kenapa air kunyit di panci sayur asem tetap kuning, tetapi di gelas berisi air kapur sirih jadi merah?" tanyanya. Laras membuka buku catatannya: "Mungkin kunyit bisa 'merasakan' asam dan basa. Tapi apakah hanya kunyit?" Kak Tirta tersenyum sambil mengambil kubis ungu dan setangkai bunga sepatu dari halaman. "Ayo kita buat laboratorium pH dari dapur. Syaratnya satu: tidak ada yang dicicipi!" Kimo menambahkan, "Kubis ungu punya lebih banyak warna daripada pelangi, lho!"

Rumusan masalah

Bagaimana warna indikator alami kubis ungu, kunyit, dan bunga sepatu berubah pada bahan rumah tangga yang berbeda? Indikator manakah yang paling teliti untuk menyusun skala pH?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis bahan uji (keasaman atau kebasaannya)	Warna campuran bahan uji dan indikator	Volume bahan uji (± 2 sendok makan), jumlah indikator (1 sendok teh), ukuran gelas, latar putih dan pencahayaan saat mengamati

Alat dan bahan

- Kubis ungu $\frac{1}{4}$ buah (± 200 g), 1 ruas kunyit (± 20 g), dan 6 kuntum bunga sepatu merah
- Air panas dari termos ± 500 mL (dituang oleh orang dewasa atau guru), mangkuk, pisau, parutan, dan saringan teh
- 27 gelas plastik bening kecil (3 set $\times$ 9 gelas), spidol, dan label
- Sendok teh dan sendok makan, atau pipet tetes plastik

- Bahan uji (± 30 mL tiap jenis): air jeruk nipis, cuka dapur, air asam jawa, air mineral, larutan gula, larutan garam dapur, larutan soda kue (1 sendok teh dalam 100 mL air), air sabun mandi, air kapur sirih ($\frac{1}{2}$ sendok teh kapur sirih dalam 100 mL air, ambil bagian jernihnya)
- Kertas indikator universal (bila tersedia) dan kamera HP untuk dokumentasi

Keselamatan

Pakai kacamata pelindung saat menangani air kapur sirih dan air sabun; bila terkena mata, segera bilas dengan air mengalir selama 15 menit dan lapor guru. Air panas dituang oleh guru atau orang dewasa, dan hati-hati memakai pisau serta parutan. **Jangan mencicipi** bahan apa pun selama praktikum walaupun berasal dari dapur, karena alat dipakai bersama. **Jangan memakai** pemutih pakaian, pembersih kloset, atau pembersih saluran, dan jangan mencampur pembersih apa pun karena dapat melepaskan gas beracun. Ekstrak kunyit menodai kain dan kulit; pakai celemek. Sisa larutan dibuang ke saluran pembuangan dengan banyak air, lalu cuci tangan dengan sabun.

Langkah kerja

1. Buat ekstrak kubis ungu: iris tipis kubis, masukkan ke mangkuk, minta guru menyiramnya dengan ± 250 mL air panas, tunggu 10 menit, lalu saring. Larutan berwarna ungu.
2. Buat ekstrak kunyit: parut kunyit, tambahkan ± 100 mL air hangat, aduk, lalu saring. Buat ekstrak bunga sepatu dengan meremas kelopak dalam ± 100 mL air hangat, lalu saring.
3. Siapkan tiga set gelas berlabel (set K = kubis, set T = kunyit, set S = bunga sepatu). Isi setiap set dengan 9 bahan uji, masing-masing ± 2 sendok makan.
4. Sebelum menetes, tulis dugaanmu: bahan mana yang asam, netral, dan basa? Warna apa yang akan muncul?
5. Teteskan 1 sendok teh ekstrak kubis ungu ke setiap gelas set K. Aduk, amati di atas kertas putih, dan catat warnanya.
6. Ulangi langkah 5 dengan ekstrak kunyit untuk set T dan ekstrak bunga sepatu untuk set S.
7. Bila tersedia, celupkan kertas indikator universal ke setiap bahan uji dan catat pH-nya. Bila tidak, gunakan Lab Mini **Kubis Ungu Virtual** untuk memperkirakan pH dari warna kubis ungu.
8. Susun gelas set K dari warna merah ke kuning sehingga menjadi "pita pH", lalu potret ketiga set untuk laporan.

Tabel pengamatan warna indikator alami

Bahan uji	Perkiraan pH	Warna kubis ungu	Warna kunyit	Warna bunga sepatu	Sifat (asam/netral/basa)
Air jeruk nipis					
Cuka dapur					
Air asam jawa					
Air mineral					
Larutan gula					
Larutan garam dapur					
Larutan soda kue					
Air sabun mandi					
Air kapur sirih					

Grafik

Tempel foto gelas set kubis ungu yang sudah diurutkan dari merah ke kuning menjadi "pita pH", lalu tulis perkiraan pH di bawah setiap gelas.

Analisis

1. Kelompokkan kesembilan bahan uji menjadi asam, netral, dan basa. Apa dasar pengelompokanmu?

Kunci: Asam: air jeruk nipis, cuka, air asam jawa (kubis ungu merah atau merah muda). Netral: air mineral, larutan gula, larutan garam (kubis tetap ungu). Basa: larutan soda kue, air sabun, air kapur sirih (kubis biru, hijau, sampai kuning kehijauan). Dasarnya warna indikator dibandingkan dengan warna di air netral.

2. Indikator mana yang menghasilkan warna paling beragam, dan mana yang paling sedikit? Mengapa kunyit hanya dapat membedakan larutan basa dari yang lain?

Kunci: Kubis ungu paling beragam (merah, merah muda, ungu, biru, hijau, kuning), bunga sepatu cukup beragam, kunyit paling sedikit (kuning atau merah kecokelatan). Trayek perubahan warna kurkumin hanya sekitar pH 7,4–8,6; di bawahnya kunyit selalu kuning, sehingga asam dan netral tidak dapat dibedakan.

3. Mengapa larutan gula dan larutan garam dapur tidak mengubah warna ekstrak kubis ungu?

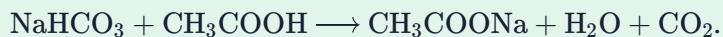
Kunci: Gula dan garam dapur (NaCl) tidak melepas H^+ maupun OH^- ke dalam air, sehingga $[H^+] = [OH^-]$ seperti air murni (pH ± 7) dan antosianin tetap dalam bentuk ungunya.

4. Jelaskan pada tingkat partikel mengapa molekul antosianin berubah warna ketika suasana larutan berubah dari asam ke basa.

Kunci: Antosianin adalah asam lemah. Dalam suasana asam, molekulnya mengikat H^+ (kation flavilium, merah). Makin basa, H^+ dilepas bertahap sehingga susunan elektron dan ikatan rangkapnya berubah (basa kuinoidal ungu-biru); dalam basa kuat cincinnya terbuka menjadi kalkon kuning. Bentuk molekul yang berbeda menyerap warna cahaya yang berbeda.

5. Gelas berisi larutan soda kue dan gelas berisi cuka (keduanya sudah diberi kubis ungu) dicampur. Perkirakan warna akhirnya dan tuliskan persamaan reaksinya.

Kunci: Campuran berbuih (gas CO_2) dan warnanya bergeser menuju warna asam lemah atau netral (merah muda sampai ungu), bergantung pada zat mana yang berlebih:



6. Ibu Laras sering sakit maag. Dari bahan uji, mana yang sebaiknya tidak dikonsumsi saat lambung perih? Mengapa obat maag bersifat basa?

Kunci: Bahan asam seperti air jeruk nipis, cuka, dan air asam jawa sebaiknya dihindari karena menambah H^+ di lambung. Obat maag mengandung basa lemah atau basa yang sukar larut, seperti $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan $\text{Al}(\text{OH})_3$, untuk menetralkan kelebihan asam lambung: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan sifat asam-basa bahan dengan warna setiap indikator alami, lalu nyatakan indikator mana yang paling cocok untuk menyusun skala pH dan alasannya.

💭 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam percobaan ini adalah ...
- Sekarang, ketika melihat kunyit atau kubis ungu di dapur, aku teringat bahwa ...
- Aku masih penasaran tentang ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Kubis Ungu Virtual: pelangi pH 1-14** di subbab 26.1: mode Jelajah untuk melihat warna antosianin di setiap pH, lalu mode Tebak untuk melatih membaca pH dari warna. Ukur pH dan warna kunyit dengan Lab Mini **Pengukur pH Dapur** di subbab 26.5, dan putar molekul kurkumin pada **Molekul 3D** "Kurkumin dan asam-asam dapur".

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b26-1

Contoh data satu kelompok

Bahan uji	Perkiraan pH	Warna kubis ungu	Warna kunyit	Warna bunga sepatu	Sifat (asam/netral/basa)
Air jeruk nipis	± 2	merah	kuning	merah cerah	asam
Cuka dapur	$\pm 2,5$	merah	kuning	merah	asam
Air asam jawa	± 3	merah muda	kuning	merah muda	asam
Air mineral	± 7	ungu	kuning	ungu kemerahan	netral
Larutan gula	± 7	ungu	kuning	ungu kemerahan	netral
Larutan garam dapur	± 7	ungu	kuning	ungu kemerahan	netral
Larutan soda kue	$\pm 8,3$	biru	jingga kemerahan	biru keunguan	basa
Air sabun mandi	± 10	hijau kebiruan	merah kecokelatan	hijau	basa
Air kapur sirih	$\pm 12,5$	hijau kekuningan	merah kecokelatan tua	kuning kehijauan	basa

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Merancang dan melakukan percobaan	Ekstrak dibuat dengan benar, volume terkontrol, semua gelas berlabel	Percobaan benar dengan satu kekurangan kecil	Variabel kontrol kurang dijaga atau label tidak lengkap	Percobaan tidak sesuai prosedur
Pengamatan dan pencatatan data	Semua warna tercatat rinci di tabel dan dilengkapi foto pita pH	Data lengkap tetapi deskripsi warna kurang rinci	Sebagian data hilang	Data tidak tercatat
Analisis dan penjelasan tingkat partikel	Mengelompokkan bahan dengan tepat dan menjelaskan perubahan warna dengan perpindahan H^+	Pengelompokan tepat, penjelasan partikel kurang lengkap	Ada kesalahan pengelompokan atau penjelasan	Tidak ada analisis
Keselamatan dan kerja sama	Tidak ada yang mencicipi, area kerja bersih, semua anggota berperan	Aman dan rapi, peran anggota kurang merata	Ada pelanggaran kecil aturan keselamatan	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor $\div$ 16) $\times$ 100.

Catatan guru

Ekstrak kubis ungu paling stabil bila dipakai pada hari yang sama; simpan di kulkas bila perlu. Bunga sepatu dapat diganti bunga telang atau kulit manggis. Kurkumin kurang larut dalam air; bila warnanya terlalu pucat, gunakan sedikit alkohol 70% dengan pengawasan guru. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat mengencerkan cuka 10, 100, dan 1.000 kali dan mengamati pergeseran warna kubis ungu, lalu mengaitkannya dengan Grafik Hidup "Encerkan terus" di subbab 26.5.

Chemipedia · LKPD Bab 26 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Berapa Persen Asam di Cuka Dapurku? Titrasi Sederhana dengan Indikator Kubis Ungu

Bab 27 · Titrasi, Penyangga & Hidrolisis

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (Fase F)

3 × 45 menit

Model: POE (predict-observe-explain) dalam kerangka inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membuat larutan baku sederhana (soda kue 0,50 M) dan indikator alami dari kubis ungu.
- Peserta didik dapat melakukan titrasi sederhana dengan suntikan plastik tanpa jarum sebagai buret dan menentukan titik akhir dari perubahan warna.
- Peserta didik dapat menghitung kadar asam asetat dalam cuka dari data titrasi dan membandingkannya dengan label.
- Peserta didik dapat menjelaskan perubahan warna indikator dan sumber galat titrasi pada tingkat partikel.

Cerita pemantik



Bima membeli sebotol cuka dapur berlabel 25% untuk membuat acar. "Kok baunya kurang tajam, ya? Jangan-jangan isinya cuma air," gumamnya. Laras membuka catatannya: "Kita tidak boleh menuduh tanpa bukti. Analisis pangan memeriksa kadar cuka dengan titrasi." Kak Tirta tersenyum, "Kita tidak punya buret dan NaOH, tetapi kita punya spuit obat, soda kue, dan kubis ungu. Ayo jadi analisis dapur!" Kimo menambahkan, "Jangan lupa: satu tetes bisa menentukan!"

Rumusan masalah

Berapa kadar asam asetat dalam cuka dapur yang diuji, dan apakah sesuai dengan label kemasannya?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Volume larutan soda kue yang ditambahkan	Warna campuran (indikator kubis ungu) dan volume soda kue saat titik akhir	Volume dan pengenceran cuka, konsentrasi soda kue, jumlah indikator, cara mengaduk

Alat dan bahan

- 2 suntikan plastik 10 mL tanpa jarum (spuit obat anak): satu sebagai buret, satu sebagai pipet
- Cuka dapur pekat berlabel 25% (± 10 mL) atau cuka makan siap pakai
- Soda kue (NaHCO_3) 4,2 g dan timbangan digital (ketelitian 0,1 g)
- Botol atau gelas ukur 100 mL dan air minum kemasan ± 250 mL
- Ekstrak kubis ungu ($\pm \frac{1}{4}$ kubis diiris, direndam 150 mL air panas, disaring)
- 3–4 gelas plastik bening, sendok kecil pengaduk, kertas putih sebagai alas
- Kacamata pelindung dan sarung tangan plastik

Keselamatan

Cuka 25% bersifat iritan: pakai kacamata pelindung dan sarung tangan, dan pengenceran dilakukan oleh guru atau orang dewasa. Bila terpercik ke mata atau kulit, segera bilas dengan air mengalir. Air panas untuk ekstrak kubis dituang oleh orang dewasa. Gunakan suntikan plastik baru tanpa jarum; jangan pernah memakai jarum. Jangan mencicipi bahan apa pun dan jangan mencampurkan cuka dengan pembersih rumah tangga (misalnya pemutih). Reaksi cuka dengan soda kue menghasilkan buih CO_2 yang tidak berbahaya, tetapi bisa meluap bila gelasnya terlalu kecil. Limbah (larutan natrium asetat encer) dibuang ke wastafel dengan air mengalir; cuci tangan sesudahnya.

Langkah kerja

1. Buat larutan baku: timbang 4,2 g soda kue, larutkan dalam air sampai volumenya tepat 100 mL, aduk sampai larut. Konsentrasinya 0,50 M ($\text{Mr NaHCO}_3 = 84$).
2. Encerkan cuka: 10 mL cuka 25% dicampur air sampai 50 mL (pengenceran 5×), dilakukan oleh guru atau orang dewasa. Jika memakai cuka makan siap pakai, langkah ini dilewati.
3. Tuliskan hipotesismu: berapa mL larutan soda kue yang kamu duga dibutuhkan jika label cuka benar 25%?
4. Ambil tepat 5,0 mL cuka encer dengan suntikan pertama, masukkan ke gelas bening. Tambahkan ± 20 mL air dan 1 sendok makan ekstrak kubis ungu. Catat warnanya.
5. Isi suntikan kedua dengan larutan soda kue tepat sampai 10,0 mL. Catat sebagai bacaan awal.
6. Tekan suntikan perlahan sambil mengaduk. Tunggu buih mereda setiap kali menambah. Mendekati perubahan warna (ungu kebiruan), tambahkan 0,1 mL demi 0,1 mL.
7. Hentikan saat warna biru bertahan setelah diaduk 30 detik dan buih tidak muncul lagi. Catat bacaan akhir dan warna.
8. Ulangi titrasi minimal tiga kali. Percobaan pertama dianggap titrasi kasar. Hitung rata-rata dua titre yang paling dekat.
9. Hitung kadar asam asetat dalam cuka asli dan bandingkan dengan label.

Data titrasi cuka dengan larutan soda kue 0,50 M

Percobaan	Volume cuka encer (mL)	Bacaan awal suntikan (mL)	Bacaan akhir suntikan (mL)	Volume soda kue terpakai (mL)	Warna di titik akhir
1 (kasar)					
2					
3					
Rata-rata percobaan 2 dan 3					

Grafik

Buat pita warna: gambar warna campuran setiap kali 1 mL larutan soda kue ditambahkan (dari 0 mL sampai titik akhir), berurutan dari kiri ke kanan.

Analisis

1. Tuliskan persamaan reaksi setara antara asam asetat dan soda kue. Gas apa yang membentuk buih?

Kunci: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Buihnya adalah gas karbon dioksida.

2. Mengapa warna ekstrak kubis ungu berubah selama titrasi? Jelaskan apa yang terjadi pada ion H^+ di dalam gelas.

Kunci: Antosianin dalam kubis ungu adalah indikator yang strukturnya (dan warnanya) berubah menurut pH. Mula-mula banyak H^+ dari asam asetat sehingga warnanya merah muda. Ion HCO_3^- dari soda kue menangkap H^+ (menjadi H_2CO_3 lalu CO_2 dan air), sehingga H^+ makin sedikit, pH naik, dan warna berubah ke ungu lalu biru.

3. Hitung kadar asam asetat (% b/v) dalam cuka asli dari data rata-rata kelompokmu. Apakah sesuai dengan label 25%?

Kunci: Contoh: rata-rata 8,35 mL $\rightarrow$ mol $\text{NaHCO}_3 = 0,50 \times 8,35 = 4,18$ mmol = mol asam asetat dalam 5,0 mL cuka encer $\rightarrow 0,835$ M. Cuka asli ($\times 5$) = 4,18 M $\rightarrow 4,18 \times 60 = 251$ g/L $\approx 25,1\%$ b/v, sesuai label.

4. Mengapa percobaan pertama tidak diikuti dalam rata-rata, dan mengapa titrasi perlu diulang?

Kunci: Percobaan pertama dilakukan cepat untuk mencari kisaran volume sehingga biasanya kebablasan. Pengulangan sampai titre berdekatan (konkordan) menunjukkan hasil yang presisi dan mengurangi pengaruh galat acak.

5. Mengapa titik akhir dengan kubis ungu dan soda kue kurang tajam dibandingkan titrasi dengan NaOH dan fenolftalein di laboratorium?

Kunci: Soda kue adalah basa lemah, sehingga lonjakan pH di titik ekuivalen kecil. CO_2 yang masih terlarut membentuk asam karbonat yang menahan pH tetap agak rendah (seperti penyangga), dan warna antosianin berubah bertahap pada rentang pH yang lebar.

6. Sebutkan dua sumber galat dalam percobaan ini dan cara menguranginya.

Kunci: Contoh: (1) membaca skala suntikan tidak sejajar mata $\rightarrow$ baca dengan mata sejajar permukaan cairan; (2) titik akhir terlewat $\rightarrow$ tambahkan sedikit demi sedikit dekat titik akhir; (3) CO_2 terlarut menggeser warna $\rightarrow$ aduk lebih lama sampai buih hilang; (4) soda kue tidak murni atau menyerap air $\rightarrow$ pakai soda kue baru dan timbangan yang teliti.

7. Bagaimana analis pangan memastikan bahwa cuka di pasaran sesuai label, dan mengapa hal itu penting bagi konsumen?

Kunci: Analis mengambil sampel dari pasaran, mengencerkannya, lalu menitrasi dengan NaOH baku dan fenolftalein (atau pH-meter) secara berulang. Hasilnya dibandingkan dengan label dan standar mutu. Hal ini melindungi konsumen dari produk yang dioplos atau terlalu pekat sehingga berbahaya.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang kadar asam asetat dalam cuka yang kamu uji, apakah sesuai dengan label, dan seberapa yakin kamu terhadap hasilnya (sebutkan selisih antartitre).

💡 Refleksi

- Hal yang paling menantang saat menentukan titik akhir adalah ...
- Sekarang aku memahami bahwa label pada kemasan pangan ...
- Aku ingin menguji kadar asam pada ... di rumahku.

