



Chemipedia

BANK SOAL • EDISI GURU

# Chemipedia

*Kimia Itu Asyik!*

936 soal asli dari Lv 1 Pemula sampai Lv 6 Olimpiade, lengkap dengan kunci dan pembahasan.



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

Editor: Abdullah Hanif Hidayat

Didukung oleh Aurumgen Academy

Edisi 1 • 2026 • Versi interaktif: [aurumgen.my.id/chemipedia](http://aurumgen.my.id/chemipedia)

# Tentang bank soal edisi guru

Setiap bab berisi 24 soal yang tersusun seperti tangga: 4 soal untuk setiap level.

| Level             | Untuk siapa                     |
|-------------------|---------------------------------|
| Lv 1 • Pemula     | SD–SMP awal                     |
| Lv 2 • Penjelajah | SMP (Fase D)                    |
| Lv 3 • Pejuang    | SMA • TKA/UTBK                  |
| Lv 4 • IGCSE      | gaya Cambridge IGCSE            |
| Lv 5 • IB DP      | gaya IB Chemistry               |
| Lv 6 • Olimpiade  | gaya OSN Kimia/ICH <sub>O</sub> |

Edisi guru memuat kunci jawaban dan pembahasan langkah demi langkah tepat di bawah setiap soal.

**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](http://aurumgen.my.id/chemipedia)

# Daftar isi

## BAGIAN A • DUNIA KIMIA

|   |                                    |    |
|---|------------------------------------|----|
| 1 | Kimia Ada di Mana-mana .....       | 5  |
| 2 | Materi, Wujud & Perubahannya ..... | 13 |
| 3 | Campuran & Teknik Pemisahan .....  | 21 |
| 4 | Pengukuran dalam Kimia .....       | 29 |

## BAGIAN B • ATOM & TABEL PERIODIK

|   |                                               |    |
|---|-----------------------------------------------|----|
| 5 | Perjalanan Model Atom .....                   | 37 |
| 6 | Partikel Atom, Isotop & Massa Atom .....      | 44 |
| 7 | Konfigurasi Elektron & Bilangan Kuantum ..... | 51 |
| 8 | Tabel Periodik & Sifat Keperiodikan .....     | 58 |
| 9 | Kimia Unsur di Nusantara .....                | 65 |

## BAGIAN C • IKATAN & WUJUD ZAT

|    |                                           |     |
|----|-------------------------------------------|-----|
| 10 | Ikatan Ion .....                          | 73  |
| 11 | Ikatan Kovalen & Struktur Lewis .....     | 80  |
| 12 | Bentuk Molekul: VSEPR & Hibridisasi ..... | 87  |
| 13 | Gaya Antarmolekul & Ikatan Logam .....    | 93  |
| 14 | Wujud Gas & Hukum-Hukum Gas .....         | 101 |

## BAGIAN D • STOIKIOMETRI

|    |                                            |     |
|----|--------------------------------------------|-----|
| 15 | Bahasa Kimia: Rumus & Tata Nama .....      | 108 |
| 16 | Persamaan Reaksi & Hukum Dasar Kimia ..... | 114 |
| 17 | Konsep Mol .....                           | 121 |
| 18 | Stoikiometri Reaksi .....                  | 127 |

## BAGIAN E • ENERGI, LAJU & KESETIMBANGAN

|    |                  |     |
|----|------------------|-----|
| 19 | Termokimia ..... | 134 |
|----|------------------|-----|

|    |                                    |     |
|----|------------------------------------|-----|
| 20 | Entropi & Energi Bebas Gibbs ..... | 142 |
| 21 | Laju Reaksi .....                  | 149 |
| 22 | Keseimbangan Kimia .....           | 156 |

## **BAGIAN F • LARUTAN & ASAM-BASA**

|    |                                        |     |
|----|----------------------------------------|-----|
| 23 | Larutan & Konsentrasi .....            | 164 |
| 24 | Sifat Koligatif Larutan .....          | 171 |
| 25 | Sistem Koloid .....                    | 178 |
| 26 | Asam & Basa .....                      | 186 |
| 27 | Titrasi, Penyangga & Hidrolisis .....  | 193 |
| 28 | Kelarutan & Hasil Kali Kelarutan ..... | 200 |

## **BAGIAN G • REDOKS & ELEKTROKIMIA**

|    |                             |     |
|----|-----------------------------|-----|
| 29 | Reaksi Redoks .....         | 208 |
| 30 | Sel Volta & Baterai .....   | 215 |
| 31 | Elektrolisis & Korosi ..... | 222 |

## **BAGIAN H • KIMIA KARBON & KEHIDUPAN**

|    |                                   |     |
|----|-----------------------------------|-----|
| 32 | Hidrokarbon & Minyak Bumi .....   | 230 |
| 33 | Gugus Fungsi .....                | 237 |
| 34 | Reaksi & Mekanisme Organik .....  | 244 |
| 35 | Polimer & Material .....          | 251 |
| 36 | Biokimia: Molekul Kehidupan ..... | 259 |

## **BAGIAN I • INTI, LINGKUNGAN & ANALISIS**

|    |                                                 |     |
|----|-------------------------------------------------|-----|
| 37 | Kimia Inti & Radioaktivitas .....               | 267 |
| 38 | Kimia Lingkungan & Kimia Hijau .....            | 275 |
| 39 | Detektif Molekul: Analisis & Spektroskopi ..... | 283 |

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Materi • 01-1-01

Manakah di bawah ini yang termasuk **materi**?

- A. Cahaya lampu senter
- B. Bunyi gamelan
- C. Udara di dalam balon
- D. Rasa senang saat menang lomba

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Materi adalah segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang. Udara tersusun atas molekul nitrogen, oksigen, dan gas lain yang punya massa dan mengisi ruang di dalam balon. Cahaya dan bunyi adalah bentuk energi (gelombang), sedangkan rasa senang adalah perasaan; ketiganya bukan materi.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Perubahan kimia • 01-1-02

Saat menggoreng tempe, peristiwa manakah yang merupakan **perubahan kimia**?

- A. Minyak menjadi panas
- B. Tempe berubah kecokelatan dan berbau gurih
- C. Tempe dipotong tipis-tipis
- D. Minyak memercik ke luar wajan

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Warna cokelat dan aroma gurih menandakan terbentuknya zat baru (reaksi Maillard antara gula dan asam amino). Minyak memanaskan, tempe dipotong, dan minyak memercik tidak membentuk zat baru, jadi semuanya perubahan fisika.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Piktogram GHS • 01-1-03

Botol spiritus diberi piktogram bahaya seperti gambar. Artinya ...



- A. Zat mudah menyala
- B. Zat beracun walau sedikit
- C. Zat merusak kulit dan logam
- D. Zat berbahaya bagi ikan

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Piktogram nyala api (tanpa lingkaran di bawahnya) berarti **mudah menyala**. Spiritus mudah menguap dan uapnya mudah terbakar, jadi jauhkan dari api, kompor, dan panas. Bila nyala api berada di atas lingkaran, artinya oksidator.

4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Rumus kimia • 01-1-04

Satu molekul air tersusun atas 2 atom hidrogen (H) dan 1 atom oksigen (O). Tuliskan rumus kimia air.

Jawaban: .....

**Kunci:** H<sub>2</sub>O

**Pembahasan:** Lambang unsur ditulis berurutan, dan jumlah atom ditulis sebagai angka kecil di kanan bawah lambang: H<sub>2</sub>O. Angka 1 tidak perlu ditulis, jadi bukan H<sub>2</sub>O<sub>1</sub>.

Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Massa jenis • 01-2-01

Sebuah balok kayu jati bermassa 130 g dan bervolume 200 cm<sup>3</sup>. Hitung massa jenisnya dalam g/cm<sup>3</sup>.

Jawaban: ..... g/cm<sup>3</sup>

**Kunci:** 0,65 g/cm<sup>3</sup>

**Pembahasan:**  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{130 \text{ g}}{200 \text{ cm}^3} = 0,65 \text{ g/cm}^3$ .

Karena 0,65 < 1 (massa jenis air), balok kayu itu mengapung di air.

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Persentase massa • 01-2-02

Laras melarutkan 20 g gula dalam 230 g air. Berapa persen massa gula dalam larutan itu?