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Titrasi Virtual** di subbab 27.1: pilih sampel "Cuka dapur pekat 25%" dan bandingkan indikator fenolftalein, metil jingga, dan kubis ungu. Lanjutkan dengan Rumus Hidup **Kadar asam asetat dalam cuka** di subbab 27.2 dan Grafik Hidup **Kurva titrasi** di subbab 27.3 untuk melihat mengapa pemilihan indikator menentukan ketepatan hasil.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b27-2

Contoh data satu kelompok (cuka berlabel 25%, diencerkan 5×)

Percobaan	Volume cuka encer (mL)	Bacaan awal suntikan (mL)	Bacaan akhir suntikan (mL)	Volume soda kue terpakai (mL)	Warna di titik akhir
1 (kasar)	5,0	10,0	1,4	8,6	biru kehijauan
2	5,0	10,0	1,7	8,3	biru
3	5,0	10,0	1,6	8,4	biru
Rata-rata percobaan 2 dan 3	5,0	—	—	8,35	biru

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Keterampilan titrasi	Menakar teliti, menambah titran perlahan dekat titik akhir, titre konkordan (selisih $\leq 0,2$ mL)	Teliti tetapi titre berselisih 0,2–0,5 mL	Titik akhir sering terlewati, selisih titre besar	Tidak menyelesaikan titrasi
Perhitungan kadar	Langkah lengkap (mol, faktor pengenceran, massa) dan hasil benar	Satu kesalahan kecil	Lupa faktor pengenceran atau perbandingan mol	Perhitungan sebagian besar keliru
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan perubahan warna dan reaksi dengan konsep H^+ , basa lemah, dan CO_2 secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Keselamatan dan kerja sama	Memakai kacamata, tidak mencicipi, area bersih, semua anggota berperan	Sebagian besar aturan dipatuhi	Perlu sering diingatkan	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor $\div$ 16) $\times$ 100.

Catatan guru

Siapkan suntikan plastik baru (tanpa jarum) dari apotek; skala 0,2 mL sudah cukup. Bila timbangan 0,1 g tidak tersedia, siapkan larutan soda kue 0,50 M untuk seluruh kelas. Kelompok yang cepat dapat menguji air jeruk nipis (asam sitrat, $a = 3$) atau membandingkan dua merek cuka. Untuk diferensiasi, siswa yang memerlukan dukungan cukup menghitung mol, sedangkan siswa yang mahir menghitung kadar dan galat

relatif terhadap label. Bila sekolah memiliki buret, NaOH 0,1 M, dan fenolftalein, lakukan titrasi pembandingan di laboratorium dengan pengawasan guru.

Chemipedia · LKPD Bab 27 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Napas yang Membuat Batu: Endapan CaCO_3 dari Air Kapur Sirih

Bab 28 • Kelarutan & Hasil Kali Kelarutan

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI (juga cocok sebagai pengayaan SMP kelas IX)

2 x 45 menit

Model: POE (predict-observe-explain)

Nama _____ Kelas _____ Kelompok _____ Tanggal _____

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat mengamati terbentuknya endapan CaCO_3 ketika CO_2 dari napas dialirkan ke air kapur.
- Peserta didik dapat menjelaskan terbentuknya endapan dengan membandingkan Q_{sp} dan K_{sp} .
- Peserta didik dapat menjelaskan larutnya kembali endapan CaCO_3 oleh CO_2 berlebih dan oleh asam (cuka) pada tingkat partikel.
- Peserta didik dapat mengaitkan hasil percobaan dengan terbentuknya gua kapur, stalaktit, dan kerak teko.

Cerita pemantik



Sepulang dari Gua Gong, Bima masih terkagum-kagum. "Stalaktitnya butuh ribuan tahun? Kita tidak bisa melihat batunya terbentuk, dong!" Laras membuka catatannya: "Kata pemandunya, batu gua muncul karena CO_2 kabur dari tetesan air." Kak Tirta tersenyum sambil mengambil kapur sirih dari dapur. "Kita balik caranya. Kalau CO_2 kabur membuat batu, apa yang terjadi bila CO_2 kita tiupkan ke air kapur? Siapkan napas kalian, dan kacamata!" Kimo berbisik, "Ingat, tiup, jangan sedot!"

? Rumusan masalah

Apa yang terjadi pada air kapur jernih bila dihembus napas sebentar, dihembus sangat lama, dan bila endapannya ditetesi cuka? Mengapa demikian?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Lama menghembuskan napas (0, 30, 60, 120 detik, dan 5–10 menit) serta penambahan cuka	Kekeruhan larutan (skala 0–3) dan munculnya gelembung	Volume air kapur (50 mL), jenis gelas, kekuatan hembusan, suhu ruang

Alat dan bahan

- Kapur sirih putih 1 sendok teh (± 5 g)
- Air matang dingin 300 mL
- Saringan kopi kertas atau kain bersih dan corong
- 3 gelas plastik bening (± 200 mL), diberi label A, B, C
- Sedotan baru, satu untuk setiap anggota kelompok
- Cuka dapur ± 20 mL dan pipet tetes atau sendok teh
- Kertas hitam sebagai latar dan senter HP
- Stopwatch HP, spidol, kacamata pelindung, sarung tangan plastik

Keselamatan

Air kapur (larutan jenuh Ca(OH)_2) bersifat basa (pH sekitar 12) dan dapat merusak mata serta mengiritasi kulit: semua anggota memakai kacamata pelindung dan sarung tangan. Hembuskan napas pelan lewat sedotan dan JANGAN pernah menyedot; satu sedotan untuk satu orang. Jangan meminum atau mencicipi larutan apa pun. Bila terciprat ke mata, segera bilas dengan air mengalir selama 15 menit dan lapor ke guru. Jangan mencampur cuka dengan pemutih atau pembersih lain. Limbah diencerkan dengan banyak air lalu dibuang ke wastafel; endapan boleh dibuang ke tanah. Cuci tangan setelah selesai.

Langkah kerja

1. Buat air kapur: larutkan 1 sendok teh kapur sirih ke dalam 300 mL air, aduk 2 menit, diamkan minimal 30 menit (lebih baik semalam), lalu saring sampai jernih.
2. Tuang 50 mL air kapur jernih ke gelas A, B, dan C. Letakkan di depan kertas hitam. Gelas A adalah kontrol yang tidak dihembus.
3. Tulis prediksimu: apa yang akan terjadi bila air kapur dihembus napas? Apa yang terjadi bila dihembus sangat lama?
4. Gelas B: hembuskan napas pelan lewat sedotan selama 30 detik. Sorot dari samping dengan senter HP dan beri nilai kekeruhan (0 = jernih, 3 = sangat keruh). Ulangi pengamatan pada 60 dan 120 detik.
5. Gelas C: hembuskan napas bergantian (sedotan masing-masing) selama 5–10 menit. Catat apakah kekeruhan bertambah lalu berkurang lagi.
6. Ke gelas B yang keruh, teteskan cuka sedikit demi sedikit sambil diaduk. Amati gelembung dan kejernihannya.
7. Setelah 30 menit, amati permukaan gelas A (kontrol) yang dibiarkan terbuka.
8. Bersihkan alat, buang limbah sesuai petunjuk keselamatan, lalu diskusikan hasilnya dalam kelompok.

Tabel pengamatan air kapur, napas, dan cuka

Gelas / perlakuan	Waktu (detik)	Kekeruhan (0–3)	Gelembung?	Catatan pengamatan
A • kontrol (tanpa napas)				
B • napas 30 detik				
B • napas 60 detik				
B • napas 120 detik				
C • napas 5–10 menit				
B • ditetesi cuka				

Grafik

Buat grafik garis kekeruhan (sumbu tegak, 0–3) terhadap lama menghembuskan napas (sumbu datar, detik) untuk gelas B dan C.

Analisis

1. Apa yang kamu amati pada gelas B setelah dihembus napas? Tuliskan persamaan reaksinya.

Kunci: Air kapur yang jernih menjadi keruh putih susu karena terbentuk endapan CaCO_3 :
 $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

2. Jelaskan terbentuknya endapan memakai Q_{sp} dan K_{sp} CaCO_3 .

Kunci: CO_2 dari napas bereaksi dengan OH^- menghasilkan CO_3^{2-} . Air kapur kaya Ca^{2+} , sehingga $Q_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ cepat melampaui K_{sp} CaCO_3 ($\pm 3,3 \times 10^{-9}$) dan CaCO_3 mengendap.

3. Mengapa kekeruhan di gelas C bisa berkurang bila napas dihembuskan sangat lama? Tuliskan persamaannya.

Kunci: CO_2 berlebih membuat larutan lebih asam dan mengubah CO_3^{2-} menjadi HCO_3^- , sehingga Q_{sp} turun di bawah K_{sp} dan endapan larut: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq})$. Dengan napas prosesnya lambat, jadi sering hanya sebagian yang larut.

4. Apa peran cuka? Dari mana gelembung yang muncul? Tuliskan persamaan reaksinya.

Kunci: Cuka (asam asetat) memberi H^+ yang mengubah karbonat menjadi CO_2 (gelembung): $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$. Endapan larut dan larutan jernih kembali.

5. Mengapa permukaan air kapur di gelas A (kontrol) juga membentuk selaput tipis setelah dibiarkan terbuka?

Kunci: CO_2 dari udara ($\pm 0,04\%$) perlahan larut di permukaan dan bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ membentuk lapisan tipis CaCO_3 .

6. Hubungkan percobaanmu dengan terbentuknya lorong gua dan stalaktit di Gua Gong. Langkah mana yang mirip pelarutan batu kapur, dan mana yang mirip pembentukan stalaktit?

Kunci: Pelarutan endapan oleh CO_2 berlebih (gelas C) mirip air tanah kaya CO_2 yang melarutkan batu kapur menjadi lorong gua. Pembentukan endapan saat CO_2 bertemu ion kalsium mirip pembentukan stalaktit, walaupun di gua yang terjadi adalah CO_2 yang lepas dari $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, sehingga CaCO_3 mengendap.

7. Berdasarkan percobaan ini, sarankan cara aman membersihkan kerak teko di rumah dan jelaskan alasannya.

Kunci: Rendam kerak dengan cuka atau air jeruk nipis (asam lemah yang aman), diamkan, lalu bilas bersih. Asam mengubah CaCO_3 menjadi garam yang larut dan gas CO_2 . Jangan mencampur cuka dengan pemutih atau pembersih lain.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang kapan CaCO_3 mengendap dan kapan ia larut kembali, kaitkan dengan CO_2 , pH, serta perbandingan Q_{sp} dan K_{sp} .

💡 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang aku memandang stalaktit dan kerak teko sebagai ...
- Satu hal yang masih ingin kuselidiki tentang kelarutan adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Gua Waktu** di subbab 28.5: ubah CO_2 udara tanah dan udara gua, lalu amati kapan CaCO_3 mengendap dan seberapa cepat stalaktit tumbuh. Coba juga Lab Mini **Campur & Lihat** di subbab 28.3 dengan pasangan $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ untuk melihat kapan Q_{sp} melewati K_{sp} , serta stepper pembentukan stalaktit di subbab 28.5.

Contoh data satu kelompok

Gelas / perlakuan	Waktu (detik)	Kekeruhan (0-3)	Gelembung?	Catatan pengamatan
A • kontrol (tanpa napas)	0	0	tidak	jernih; setelah 30 menit ada selaput tipis putih di permukaan
B • napas 30 detik	30	1	tidak	mulai keruh putih susu
B • napas 60 detik	60	2	tidak	keruh jelas; berkas cahaya senter terlihat
B • napas 120 detik	120	3	tidak	sangat keruh; endapan putih turun bila didiamkan
C • napas 5-10 menit	600	2	tidak	sempat sangat keruh (3), lalu sedikit berkurang
B • ditetesi cuka	—	0	ya	gelembung halus, larutan jernih kembali

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Prediksi dan hipotesis	Prediksi jelas untuk ketiga perlakuan disertai alasan	Prediksi jelas, alasan kurang lengkap	Prediksi hanya untuk sebagian perlakuan	Tidak menulis prediksi
Pengamatan dan data	Tabel lengkap, skala kekeruhan konsisten, ada catatan dan foto	Tabel lengkap, catatan kurang rinci	Sebagian data kosong	Data tidak dicatat
Penjelasan Qsp-Ksp dan persamaan reaksi	Semua persamaan setara dan penjelasan Qsp-Ksp tepat	Satu kesalahan kecil pada persamaan atau penjelasan	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Keselamatan dan kerja sama	Kacamata dipakai, tidak ada yang menyedot, semua anggota berperan, limbah dibuang benar	Keselamatan baik, kerja sama kurang merata	Satu aturan keselamatan dilanggar	Beberapa aturan keselamatan dilanggar

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Buat air kapur sehari sebelumnya dan saring sampai benar-benar jernih; gunakan kapur sirih putih tanpa campuran pewarna. Bila napas siswa terasa melelahkan, sumber CO₂ alternatif adalah botol berisi soda kue dan cuka yang dihubungkan dengan selang ke gelas (dikerjakan guru). Kekeruhan yang hilang di gelas C bisa membutuhkan waktu lama; gunakan hasil ini untuk diskusi, bukan untuk penilaian. Diferensiasi: siswa yang cepat dapat menghitung Qsp CaCO₃ bila [Ca²⁺] air kapur ±0,02 M dan [CO₃²⁻] baru 10⁻⁶ M, lalu membandingkannya dengan Ksp.

Antioksidan Melawan Si Cokelat: Balapan Pencokelatan Buah

Bab 29 • Reaksi Redoks

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (dapat disederhanakan untuk SMP kelas VIII–IX)

2 × 45 menit (pengamatan lanjutan boleh di rumah)

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict–observe–explain)

Nama _____ Kelas _____ Kelompok _____ Tanggal _____

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merancang percobaan yang adil untuk membandingkan laju pencokelatan irisan buah.
- Peserta didik dapat mengamati dan mencatat perubahan warna dengan skala warna 0–5.
- Peserta didik dapat menjelaskan pencokelatan buah sebagai reaksi oksidasi senyawa fenol oleh oksigen yang dipercepat enzim.
- Peserta didik dapat menjelaskan peran vitamin C sebagai reduktor (antioksidan) yang dikorbankan.

Cerita pemantik



Bima membawa bekal irisan apel ke sekolah. Saat istirahat, apelnya sudah cokelat. "Yah, apelku basi!" keluhnya. Laras mengeluarkan apel yang masih putih: "Punyaku kuberi perasan jeruk nipis tadi pagi." Kak Tirta tersenyum, "Apel Bima tidak basi, hanya teroksidasi. Ada pencuri elektron di udara, dan ada pahlawan yang rela dicuri lebih dulu. Mari kita buktikan siapa pahlawannya!" Kimo menambahkan, "Salak dari Sleman dan apel dari Batu juga mengalami hal yang sama, lho!"

Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh jenis perlakuan (air biasa, jeruk nipis, larutan vitamin C, air garam, dan pendinginan) terhadap kecepatan pencokelatan irisan buah?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis perlakuan pada irisan buah (tanpa perlakuan, air biasa, jeruk nipis, larutan vitamin C, air garam, disimpan di lemari es)	Skor warna cokelat (skala 0–5) setiap 10 menit dan waktu sampai skor mencapai 3	Jenis dan kematangan buah, ketebalan irisan, lama perendaman (2 menit), suhu ruang, waktu pengamatan, pencahayaan saat memotret

Alat dan bahan

- 2 buah apel (atau salak/pisang) yang sama jenis dan kematangannya
- Pisau dan talenan (dipakai oleh guru atau orang dewasa)
- 6 piring kecil atau gelas plastik bening berlabel A–F
- 2 buah jeruk nipis dan alat pemeras
- 1 tablet vitamin C 500 mg biasa (bukan effervescent) yang dilarutkan dalam 100 mL air matang
- 1 sendok teh garam dapur dan 300 mL air matang

- Gelas ukur atau sendok takar, stopwatch atau jam HP, kamera HP
- Kartu skala warna buatan sendiri (0 = krem, 5 = cokelat tua)

Keselamatan

Pemotongan buah dilakukan oleh guru atau orang dewasa; jari dijauhkan dari mata pisau dan talenan diletakkan di permukaan yang stabil. Semua bahan adalah bahan pangan, tetapi irisan buah percobaan TIDAK boleh dimakan karena dibiarkan terbuka lama dan disentuh banyak tangan. Hindari percikan air jeruk nipis ke mata; bila terkena, bilas dengan air mengalir. Jangan memakai pemutih, cuka pekat, atau bahan pembersih apa pun dalam percobaan ini, dan jangan pernah mencampur pemutih dengan pembersih lain. Buang sisa buah ke tempat sampah organik atau kompos, lalu cuci piring dan tangan.

Langkah kerja

1. Tulis prediksimu: irisan mana yang paling cepat dan paling lambat menjadi cokelat? Berikan alasannya.
2. Siapkan larutan perendam dalam gelas berlabel: (B) 100 mL air matang, (C) perasan 1 jeruk nipis + 50 mL air, (D) larutan vitamin C (1 tablet 500 mg dalam 100 mL air), (E) 1 sendok teh garam dalam 100 mL air.
3. Guru atau orang dewasa memotong apel menjadi 6 irisan setebal ± 1 cm dengan pisau yang sama, secepat mungkin.
4. Irisan A dibiarkan tanpa perlakuan (kontrol). Rendam irisan B, C, D, dan E masing-masing selama 2 menit, lalu tiriskan di piring berlabel. Irisan F (tanpa perlakuan) dimasukkan ke lemari es di piring tertutup.
5. Mulai stopwatch. Letakkan irisan A–E berjajar di meja yang sama, jauh dari sinar matahari langsung.
6. Setiap 10 menit selama 60 menit, beri skor warna 0–5 dengan kartu skala dan foto semua irisan dari jarak dan sudut yang sama. Amati irisan F pada menit 0 dan 60 saja.
7. Catat data di tabel, lalu buat grafik skor warna terhadap waktu untuk setiap irisan.
8. Kerjakan versi virtual di Lab Mini untuk membandingkan hasilmu dengan model.

Skor warna cokelat (0 = krem, 5 = cokelat tua)

Irisan / perlakuan	0 menit	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit	50 menit	60 menit
A • tanpa perlakuan							
B • air biasa							
C • jeruk nipis							
D • larutan vitamin C							
E • air garam							
F • lemari es							

Grafik

Buat grafik garis skor warna (sumbu tegak) terhadap waktu (sumbu datar) untuk irisan A–E dalam satu bidang, dengan warna garis berbeda untuk setiap irisan.

Analisis

1. Urutkan irisan dari yang paling cepat sampai paling lambat menjadi cokelat. Apakah sesuai prediksiimu?

Kunci: Umumnya A (tanpa perlakuan) paling cepat, disusul B (air biasa), lalu E (air garam); C (jeruk nipis) dan D (vitamin C) paling lambat, dan F (lemari es) juga lambat. Urutan C dan D dapat bertukar tergantung kadar vitamin C dan keasaman.

2. Mengapa irisan B (air biasa) diperlukan dalam percobaan ini? Apa yang dapat disimpulkan dengan membandingkan B dengan C, D, dan E?

Kunci: B adalah kontrol untuk pengaruh perendaman itu sendiri (permukaan yang basah sesaat menghalangi oksigen dan mencuci sebagian enzim). Bila C, D, dan E lebih lambat daripada B, perlambatan itu disebabkan zat terlarutnya (asam, vitamin C, garam), bukan sekadar karena basah.

3. Pencokelatan terjadi ketika enzim polifenol oksidase membantu oksigen mengoksidasi senyawa fenol menjadi kuinon. Pada reaksi itu, zat apa yang bertindak sebagai oksidator dan zat apa yang teroksidasi?

Kunci: Oksigen (O_2) adalah oksidator; ia tereduksi menjadi air. Senyawa fenol dalam buah teroksidasi menjadi kuinon. Enzim hanya mempercepat reaksi (katalis) dan tidak ikut berubah.

4. Vitamin C, $C_6H_8O_6$, berubah menjadi $C_6H_6O_6$. Tuliskan setengah reaksinya dan tentukan apakah vitamin C mengalami oksidasi atau reduksi.

Kunci: $C_6H_8O_6 \longrightarrow C_6H_6O_6 + 2H^+ + 2e^-$. Vitamin C melepas elektron (dan hidrogen), jadi mengalami oksidasi; ia bertindak sebagai reduktor yang mengembalikan kuinon menjadi fenol tak berwarna.

5. Irisan D mungkin tetap pucat untuk sementara, lalu mulai cokelat. Jelaskan pada tingkat partikel mengapa ada 'masa tunggu' itu.

Kunci: Selama vitamin C masih ada, setiap kuinon yang terbentuk segera direduksi kembali menjadi fenol tak berwarna, sehingga pigmen cokelat belum terbentuk. Setelah semua vitamin C teroksidasi (habis dikorbankan), kuinon menumpuk dan bergabung menjadi pigmen cokelat.

6. Mengapa irisan di lemari es lebih lambat cokelat walaupun tidak diberi antioksidan?

Kunci: Suhu rendah memperlambat gerak partikel dan kerja enzim, sehingga tumbukan efektif antara fenol, oksigen, dan enzim berkurang dan laju oksidasi turun.

7. Sarankan dua cara yang dapat dipakai pedagang rujak atau es buah agar potongan buah tetap menarik, dan jelaskan alasan kimianya.