Jawaban: ..... %

**Kunci:** 8 %

**Pembahasan:** Massa larutan = massa gula + massa air = 20 + 230 = 250 g.

% gula =  $\frac{20}{250} \times 100\% = 8\%$ .

Hati-hati: penyebutnya massa **larutan**, bukan massa air saja.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Variabel percobaan • 01-2-03

Bima menguji pengaruh pengadukan terhadap kecepatan gula larut. Variabel **terikatnya** adalah ...

A. Pengadukan (diaduk atau tidak)

C. Jenis gula

B. Suhu air

D. Waktu sampai gula larut sempurna

**Kunci:** D

**Pembahasan:** Variabel terikat adalah yang **diukur** sebagai hasil: waktu sampai gula larut. Pengadukan adalah variabel bebas (yang diubah), sedangkan suhu air dan jenis gula adalah variabel kontrol (dijaga sama).

8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Cabang kimia • 01-2-04

Seorang kimiawan meneliti struktur kapsaisin (zat pedas cabai) dan kurkumin (zat kuning kunyit). Keduanya senyawa karbon. Ia bekerja di cabang ...

A. Kimia anorganik

C. Kimia inti

B. Kimia organik

D. Kimia fisik

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Kimia organik mempelajari senyawa karbon, termasuk zat-zat dari tumbuhan seperti kapsaisin dan kurkumin. Kimia anorganik lebih banyak membahas logam, mineral, dan garam; kimia inti membahas radioaktivitas; kimia fisik membahas energi dan laju.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Massa jenis dengan pemindahan air • 01-3-01

Sebuah sendok logam bermassa 43,2 g dimasukkan ke gelas ukur berisi 50,0 mL air. Permukaan air naik menjadi 55,4 mL. Hitung massa jenis sendok itu dalam  $\text{g/cm}^3$ .

Jawaban: .....  $\text{g/cm}^3$

**Kunci: 8  $\text{g/cm}^3$**

**Pembahasan:** Volume sendok =  $55,4 - 50,0 = 5,4 \text{ mL} = 5,4 \text{ cm}^3$ .

$$\rho = \frac{43,2}{5,4} = 8,0 \text{ g/cm}^3.$$

Nilai ini cocok dengan baja tahan karat ( $\pm 8,0 \text{ g/cm}^3$ ), bukan aluminium (2,7) atau perak (10,5).

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Percobaan yang adil • 01-3-02

Empat gelas gula disiapkan:

P: 30 °C, gula pasir, diaduk

Q: 30 °C, gula halus, diaduk

R: 60 °C, gula halus, tidak diaduk

S: 60 °C, gula pasir, diaduk

Untuk menguji pengaruh **ukuran butir** secara adil, pasangan yang dibandingkan adalah ...

A. P dan Q

C. Q dan R

B. P dan S

D. R dan S

**Kunci: A**

**Pembahasan:** P dan Q hanya berbeda pada ukuran butir (pasir vs halus); suhu dan pengadukan sama. P dan S hanya berbeda suhu (menguji suhu, bukan butir). Q dan R berbeda suhu dan pengadukan. R dan S berbeda ukuran butir dan pengadukan, jadi tidak adil.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Persentase massa • 01-3-03

Segelas es teh bermassa 300 g mengandung 9,0% gula (massa). Lalu ditambahkan 60 g es batu yang kemudian mencair seluruhnya. Hitung persen massa gula sekarang.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 7,5 %**

**Pembahasan:** Massa gula =  $9,0\% \times 300 \text{ g} = 27 \text{ g}$  (tidak berubah).

Massa minuman baru =  $300 + 60 = 360 \text{ g}$ .

$$\% \text{ gula} = \frac{27}{360} \times 100\% = 7,5\%.$$

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Keselamatan bahan rumah tangga • 01-3-04

Mengapa pemutih pakaian (mengandung natrium hipoklorit) tidak boleh dicampur dengan pembersih porselen yang bersifat asam?

- A. Campurannya menjadi tidak berbau
- B. Campurannya menjadi dua kali lebih ampuh
- C. Dapat terbentuk gas klorin yang beracun
- D. Campurannya berubah menjadi air biasa

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Asam dalam pembersih porselen bereaksi dengan natrium hipoklorit dan melepaskan gas klorin,  $\text{Cl}_2$ , yang merusak saluran napas. Gunakan satu produk saja, bilas, dan pastikan ruangan berventilasi.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Merancang percobaan • gaya IGCSE • 01-4-01

A student investigates how the temperature of water affects the time taken for 5,0 g of sugar to dissolve in 100 cm<sup>3</sup> of water.