Kunci: Contoh: (1) merendam atau memerciki potongan buah dengan air jeruk nipis atau air yang diberi vitamin C (asam menghambat enzim, vitamin C sebagai reduktor); (2) menyimpan buah dingin dan tertutup rapat (suhu rendah dan kontak oksigen berkurang). Merendam sebentar dalam air garam encer juga membantu menghambat enzim.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang pengaruh antioksidan (jeruk nipis dan vitamin C), air garam, dan suhu rendah terhadap pencokelatan buah, dikaitkan dengan konsep oksidator, reduktor, dan laju reaksi.

Refleksi

- Aku jadi menyadari bahwa reaksi redoks di dapurku ...
- Bagian yang paling menyenangkan dari percobaan ini adalah ...

- Pertanyaan yang masih ingin kuselidiki adalah ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Balapan Pencokelatan** di subbab 29.6: pilih buah dan suhu, jalankan waktu, lalu bandingkan irisan yang dibiarkan, diberi jeruk nipis, direndam air garam, dan diberi perlakuan pilihanmu (air biasa, vitamin C, dikukus, atau dibungkus plastik). Perhatikan bilah vitamin C yang terus berkurang. Lihat juga Lab Mini **Pencuri Elektron** (subbab 29.1) untuk mengamati oksidator dan reduktor pada tingkat atom.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b29-6

Contoh data satu kelompok (apel, suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$)

Irisan / perlakuan	0 menit	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit	50 menit	60 menit
A • tanpa perlakuan	0	1	2	3	3,5	4	4,5
B • air biasa	0	0,5	1,5	2	3	3,5	4
C • jeruk nipis	0	0	0	0,5	1	1	1,5
D • larutan vitamin C	0	0	0	0	0,5	1	1,5
E • air garam	0	0	0,5	1	1,5	2	2,5
F • lemari es	0	–	–	–	–	–	1

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Desain percobaan yang adil	Hanya perlakuan yang diubah; semua variabel kontrol dijaga dan kontrol (A dan B) dipahami fungsinya	Variabel kontrol hampir semua dijaga	Beberapa variabel kontrol berbeda antaririsan	Percobaan tidak adil sehingga tidak dapat dibandingkan
Pengamatan dan data	Skor dan foto lengkap tiap 10 menit, tabel dan grafik rapi	Data lengkap tetapi grafik kurang rapi	Ada data yang hilang	Data sangat tidak lengkap
Penjelasan konsep redoks	Menyebut oksidator, zat yang teroksidasi, dan peran vitamin C sebagai reduktor dengan tepat pada tingkat partikel	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru (mis. menyebut vitamin C sebagai oksidator)	Tidak ada penjelasan
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota berperan, aturan pisau dan larangan mencicipi ditaati, meja bersih	Sebagian besar anggota berperan dan aturan ditaati	Kerja didominasi satu orang atau ada aturan yang dilanggar	Tidak bekerja sama dan mengabaikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Gunakan buah yang cepat coklat (apel, salak, atau pisang). Bila waktu terbatas, potong buah di awal pelajaran lalu lanjutkan diskusi sambil menunggu. Tablet vitamin C effervescent tidak dianjurkan karena mengandung asam sitrat dan natrium bikarbonat yang ikut memengaruhi hasil. Untuk diferensiasi, kelompok

mahir dapat memvariasikan konsentrasi vitamin C ($\frac{1}{2}$, 1, 2 tablet) dan mencari hubungannya dengan lama masa tunggu; kelompok yang membutuhkan dukungan cukup membandingkan A, C, dan D.

Chemipedia · LKPD Bab 29 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Baterai Buah: Siapa Juara Tegangan?

Bab 30 • Sel Volta & Baterai

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI–XII (Fase F); versi sederhana untuk SMP kelas IX

2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merangkai sel volta sederhana dari buah, dua logam berbeda, dan kabel penghubung.
- Peserta didik dapat mengukur tegangan dan menghubungkan besar tegangan dengan letak pasangan logam di deret volta.
- Peserta didik dapat membandingkan pengaruh susunan seri dan paralel terhadap tegangan dan nyala LED.
- Peserta didik dapat menjelaskan aliran elektron di kawat dan aliran ion di dalam buah pada tingkat partikel.

Cerita pemantik



Menjelang pameran sains, Bima ingin menyalakan LED dengan jeruk nipis. Satu jeruk gagal. "Mungkin jeruknya kurang asam," katanya. Laras menggeleng, "Atau pasangan logamnya yang kurang cocok?" Kak Tirta menyodorkan multimeter, "Jangan menebak-nebak. Ukur!" Kimo sudah menjajarkan paku galvanis, paku besi, dan kawat tembaga di atas meja, lalu berbisik, "LED merah baru mau menyala di atas $\pm 1,8$ volt, lho."

Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh pasangan logam elektrode dan cara merangkai buah (seri atau paralel) terhadap tegangan baterai buah dan nyala LED?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Pasangan logam elektrode (Zn–Cu, Fe–Cu, Zn–Fe, Cu–Cu) serta jumlah dan susunan buah (1–4 buah, seri atau paralel)	Tegangan terukur (V) dan nyala LED	Jenis buah, kedalaman tusukan (± 2 cm), jarak antarelektrode (± 2 cm), multimeter yang sama, suhu ruang

Alat dan bahan

- 4–6 jeruk nipis segar (boleh diganti lemon atau kentang)
- 6 paku galvanis (berlapis seng) ± 5 cm dan 2 paku besi biasa tanpa lapisan
- 6 potong kawat tembaga ± 8 cm dari kabel bekas yang dikupas (atau koin berwarna tembaga)
- 6–8 kabel berpenjepit buaya
- 1 multimeter digital (skala DC V 2 V atau 20 V)
- 1 LED merah kecil (5 mm)
- Amplas halus, tisu, piring plastik, dan kantong plastik untuk sampah buah

Keselamatan

Ujung paku dan kawat tajam: tusukkan perlahan dengan arah menjauhi tangan. Jangan pernah menyambungkan rangkaian ke stopkontak, aki, atau baterai sungguhan, dan jangan membongkar baterai apa pun (baterai litium dapat terbakar, baterai alkalin berisi basa korosif). Buah yang sudah ditusuk logam mengandung ion seng dan tembaga: **jangan dimakan** dan jangan diberikan kepada hewan; masukkan ke kantong plastik lalu buang ke tempat sampah. Amplas logam di atas tisu agar serbuknya tidak tercecer. Cuci tangan dengan sabun setelah praktikum.

Langkah kerja

1. Gulingkan setiap jeruk nipis di atas meja sambil ditekan pelan agar sarinya keluar. Amplas paku dan kawat sampai mengilap.
2. Tulis prediksimu (Predict) untuk setiap baris tabel sebelum mengukur.
3. Tusukkan satu paku galvanis dan satu kawat tembaga ke jeruk pertama sedalam ± 2 cm, berjarak ± 2 cm, dan tidak saling bersentuhan.
4. Ukur tegangan (Observe): kabel hitam (COM) ke paku, kabel merah (V) ke kawat tembaga. Bila angkanya negatif, berarti kabel tertukar.
5. Ulangi dengan pasangan paku besi-tembaga, paku galvanis-paku besi, dan tembaga-tembaga. Pakai lubang tusukan baru untuk setiap pasangan.
6. Rangkai 2, 3, lalu 4 jeruk secara seri dengan pasangan Zn-Cu: kawat tembaga jeruk pertama dihubungkan ke paku galvanis jeruk berikutnya. Ukur tegangan di kedua ujung rangkaian.
7. Hubungkan LED ke rangkaian seri: kaki panjang (+) ke ujung tembaga, kaki pendek (–) ke ujung paku galvanis. Amati di ruangan yang diredupkan.
8. Rangkai 3 jeruk secara paralel (semua paku galvanis disatukan, semua kawat tembaga disatukan). Ukur tegangannya dan uji LED.
9. Diskusikan dan jelaskan (Explain) perbedaan antara prediksi dan hasil pengamatan kelompokmu.

Tabel pengamatan baterai jeruk nipis

Percobaan (pasangan • susunan)	Prediksi tegangan (V)	Tegangan terukur (V)	LED menyala?	Catatan
1. Zn-Cu • 1 jeruk				
2. Fe-Cu • 1 jeruk				
3. Zn-Fe • 1 jeruk				
4. Cu-Cu • 1 jeruk				
5. Zn-Cu • 2 jeruk seri				
6. Zn-Cu • 3 jeruk seri				
7. Zn-Cu • 4 jeruk seri				
8. Zn-Cu • 3 jeruk paralel				

Grafik

Buat grafik tegangan terukur (sumbu tegak) terhadap jumlah jeruk yang dirangkai seri (1–4 buah, sumbu datar) untuk pasangan Zn-Cu. Tarik garis lurus terbaik dan tentukan kemiringannya.

Analisis

1. Pasangan elektrode mana yang menghasilkan tegangan terbesar untuk satu jeruk? Hubungkan jawabanmu dengan letak kedua logam di deret volta.

Kunci: Zn-Cu ($\pm 0,9$ V). Seng dan tembaga terpisah paling jauh di deret volta dibandingkan pasangan Fe-Cu dan Zn-Fe, sehingga beda kecenderungan melepas elektronnya paling besar.

2. Mengapa pasangan Cu-Cu hampir tidak menghasilkan tegangan?

Kunci: Kedua elektrode sama-sama tembaga, jadi tidak ada beda kecenderungan melepas elektron (beda potensial ≈ 0). Tidak ada logam yang "terpaksa" menjadi anode.

3. Tuliskan setengah reaksi yang terjadi di paku galvanis dan di kawat tembaga pada baterai jeruk Zn-Cu. Elektrode mana anode dan mana katode?

Kunci: Anode (paku galvanis): $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$. Katode (kawat tembaga): $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$, yaitu ion H^+ dari asam sitrat yang direduksi (oksigen terlarut juga dapat ikut direduksi). Tembaga sendiri tidak bereaksi; ia hanya menjadi tempat elektron diserahkan.

4. Berapa kemiringan grafik tegangan terhadap jumlah jeruk yang dirangkai seri? Apa artinya?

Kunci: Sekitar $0,9$ V per jeruk. Setiap jeruk yang ditambahkan secara seri menambah tegangan sebesar tegangan satu sel, karena tegangan sel-sel seri dijumlahkan.

5. Mengapa 3 jeruk yang dirangkai paralel tidak mampu menyalakan LED, padahal 3 jeruk yang dirangkai seri mampu?

Kunci: Pada susunan paralel tegangannya tetap sama dengan satu jeruk ($\pm 0,9$ V), di bawah tegangan minimum LED ($\pm 1,8$ V). Paralel hanya memperbesar arus yang dapat diberikan, bukan tegangan.

6. Tegangan terukur Zn-Cu ($\pm 0,9$ V) berbeda dari selisih E° seng dan tembaga ($1,10$ V). Jelaskan penyebabnya.

Kunci: Di dalam jeruk tidak ada ion Cu^{2+} 1 M, jadi reaksi di katode bukan $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$, melainkan reduksi H^+ (dan oksigen terlarut). Konsentrasi juga tidak standar, permukaan logam tidak murni (ada lapisan oksida), dan buah memiliki hambatan dalam.

7. Gambarkan pada tingkat partikel: apa yang bergerak di kawat, dan apa yang bergerak di dalam sari jeruk?

Kunci: Di kawat yang bergerak adalah elektron, dari seng menuju tembaga. Di dalam sari jeruk yang bergerak adalah ion: kation (H^+ , K^+ , Zn^{2+}) menuju tembaga dan anion (sitrat, Cl^-) menuju seng, sehingga lingkaran muatan tertutup.

8. Usulkan cara agar LED menyala lebih terang tanpa menambah jumlah jeruk.

Kunci: Memperkecil hambatan dalam: elektrode lebih lebar dan lebih berdekatan, buah lebih berair, atau memakai kentang rebus; memakai pasangan logam yang lebih jauh di deret volta (misalnya pita magnesium-tembaga); atau menyusun beberapa rangkaian seri secara paralel.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang (1) hubungan letak pasangan logam di deret volta dengan tegangan satu sel, dan (2) pengaruh susunan seri dan paralel terhadap tegangan, berdasarkan data kelompokmu.

Refleksi

- Bagian percobaan yang paling membuatku penasaran adalah ...

- Sekarang aku memahami bahwa baterai di ponselku sebenarnya ...
- Satu pertanyaan yang masih ingin kuselidiki adalah ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Baterai Buah: seri atau paralel?** di subbab 30.5: ganti pasangan elektrode, jenis buah, jumlah buah, dan susunan seri/paralel, lalu nyalakan LED setelah "mematikan lampu kamar". Untuk menjelaskan reaksinya, pakai Lab Mini **Sel Volta Virtual** dan Rumus Hidup **Potensial sel standar** di subbab 30.3.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b30-5

Contoh data satu kelompok (jeruk nipis, suhu ruang)

Percobaan (pasangan • susunan)	Prediksi tegangan (V)	Tegangan terukur (V)	LED menyala?	Catatan
1. Zn-Cu • 1 jeruk	1,0	0,93	tidak	angka stabil
2. Fe-Cu • 1 jeruk	0,8	0,46	tidak	perlahan turun
3. Zn-Fe • 1 jeruk	0,3	0,44	tidak	Zn kutub negatif
4. Cu-Cu • 1 jeruk	0	0,01	tidak	hampir nol
5. Zn-Cu • 2 jeruk seri	1,8	1,85	tidak	berpendar samar di ruang gelap
6. Zn-Cu • 3 jeruk seri	2,7	2,76	ya, redup	lebih jelas di ruang gelap
7. Zn-Cu • 4 jeruk seri	3,6	3,63	ya, lebih terang	terang di ruang redup
8. Zn-Cu • 3 jeruk paralel	2,7	0,94	tidak	sama dengan 1 jeruk

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Merangkai dan mengukur	Rangkaian seri dan paralel benar, multimeter dipakai dengan kutub yang tepat, data lengkap	Satu kesalahan kecil dalam merangkai atau mencatat	Beberapa rangkaian keliru atau data tidak lengkap	Tidak berhasil merangkai atau mengukur
Prediksi dan analisis data	Prediksi tertulis sebelum mengukur, grafik dan kemiringan benar, perbedaan prediksi-hasil dibahas	Grafik benar tetapi pembahasan prediksi kurang	Grafik atau kemiringan keliru	Tidak ada analisis
Penjelasan kimia (tingkat partikel)	Setengah reaksi, anode-katode, aliran elektron dan ion dijelaskan dengan tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Ada miskonsepsi, misalnya elektron lewat sari jeruk	Tidak ada penjelasan
Keselamatan dan kerja sama	Semua aturan keselamatan dipatuhi, buah dibuang dengan benar, semua anggota berperan	Aturan dipatuhi, peran anggota kurang merata	Ada aturan keselamatan yang dilanggar	Bekerja tidak aman

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

LED merah biasanya baru berpendar jelas pada 3–4 jeruk seri dan lebih mudah diamati di ruang yang diredupkan; siapkan kotak kardus gelap sebagai "ruang pengamatan". Bila multimeter terbatas, satu multimeter dapat dipakai bergiliran. Kentang rebus (direbus ±8 menit lalu didinginkan) memberi arus lebih besar karena hambatan dalamnya kecil, cocok untuk diferensiasi atau proyek lanjutan. Koin modern sering berupa paduan atau berlapis, jadi hasilnya bisa berbeda dari kawat tembaga; jadikan bahan diskusi. Untuk siswa yang cepat, mintalah mereka mengukur arus (mA) dan menghitung hambatan dalam satu jeruk.

Chemipedia • LKPD Bab 30 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Paku di Tepi Pantai: Menyelidiki Penyebab Korosi Besi

Bab 31 • Elektrolisis & Korosi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing) dengan pengamatan selama satu minggu

SMA kelas XI–XII (versi sederhana untuk SMP kelas IX)

1 × 45 menit (persiapan) + pengamatan 7 hari (5 menit/hari) + 1 × 45 menit (analisis dan diskusi)

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merancang percobaan untuk menguji syarat terjadinya korosi besi dengan mengendalikan variabel.
- Peserta didik dapat membuktikan bahwa korosi besi membutuhkan air dan oksigen sekaligus, serta dipercepat oleh garam.
- Peserta didik dapat menjelaskan pengaruh logam lain (tembaga, seng) terhadap korosi besi memakai potensial elektrode standar dan istilah anode–katode.
- Peserta didik dapat mengusulkan cara pencegahan korosi yang tepat untuk bangunan di daerah pesisir.

Cerita pemantik



Saat liburan di Makassar, Laras memotret pagar besi di Pantai Losari yang karatan, padahal baru dicat dua tahun lalu. "Di rumah Nenek di Malang, pagar yang lebih tua masih bagus," katanya. Bima menebak, "Pasti karena panas matahari pantai!" Kak Tirta tersenyum, "Tebakan boleh, tapi ilmuwan butuh bukti. Bagaimana kalau kita uji sendiri dengan paku?" Kimo menambahkan fakta: kerugian akibat korosi di seluruh dunia diperkirakan sekitar 3% PDB dunia setiap tahun.

? Rumusan masalah

Faktor apa saja yang diperlukan dan yang mempercepat korosi besi? Bagaimana logam lain yang menempel pada besi dapat mempercepat atau mencegah korosi?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Kondisi lingkungan paku: ada/tidaknya air, ada/tidaknya oksigen, ada/tidaknya garam, dan logam lain yang menempel (tembaga, seng)	Banyaknya karat (skor 0–4) dan warna air/endapan pada hari ke-1, ke-3, dan ke-7	Jenis dan ukuran paku, perlakuan amplas, volume cairan (± 50 mL), tempat penyimpanan dan suhu, lama pengamatan, serta cara memberi skor

Alat dan bahan

- 6 paku besi baru yang sama ukurannya (± 5 cm, bukan paku galvanis), ditambah 1 paku galvanis (paku seng untuk atap)
- 6 gelas plastik bening atau botol bekas air mineral yang dipotong (± 200 mL)
- Air keran ± 300 mL dan air matang yang sudah didinginkan dalam wadah tertutup ± 100 mL

- Garam dapur 3 sendok teh
- Minyak goreng ± 20 mL
- 2–3 sachet silika gel dari kemasan sepatu atau tas, plastik pembungkus dan karet gelang
- Kawat tembaga ± 15 cm dari sisa kabel listrik (kulit plastiknya dikupas)
- Amplas halus, spidol, label, kaca pembesar atau kamera HP, penggaris

Keselamatan

Paku tajam: pegang bagian kepalanya dan jangan diarahkan ke teman. Luka tertusuk paku, apalagi yang berkarat, harus segera dicuci dengan sabun dan air mengalir lalu dilaporkan kepada guru. Pengupasan kabel dengan cutter dan pendidihan air dilakukan oleh guru atau orang dewasa. Silika gel tidak boleh dibuka, dimakan, atau diberikan kepada anak kecil. Jangan mencicipi air rendaman. Di akhir percobaan, buang cairan ke wastafel sambil dialiri air, bungkus paku dengan kertas sebelum dibuang ke tempat sampah, dan cuci tangan.

Langkah kerja

1. Tulis hipotesismu: gelas mana yang paling cepat berkarat dan gelas mana yang tidak berkarat sama sekali? Beri alasan.
2. Amplas ringan semua paku besi agar permukaannya sama bersih, lalu cuci dan keringkan. Beri label gelas A–F.
3. Gelas A: masukkan silika gel dan satu paku, lalu tutup rapat dengan plastik dan karet (udara kering). Gelas B: masukkan paku, isi air matang ± 50 mL, lalu tuang minyak goreng setebal ± 1 cm di atasnya.
4. Gelas C: paku dalam ± 50 mL air keran, biarkan terbuka. Gelas D: sama seperti C, tetapi airnya dilarutkan 1 sendok teh garam.
5. Gelas E: lilitkan kawat tembaga pada paku besi, lalu masukkan ke air garam seperti gelas D. Gelas F: paku galvanis dalam air garam seperti gelas D.
6. Simpan semua gelas di tempat teduh yang sama. Foto dan amati setiap hari pada jam yang sama selama 7 hari.
7. Beri skor karat: 0 = mengkilap, 1 = bintik kecil, 2 = karat di beberapa bagian, 3 = karat menyebar, 4 = karat tebal di seluruh paku. Catat juga warna air dan endapan.
8. Pada hari ke-7, angkat paku dengan pinset atau tisu, bandingkan, lalu diskusikan hasilnya dalam kelompok.

Tabel pengamatan korosi paku selama 7 hari

Gelas dan kondisi	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-7	Skor karat akhir (0–4)	Warna air/endapan
A • udara kering (silika gel, tertutup)					
B • air matang + lapisan minyak					
C • air keran, terbuka					
D • air garam, terbuka					
E • air garam + kawat tembaga					
F • paku galvanis dalam air garam					

Grafik

Buat diagram batang skor karat hari ke-7 untuk keenam gelas. Bila sempat, buat juga grafik garis skor karat terhadap hari untuk gelas C, D, dan E pada satu sumbu.