- (a) **Nyatakan** (state) variabel bebas dan variabel terikat.
- (b) **Sebutkan** dua variabel kontrol.
- (c) **Sarankan** (suggest) alat untuk mengukur 100 cm<sup>3</sup> air dan alat untuk mengukur waktu.
- (d) **Jelaskan** mengapa setiap suhu sebaiknya diuji tiga kali.

**Kunci/rubrik:** (a) Bebas: suhu air [1]; terikat: waktu sampai gula larut sempurna [1]

(b) Dua dari: volume air, massa gula, jenis/ukuran butir gula, cara dan kecepatan mengaduk, ukuran/jenis gelas [2]

(c) Gelas ukur (measuring cylinder) untuk air [1]; stopwatch untuk waktu [1]

(d) Untuk mengenali hasil yang anomali dan menghitung rata-rata, sehingga hasilnya lebih dapat dipercaya (reliable) [1]

**Pembahasan:** Total 7 poin. Jawaban 'gelas kimia' untuk (c) kurang tepat karena skalanya kasar ( $\pm 5\%$ ). Ingat UBAH-UKUR-JAGA: suhu diubah, waktu diukur, sisanya dijaga sama.

14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Alat laboratorium • gaya IGCSE • 01-4-02

Which apparatus is the most suitable to transfer **exactly** 25,0 cm<sup>3</sup> of a solution into a conical flask?

- |                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| A. Pipet volume (volumetric pipette) | C. Gelas kimia (beaker)      |
| B. Gelas ukur (measuring cylinder)   | D. Tabung reaksi (test tube) |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Pipet volume dirancang untuk mengalirkan satu volume tertentu dengan sangat teliti (biasanya  $\pm 0,05$  cm<sup>3</sup> untuk 25 cm<sup>3</sup>). Gelas ukur kurang teliti, gelas kimia hanya bertanda kasar, dan tabung reaksi tidak berskala.

15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Mengolah data percobaan • gaya IGCSE • 01-4-03

Waktu larut sebutir tablet vitamin C dalam air pada suhu yang sama diukur empat kali: 42 s, 45 s, 70 s, dan 39 s. **Hitung** waktu rata-rata, dengan mengabaikan hasil yang anomali (anomalous result).

Jawaban: ..... s

**Kunci: 42 s**

**Pembahasan:** Data 70 s jauh dari data lain, jadi anomali dan diabaikan.

Rata-rata =  $(42 + 45 + 39) \div 3 = 126 \div 3 = 42$  s.

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Massa jenis cairan • gaya IGCSE • 01-4-04

Madu ( $1,4 \text{ g/cm}^3$ ), air ( $1,00 \text{ g/cm}^3$ ), dan minyak goreng ( $0,92 \text{ g/cm}^3$ ) dituang ke satu gelas dan membentuk tiga lapisan. Sebutir anggur ( $\pm 1,1 \text{ g/cm}^3$ ) dijatuhkan ke dalamnya. **Deduksikan** (deduce) di mana anggur itu berhenti.

- A. Mengapung di atas lapisan minyak  
B. Di batas antara minyak dan air  
C. Di batas antara air dan madu  
D. Di dasar gelas, di bawah madu

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Lapisan tersusun dari yang paling ringan di atas: minyak ( $0,92$ ), air ( $1,00$ ), madu ( $1,4$ ). Anggur ( $1,1$ ) lebih rapat daripada minyak dan air sehingga tenggelam melewati keduanya, tetapi kurang rapat daripada madu sehingga berhenti di batas air–madu.

Lv 5 • IB DP gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Isian • Ketidakpastian • gaya IB • 01-5-01

Massa sebuah benda diukur  $25,40 \pm 0,01 \text{ g}$  dan volumenya  $10,0 \pm 0,1 \text{ cm}^3$ . Hitung persentase ketidakpastian massa jenis yang dihitung dari kedua data itu.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 1,04 %**

**Pembahasan:** % ketidakpastian massa =  $0,01/25,40 \times 100\% = 0,039\%$ .

% ketidakpastian volume =  $0,1/10,0 \times 100\% = 1,0\%$ .

% ketidakpastian  $\rho = 0,039\% + 1,0\% \approx 1,04\%$ .

Volume menyumbang hampir seluruh ketidakpastian, jadi alat ukur volumelah yang perlu diperbaiki (misalnya memakai buret).

18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Analisis data laju melarut • gaya IB • 01-5-02

Seorang siswa mencatat waktu larut  $5,0 \text{ g}$  gula pasir dalam  $100 \text{ cm}^3$  air yang diaduk dengan cara sama:  $20^\circ\text{C}$ :  $69 \text{ s}$  ·  $30^\circ\text{C}$ :  $52 \text{ s}$  ·  $40^\circ\text{C}$ :  $40 \text{ s}$  ·  $50^\circ\text{C}$ :  $30 \text{ s}$  ·  $60^\circ\text{C}$ :  $23 \text{ s}$

- (a) Jelaskan pola data. Apakah waktu larut berbanding lurus (linear) dengan suhu?  
(b) Hitung 'laju melarut' sebagai  $1/\text{waktu}$  pada  $20^\circ\text{C}$  dan  $60^\circ\text{C}$ , lalu bandingkan.  
(c) Jelaskan pola itu dengan teori partikel.  
(d) Siswa menentukan 'larut sempurna' dengan mata. Identifikasi kelemahan cara ini dan sarankan perbaikannya.

**Kunci/rubrik:** (a) Waktu larut berkurang ketika suhu naik [1]; tidak linear, karena penurunannya makin kecil: setiap kenaikan  $10^\circ\text{C}$  mengalikan waktu dengan  $\pm 0,75$  (kira-kira setengah setiap  $25^\circ\text{C}$ ) [1]

(b)  $1/69 = 0,0145 \text{ s}^{-1}$  dan  $1/23 = 0,0435 \text{ s}^{-1}$  [1]; laju pada  $60^\circ\text{C}$  sekitar 3 kali laju pada  $20^\circ\text{C}$  [1]

(c) Pada suhu tinggi, molekul air bergerak lebih cepat dan berenergi lebih besar [1], sehingga lebih sering dan lebih kuat menumbuk permukaan kristal dan membawa molekul gula menjauh lebih cepat [1]

(d) Penentuan titik akhir bersifat subjektif; butir kecil sulit terlihat sehingga waktu bisa terlalu singkat [1]. Perbaikan: kriteria tetap (mis. diamati dengan latar hitam dan senter dari samping, oleh orang yang sama) atau sensor cahaya; uji daya hantar listrik tidak cocok karena gula bukan elektrolit [1]

**Pembahasan:** Total 8 poin. Grafik  $t$  terhadap  $T$  berbentuk lengkung menurun, sedangkan grafik  $1/t$  terhadap  $T$  naik makin curam. Jebakan di (d): gula tidak membentuk ion, jadi konduktometer tidak dapat mendeteksinya.

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Presisi dan akurasi • gaya IB • 01-5-03

Sampel yang sama ditimbang lima kali dengan neraca yang belum dikalibrasi: 2,61 g; 2,59 g; 2,60 g; 2,62 g; 2,60 g. Massa sebenarnya 2,50 g. Data ini ...

- A. akurat dan presisi  
B. presisi tetapi tidak akurat  
C. akurat tetapi tidak presisi  
D. tidak akurat dan tidak presisi

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Data sangat berdekatan (rentang 0,03 g), jadi **presisi**. Rata-ratanya 2,604 g, jauh dari 2,50 g, jadi **tidak akurat**. Penyebabnya galat sistematis  $\pm 0,10$  g dari neraca yang belum dikalibrasi; mengulang penimbangan tidak akan memperbaikinya.

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Ekonomi atom • gaya IB • 01-5-04

Urea dibuat menurut  $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Hitung ekonomi atom (%) pembuatan urea. (Ar H = 1, C = 12, N = 14, O = 16)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 76,92 %**

**Pembahasan:**  $M_r \text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 12 + 16 + 2(14 + 2) = 60$ .

Pereaksi:  $2 \times M_r \text{NH}_3 + M_r \text{CO}_2 = 2(17) + 44 = 78$ .