Analisis

1. Gelas mana yang pakunya tidak berkarat sama sekali? Zat apa yang tidak ada (atau hampir tidak ada) di gelas-gelas itu?

Kunci: Gelas A (tidak ada air, karena uap air diserap silika gel) dan gelas F (besi dilindungi seng). Gelas B hampir tidak berkarat karena oksigen terlarut sudah diusir oleh pendidihan dan dihalangi minyak.

2. Bandingkan gelas A, B, dan C. Apa dua syarat yang harus ada agar besi berkarat?

Kunci: Air dan oksigen harus ada sekaligus. A punya oksigen tanpa air, B punya air hampir tanpa oksigen, C punya keduanya dan hanya C yang berkarat jelas.

3. Mengapa paku di gelas D berkarat lebih banyak daripada di gelas C? Jelaskan pada tingkat ion.

Kunci: Garam terurai menjadi ion Na^+ dan Cl^- yang membuat air menjadi elektrolit yang baik, sehingga arus pada sel volta mini ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ di anode, $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ di katode) mengalir lebih mudah. Ion Cl^- juga merusak lapisan oksida tipis di permukaan besi.

4. Pada gelas C, di bagian paku mana karat paling banyak muncul? Hubungkan dengan tempat oksigen paling mudah masuk ke air.

Kunci: Paling banyak di sekitar garis permukaan air. Di situ air paling banyak mendapat oksigen dari udara, sehingga sel korosi bekerja paling aktif.

5. Paku di gelas E berkarat paling parah, padahal kawat tembaganya tetap mengkilap. Jelaskan memakai nilai E° ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe} = -0,44 \text{ V}$; $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu} = +0,34 \text{ V}$) serta istilah anode dan katode.

Kunci: E° Cu lebih positif daripada Fe, sehingga pada pasangan Fe–Cu besi menjadi anode (teroksidasi) dan tembaga menjadi katode tempat O_2 direduksi. Tembaga tidak teroksidasi sehingga tetap mengkilap, sedangkan besi kehilangan elektron lebih cepat daripada bila sendirian.

6. Mengapa paku galvanis di gelas F tidak berkarat walaupun berada di air garam? Endapan putih apa yang muncul?

Kunci: Seng lebih reaktif ($E^\circ \text{Zn} = -0,76 \text{ V}$, lebih negatif daripada Fe) sehingga seng yang teroksidasi lebih dulu dan menjadi anode korban; besi menjadi katode. Endapan putih adalah senyawa seng, terutama $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (atau seng karbonat basa).

7. Sarankan dua cara melindungi pagar besi di tepi pantai, lalu jelaskan prinsip kimia masing-masing.

Kunci: Contoh: (1) galvanisasi atau cat berlapis, untuk menghalangi air, oksigen, dan garam (galvanisasi juga mengorbankan seng); (2) proteksi katodik dengan anode korban Mg/Zn, sehingga besi menjadi katode; (3) memakai baja tahan karat yang membentuk lapisan Cr_2O_3 pelindung; (4) rutin membilas garam dan mengecat ulang bagian yang tergores.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang (1) syarat terjadinya korosi besi, (2) faktor yang mempercepatnya, dan (3) cara logam lain mempercepat atau mencegah korosi, berdasarkan data kelompokmu. Bandingkan dengan hipotesis awalmu.

Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan dari percobaan ini adalah ...
- Setelah percobaan ini, aku akan memperhatikan ... di rumah atau di sekolahku.
- Aku masih penasaran tentang ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Uji Korosi Paku: minggu demi minggu** di subbab 31.5: jalankan sampai hari ke-28, ketuk setiap tabung untuk membaca penjelasannya, lalu ganti isi tabung F (galvanis, galvanis tergores, timah tergores, dililit magnesium, dicat) dan ubah suhu ruang. Ikuti juga animasi langkah korosi besi di bawah tetesan air (subbab 31.5) dan Penyetara Reaksi **Setarakan reaksi korosi**.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b31-5

Contoh data satu kelompok (suhu ruang $\pm 28^\circ\text{C}$)

Gelas dan kondisi	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-7	Skor karat akhir (0-4)	Warna air/endapan
A • udara kering (silika gel, tertutup)	<i>mengkilap</i>	<i>mengkilap</i>	<i>mengkilap</i>	0	- (tidak ada air)
B • air matang + lapisan minyak	<i>mengkilap</i>	<i>mengkilap</i>	<i>1 bintik kecil di bawah lapisan minyak</i>	0-1	<i>jernih</i>
C • air keran, terbuka	<i>bintik coklat kecil di dekat permukaan air</i>	<i>karat di sekitar garis permukaan air</i>	<i>karat di beberapa bagian, sedikit endapan</i>	2	<i>kuning kecokelatan</i>
D • air garam, terbuka	<i>bintik oranye di beberapa tempat</i>	<i>karat menyebar, air mulai keruh</i>	<i>karat tebal, endapan coklat</i>	3	<i>oranye kecokelatan, keruh</i>
E • air garam + kawat tembaga	<i>karat oranye sudah jelas</i>	<i>karat banyak; kawat tembaga tetap mengkilap</i>	<i>paku tertutup karat tebal</i>	4	<i>coklat pekat, banyak endapan</i>
F • paku galvanis dalam air garam	<i>mengkilap</i>	<i>lapisan putih tipis</i>	<i>endapan putih, tanpa karat coklat</i>	0	<i>agak keruh keputihan</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Perencanaan dan pengendalian variabel	Semua gelas disiapkan tepat, hanya satu faktor yang berbeda antara pasangan gelas yang dibandingkan	Sebagian besar variabel terkendali, ada satu kelalaian kecil	Beberapa variabel kontrol berbeda (volume, tempat, jenis paku)	Percobaan tidak terkendali sehingga hasil sulit dibandingkan
Pengamatan dan pencatatan data	Data harian lengkap, skor konsisten, ada foto pendukung	Data lengkap tetapi skor kurang konsisten	Beberapa hari tidak tercatat	Data sangat tidak lengkap
Penjelasan pada tingkat partikel	Menjelaskan anode, katode, aliran elektron, peran ion garam, dan E° dengan tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru, misalnya tertukar anode dan katode	Tidak ada penjelasan kimia
Kesimpulan dan saran penerapan	Kesimpulan didukung data dan saran pencegahan tepat untuk daerah pesisir	Kesimpulan benar, saran kurang spesifik	Kesimpulan tidak sepenuhnya sesuai data	Tidak ada kesimpulan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Mulailah percobaan pada hari Senin agar pengamatan hari ke-7 jatuh pada pertemuan berikutnya. Pastikan paku bukan paku galvanis kecuali untuk gelas F (paku galvanis tampak keabu-abuan kusam). Bila silika gel tidak ada, kapur tohor dalam kantong kain dapat menggantikannya, tetapi kapur tohor panas bila basah dan perih di mata, jadi hanya disiapkan guru. Untuk hasil lebih cepat (1–2 hari), paku dapat diganti sabut baja halus (steel wool) tanpa sabun. Diferensiasi: siswa yang cepat dapat menambah gelas G (paku dililit pita magnesium dari laboratorium) atau mengukur beda potensial pasangan paku–tembaga dalam air garam dengan multimeter. Hubungkan hasilnya dengan Lab Mini dan animasi langkah korosi di subbab 31.5.

Chemipedia • LKPD Bab 31 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Kembar Rumus, Beda Wajah: Merakit Isomer Butana dan Pentana

Bab 32 • Hidrokarbon & Minyak Bumi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing) dengan model molekul

SMA kelas XI (dapat disederhanakan untuk kelas X)



2 x 45 menit

Model: Discovery learning

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merakit semua isomer struktur C_4H_{10} dan C_5H_{12} dengan model molekul.
- Peserta didik dapat memberi nama IUPAC setiap isomer dan menentukan jenis atom karbonnya (primer, sekunder, tersier, kuarternar).
- Peserta didik dapat membedakan isomer sejati dari molekul yang sama yang hanya digambar atau ditekuk berbeda.
- Peserta didik dapat menjelaskan hubungan percabangan dengan titik didih berdasarkan gaya London.

Cerita pemantik



Di bengkel dekat sekolah, Bima melihat dua kaleng isi ulang korek gas: "butana" dan "isobutana". "Rumusnya sama-sama C_4H_{10} , pasti sama saja," katanya. Laras membuka catatannya: "Titik didih butana $-0,5^\circ C$, isobutana $-12^\circ C$. Kalau sama, kenapa datanya beda?" Kak Tirta menyodorkan plastisin dan tusuk gigi: "Jangan berdebat, rakit saja! Ada berapa cara menyusun empat karbon? Bagaimana dengan lima karbon?" Kimo menambahkan, "Hati-hati, rantai yang cuma ditekuk bukan isomer baru!"

? Rumusan masalah

Ada berapa isomer struktur C_4H_{10} dan C_5H_{12} ? Bagaimana memberi nama setiap isomer, dan bagaimana percabangan memengaruhi titik didihnya?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Susunan rantai karbon (lurus, satu cabang, dua cabang)	Nama IUPAC, bentuk model, dan titik didih (dari kartu data)	Rumus molekul (jumlah atom C dan H sama), jenis ikatan (semua tunggal), bahan model yang sama

Alat dan bahan

- Plastisin/malam dua warna: gelap untuk C (± 40 g) dan terang untuk H (± 40 g) per kelompok
- Tusuk gigi ± 30 batang (atau potongan lidi sepanjang 3 cm)
- Kertas HVS dan spidol untuk menggambar rumus struktur
- Busur derajat untuk memperkirakan sudut antartusuk
- Kartu data titik didih isomer (dibagikan guru setelah langkah 6)
- Gawai dengan Chemipedia untuk versi virtual (bila tersedia)

Keselamatan

Ujung tusuk gigi tajam: arahkan menjauh dari wajah, jangan dipakai bercanda, dan kumpulkan kembali setelah selesai. Plastisin bukan makanan, jadi jangan dimasukkan ke mulut. Cuci tangan dengan sabun setelah praktikum. Simpan sisa plastisin dalam wadah tertutup dan buang tusuk gigi bekas ke tempat sampah, bukan ke lantai.

Langkah kerja

1. Tulis hipotesismu: berapa isomer yang dimiliki C_4H_{10} dan C_5H_{12} ?
2. Buat 5 bola gelap (C) berdiameter ± 2 cm dan 12 bola terang (H) berdiameter ± 1 cm. Setiap C harus punya tepat 4 tusuk gigi, setiap H tepat 1.
3. Rakit C_4H_{10} dengan empat C berderet. Gambar rumus struktur singkatnya, beri nama IUPAC, dan catat sebagai Model 1.
4. Bongkar rantainya dan cari susunan empat C yang lain. Uji setiap model baru: bila rantai terpanjang dan posisi cabangnya sama dengan model sebelumnya (hanya ditekuk atau diputar), itu bukan isomer baru.
5. Tambahkan 1 C dan 2 H, lalu temukan semua isomer C_5H_{12} . Gambar dan namai setiap isomer dengan aturan IUPAC.
6. Untuk setiap isomer, hitung jumlah C primer, sekunder, tersier, dan kuarterner.
7. Ambil kartu data titik didih dari guru, pasangkan dengan isomer yang tepat, lalu gulirkan model di meja untuk membandingkan "kebulatannya".
8. Bandingkan hasil kelompokmu dengan kelompok lain, lalu periksa dengan Lab Mini Perakit Alkana.

Tabel pengamatan isomer C_4H_{10} dan C_5H_{12}

Model	Rumus struktur singkat	Nama IUPAC	C primer / sekunder / tersier / kuarterner	Bentuk model	Titik didih ($^{\circ}C$, kartu data)
Model 1 (C_4H_{10})					
Model 2 (C_4H_{10})					
Model 3 (C_5H_{12})					
Model 4 (C_5H_{12})					
Model 5 (C_5H_{12})					

Grafik

Buat diagram batang titik didih kelima isomer, dikelompokkan menurut rumus molekulnya (C_4H_{10} dan C_5H_{12}), dan urutkan dari yang paling sedikit cabangnya.

Analisis

1. Berapa isomer C_4H_{10} dan C_5H_{12} yang kamu temukan? Apakah sesuai dengan hipotesismu?

Kunci: C_4H_{10} punya 2 isomer (butana dan 2-metilpropana); C_5H_{12} punya 3 isomer (pentana, 2-metilbutana, dan 2,2-dimetilpropana).

2. Bima menekuk rantai butana menjadi bentuk huruf L dan menyebutnya isomer baru. Benarkah? Jelaskan.

Kunci: Tidak benar. Ikatan tunggal C–C dapat berputar, sehingga rantai lurus yang ditekuk tetap rantai 4 C tanpa cabang: molekulnya sama (butana). Isomer baru harus memiliki urutan sambungan atom yang berbeda.

3. Tuliskan nama IUPAC isomer C_5H_{12} yang bercabang dua. Mengapa nama "tetrametilmetana" tidak dipakai?

Kunci: 2,2-dimetilpropana. Rantai terpanjangnya 3 C (propana) dan kedua metil menempel di C-2. "Tetrametilmetana" tidak dipakai karena rantai induk harus rantai terpanjang (3 C), bukan 1 C.

4. Isomer mana yang memiliki atom C kuartern? Berapa jumlah C primernya?

Kunci: 2,2-dimetilpropana: C pusatnya mengikat 4 atom C (kuartern), dan keempat CH_3 adalah C primer (4 C primer).

5. Urutkan titik didih ketiga isomer C_5H_{12} dan jelaskan urutannya dengan gaya London.

Kunci: Pentana ($36^\circ C$) > 2-metilbutana ($28^\circ C$) > 2,2-dimetilpropana ($9,5^\circ C$). Ketiganya nonpolar dengan jumlah elektron sama, sehingga hanya gaya London yang berperan. Makin bercabang, molekul makin bulat dan bidang sentuhnya makin kecil, sehingga gaya London melemah dan titik didih turun.

6. Mengapa isobutana dipakai sebagai gas korek dan zat pendingin kulkas, padahal rumusnya sama dengan butana?

Kunci: Isobutana adalah zat yang berbeda dengan titik didih lebih rendah ($-12^\circ C$), sehingga tetap mudah menguap walaupun udara dingin; sifat ini dimanfaatkan pada korek gas dan mesin pendingin. Rumus sama tidak berarti sifat sama.

7. Ramalkan: berapa isomer yang dimiliki C_6H_{14} ? Uji ramalanmu dengan Perakit Alkana.

Kunci: C_6H_{14} punya 5 isomer: heksana, 2-metilpentana, 3-metilpentana, 2,2-dimetilbutana, dan 2,3-dimetilbutana.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang jumlah isomer C_4H_{10} dan C_5H_{12} , cara memberi nama isomer bercabang, dan hubungan percabangan dengan titik didih, berdasarkan model dan data kelompokmu.

Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku saat merakit isomer adalah ...
- Cara yang kupakai untuk memastikan dua model bukan molekul yang sama adalah ...
- Aku masih ingin tahu tentang ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Perakit Alkana** di subbab 32.2: rakit setiap isomer, cocokkan nama IUPAC dan titik didihnya, dan perhatikan penghitung isomer (2 untuk C_4H_{10} , 3 untuk C_5H_{12} , 5 untuk C_6H_{14}). Bandingkan bentuk

3D butana dan isobutana pada **Molekul 3D** "Kembar rumus, beda bentuk" (subbab 32.3), lalu lihat tren titik didih pada **Grafik Hidup** titik didih alkana (subbab 32.2).

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b32-3

Contoh data satu kelompok

Model	Rumus struktur singkat	Nama IUPAC	C primer / sekunder / tersier / kuarternar	Bentuk model	Titik didih (°C, kartu data)
Model 1 (C ₄ H ₁₀)	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	butana	2 / 2 / 0 / 0	memanjang, mudah ditekuk	-0,5
Model 2 (C ₄ H ₁₀)	$CH_3CH(CH_3)CH_3$	2-metilpropana	3 / 0 / 1 / 0	seperti huruf Y, agak bulat	-12
Model 3 (C ₅ H ₁₂)	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	pentana	2 / 3 / 0 / 0	memanjang	36
Model 4 (C ₅ H ₁₂)	$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$	2-metilbutana	3 / 1 / 1 / 0	satu cabang	28
Model 5 (C ₅ H ₁₂)	$C(CH_3)_4$	2,2-dimetilpropana	4 / 0 / 0 / 1	hampir bulat seperti bola	9,5

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Perakitan model	Semua isomer (2 + 3) terakit benar tanpa duplikat; setiap C punya 4 ikatan	Semua isomer terakit, tetapi ada satu duplikat atau satu kesalahan valensi	Hanya sebagian isomer yang terakit	Model tidak sesuai aturan valensi
Tata nama IUPAC	Kelima nama benar lengkap dengan nomor dan awalan	Satu nama keliru	Dua atau tiga nama keliru	Sebagian besar nama keliru
Analisis titik didih	Urutan benar dan dijelaskan dengan gaya London serta luas bidang sentuh	Urutan benar, penjelasan kurang lengkap	Urutan benar tanpa penjelasan	Urutan dan penjelasan keliru
Kerja sama dan keselamatan	Semua anggota aktif, alat rapi dan aman	Sebagian besar anggota aktif	Kerja didominasi satu atau dua orang	Tidak bekerja sama atau mengabaikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Bila plastisin tidak tersedia, pakai biji salak atau kancing dengan lidi, atau gambar di kertas berpetak. Tekankan uji "isomer sejati": bandingkan rantai terpanjang dan posisi cabang, bukan bentuk gambarnya.

Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat ditantang menemukan 5 isomer C_6H_{14} , dan calon peserta olimpiade mencari 9 isomer C_7H_{16} serta menandai atom C kiral pada 3-metilheksana.

Chemipedia · LKPD Bab 32 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Detektif Aroma Dapur: Alkohol, Asam, atau Ester?

Bab 33 • Gugus Fungsi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI/XII (Fase F); dapat disederhanakan untuk SMP kelas IX



2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (prediksi–observasi–eksplanasi)

Nama

Kelas

Kelompok

Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membedakan alkohol, asam karboksilat, dan ester berdasarkan bau, sifat asam dengan indikator alami, reaksi dengan soda kue, dan kelarutan dalam air.
- Peserta didik dapat mengaitkan setiap sifat yang diamati dengan gugus fungsi $-OH$, $-COOH$, dan $-COO-$.
- Peserta didik dapat menjelaskan perbedaan kelarutan dengan konsep ikatan hidrogen dan panjang rantai karbon.
- Peserta didik dapat menerapkan cara mencium zat yang aman (mengipas uap).

Cerita pemantik



Di dapur Laras ada beberapa botol tanpa label berisi cairan bening atau kekuningan. Kata ibunya, isinya alkohol pembersih, cuka, esens pisang untuk kue, dan minyak goreng. Bima langsung ingin mencicipi untuk menebak. "Stop!" seru Kak Tirta. "Kimiawan tidak menebak dengan lidah. Kita pakai bau yang dikipas, indikator kubis ungu, soda kue, dan air. Setiap gugus fungsi punya sidik jari sifatnya sendiri." Kimo menambahkan, "Etanol dan asam asetat sama-sama punya dua atom karbon dan sama-sama punya OH, tetapi wajahnya berbeda!"

Rumusan masalah

Bagaimana cara membedakan alkohol, asam karboksilat, dan ester dari sifat-sifat yang dapat diamati, dan bagaimana sifat itu berkaitan dengan gugus fungsinya?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis zat (air sebagai kontrol, alkohol 70%, cuka, esens pisang, minyak goreng)	Bau, warna indikator kubis ungu, ada/tidaknya gelembung dengan soda kue, dan kelarutan dalam air	Volume zat dan indikator, jumlah soda kue, ukuran gelas, dan suhu ruang

Alat dan bahan

- Alkohol 70% (etanol) dari apotek, ± 20 mL
- Cuka dapur (asam asetat $\pm 5\%$), ± 20 mL
- Esens/perisa pisang untuk kue (mengandung isoamil asetat), ± 5 mL
- Minyak goreng (trigliserida, ester besar), ± 20 mL
- Air kubis ungu (rebusan $\frac{1}{2}$ lembar daun kubis ungu, didinginkan) sebagai indikator alami, ± 100 mL
- Soda kue (NaHCO_3), 2 sendok teh
- Air matang, 10 gelas plastik bening kecil, pipet tetes atau sedotan, sendok teh dan sendok makan
- Spidol, kertas label, tisu, dan kaca mata pelindung (atau kaca mata biasa)

Keselamatan

Alkohol 70% dan esens mudah terbakar: jauhkan dari api, lilin, dan kompor. Jangan mencicipi bahan apa pun, walaupun berasal dari dapur, karena alat dipakai bersama. Cium bau dengan mengipas uap ke arah hidung, jangan menghirup langsung dari mulut gelas. Cuka dan alkohol perih bila terkena mata: pakai kacamata, dan bila terciprat bilas dengan air mengalir selama 10 menit. Jangan mencampur bahan selain yang diminta LKPD. Limbah cair dibuang ke wastafel dengan banyak air, kecuali minyak: kumpulkan dalam botol bekas lalu buang ke tempat sampah. Cuci tangan setelah praktikum.