Ekonomi atom =  $60/78 \times 100\% = 76,9\%$ . Sisa 23,1% massa menjadi air, hasil samping yang tidak berbahaya.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHo

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Massa jenis paduan • gaya olimpiade • 01-6-01

Sebuah perhiasan terbuat dari paduan emas dan perak saja, bermassa 50,0 g dan bervolume 3,00 cm<sup>3</sup>. Anggap volume kedua logam dapat dijumlahkan. Massa jenis emas 19,3 g/cm<sup>3</sup> dan perak 10,5 g/cm<sup>3</sup>. Hitung persen massa emas dalam perhiasan itu.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 81,15 %**

**Pembahasan:** Misal massa emas = x g, massa perak = (50,0 - x) g.

Volume:  $\frac{x}{19,3} + \frac{50,0 - x}{10,5} = 3,00$ .

$x \left( \frac{1}{19,3} - \frac{1}{10,5} \right) = 3,00 - 4,762 \rightarrow -0,04342 x = -1,762 \rightarrow x = 40,6$  g.

% emas =  $40,6/50,0 \times 100\% \approx 81\%$ . Cek:  $40,6/19,3 + 9,4/10,5 = 2,10 + 0,90 = 3,00$  cm<sup>3</sup> ✓. Inilah versi modern teka-teki mahkota Archimedes.

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Piknometer • gaya olimpiade • 01-6-02

Sebuah piknometer kosong bermassa 20,00 g. Bila diisi penuh air ( $\rho = 1,000 \text{ g/mL}$ ), massanya 45,00 g. Ke dalam piknometer kosong dimasukkan 20,00 g butiran logam, lalu ruang sisanya diisi penuh air; massa totalnya 62,77 g. Hitung massa jenis logam itu ( $\text{g/cm}^3$ ).

Jawaban: .....  $\text{g/cm}^3$

**Kunci: 8,97  $\text{g/cm}^3$**

**Pembahasan:** Volume piknometer =  $(45,00 - 20,00)/1,000 = 25,00 \text{ mL}$ .

Massa air bersama logam =  $62,77 - 20,00 - 20,00 = 22,77 \text{ g} \rightarrow 22,77 \text{ mL}$ .

Volume logam =  $25,00 - 22,77 = 2,23 \text{ mL}$ .

$\rho = 20,00/2,23 = 8,97 \text{ g/cm}^3$ , cocok dengan tembaga ( $8,96 \text{ g/cm}^3$ ).

Catatan: volume logam diperoleh dari selisih dua angka yang hampir sama, sehingga ketidakpastiannya relatif besar.

Karena itulah dipakai massa logam yang cukup banyak.

23. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Identifikasi zat dengan sifat fisik • gaya olimpiade • 01-6-03

Empat botol tanpa label berisi cairan bening tak berwarna: air, larutan gula 40% (massa jenis  $\pm 1,18 \text{ g/mL}$ ), alkohol 70% ( $\pm 0,89 \text{ g/mL}$ ), dan minyak parafin ( $\pm 0,85 \text{ g/mL}$ ). Tersedia neraca ( $0,01 \text{ g}$ ), gelas ukur  $10 \text{ mL}$ , gelas kimia, pipet tetes, dan air suling.

(a) Mengapa identifikasi tidak boleh dilakukan dengan mencicipi atau menghirup langsung, dan mengapa uji nyala api tidak bijak di sini?

(b) Rancang cara memakai massa jenis untuk mengenali cairan. Hitung massa yang diharapkan untuk  $10,0 \text{ mL}$  setiap cairan.

(c) Dua cairan massa jenisnya berdekatan. Sebutkan keduanya dan uji tambahan yang aman untuk membedakannya.

(d) Jelaskan pada tingkat partikel hasil uji di (c).