Langkah kerja

1. Beri label lima gelas: Air, Alkohol, Cuka, Esens, Minyak. Isi masing-masing dengan ± 1 sendok makan zat. Tulis dulu prediksimu untuk setiap uji.
2. Uji bau: kipaskan uap dari mulut gelas ke arah hidung dengan tangan. Catat baunya (tajam, asam menusuk, harum buah, atau hampir tak berbau).
3. Uji indikator: ambil 1 sendok teh setiap zat ke gelas baru, tambahkan 1 sendok teh air kubis ungu, lalu aduk. Bandingkan warnanya dengan gelas air (kontrol).
4. Uji soda kue: ke sisa zat di gelas berlabel, tambahkan $\frac{1}{4}$ sendok teh soda kue. Amati ada atau tidaknya gelembung gas selama 30 detik.
5. Uji kelarutan: ambil 1 sendok teh setiap zat ke gelas baru berisi 3 sendok makan air, aduk, lalu diamkan 1 menit. Amati: bercampur sempurna, keruh, atau membentuk dua lapisan?
6. Lengkapi tabel pengamatan, lalu bandingkan hasilnya dengan prediksimu.
7. Bersihkan alat dan buang limbah sesuai petunjuk keselamatan.

Tabel pengamatan sifat lima zat dapur

Zat	Gugus fungsi utama	Bau (dikipas)	Warna kubis ungu	Gelembung dengan soda kue	Kelarutan dalam air
Air (kontrol)					
Alkohol 70% (etanol)					
Cuka (asam asetat)					
Esens pisang (isoamil asetat)					
Minyak goreng (trigliserida)					

Grafik

Tidak perlu grafik. Sebagai gantinya, buat diagram alir (kunci determinasi) ya/tidak yang dapat memisahkan kelima zat, misalnya dimulai dengan pertanyaan "Berbuih dengan soda kue?".

Analisis

1. Zat mana yang mengubah warna kubis ungu menjadi merah muda dan berbuih dengan soda kue? Gugus fungsi apa yang bertanggung jawab?

Kunci: Cuka (asam asetat). Gugus karboksil -COOH melepas ion H^+ sehingga larutan bersifat asam (kubis ungu menjadi merah muda) dan bereaksi dengan soda kue.

2. Alkohol punya gugus -OH. Mengapa alkohol tidak mengubah warna kubis ungu menjadi hijau seperti basa?

Kunci: Gugus -OH alkohol terikat kovalen pada atom C dan tidak lepas sebagai ion OH⁻, sehingga larutan alkohol netral dan warna indikator tetap ungu.

3. Tuliskan persamaan reaksi antara asam asetat dan soda kue. Gas apa yang terbentuk dan bagaimana cara membuktikannya?

Kunci: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Gasnya karbon dioksida; bila dialirkan ke air kapur, air kapur menjadi keruh, dan nyala lidi padam di dalamnya.

4. Mengapa alkohol bercampur sempurna dengan air, sedangkan minyak goreng membentuk dua lapisan? Jelaskan dengan ikatan hidrogen dan panjang rantai karbon.

Kunci: Gugus -OH etanol membentuk ikatan hidrogen dengan air dan rantai karbonnya pendek (2 C), sehingga bercampur sempurna. Minyak goreng adalah trigliserida dengan rantai karbon sangat panjang dan tanpa -OH bebas, sehingga tidak dapat berikatan hidrogen dengan air; minyak memisah di lapisan atas karena massa jenisnya lebih kecil.

5. Esens pisang dan minyak goreng sama-sama ester. Mengapa esens berbau harum kuat, sedangkan minyak goreng hampir tidak berbau?

Kunci: Isoamil asetat bermolekul kecil (Mr 130) sehingga mudah menguap dan mencapai hidung. Trigliserida minyak goreng bermolekul sangat besar (Mr ±800-900) sehingga hampir tidak menguap pada suhu kamar.

6. Isoamil asetat dapat dibuat dari asam asetat dan 3-metil-1-butanol. Tuliskan persamaan reaksinya dan sebutkan syarat reaksinya.

Kunci: $\text{CH}_3\text{COOH} + (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$. Syarat: katalis asam sulfat pekat dan pemanasan; reaksinya bolak-balik sehingga rendemennya tidak 100%.

7. Susun kunci determinasi sederhana (paling sedikit tiga pertanyaan ya/tidak) untuk mengenali alkohol, asam karboksilat, dan ester yang tidak berlabel.

Kunci: Contoh: (1) Berbuih dengan soda kue dan kubis ungu menjadi merah muda? Ya → asam karboksilat. Tidak → (2) Bercampur sempurna dengan air dan berbau tajam khas alkohol? Ya → alkohol. Tidak → (3) Berbau harum buah? Ya → ester kecil (esens). Tidak, hampir tak berbau dan membentuk dua lapisan → ester besar (minyak/lemak).

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang sifat khas alkohol, asam karboksilat, dan ester, serta gugus fungsi yang menyebabkannya, berdasarkan data kelompokmu.

💬 Refleksi

- Sifat yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang aku mengerti bahwa rumus yang sama-sama memuat OH belum tentu sifatnya sama, karena ...
- Aku ingin mencoba membedakan ... dengan cara yang aman.

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Laboratorium Uji Gugus** di subbab 33.3 untuk menguji asam etanoat dan etanol dengan soda kue serta pereaksi lain, lalu Lab Mini **Pabrik Aroma** di subbab 33.4 untuk membuat isoamil asetat dari

asam etanoat dan 3-metil-1-butanol. Bandingkan juga etanol, asam asetat, dan etil asetat pada **Molekul 3D** "Satu rangka dua karbon, banyak wajah" di subbab 33.1.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b33-4

Contoh data satu kelompok

Zat	Gugus fungsi utama	Bau (dikipas)	Warna kubis ungu	Gelembung dengan soda kue	Kelarutan dalam air
Air (kontrol)	—	tidak berbau	ungu	tidak ada	—
Alkohol 70% (etanol)	—OH (hidroksil)	tajam khas alkohol	ungu (netral)	tidak ada	bercampur sempurna
Cuka (asam asetat)	—COOH (karboksil)	asam menusuk	merah muda	banyak gelembung	bercampur sempurna
Esens pisang (isoamil asetat)	—COO— (ester)	harum pisang	ungu, sedikit berubah karena pewarna esens	tidak ada	agak keruh, aromanya tetap kuat
Minyak goreng (trigliserida)	—COO— (ester besar)	hampir tidak berbau	ungu, minyak memisah di atas	tidak ada	dua lapisan, minyak di atas

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Keselamatan dan teknik pengamatan	Selalu mengipas bau, memakai kaca mata, tidak mencicipi, dan membuang limbah dengan benar	Ada satu kekeliruan kecil dalam prosedur aman	Beberapa kali menghirup langsung atau membuang limbah sembarangan	Mengabaikan aturan keselamatan
Kelengkapan dan ketelitian data	Semua sel tabel terisi dengan pengamatan rinci dan dibandingkan dengan kontrol	Hampir semua terisi, sedikit kurang rinci	Banyak data kosong atau tidak dibandingkan dengan kontrol	Data tidak dicatat
Penjelasan dengan gugus fungsi	Mengaitkan setiap sifat dengan gugus fungsi dan ikatan hidrogen secara tepat	Sebagian besar penjelasan tepat	Penjelasan sebagian keliru (misalnya alkohol dianggap basa)	Tidak ada penjelasan
Kunci determinasi dan kesimpulan	Kunci determinasi logis dan lengkap, kesimpulan didukung data	Kunci determinasi benar tetapi kurang ringkas	Kunci determinasi tidak dapat memisahkan semua zat	Tidak membuat kunci determinasi

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Esens kue komersial sering mengandung pelarut (propilena glikol atau etanol) dan pewarna, sehingga warna indikator bisa sedikit berubah; tekankan bahwa aroma buahnya berasal dari ester. Bila kubis ungu tidak tersedia, gunakan kertas lakmus atau air kunyit (kuning, berubah merah kecokelatan dalam basa). Untuk diferensiasi, siswa yang cepat dapat menguji minyak gosok (metil salisilat) sebagai ester tambahan, atau memprediksi sifat aseton (penghapus kutek) sebelum guru mendemonstrasikannya. Esterifikasi nyata dengan asam sulfat pekat dan pembuatan sabun dengan NaOH hanya boleh dilakukan sebagai demonstrasi guru di laboratorium, dengan kaca mata pelindung dan lemari asam.

Chemipedia · LKPD Bab 33 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Siapa Paling Tak Jenuh? Uji Iodin pada Minyak dan Lemak Dapur

Bab 34 • Reaksi & Mekanisme Organik

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XII (juga dapat untuk kelas XI)

2 × 45 menit

Model: POE (predict-observe-explain) dipadu inkuiri terbimbing

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membandingkan ketidakjenuhan beberapa minyak dan lemak dapur melalui pemudaran warna larutan iodin.
- Peserta didik dapat menjelaskan pemudaran warna sebagai reaksi adisi halogen pada ikatan rangkap $C=C$.
- Peserta didik dapat menghubungkan tingkat ketidakjenuhan dengan wujud lemak pada suhu kamar dan dengan proses hidrogenasi margarin.
- Peserta didik dapat merancang percobaan yang adil dengan variabel kontrol yang jelas.

Cerita pemantik



Bima heran melihat minyak goreng tetap cair di dapur, sedangkan mentega dan margarin padat. "Padahal semuanya sama-sama lemak, kan?" tanyanya. Laras membuka catatannya: "Bedanya ada di jumlah ikatan rangkap $C=C$. Tapi bagaimana membuktikannya tanpa laboratorium canggih?" Kak Tirta mengangkat botol antiseptik luka berwarna cokelat: "Iodin juga halogen, seperti brom. Ia bisa diadisi oleh ikatan $C=C$. Makin banyak $C=C$, makin banyak iodin yang 'dimakan'." Kimo menambahkan, "Pabrik di Indonesia memakai prinsip yang sama untuk mengukur bilangan iodin minyak sawit!"

Rumusan masalah

Bagaimana urutan ketidakjenuhan minyak kelapa, minyak sawit, minyak kedelai, mentega, dan margarin bila diukur dari banyaknya tetes iodin yang warnanya memudar?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis minyak atau lemak	Jumlah tetes iodin yang memudar sebelum warna cokelat bertahan, dan waktu memudarnya tetes pertama	Volume sampel (1 sendok teh), volume alkohol 70% (1 sendok teh), suhu air hangat ($\pm 50^\circ\text{C}$), cara dan lama pengadukan, sumber iodin yang sama

Alat dan bahan

- Larutan povidon-iodin 10% (antiseptik luka) 1 botol kecil, dengan pipet tetes
- Minyak goreng sawit, minyak kelapa, dan minyak kedelai atau jagung, masing-masing ± 10 mL
- Mentega dan margarin, masing-masing ± 1 sendok teh
- Alkohol 70% dari apotek ± 20 mL (pelarut bantu)

- 6 gelas sloki atau tabung reaksi bening, sendok teh, tusuk gigi
- Mangkuk berisi air hangat dari dispenser ($\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan termometer dapur
- Stopwatch HP, alas koran, sarung tangan plastik, tisu

Keselamatan

Pakai sarung tangan plastik dan alas koran: povidon-iodin menodai kulit, pakaian, dan meja. Jangan mencicipi bahan apa pun, termasuk minyak, selama praktikum, dan jauhkan iodine dari mata (bila terkena, bilas dengan air mengalir 15 menit). Peserta yang alergi iodine tidak menangani larutan iodine. Alkohol 70% mudah terbakar: tidak boleh ada api, kompor, atau lilin di meja praktikum; pemanasan hanya memakai air hangat dari dispenser ($\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$), bukan api. Minyak bekas diserap tisu lalu dibuang ke tempat sampah, bukan ke wastafel. Cuci tangan dengan sabun setelah selesai.

Langkah kerja

1. Tulis prediksimu: sampel mana yang paling banyak memudahkan iodine dan mana yang paling sedikit? Beri alasan.
2. Beri label enam gelas: air (kontrol), minyak kelapa, minyak sawit, minyak kedelai/jagung, mentega, dan margarin.
3. Masukkan 1 sendok teh setiap sampel ke gelasny. Lelehkan mentega dan margarin dengan merendam gelasny di air hangat.
4. Tambahkan 1 sendok teh alkohol 70% ke setiap gelas, aduk 20 detik dengan tusuk gigi yang berbeda.
5. Letakkan semua gelas di mangkuk air hangat ($\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, periksa dengan termometer).
6. Teteskan 1 tetes povidon-iodine ke gelas pertama, aduk 20 detik, nyalakan stopwatch, dan catat waktu sampai warna coklat memudar menjadi kuning pucat (hentikan pengamatan setelah 10 menit). Ulangi untuk gelas lain.
7. Lanjutkan menetes satu per satu (aduk setiap kali) sampai warna coklat bertahan lebih dari 2 menit. Catat jumlah tetesnya.
8. Bandingkan semua gelas dengan latar kertas putih, foto hasilnya, dan susun peringkat ketidakjenuhan.

Tabel pengamatan uji iodine

Sampel	Wujud pada suhu kamar	Tetes iodine sampai warna bertahan	Waktu tetes pertama memudar (detik)	Peringkat ketidakjenuhan
Air (kontrol)				
Minyak kelapa				
Minyak goreng sawit				
Minyak kedelai/jagung				
Mentega (dilelehkan)				
Margarin (dilelehkan)				

Grafik

Buat diagram batang jumlah tetes iodine yang memudar untuk setiap sampel. Di sebelahnya, buat diagram batang bilangan iodine dari literatur (minyak kelapa ± 9 , mentega ± 32 , minyak sawit ± 53 , minyak kedelai ± 130) lalu bandingkan urutannya.

Analisis

1. Sampel mana yang paling banyak memudarkan iodine, dan mana yang paling sedikit? Apakah sesuai prediksi?

Kunci: Umumnya minyak kedelai/jagung paling banyak memudarkan iodine, disusul minyak sawit, margarin, mentega, dan minyak kelapa paling sedikit. Minyak kedelai kaya asam lemak tak jenuh ganda (linoleat), sedangkan minyak kelapa didominasi asam lemak jenuh (laurat).

2. Mengapa gelas berisi air tetap berwarna coklat? Apa gunanya gelas ini dalam percobaan?

Kunci: Air tidak punya ikatan $C=C$ sehingga tidak ada iodine yang teradisi; warnanya bertahan. Gelas ini adalah kontrol: membuktikan bahwa pemudaran pada gelas lain disebabkan oleh lemak, bukan oleh alkohol, suhu, atau cahaya.

3. Jelaskan pada tingkat partikel apa yang terjadi pada molekul iodine ketika warnanya hilang. Tuliskan persamaan reaksinya memakai satu ikatan $C=C$.

Kunci: Elektron π ikatan $C=C$ menyerang molekul I_2 yang terpolarisasi; ikatan π terbuka dan dua atom I menempel pada dua karbon bekas ikatan rangkap. Molekul I_2 yang berwarna berubah menjadi bagian molekul lemak yang tak berwarna: $-CH=CH- + I_2 \rightarrow -CHI-CHI-$.

4. Hubungkan hasilmu dengan wujud sampel pada suhu kamar. Mengapa lemak yang lebih jenuh cenderung padat?

Kunci: Lemak jenuh (minyak kelapa, mentega) memudarkan sedikit iodine dan cenderung padat. Rantai asam lemak jenuh lurus sehingga dapat tersusun rapat dan gaya London antarrantai kuat. Ikatan $C=C$ cis membuat rantai bengkok, susunannya longgar, sehingga minyak tak jenuh cair.

5. Margarin dibuat dari minyak nabati cair. Reaksi apa yang memadatkannya, dan mengapa margarin memudarkan iodine lebih sedikit daripada minyak kedelai?

Kunci: Hidrogenasi: adisi H_2 pada ikatan $C=C$ dengan katalis nikel. Sebagian ikatan rangkap minyak nabati sudah dijenuhkan, sehingga sisa $C=C$ pada margarin lebih sedikit dan iodine yang teradisi pun lebih sedikit.

6. Sebutkan dua sumber galat dalam percobaan ini dan cara mengatasinya.

Kunci: Contoh: ukuran tetes tidak seragam (pakai pipet yang sama dan tegak lurus); campuran minyak-alkohol tidak homogen (aduk dengan waktu yang sama); suhu air turun (ganti air hangat setiap 10 menit); penilaian warna subjektif (bandingkan dengan latar putih dan foto, pengamat yang sama).

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan antara jumlah ikatan rangkap $C=C$, banyaknya iodine yang teradisi, dan wujud lemak pada suhu kamar, berdasarkan data kelompokmu.

Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam percobaan ini adalah ...

- Sekarang, saat melihat label minyak goreng di warung, aku akan memperhatikan ...
- Bagian yang masih membuatku penasaran adalah ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Tetes demi Tetes: Uji Air Brom** di subbab 34.4: pilih minyak kelapa, sawit, zaitun, kedelai, dan mentega, lalu hitung tetes yang warnanya hilang dan bandingkan dengan grafik bilangan iodin. Coba juga heksana di tempat gelap dan di bawah sinar matahari. Lihat sebaran elektron π pada **Molekul 3D** "Di mana elektron π bersembunyi?" di subbab yang sama.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b34-4

Contoh data satu kelompok (suhu air $\pm 50^\circ\text{C}$)

Sampel	Wujud pada suhu kamar	Tetes iodin sampai warna bertahan	Waktu tetes pertama memudar (detik)	Peringkat ketidakjenuhan
Air (kontrol)	<i>cair</i>	<i>1 (tidak memudar)</i>	<i>tidak memudar</i>	<i>—</i>
Minyak kelapa	<i>cair (membeku di bawah $\pm 24^\circ\text{C}$)</i>	<i>2</i>	<i>> 600</i>	<i>5</i>
Minyak goreng sawit	<i>cair</i>	<i>6</i>	<i>± 150</i>	<i>2</i>
Minyak kedelai/jagung	<i>cair</i>	<i>11</i>	<i>± 70</i>	<i>1</i>
Mentega (dilelehkan)	<i>padat</i>	<i>3</i>	<i>± 420</i>	<i>4</i>
Margarin (dilelehkan)	<i>padat</i>	<i>5</i>	<i>± 210</i>	<i>3</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Prediksi dan rancangan percobaan	Prediksi beralasan kimia; semua variabel kontrol disebut dan dijaga	Prediksi beralasan; satu variabel kontrol terlewat	Prediksi tanpa alasan; kontrol kurang dijaga	Tanpa prediksi dan tanpa kontrol
Keterampilan praktikum dan keselamatan	Menetes dan mengaduk konsisten, memakai sarung tangan, tanpa api, limbah dibuang benar	Konsisten, satu aturan keselamatan kurang diperhatikan	Kurang konsisten atau dua aturan keselamatan dilanggar	Tidak mengikuti prosedur dan aturan keselamatan
Data dan grafik	Tabel lengkap, grafik rapi, dibandingkan dengan bilangan iodin literatur	Tabel lengkap, grafik kurang rapi	Data tidak lengkap	Data tidak dicatat
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan adisi I_2 pada $C=C$, hubungan dengan gaya antarmolekul, dan hidrogenasi dengan tepat	Menjelaskan adisi dengan tepat, kaitan wujud kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan kimia

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Adisi iodin pada $C=C$ berlangsung lambat; karena itu dipakai air hangat dan alkohol sebagai pelarut bantu, dan hasilnya bersifat **perbandingan**, bukan bilangan iodin mutlak. Laboratorium industri memakai pereaksi Wijs (iodin monoklorida, ICl) yang jauh lebih reaktif. Nilai literatur bilangan iodin: minyak kelapa 7–10, mentega 25–42, minyak sawit 50–55, minyak zaitun 75–94, minyak kedelai 120–140. Bila povidon-iodin sulit didapat, gunakan tingtur iodin encer dengan pengawasan guru. Diferensiasi: kelompok cepat dapat menguji minyak jelantah (pemanasan berulang mengurangi ikatan $C=C$) atau menghitung mol ikatan $C=C$ dari bilangan iodin (bilangan iodin ÷ 254 = mol $C=C$ per 100 g).

Chemipedia • LKPD Bab 34 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Bioplastik dari Tepung Singkong: Seberapa Lentur Plastik Buatanku?

Bab 35 • Polimer & Material

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing) dan proyek mini

SMA kelas XI–XII (dapat disederhanakan untuk SMP kelas IX dengan pendampingan)

2 × 45 menit + pengamatan selama 7 hari

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict–observe–explain)

Nama _____ Kelas _____ Kelompok _____ Tanggal _____

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat membuat lembaran bioplastik dari pati singkong (tapioka) dengan variasi jumlah gliserin.
- Peserta didik dapat membandingkan kelenturan, kekuatan sobek, ketahanan air, dan keterurai bioplastik dengan plastik polietilena.
- Peserta didik dapat menjelaskan peran gliserin sebagai pelentur pada tingkat partikel (ikatan hidrogen antarrantai pati).
- Peserta didik dapat menilai kelebihan dan keterbatasan bioplastik sebagai pengganti plastik sekali pakai.

Cerita pemantik



Di pasar, Laras menerima kantong belanja yang terasa licin seperti plastik, tetapi labelnya bertuliskan "terbuat dari singkong". Bima tidak percaya: "Masa singkong bisa jadi plastik? Singkong kan untuk getuk!" Kak Tirta tertawa: "Pati singkong itu polimer, rantai panjang glukosa. Kalau rantainya kita bantu bergeser dengan sedikit gliserin, jadilah lembaran yang lentur." Kimo menambahkan, "Indonesia termasuk penghasil singkong terbesar di dunia. Bayangkan kalau sebagian kantong plastik diganti singkong!" Hari ini kalian akan membuat bioplastik sendiri dan mengujinya.

Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh jumlah gliserin terhadap kelenturan, kekuatan sobek, ketahanan air, dan keterurai bioplastik dari tepung singkong, dibandingkan dengan kantong polietilena?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Volume gliserin per 10 g tepung (0, 1, 2, dan 3 mL)	Kelenturan saat dilipat, beban sampai sobek, perubahan setelah direndam, dan keadaan setelah dikubur 7 hari	Massa tepung (10 g), volume air (60 mL), volume cuka (5 mL), lama dan besar api pemanasan, ketebalan lapisan (± 2 mm saat basah), lama pengeringan, dan ukuran potongan uji

Alat dan bahan

- Tepung tapioka (pati singkong) 40 g (4 × 10 g)
- Air bersih 240 mL (4 × 60 mL)
- Cuka dapur 20 mL (4 × 5 mL)
- Gliserin cair dari apotek ± 6 mL

- Panci kecil atau wajan antilengket kecil dan kompor (dengan pengawasan orang dewasa)
- Sendok kayu, gelas ukur, sendok takar 1 mL (atau pipet tetes), timbangan dapur
- Empat alas cetak: kertas roti di atas nampan atau mika plastik, diberi label G0–G3
- Penggaris, gunting, penjepit kertas, kantong plastik kecil berisi koin sebagai beban (ditimbang)
- Gelas berisi air untuk uji rendam, pot atau gelas plastik berisi tanah lembap untuk uji kubur
- Sepotong kantong plastik polietilena sebagai pembanding
- Lap tebal atau sarung tangan tahan panas

Keselamatan

Campuran pati yang dipanaskan menjadi kental dan sangat panas, dapat meletup dan menempel di kulit: gunakan api kecil, aduk dengan sendok kayu bergagang panjang, dan biarkan orang dewasa atau guru menangani kompor serta panci. Pakai lap atau sarung tangan tahan panas saat menuang. Jangan mencicipi bahan atau hasil bioplastik, karena alat dipakai untuk praktikum. Gliserin dan cuka aman dalam jumlah ini, tetapi jauhkan dari mata; bila terkena, bilas dengan air mengalir. Bersihkan tumpahan agar lantai tidak licin. Sisa adonan dan potongan bioplastik dapat dibuang ke tempat kompos; potongan kantong plastik pembanding dibuang ke tempat sampah anorganik.

Langkah kerja

1. Beri label empat alas cetak: G0 (0 mL gliserin), G1 (1 mL), G2 (2 mL), dan G3 (3 mL). Tulis hipotesismu: sampel mana yang paling lentur dan mana yang paling kuat?
2. Untuk G0, campurkan 10 g tepung tapioka, 60 mL air, dan 5 mL cuka di dalam panci. Aduk sampai tidak ada gumpalan sebelum api dinyalakan.
3. Tambahkan gliserin sesuai label (G0 tanpa gliserin).
4. Bersama orang dewasa, panaskan dengan api kecil sambil terus diaduk selama 5–8 menit sampai campuran mengental, berubah dari putih keruh menjadi bening, dan mulai meletup kecil. Jangan sampai gosong.
5. Matikan api, tuang ke alas berlabel, lalu ratakan setebal ± 2 mm dengan punggung sendok. Cuci panci, lalu ulangi langkah 2–5 untuk G1, G2, dan G3.
6. Keringkan lembaran 1–2 hari pada suhu kamar di tempat yang tidak lembap, lalu lepaskan perlahan dari alas.
7. Uji kelenturan: lipat sepotong lembaran 180° . Catat apakah retak, patah, atau tetap utuh.
8. Uji kekuatan: potong strip $2\text{ cm} \times 8\text{ cm}$, jepit kedua ujungnya, gantung pada satu ujung, lalu tambahkan beban koin sedikit demi sedikit sampai strip sobek. Catat massa beban total.
9. Uji air dan keterurai: rendam potongan $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ dalam air selama 10 menit; kubur potongan lain sedalam $\pm 3\text{ cm}$ di tanah lembap bersama potongan kantong plastik pembanding, lalu amati setelah 7 hari.

Tabel pengamatan sifat bioplastik tepung singkong

Sampel (gliserin per 10 g tepung)	Tampilan setelah kering	Dilipat 180°	Beban sampai sobek (g)	Setelah direndam 10 menit	Setelah dikubur 7 hari
G0 • 0 mL					
G1 • 1 mL					
G2 • 2 mL					
G3 • 3 mL					
Pembanding: kantong polietilena					

Grafik

Buat grafik batang beban sampai sobek (sumbu tegak, gram) terhadap volume gliserin (sumbu datar, mL). Tambahkan keterangan kelenturan (retak atau tidak) di atas setiap batang.

Analisis

1. Apa yang terjadi pada campuran tepung saat dipanaskan sehingga berubah dari putih keruh menjadi bening dan kental?

Kunci: Butir pati menyerap air dan membengkak saat dipanaskan, lalu pecah sehingga rantai amilosa dan amilopektin keluar dan terurai merata di dalam air (gelatinisasi). Rantai yang tersebar dan saling membelit membentuk jaringan kental yang bening karena tidak lagi berupa butiran yang menghamburkan cahaya.

2. Bagaimana pengaruh jumlah gliserin terhadap kelenturan dan kekuatan lembaran? Jelaskan pada tingkat partikel.

Kunci: Semakin banyak gliserin, lembaran semakin lentur tetapi semakin lemah. Molekul gliserin yang kecil menyusup di antara rantai pati dan membentuk ikatan hidrogen dengan gugus $-OH$ pati, sehingga ikatan hidrogen antarrantai pati berkurang. Rantai lebih mudah bergeser (lentur), tetapi gaya yang menahannya juga lebih kecil (kekuatan turun). Gliserin berperan sebagai pelentur (plasticizer).

3. Mengapa sampel tanpa gliserin cenderung rapuh, sedangkan sampel dengan gliserin terlalu banyak menjadi lembek dan lengket?

Kunci: Tanpa gliserin, rantai pati terikat sangat kuat satu sama lain oleh banyak ikatan hidrogen sehingga kaku dan mudah retak saat ditekuk. Bila gliserin terlalu banyak, rantai terlalu renggang sehingga lembaran lembek; gliserin juga menarik uap air dari udara (higroskopis) sehingga permukaannya lengket.

4. Mengapa bioplastik pati melunak saat direndam air, sedangkan kantong polietilena tidak berubah?

Kunci: Pati penuh gugus $-OH$ yang polar dan membentuk ikatan hidrogen dengan air, sehingga air masuk di antara rantai dan lembaran mengembang serta melunak. Polietilena hanya tersusun atas C dan H yang nonpolar, sehingga tidak berinteraksi dengan air.

5. Bandingkan keadaan potongan bioplastik dan kantong plastik setelah dikubur 7 hari. Mengapa hasilnya berbeda?

Kunci: Bioplastik pati mulai berjamur, berlubang, atau hancur karena mikroba tanah memiliki enzim (amilase) yang memutus ikatan glikosida dan memakai glukosanya sebagai makanan. Kantong polietilena tetap utuh karena mikroba hampir tidak dapat memutus rantai C–C yang panjang dan nonpolar.

6. Apa kira-kira fungsi cuka dalam resep ini?

Kunci: Asam asetat dalam cuka membantu memecah sebagian rantai amilopektin yang bercabang dan membuat adonan lebih merata, sehingga lembaran lebih halus dan tidak terlalu rapuh. Suasana asam juga sedikit menghambat pertumbuhan jamur selama pengeringan.

7. Sarankan satu kegunaan yang cocok untuk bioplastik buatanmu dan satu kelemahan yang perlu diperbaiki.

Kunci: Contoh kegunaan: pembungkus bibit tanaman, alas atau wadah kering sekali pakai, atau kemasan kering yang cepat terurai. Kelemahan: tidak tahan air dan lembap, lebih lemah daripada plastik PE, dan cepat berjamur; dapat diperbaiki dengan mencampur serat alam atau melapisi permukaannya.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang hubungan jumlah gliserin dengan kelenturan dan kekuatan bioplastik, serta perbandingan ketahanan air dan keterurai bioplastik pati dengan polietilena, berdasarkan data kelompokmu.

💡 Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dalam praktikum ini adalah ...
- Sekarang aku memandang kantong plastik sekali pakai sebagai ...
- Satu kebiasaan yang ingin kuubah tentang pemakaian plastik adalah ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Perangkai Polimer** di subbab 35.3: pilih "Kondensasi · amilum (glukosa)" dan "selulosa" untuk melihat bagaimana glukosa bergandengan lewat ikatan glikosida sambil melepas air. Bandingkan dengan polietilena yang rantainya hanya C–C. Lalu mainkan **Pemilah Plastik** di subbab 35.5 untuk menemukan kode 7 (termasuk PLA dan bioplastik), dan putar glukosa pada **Molekul 3D** "Monomer bertangan dua dan ikatan peptida" untuk menemukan gugus –OH yang membentuk ikatan hidrogen.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b35-5

Contoh data satu kelompok

Sampel (gliserin per 10 g tepung)	Tampilan setelah kering	Dilipat 180°	Beban sampai sobek (g)	Setelah direndam 10 menit	Setelah dikubur 7 hari
G0 • 0 mL	<i>bening agak keruh, kaku, retak halus di tepi</i>	<i>patah</i>	<i>±700 (patah tiba-tiba)</i>	<i>melunak dan mengembang</i>	<i>berjamur, tepinya mulai hancur</i>
G1 • 1 mL	<i>bening, agak kaku</i>	<i>sedikit retak</i>	<i>±600</i>	<i>melunak, agak lembek</i>	<i>berjamur dan berlubang</i>
G2 • 2 mL	<i>bening, lentur</i>	<i>utuh</i>	<i>±400 (meregang dulu)</i>	<i>lembek, tepinya mulai larut</i>	<i>sebagian besar hancur</i>
G3 • 3 mL	<i>bening, sangat lentur, agak lengket</i>	<i>utuh</i>	<i>±200 (meregang, lengket)</i>	<i>sangat lembek dan lengket</i>	<i>hancur, tersisa serpihan</i>
Pembanding: kantong polietilena	<i>tipis, lentur</i>	<i>utuh</i>	<i>±1.200 (meregang panjang)</i>	<i>tidak berubah</i>	<i>tidak berubah</i>

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Pelaksanaan dan keselamatan	Mengikuti semua langkah, takaran tepat, memakai pelindung panas, area kerja bersih	Mengikuti langkah dengan sedikit kekeliruan takaran, keselamatan terjaga	Beberapa langkah terlewat atau kurang hati-hati dengan panas	Tidak mengikuti langkah dan mengabaikan keselamatan
Pengamatan dan data	Tabel lengkap, data uji kekuatan dan kubur tercatat teliti, grafik benar	Tabel hampir lengkap, grafik benar dengan sedikit kekurangan	Data kurang lengkap atau grafik keliru	Data tidak dicatat
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan gelatinisasi, peran gliserin, dan keterurai dengan konsep ikatan hidrogen dan enzim secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan partikel
Penilaian lingkungan dan kerja sama	Menilai kelebihan dan kelemahan bioplastik dengan alasan berbasis data, semua anggota berperan	Penilaian cukup beralasan, sebagian besar anggota berperan	Penilaian tanpa alasan jelas, kerja didominasi satu orang	Tidak ada penilaian dan tidak bekerja sama

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Tepung tapioka dapat diganti tepung maizena atau sagu untuk membandingkan sumber pati. Bila gliserin sulit diperoleh, kelompok dapat memakai sorbitol atau sedikit minyak goreng sebagai pembanding (hasilnya berbeda: minyak tidak bercampur baik dengan pati). Pengeringan yang terlalu cepat di bawah terik matahari membuat lembaran melengkung, jadi lebih baik dikeringkan di tempat teduh berangin. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat menambahkan serbuk kunyit sebagai pewarna alami atau serat sabut kelapa halus untuk penguat, lalu menguji ulang kekuatannya.

Chemipedia · LKPD Bab 35 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Detektif Gizi Jajanan Pasar: Uji Zat Makanan pada Pangan Lokal

Bab 36 • Biokimia: Molekul Kehidupan

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas XI–XII (juga bisa untuk SMP kelas VIII dengan bimbingan guru)

2 × 45 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat melakukan uji iodine, Benedict, biuret, dan noda kertas pada bahan pangan lokal dengan aman.
- Peserta didik dapat menyimpulkan kandungan amilum, gula pereduksi, protein, dan lemak dari perubahan warna dan noda.
- Peserta didik dapat menjelaskan hasil uji pada tingkat partikel, termasuk mengapa sukrosa bukan gula pereduksi.
- Peserta didik dapat menyusun menu bergizi seimbang dari bahan lokal berdasarkan data percobaan.

Cerita pemantik



Pagi itu Bima membeli jajanan pasar: kue lapis, nagasari, dan segelas susu kedelai. "Semua isinya cuma gula, kan?" katanya. Laras menggeleng: "Belum tentu. Tepung beras dan tapioka itu pati, kedelai kaya protein, santan mengandung lemak." Kak Tirta tersenyum dan mengeluarkan tiga botol pereaksi. "Hari ini kalian jadi detektif gizi. Warna tidak bisa berbohong!" Kimo menambahkan, "Hati-hati, gula pasir itu pandai menyamar."

? Rumusan masalah

Zat gizi apa saja (amilum, gula pereduksi, protein, lemak) yang terkandung dalam bahan pangan lokal di sekitar kita, dan bagaimana kita membuktikannya dengan uji kimia sederhana?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis bahan pangan yang diuji	Perubahan warna (iodin, Benedict, biuret) dan noda tembus cahaya pada kertas	Volume sampel (± 2 mL), jumlah pereaksi, suhu dan lama pemanasan Benedict (± 80 °C, 5 menit), waktu pengamatan; air sebagai kontrol negatif

Alat dan bahan

- 10 tabung reaksi dan rak (atau gelas plastik bening kecil), 4 pipet tetes (satu untuk setiap pereaksi)
- Larutan povidon-iodin 10% (obat luka) yang diencerkan 1 : 10 dengan air, ± 20 mL
- Pereaksi Benedict ± 30 mL dan pereaksi biuret ± 30 mL (disiapkan guru dari laboratorium sekolah)
- Penangas air: panci atau gelas tahan panas berisi air ± 80 °C dari termos atau teko listrik, penjepit tabung
- Kertas HVS atau kertas cokelat dipotong 5 × 5 cm, 10 lembar

- Sampel pangan lokal: nasi, tepung tapioka, gula pasir, air kelapa muda, pisang matang, susu, putih telur, tempe, minyak goreng (masing-masing 1–2 sendok)
- Cobek atau mortar kecil, sendok, air bersih, spidol, label, kaca mata pelindung, sarung tangan plastik

Keselamatan

Pakai kaca mata pelindung dan sarung tangan plastik selama memakai pereaksi biuret dan Benedict: biuret mengandung NaOH yang korosif (bisa melukai mata dan kulit), Benedict mengandung tembaga sulfat yang berbahaya bila tertelan. Bila terpercik, segera bilas dengan air mengalir 15 menit dan lapor guru. Povidon-iodin meninggalkan noda coklat pada kulit dan baju; siswa yang alergi iodin cukup mengamati. Jangan memakai api: panaskan hanya di penangas air dan pegang tabung dengan penjepit, arahkan mulut tabung menjauhi teman. JANGAN mencicipi sampel apa pun setelah bercampur pereaksi, walaupun bahannya makanan. Limbah yang mengandung tembaga (Benedict, biuret) dikumpulkan di wadah limbah yang disediakan guru; sisa iodin encer boleh dibuang ke wastafel dengan banyak air. Cuci tangan setelah selesai.

Langkah kerja

1. Haluskan setiap sampel padat dengan sedikit air (± 1 sendok sampel + 3 sendok air), masukkan ke gelas kecil, dan beri label. Sampel cair dipakai langsung.
2. Tulis hipotesismu di tabel: perkirakan zat gizi utama setiap sampel (POE: prediksi).
3. Uji iodin: masukkan ± 2 mL sampel ke tabung, teteskan 3 tetes povidon-iodin encer, goyangkan perlahan, amati warnanya.
4. Uji Benedict: campurkan ± 2 mL sampel dengan ± 2 mL pereaksi Benedict, letakkan tabung di penangas air $\pm 80^\circ\text{C}$ selama 5 menit, lalu amati warna dan endapan.
5. Uji biuret: campurkan ± 2 mL sampel dengan ± 2 mL pereaksi biuret, goyangkan, tunggu 2 menit, amati warnanya dengan latar kertas putih.
6. Uji noda kertas: oleskan sedikit sampel pada potongan kertas, biarkan kering ± 10 menit, lalu angkat ke arah cahaya jendela.
7. Lakukan keempat uji pada air sebagai kontrol. Catat semua pengamatan dengan kata-kata dan tanda (–, +, ++, +++).
8. Kumpulkan limbah sesuai arahan guru, cuci alat, rapikan meja, lalu diskusikan hasil kelompokmu.

Tabel pengamatan uji zat makanan

Sampel	Uji iodin (amilum)	Uji Benedict (gula pereduksi)	Uji biuret (protein)	Uji noda kertas (lemak)	Kesimpulan zat gizi
Air (kontrol)					
Nasi					
Tepung tapioka					
Gula pasir					
Air kelapa muda					
Pisang matang					
Susu					
Putih telur					
Tempe					
Minyak goreng					

Grafik

Buat "peta gizi" berwarna: tabel 10×4 yang setiap selnya diwarnai sesuai hasil uji (misalnya biru-hitam, merah bata, ungu, kuning) dan diberi tanda $-/+ /++ /+++$.

Analisis

1. Sampel mana saja yang mengandung amilum? Apa buktinya?

Kunci: Nasi, tepung tapioka, dan sedikit pada pisang matang. Buktinya warna iodin berubah dari kuning-cokelat menjadi biru-hitam (pada pisang matang hanya cokelat kehitaman samar karena sebagian besar patinya sudah menjadi gula).

2. Gula pasir terasa manis, tetapi hasil uji Benedict-nya negatif. Jelaskan berdasarkan struktur sukrosa.

Kunci: Pada sukrosa, C1 glukosa dan C2 fruktosa terikat dalam ikatan glikosidik, sehingga tidak ada gugus aldehida bebas yang bisa mereduksi Cu^{2+} menjadi Cu_2O . Rasa manis tidak menentukan sifat pereduksi.

3. Mengapa uji Benedict harus dipanaskan, sedangkan uji iodin dan biuret tidak?

Kunci: Reaksi reduksi Cu^{2+} oleh gula pereduksi berjalan sangat lambat pada suhu kamar; pemanasan memberi energi aktivasi dan membuka cincin gula menjadi bentuk rantai terbuka beraldehida. Kompleks amilum-iodin dan kompleks Cu^{2+} -peptida (biuret) terbentuk cepat pada suhu kamar.

4. Apa gunanya air sebagai kontrol dalam percobaan ini?

Kunci: Air menunjukkan warna pereaksi bila tidak ada zat yang diuji (kontrol negatif), sehingga perubahan warna pada sampel lain benar-benar disebabkan oleh zat di dalam sampel, bukan oleh pereaksi atau pengenceran.

5. Susu memberikan hasil positif pada tiga uji. Zat gizi apa saja yang dikandungnya? Kaitkan dengan fungsi susu bagi anak mamalia.

Kunci: Laktosa (gula pereduksi, Benedict positif), protein kasein (biuret positif), dan lemak susu (noda kertas positif). Bayi mamalia membutuhkan ketiganya: laktosa untuk energi, protein untuk tumbuh, lemak untuk energi padat dan membran sel serta otak.

6. Jelaskan pada tingkat partikel mengapa iodine menjadi biru-hitam bila bertemu amilum, tetapi tidak dengan glukosa.

Kunci: Amilosa membentuk heliks; ion poliodida (I_3^- , I_5^-) masuk ke dalam rongga heliks dan membentuk kompleks yang menyerap kuat cahaya jingga-merah sehingga tampak biru-hitam. Glukosa adalah molekul kecil tanpa heliks, jadi warna iodine tidak berubah.

7. Bima ingin sarapan yang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak. Berdasarkan datamu, susun satu menu dari bahan lokal dan beri alasannya.

Kunci: Contoh: nasi (karbohidrat: amilum), tempe goreng (protein dan lemak), dan segelas susu (gula pereduksi, protein, lemak). Alasannya didukung data: nasi positif iodine, tempe positif biuret dan noda kertas, susu positif Benedict, biuret, dan noda kertas.

✓ Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang kandungan zat gizi setiap sampel dan pereaksi yang membuktikannya. Bandingkan dengan hipotesismu: mana yang tepat dan mana yang mengejutkan?

💡 Refleksi

- Hasil yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ...
- Sekarang aku melihat makanan di piringku sebagai ...
- Aku masih ingin tahu kandungan gizi dari ... karena ...

💻 Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Detektif Gizi: uji makanan virtual** di subbab 36.3: pilih sampel, ketuk botol pereaksi, panaskan tabung Benedict, dan isi tabel hasil sampai lengkap. Bandingkan dengan Molekul 3D **Gula di lidahmu** (subbab 36.1) untuk melihat mengapa sukrosa tidak punya gugus aldehida bebas, lalu jelajahi Lab Mini **Enzim di Dapur** (subbab 36.4) untuk melihat bagaimana amilase memecah pati.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b36-3

Contoh data satu kelompok

Sampel	Uji iodin (amilum)	Uji Benedict (gula pereduksi)	Uji biuret (protein)	Uji noda kertas (lemak)	Kesimpulan zat gizi
Air (kontrol)	kuning-cokelat (-)	biru (-)	biru muda (-)	kering tanpa bekas (-)	kontrol negatif
Nasi	biru-hitam (++++)	biru, sedikit kehijauan (-/±)	ungu sangat muda (±)	tanpa bekas (-)	amilum; sedikit protein
Tepung tapioka	biru-hitam (++++)	biru (-)	biru muda (-)	tanpa bekas (-)	amilum
Gula pasir	kuning-cokelat (-)	biru (-)	biru muda (-)	tanpa bekas (-)	tidak ada gula pereduksi (sukrosa)
Air kelapa muda	kuning-cokelat (-)	jingga, sedikit endapan (++)	biru muda (-)	tanpa bekas (-)	gula pereduksi
Pisang matang	cokelat kehitaman samar (+)	merah bata (+++)	biru keunguan samar (±)	tanpa bekas (-)	gula pereduksi; sedikit amilum
Susu	kuning pucat (-)	jingga (++)	ungu (++)	tembus cahaya samar (+)	gula pereduksi (laktosa), protein, lemak
Putih telur	kuning pucat (-)	biru (-)	ungu pekat (+++)	tanpa bekas (-)	protein
Tempe	kuning-cokelat (-)	biru (-)	ungu (++)	tembus cahaya (+)	protein dan lemak
Minyak goreng	tidak bercampur, iodin di lapisan bawah (-)	biru (-)	biru muda (-)	tembus cahaya, tidak hilang (+++)	lemak

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Keterampilan dan keselamatan kerja	Memakai alat pelindung, menakar dengan benar, memanaskan di penangas air, limbah dibuang sesuai arahan	Bekerja aman dengan satu kekeliruan kecil	Beberapa kali lalai (tanpa kacamata, takaran asal)	Bekerja tidak aman atau tidak mengikuti prosedur
Kelengkapan dan ketelitian data	Seluruh tabel terisi dengan deskripsi warna dan tanda yang konsisten, termasuk kontrol	Sebagian kecil data kurang rinci	Banyak sel kosong atau tanda tidak konsisten	Data tidak dicatat
Penjelasan tingkat partikel	Menjelaskan heliks amilosa-iodin, gula pereduksi, dan sukrosa dengan tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Penerapan dan komunikasi	Menu bergizi didukung data dan disampaikan dengan jelas	Menu tepat tetapi alasan kurang lengkap	Menu kurang sesuai data	Tidak menyusun menu

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Pereaksi biuret dapat dibuat dengan mencampur larutan NaOH 1 M dan beberapa tetes CuSO₄ 1% (siapkan sendiri, jangan oleh siswa). Benedict tersedia di laboratorium atau dapat dibeli di toko kimia. Bila tidak ada pereaksi Benedict, gunakan strip uji glukosa urin dari apotek sebagai alternatif (spesifik glukosa, sehingga air kelapa dan madu positif tetapi sukrosa negatif). Gula pasir yang sudah lama disimpan kadang memberi warna hijau samar karena sedikit sukrosa terhidrolisis menjadi gula invert; ini bahan diskusi yang bagus. Untuk diferensiasi: siswa yang cepat dapat menguji gula pasir yang telah dipanaskan dengan beberapa tetes air jeruk nipis (hidrolisis asam) lalu menguji ulang dengan Benedict.

Chemipedia • LKPD Bab 36 • © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD • Editor: Abdullah Hanif Hidayat • Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Jam Koin: Menemukan Waktu Paruh dengan Koin dan Dadu

Bab 37 · Kimia Inti & Radioaktivitas

Praktikum kelompok (simulasi, penemuan terbimbing)

SMA kelas X–XII (juga bisa untuk SMP kelas IX)

2 × 40 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat memodelkan peluruhan radioaktif memakai koin dan dadu sebagai inti atom.
- Peserta didik dapat menentukan waktu paruh dari data dan grafik peluruhan.
- Peserta didik dapat membandingkan waktu paruh dua "isotop" dengan peluang meluruh yang berbeda.
- Peserta didik dapat menjelaskan mengapa peluruhan satu inti acak tetapi peluruhan banyak inti dapat diramalkan, serta mengaitkannya dengan penanggalan karbon-14.

Cerita pemantik



Di Museum Sangiran, Bima bertanya bagaimana ilmuwan tahu umur tulang purba. Kimo menjawab bahwa atom karbon-14 di dalamnya meluruh separuh setiap ± 5.730 tahun. "Tapi bagaimana mungkin tahu separuh, kalau kita tidak bisa melihat satu atom pun?" protes Bima. Laras membuka buku catatannya: "Kita perlu data." Kak Tirta tersenyum dan menumpahkan sekotak koin ke meja: "Hari ini setiap koin adalah satu inti atom. Mari kita buat jam atom kita sendiri!"

Rumusan masalah

Bagaimana jumlah "inti" yang belum meluruh berubah setiap kali dilempar, berapa waktu paruhnya, dan apa pengaruh peluang meluruh (koin $1/2$, dadu $1/6$) terhadap waktu paruh?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis "inti" (koin dengan peluang meluruh $1/2$, dadu dengan peluang meluruh $1/6$) dan nomor lemparan	Jumlah inti yang belum meluruh setelah setiap lemparan	Jumlah inti awal (100), cara mengocok dan menumpahkan, aturan meluruh yang sama setiap lemparan

Alat dan bahan

- 100 koin logam (boleh campuran pecahan; atau 100 permen pipih yang satu sisinya diberi tanda spidol)
- 30–60 dadu biasa bermata 1–6 (boleh dibagi beberapa kelompok)
- 1 kotak sepatu berpenutup atau gelas plastik besar untuk mengocok
- 1 nampan plastik atau baki sebagai tempat menumpahkan
- Kertas grafik, pensil, penggaris, dan kalkulator
- Stopwatch ponsel (opsional) dan ponsel untuk memotret data

Keselamatan

Percobaan ini hanya simulasi: tidak ada bahan radioaktif sungguhan. Tumpahkan koin dan dadu di atas nampan agar tidak menggelinding ke lantai dan membuat orang terpeleset. Jauhkan koin, dadu, dan permen kecil dari anak balita karena bisa tertelan. Permen yang sudah dipakai jangan dimakan. Cuci tangan dengan sabun setelah memegang koin. Kembalikan semua koin dan dadu sesudah selesai.

Langkah kerja

1. Tuliskan dugaanmu (hipotesis): setelah dua kali lemparan, berapa koin yang masih tersisa dari 100 koin? Apakah dadu akan habis lebih cepat atau lebih lambat?
2. Hitung tepat 100 koin dan masukkan ke kotak. Ini lemparan ke-0: catat 100 di tabel.
3. Tutup kotak, kocok 5 kali, lalu tumpahkan isinya pelan-pelan ke nampan.
4. Sisihkan semua koin yang menunjukkan sisi angka. Koin itu dianggap sudah "meluruh". Hitung koin yang tersisa (sisi gambar) dan catat.
5. Masukkan kembali hanya koin yang tersisa ke kotak, lalu ulangi langkah 3–4 sampai koin habis atau sampai lemparan ke-8.
6. Hitung sisa menurut teori untuk setiap lemparan, yaitu $100 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n$, dan tuliskan di tabel.
7. Ulangi seluruh percobaan memakai dadu (gabungkan dadu beberapa kelompok sampai 100 jika ada). Dadu dianggap meluruh jika muncul mata 6.
8. Gambar kedua data (koin dan dadu) pada satu grafik: sumbu mendatar nomor lemparan, sumbu tegak jumlah inti tersisa. Tandai garis 50 inti untuk membaca waktu paruh.

Tabel pengamatan peluruhan koin dan dadu (100 inti awal)

Lemparan ke-	Koin tersisa	Koin yang meluruh pada lemparan ini	Sisa teori koin: $100 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n$	Dadu tersisa
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Grafik

Gambar grafik jumlah inti tersisa (sumbu tegak) terhadap nomor lemparan (sumbu mendatar) untuk koin dan dadu pada satu bidang. Hubungkan titik-titik dengan kurva mulus, lalu tarik garis mendatar pada 50 inti untuk membaca waktu paruh masing-masing.

Analisis

1. Berapa lemparan yang dibutuhkan sampai koin tinggal sekitar 50? Itulah waktu paruh koin. Bagaimana dengan dadu?

Kunci: Sekitar 1 lemparan untuk koin (karena peluangnya $\frac{1}{2}$). Dadu butuh sekitar 3,8 lemparan, jadi antara 3 dan 4 lemparan, untuk tinggal ± 50 .

2. Bagaimana bentuk grafiknya: garis lurus atau kurva? Jelaskan mengapa jumlah koin yang meluruh pada setiap lemparan makin sedikit.

Kunci: Kurva menurun yang makin landai (eksponensial), bukan garis lurus. Yang meluruh selalu sebagian tetap ($\frac{1}{2}$ untuk koin) dari yang masih ada; karena yang tersisa makin sedikit, jumlah yang meluruh juga makin sedikit.

3. Dapatkah kamu meramalkan koin *mana* yang akan meluruh pada lemparan berikutnya? Lalu mengapa jumlah totalnya dapat diramalkan?

Kunci: Tidak bisa: setiap koin punya peluang sama dan hasilnya acak. Namun untuk banyak koin, bagian yang meluruh rata-rata tetap ($\frac{1}{2}$), sehingga jumlah totalnya dapat diramalkan. Atom radioaktif berperilaku sama: satu inti acak, triliunan inti teratur.

4. Mengapa data kelompokmu tidak tepat sama dengan nilai teori (misalnya 52, bukan 50)? Bagaimana caranya agar data lebih mendekati teori?

Kunci: Karena peristiwanya acak, ada fluktuasi statistik. Makin banyak koin (atau menggabungkan data seluruh kelas), makin dekat hasilnya dengan teori. Sampel atom yang berisi triliunan inti sangat dekat dengan teori.

5. Dadu mempunyai peluang meluruh $\frac{1}{6}$ per lemparan. Mengapa waktu paruhnya lebih panjang daripada koin? Isotop seperti apa yang mirip dadu?

Kunci: Peluang meluruh per lemparan lebih kecil ($\frac{1}{6}$ dibanding $\frac{1}{2}$), sehingga butuh lebih banyak lemparan sampai separuhnya meluruh: $T_{1/2} = \ln 2 / (-\ln(5/6)) \approx 3,8$ lemparan. Dadu mirip isotop dengan tetapan peluruhan kecil dan waktu paruh panjang, misalnya karbon-14 dibanding fluorin-18.

6. Setelah 2 lemparan, apakah koin sudah habis? Gunakan datamu untuk membantah pernyataan "setelah dua waktu paruh, zat radioaktif habis".

Kunci: Belum. Setelah 2 lemparan tersisa sekitar 25 koin ($\frac{1}{4}$ dari 100). Setiap waktu paruh hanya membagi dua yang tersisa, jadi zat tidak habis setelah dua waktu paruh.

7. Andaikan satu lemparan koin sama dengan 5.730 tahun (waktu paruh karbon-14). Sebuah tulang hanya menyisakan 25% karbon-14. Berapa umurnya? Mengapa jam ini tidak dapat dipakai untuk fosil Sangiran yang berumur lebih dari sejuta tahun?

Kunci: 25% = 2 kali waktu paruh, jadi umurnya $2 \times 5.730 = 11.460$ tahun. Fosil Sangiran berumur lebih dari sejuta tahun, yaitu lebih dari 170 waktu paruh C-14, sehingga C-14 yang tersisa praktis nol. Untuk itu dipakai jam yang lebih lambat, misalnya kalium-40 $\rightarrow$ argon-40 pada abu gunung api.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang bentuk kurva peluruhan, arti waktu paruh, hubungan peluang meluruh dengan waktu paruh, dan alasan mengapa peluruhan satu inti acak tetapi peluruhan banyak inti teratur, berdasarkan data kelompokmu.

Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan bagiku dari percobaan koin ini adalah ...
- Sekarang aku bisa menjelaskan "jam atom" kepada adik atau orang tuaku dengan cara ...
- Aku masih penasaran tentang ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Gunakan Lab Mini **Peluruhan Koin & Dadu** di subbab 37.3: pilih koin atau dadu, ubah jumlah inti dari 100 sampai 2.000, dan bandingkan $T_{1/2}$ terukur dengan $T_{1/2}$ teori. Lalu geser $T_{1/2}$ pada Grafik Hidup **Kurva peluruhan** dan hitung umur fosil dengan Rumus Hidup **Umur dari sisa karbon-14** (subbab 37.3).

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b37-3

Contoh data satu kelompok

Lemparan ke-	Koin tersisa	Koin yang meluruh pada lemparan ini	Sisa teori koin: $100 \times (\frac{1}{2})^n$	Dadu tersisa
0	100	—	100	100
1	52	48	50	84
2	27	25	25	70
3	14	13	12,5	59
4	7	7	6,3	49
5	4	3	3,1	41
6	2	2	1,6	35
7	1	1	0,8	29
8	0	1	0,4	24

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Pengumpulan dan pencatatan data	Semua lemparan tercatat rapi untuk koin dan dadu, hitungan teliti	Data lengkap dengan satu atau dua kekeliruan kecil	Data hanya untuk satu jenis inti atau banyak yang terlewat	Data tidak lengkap dan sulit dibaca
Grafik dan penentuan waktu paruh	Grafik berlabel lengkap, kurva mulus, waktu paruh koin dan dadu dibaca dengan tepat	Grafik benar tetapi label atau pembacaan waktu paruh kurang tepat	Grafik berupa garis patah tanpa pembacaan waktu paruh	Tidak ada grafik
Penjelasan konsep (acak vs teratur, waktu paruh)	Menjelaskan sifat acak satu inti, keteraturan banyak inti, dan hubungan peluang dengan waktu paruh secara tepat	Penjelasan benar tetapi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan
Kaitan dengan penanggalan dan keselamatan kerja	Menghitung umur fosil dengan benar, memilih jam yang tepat, bekerja rapi dan aman	Perhitungan benar dengan sedikit kekurangan penalaran	Perhitungan keliru tetapi kerja aman	Tidak menjawab dan kerja tidak tertib

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Gabungkan data semua kelompok di papan tulis: dengan 500–1.000 koin, kurvanya sangat mulus dan cocok dengan teori, sehingga siswa melihat sendiri peran jumlah sampel. Untuk kelas tanpa dadu, pakai koin yang "meluruh" bila dua koin yang dilempar bersamaan sama-sama angka ($p = 1/4$). Diferensiasi: siswa yang cepat dapat memplot $\ln(\text{jumlah tersisa})$ terhadap nomor lemparan untuk mendapat garis lurus dengan kemiringan $-\lambda$, lalu menghitung $T_{1/2} = \ln 2/\lambda$. Tekankan bahwa simulasi ini tidak memakai bahan radioaktif sama sekali.

Detektif Air: Membandingkan Kualitas Air dari Lima Sumber

Bab 38 · Kimia Lingkungan & Kimia Hijau

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMA kelas X (juga dapat untuk SMP kelas VII-IX)

2 × 45 menit (sampel dikumpulkan sehari sebelumnya)

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict-observe-explain)

Nama _____ Kelas _____ Kelompok _____ Tanggal _____

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat memperkirakan pH beberapa sampel air dengan indikator alami kubis ungu.
- Peserta didik dapat membandingkan kekeruhan air dengan metode tabung kekeruhan sederhana.
- Peserta didik dapat membandingkan kesadahan air melalui uji busa sabun dan menjelaskannya dengan reaksi ion kalsium.
- Peserta didik dapat menyimpulkan bahwa air jernih belum tentu aman dan mengusulkan pengolahan yang sesuai.

Cerita pemantik



Laras pulang dari rumah neneknya di Gunung Kidul. "Di sana air sumurnya jernih sekali, tetapi sabun susah berbusa dan ketel penuh kerak putih," ceritanya. Bima menimpali, "Air keran di rumahku sedikit bau kaporit, tapi busanya banyak." Kimo menjulurkan lidahnya: "Air sungai di belakang sekolah malah cokelat!" Kak Tirta tersenyum, "Kalau begitu, hari ini kita jadi detektif air. Jernih, tidak berbau, dan berbusa belum tentu berarti sama. Mari kita uji!"

Rumusan masalah

Bagaimana perbedaan pH, kekeruhan, dan kesadahan air dari lima sumber, dan sumber mana yang paling layak dipakai sehari-hari setelah pengolahan yang sesuai?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Sumber air (air minum kemasan, PDAM, sumur, hujan, sungai/kolam)	Warna indikator (perkiraan pH), tinggi air saat tanda silang hilang (kekeruhan), dan tinggi busa sabun (kesadahan)	Volume sampel, jumlah tetes indikator, jumlah larutan sabun, jumlah kocokan, ukuran botol, dan waktu menunggu sebelum mengukur busa

Alat dan bahan

- Lima sampel air ±600 mL dalam botol bening berlabel: air minum kemasan, air keran/PDAM, air sumur, air hujan, air sungai atau kolam
- Larutan indikator kubis ungu ±100 mL (seperempat kubis ungu direndam air panas, disaring)
- Sabun mandi batang (bukan deterjen) ±5 g yang diserut dan dilarutkan dalam 100 mL air hangat
- Lima botol plastik bening bertutup ukuran sama (±330 mL) untuk uji busa

- Gelas plastik bening, sendok teh, pipet tetes atau sedotan
- Botol bening tinggi ($\pm 1,5$ L) yang alasnya ditemplei kertas putih bergambar tanda silang hitam
- Penggaris 30 cm, spidol, stopwatch HP, senter HP
- Cuka dapur dan larutan soda kue sebagai pembanding warna asam dan basa
- Sarung tangan plastik dan sabun cuci tangan

Keselamatan

Air sungai atau kolam diambil oleh orang dewasa, memakai sarung tangan, dan tidak dari tepi sungai yang curam atau berarus deras. Jangan meminum atau mencicipi sampel apa pun, termasuk air hujan dan air minum yang sudah dipakai untuk uji. Air panas untuk membuat indikator kubis ungu hanya ditangani orang dewasa. Jangan menambahkan pemutih, pembersih lantai, atau bahan kimia lain ke sampel. Tutup botol rapat saat mengocok. Setelah selesai, buang sampel ke saluran pembuangan (bukan ke bak cuci piring), cuci semua alat, dan cuci tangan dengan sabun.

Langkah kerja

1. Tuliskan prediksimu: sumber mana yang paling asam, paling keruh, dan paling sadah? Berikan alasannya.
2. Uji pH: tuang 20 mL setiap sampel ke gelas bening, tambahkan 1 sendok teh indikator kubis ungu, aduk, lalu bandingkan warnanya di atas kertas putih dengan gelas pembanding cuka (asam), air minum kemasan (netral), dan soda kue (basa).
3. Uji kekeruhan: letakkan botol tinggi di atas kertas bertanda silang. Tuang sampel sedikit demi sedikit sambil melihat dari atas tegak lurus. Berhenti saat tanda silang tidak terlihat lagi, lalu ukur tinggi air dengan penggaris. Bila sampai botol penuh tanda silang tetap terlihat, tulis "> tinggi botol". Kembalikan sampel ke botolnya.
4. Uji kesadahan: masukkan 50 mL setiap sampel ke botol plastik tertutup, tambahkan 10 tetes larutan sabun, tutup rapat, lalu kocok 20 kali dengan kuat.
5. Diamkan 30 detik, lalu ukur tinggi lapisan busa dengan penggaris. Amati juga apakah muncul buih kotor atau lapisan seperti lemak.
6. Catat bau dan warna setiap sampel (cium dengan mengibaskan tangan di atas mulut botol, jangan menghirup langsung).
7. Masukkan semua data ke tabel, lalu buat diagram batang tinggi busa untuk kelima sampel.
8. Diskusikan dalam kelompok: cocokkan hasil dengan prediksi pada langkah 1.

Tabel pengamatan kualitas air

Sumber air	Warna dengan kubis ungu	Perkiraan pH	Tinggi air saat tanda silang hilang (cm)	Tinggi busa sabun (cm)	Catatan bau, warna, buih
Air minum kemasan (pembanding)					
Air keran/PDAM					
Air sumur					
Air hujan					
Air sungai/kolam					

Grafik

Buat diagram batang tinggi busa sabun (sumbu tegak, cm) untuk kelima sumber air (sumbu datar). Beri warna batang sesuai warna indikator kubis ungu yang teramati.

Analisis

1. Sampel mana yang paling asam? Mengapa air hujan bisa bersifat sedikit asam, bahkan di tempat yang bersih?

Kunci: Air hujan (warna ungu kemerahan, pH $\pm 5-6$). Air hujan melarutkan CO_2 dari udara membentuk asam karbonat: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. Bila ada SO_2 atau NO_x , keasamannya bertambah.

2. Sampel mana yang paling keruh? Jelaskan pada tingkat partikel apa yang membuat air itu keruh dan mengapa partikelnya tidak mudah mengendap.

Kunci: Air sungai/kolam. Kekeruhan disebabkan partikel lumpur dan koloid lempung yang tersuspensi dan menghamburkan cahaya. Partikel koloid sangat kecil dan bermuatan sejenis (negatif) sehingga saling tolak dan tidak mudah mengendap.

3. Sampel mana yang busanya paling sedikit? Tuliskan persamaan reaksi yang menjelaskannya.

Kunci: Air sumur dari daerah kapur. Ion Ca^{2+} (dan Mg^{2+}) mengendapkan sabun:
 $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{Ca}^{2+} \rightarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca} \downarrow$, sehingga sabun habis menjadi buih kotor sebelum sempat berbusa.

4. Air minum kemasan dan air sumur sama-sama jernih. Apakah keduanya pasti aman diminum? Jelaskan.

Kunci: Belum tentu. Kejernihan hanya menunjukkan sedikitnya partikel tersuspensi. Bakteri *E. coli*, nitrat, dan ion logam berat seperti merkuri atau timbal larut tanpa warna dan bau, sehingga harus diuji di laboratorium. Air sumur sebaiknya direbus, dan sumur harus cukup jauh dari septic tank.

5. Tahap pengolahan apa saja yang diperlukan agar air sungai sampelmu layak menjadi air minum? Urutkan dan beri alasan.

Kunci: Koagulasi dengan tawas (menetralkan muatan koloid), flokulasi (membentuk flok), sedimentasi (mengendapkan flok), filtrasi pasir (menahan sisa partikel), dan desinfeksi dengan klorin (membunuh kuman, paling akhir agar klorin tidak habis oleh zat organik dan sisa klornya melindungi air di pipa).

6. Mengapa uji kesadahan ini memakai sabun batang, bukan deterjen bubuk?

Kunci: Garam kalsium dari deterjen sintetis larut dalam air, sehingga deterjen tetap berbusa di air sadah. Akibatnya deterjen tidak dapat membedakan air sadah dan air lunak, sedangkan sabun dapat.

7. Sebutkan dua tindakan yang dapat dilakukan keluargamu untuk menjaga kualitas air di lingkunganmu.

Kunci: Contoh: tidak membuang minyak jelantah, sampah, atau sisa obat ke saluran air; membuat septic tank kedap dan jauh dari sumur; memakai deterjen secukupnya; ikut bank sampah; menghemat air; menanam pohon di sekitar sumber air.

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang perbedaan pH, kekeruhan, dan kesadahan kelima sumber air, kaitannya dengan partikel dan ion yang terkandung di dalamnya, serta sumber mana yang paling layak dipakai setelah pengolahan.

Refleksi

- Hal yang paling mengejutkan dari data kelompokku adalah ...
- Sekarang, setiap kali melihat air yang jernih, aku akan berpikir ...
- Satu kebiasaan di rumah yang ingin kuubah demi air yang lebih bersih adalah ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Jalankan Lab Mini **Instalasi Pengolahan Air PDAM** di subbab 38.5: coba urutan tahap yang benar dan yang salah, ubah dosis tawas dan klorin, lalu bandingkan kekeruhan, E. coli, pH, dan sisa klor dengan syarat air minum. Pakai Rumus Hidup **ppm, mg/L, dan mol/L di air** untuk mengubah data kesadahan, dan Lab Mini **Patung Marmer di Bawah Hujan Asam** (38.2) untuk melihat dampak pH hujan.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b38-5

Contoh data satu kelompok (Yogyakarta, musim hujan)

Sumber air	Warna dengan kubis ungu	Perkiraan pH	Tinggi air saat tanda silang hilang (cm)	Tinggi busa sabun (cm)	Catatan bau, warna, buih
Air minum kemasan (pembanding)	ungu	± 7	> 30 (tetap terlihat)	4,5	tidak berbau, jernih
Air keran/PDAM	ungu	± 7	> 30 (tetap terlihat)	3,8	sedikit bau kaporit
Air sumur	ungu kebiruan	$\pm 7-8$	> 30 (tetap terlihat)	0,8	jernih; muncul buih kotor seperti lapisan lemak
Air hujan	ungu kemerahan	$\pm 5-6$	> 30 (tetap terlihat)	5,0	tidak berbau, jernih
Air sungai/kolam	ungu	± 7	9	2,6	cokelat muda, bau lumpur, ada endapan setelah didiamkan

Rubrik penilaian

Aspek	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Ketelitian pengamatan dan pencatatan data	Semua uji dilakukan dengan variabel kontrol yang sama; data lengkap, rapi, dan bersatuan	Data lengkap, tetapi ada satu variabel kontrol yang kurang dijaga	Sebagian data hilang atau tidak bersatuan	Data tidak lengkap dan tidak dapat dibandingkan
Penjelasan pada tingkat partikel dan ion	Menjelaskan keasaman, kekeruhan, dan kesadahan dengan ion/partikel serta persamaan reaksi yang benar	Penjelasan benar tetapi persamaan reaksi kurang lengkap	Penjelasan sebagian keliru	Tidak ada penjelasan partikel
Penalaran tentang kelayakan air	Menyadari keterbatasan uji sederhana, menyebut kuman/logam berat tak terlihat, dan mengusulkan pengolahan yang tepat	Mengusulkan pengolahan tetapi kurang menyadari keterbatasan uji	Kesimpulan hanya berdasarkan kejernihan	Tidak ada kesimpulan
Keselamatan dan kerja sama	Semua aturan keselamatan dipatuhi, area bersih, semua anggota berperan	Aturan dipatuhi, sebagian anggota kurang berperan	Ada aturan keselamatan yang terlewat	Tidak memperhatikan keselamatan

Nilai akhir = (jumlah skor ÷ 16) × 100.

Catatan guru

Indikator kubis ungu hanya memberi perkiraan pH ± 1 satuan; bila tersedia, bandingkan dengan kertas indikator universal. Air hujan sebaiknya ditampung dalam wadah bersih di tempat terbuka dan diuji pada hari yang sama. Bila sekolah jauh dari daerah kapur, siapkan "air sadah buatan" dengan melarutkan sedikit kapur tulis atau garam Epsom (MgSO_4) dalam air sebagai pengganti air sumur. Untuk diferensiasi, siswa yang cepat dapat menghitung kesadahan dari data analisis laboratorium PDAM setempat (dalam mg/L CaCO_3) atau membandingkan hasil virtual Lab Mini PDAM dengan data sampel sungai mereka.

Chemipedia · LKPD Bab 38 · © 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Editor: Abdullah Hanif Hidayat · Boleh diperbanyak untuk pembelajaran nonkomersial.

Detektif Serbuk Putih di Dapur

Bab 39 · Detektif Molekul: Analisis & Spektroskopi

Praktikum kelompok (penemuan terbimbing)

SMP kelas IX – SMA kelas X (bisa untuk pengayaan SD kelas 6 dengan pendampingan penuh)

2 × 40 menit

Model: Inkuiri terbimbing dengan pola POE (predict–observe–explain)

Nama Kelas Kelompok Tanggal

Tujuan pembelajaran

- Peserta didik dapat merancang urutan uji sederhana untuk membedakan lima serbuk putih dapur tanpa mencicipinya.
- Peserta didik dapat mengamati dan mencatat perubahan (kelarutan, warna, gelembung, perubahan saat dipanaskan) secara teliti.
- Peserta didik dapat menyimpulkan identitas setiap serbuk dari gabungan beberapa bukti, bukan dari satu uji saja.
- Peserta didik dapat mengaitkan uji sederhana dengan kerja laboratorium BPOM dan analisis instrumen.

Cerita pemantik



Di kantin sekolah, label lima toples serbuk putih terlepas semua karena terkena air. Ibu kantin bingung: mana gula, garam, tepung tapioka, soda kue, dan kapur untuk merendam pisang goreng? Bima langsung mengambil sendok, "Cicip saja, Bu!" Kak Tirta menahan tangannya. "Detektif kimia tidak pernah mencicipi zat tak dikenal. Kapur bisa membuat mulut perih." Laras membuka buku catatannya: "Kita pakai uji seperti petugas BPOM: air, iodine, cuka, dan indikator kubis ungu." Kimo menambahkan, "Ingat, satu uji saja tidak cukup!"

? Rumusan masalah

Bagaimana mengenali lima serbuk putih dapur (gula, garam, tepung, soda kue, kapur) tanpa mencicipinya, hanya dengan serangkaian uji sederhana?

Hipotesis (tebakan) kelompok kami:

Variabel bebas	Variabel terikat	Variabel kontrol
Jenis serbuk (A–E)	Perubahan yang teramati pada setiap uji: kelarutan, warna dengan iodine, gelembung dengan cuka, warna indikator kubis ungu, dan perubahan saat dipanaskan	Jumlah serbuk ($\frac{1}{4}$ sendok teh), jumlah pereaksi (3 sendok makan air, 3 tetes iodine, 1 sendok makan cuka, 5 tetes kubis ungu), jenis wadah, dan suhu ruang

Alat dan bahan

- 5 serbuk putih dalam wadah berlabel A–E (± 2 sendok teh masing-masing): gula pasir, garam dapur, tepung tapioka, soda kue, dan kapur CaCO_3 (boleh diganti serbuk cangkang telur yang dihaluskan)
- Air matang ± 250 mL
- Cuka dapur ± 50 mL
- Obat luka povidon iodine, diencerkan 10 kali dengan air (± 20 mL)

- Air rebusan kubis ungu sebagai indikator (± 50 mL)
- 15 gelas plastik bening kecil atau tutup botol, sendok teh plastik, pipet tetes atau sedotan
- Sendok logam bergagang panjang, penjepit kayu, dan lilin (untuk uji pemanasan oleh guru)
- Spidol, label, nampan, lap, dan kaca pembesar (atau kamera HP)

Keselamatan

Semua serbuk diperlakukan sebagai zat tak dikenal: DILARANG mencicipi, mencium dari dekat, atau menyentuh mata. Gunakan sendok yang berbeda untuk setiap serbuk agar tidak tercampur. Uji pemanasan hanya dilakukan guru atau orang dewasa dengan penjepit, di atas nampan logam, jauh dari kertas dan kain; gula yang meleleh sangat panas. Larutan iodin menodai kain dan kulit, jadi pakai alas koran. Jangan mencampur cuka atau iodin dengan pembersih rumah tangga. Setelah selesai, buang larutan ke wastafel dengan air mengalir, buang sisa serbuk ke tempat sampah, lalu cuci tangan dengan sabun.

Langkah kerja

1. Tuliskan prediksi: uji mana yang menurutmu akan membedakan setiap serbuk? Isi kolom dugaan sementara.
2. Amati setiap serbuk dengan kaca pembesar: bentuk butiran (kristal kubus, kristal tak beraturan, atau serbuk halus) dan teksturnya saat diaduk dengan sendok. Catat.
3. Uji kelarutan: masukkan $\frac{1}{4}$ sendok teh setiap serbuk ke gelas berisi 3 sendok makan air, aduk 30 detik. Catat larut jernih, keruh, atau mengendap.
4. Uji iodin: teteskan 3 tetes larutan iodin encer ke setiap gelas dari langkah 3. Catat warnanya (kuning kecokelatan atau biru kehitaman).
5. Uji cuka: masukkan $\frac{1}{4}$ sendok teh setiap serbuk ke gelas kering yang baru, lalu tuang 1 sendok makan cuka. Amati ada tidaknya buih selama 1 menit.
6. Uji indikator: siapkan lagi larutan setiap serbuk dalam air (seperti langkah 3), teteskan 5 tetes air kubis ungu, bandingkan warnanya dengan air kubis ungu dalam air biasa.
7. Uji pemanasan (oleh guru): sedikit serbuk yang masih meragukan dipanaskan di sendok logam di atas lilin selama ± 1 menit. Amati meleleh, berubah warna, atau tetap.
8. Isi tabel, tentukan identitas setiap serbuk, dan buat bagan alir (kunci determinasi) yang paling singkat.

Tabel pengamatan identifikasi serbuk putih

Serbuk	Kelarutan dalam air	+ Iodin	+ Cuka	+ Kubis ungu	Dipanaskan	Dugaan identitas
A						
B						
C						
D						
E						

Grafik

Buat bagan alir bercabang (kunci determinasi) yang dimulai dari uji kelarutan, lalu bercabang ke uji iodin, cuka, kubis ungu, dan pemanasan, sampai setiap cabang berakhir pada satu nama serbuk.

Analisis

1. Serbuk mana yang tidak larut dalam air? Uji apa yang membedakan keduanya?

Kunci: Tepung tapioka dan kapur tidak larut (keruh lalu mengendap). Tepung menjadi biru kehitaman dengan iodine, sedangkan kapur berbuih dengan cuka.

2. Serbuk mana yang berubah biru kehitaman dengan iodine? Zat apa yang menyebabkan warna itu?

Kunci: Tepung tapioka. Pati (amilum) membentuk kompleks biru kehitaman dengan iodine karena molekul iodine terselip di dalam rantai amilosa yang berpilin.

3. Serbuk mana yang berbuih dengan cuka? Gas apa yang terbentuk, bagaimana membuktikannya di laboratorium sekolah, dan tuliskan persamaan reaksinya untuk soda kue.

Kunci: Soda kue (buih cepat dan banyak) dan kapur (buih lebih pelan). Gasnya CO_2 , dibuktikan dengan mengalirkannya ke air kapur yang menjadi keruh. $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

4. Mengapa gula dan garam sulit dibedakan dengan uji air, iodine, cuka, dan kubis ungu? Uji apa yang akhirnya membedakan keduanya dan mengapa?

Kunci: Keduanya larut jernih, netral, tidak bereaksi dengan iodine maupun cuka. Pemanasan membedakannya: gula (senyawa organik) meleleh lalu terkaramelisasi menjadi coklat berbau manis, sedangkan garam (senyawa ion dengan titik leleh 801°C) tidak berubah. Uji daya hantar listrik larutan juga bisa membedakannya.

5. Mengapa satu uji saja tidak cukup untuk menentukan identitas sebuah serbuk? Berikan contoh dari datamu.

Kunci: Setiap uji hanya menjawab satu pertanyaan. Contoh: soda kue dan kapur sama-sama berbuih dengan cuka; baru uji kelarutan (soda kue larut, kapur tidak) yang membedakannya. Gula dan garam lolos dari empat uji dengan hasil sama.

6. Petugas BPOM menguji jajanan dengan kit uji cepat sebelum mengirim sampel ke laboratorium. Apa kelebihan dan keterbatasan uji sederhana seperti percobaanmu dibandingkan spektroskopi?

Kunci: Kelebihan: cepat, murah, dapat dilakukan di lapangan. Keterbatasan: hanya menunjukkan ada atau tidaknya jenis zat tertentu, tidak mengukur kadar dengan teliti, dan bisa tertipu zat lain dengan reaksi serupa. Spektroskopi lebih teliti, dapat mengukur kadar, dan mengenali struktur molekul, sehingga dipakai untuk konfirmasi.

Kesimpulan

Tuliskan identitas serbuk A-E beserta bukti terkuat untuk masing-masing, lalu simpulkan mengapa identifikasi zat memerlukan gabungan beberapa uji.

Refleksi

- Uji yang paling mengejutkan bagiku hari ini adalah ... karena ...
- Sekarang aku tidak akan pernah mencicipi zat tak dikenal karena ...
- Aku ingin tahu bagaimana laboratorium sungguhan mengenali ...

Tidak punya alat? Pakai versi virtual

Kerjakan Lab Mini **Detektif Tabung** di subbab 39.1: pecahkan tiga kasus garam misterius dengan uji sesedikit mungkin, lalu bandingkan strategimu dengan bagan alir LKPD ini. Untuk melihat bagaimana

laboratorium BPOM mengukur pewarna, gunakan Lab Mini **Spektrofotometer virtual** di subbab 39.3.

Versi interaktif: aurumgen.my.id/chemipedia#b39-1

Contoh data satu kelompok

Serbuk	Kelarutan dalam air	+ Iodin	+ Cuka	+ Kubis ungu	Dipanaskan	Dugaan identitas
A	larut, jernih	tetap kuning kecokelatan	tidak ada buih	tetap ungu	meleleh, cokelat, bau karamel	gula pasir
B	larut, jernih	tetap kuning kecokelatan	tidak ada buih	tetap ungu	tidak berubah (sedikit meletik)	garam dapur
C	keruh, mengendap	biru kehitaman	tidak ada buih	ungu, keruh	menghitam, bau gosong	tepung tapioka
D	larut, jernih	tetap kuning kecokelatan	berbuih banyak	hijau kebiruan	tidak meleleh	soda kue
E	keruh, mengendap	tetap kuning kecokelatan	berbuih pelan	ungu kebiruan	tidak berubah	kapur (CaCO_3)

Rubrik penilaian

Aspek	4 • Sangat baik	3 • Baik	2 • Cukup	1 • Perlu bimbingan
Perencanaan dan prediksi	Prediksi lengkap untuk setiap serbuk disertai alasan kimia	Prediksi lengkap tetapi alasan kurang	Prediksi sebagian	Tidak membuat prediksi
Keterampilan pengamatan	Semua pengamatan teliti, takaran konsisten, data rapi	Sebagian besar pengamatan teliti	Banyak data tidak lengkap	Pengamatan tidak tercatat
Penalaran dan kesimpulan	Identitas kelima serbuk benar dengan gabungan bukti yang tepat	Empat serbuk benar	Dua atau tiga serbuk benar	Kurang dari dua serbuk benar
Keselamatan dan kerja sama	Tidak ada yang mencicipi, alat terpisah, area bersih, semua anggota berperan	Aman tetapi area kurang rapi	Ada pelanggaran kecil yang segera diperbaiki	Mengabaikan aturan keselamatan

Nilai akhir = $(\text{jumlah skor} \div 16) \times 100$.

Catatan guru

Siapkan serbuk diam-diam dan acak labelnya untuk setiap kelompok supaya tidak saling menyontek. Bila lilin tidak diizinkan, ganti uji pemanasan dengan uji daya hantar listrik memakai baterai 9 V dan LED (larutan garam menyalakan LED, larutan gula tidak). Air kubis ungu dibuat dengan merendam irisan kubis ungu dalam air panas 10 menit lalu disaring. Untuk diferensiasi, kelompok yang cepat dapat diminta mengidentifikasi campuran dua serbuk, misalnya garam + soda kue.