**Kunci/rubrik:** (a) Cairan tak dikenal bisa beracun atau korosif; mencicipi dan menghirup langsung melanggar aturan keselamatan [1]. Alkohol mudah menyala; uji api di dekat cairan lain berisiko kebakaran [1]

(b) Ukur  $10,0 \text{ mL}$  setiap cairan dengan gelas ukur, timbang (dikurangi massa wadah), hitung  $\rho = m/V$  [1]. Massa yang diharapkan: air  $10,0 \text{ g}$ ; larutan gula  $\pm 11,8 \text{ g}$ ; alkohol 70%  $\pm 8,9 \text{ g}$ ; parafin  $\pm 8,5 \text{ g}$  [2]

(c) Alkohol 70% dan minyak parafin (selisih hanya  $\pm 0,4 \text{ g}$  per  $10 \text{ mL}$ ) [1]. Teteskan masing-masing ke sedikit air: parafin membentuk lapisan terpisah di atas, alkohol bercampur sempurna [1]

(d) Molekul alkohol punya gugus  $-\text{OH}$  yang membentuk ikatan hidrogen dengan air, sehingga bercampur [1]; molekul parafin adalah hidrokarbon nonpolar yang tidak dapat berikatan hidrogen, sehingga molekul air lebih tertarik satu sama lain dan 'mendorong' parafin keluar [1]

**Pembahasan:** Total 9 poin. Massa jenis adalah 'sidik jari' fisik yang aman untuk mengenali zat, tetapi bila dua nilai berdekatan dibutuhkan sifat kedua, seperti kemampuan bercampur dengan air. Inilah cara berpikir analisis: gabungkan beberapa bukti, jangan bergantung pada satu angka.

Sebanyak 50,0 mL etanol ( $\rho = 0,789 \text{ g/mL}$ ) dicampur dengan 50,0 mL air ( $\rho = 0,997 \text{ g/mL}$ ). Volume campuran ternyata hanya 96,4 mL. Massa jenis campuran adalah ...

- |               |               |
|---------------|---------------|
| A. 0,893 g/mL | C. 0,997 g/mL |
| B. 0,789 g/mL | D. 0,926 g/mL |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Massa etanol =  $50,0 \times 0,789 = 39,45 \text{ g}$ ; massa air =  $50,0 \times 0,997 = 49,85 \text{ g}$ ; massa total =  $89,30 \text{ g}$  (massa kekal!).

$$\rho = 89,30/96,4 = 0,926 \text{ g/mL.}$$

Jebakan: 0,893 g/mL didapat bila volume dianggap 100 mL. Volume menyusut karena molekul etanol dan air saling tarik lewat ikatan hidrogen dan tersusun lebih rapat. Massa dapat dijumlahkan, volume belum tentu.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Materi • 02-1-01

Manakah di antara berikut yang **bukan** materi?

- A. Udara di dalam balon  
B. Air di dalam gelas  
C. Cahaya lampu senter  
D. Asap dari pembakaran sampah

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Materi mempunyai massa dan menempati ruang. Udara, air, dan asap (butiran jelaga dan gas) semuanya materi. Cahaya adalah energi: tidak bermassa dan tidak menempati ruang.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Perubahan wujud • 02-1-02

Kapur barus di lemari lama-kelamaan mengecil tanpa meninggalkan cairan sedikit pun. Peristiwa ini disebut ...

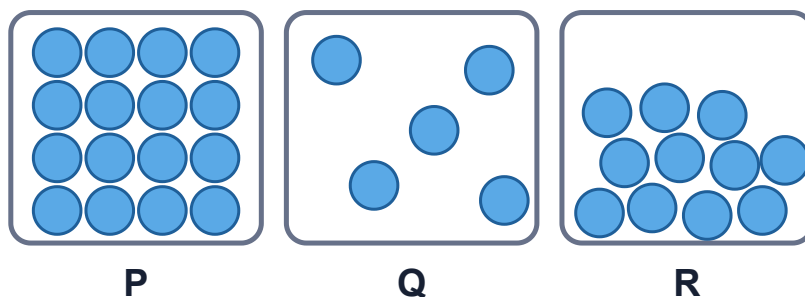
- A. mencair  
B. menyublim  
C. menguap  
D. mengembun

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Kapur barus (naftalena) berubah langsung dari padat menjadi gas tanpa mencair dulu: **menyublim**. Menguap adalah perubahan dari cair menjadi gas, sedangkan mengembun dari gas menjadi cair.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Teori partikel • 02-1-03

Perhatikan gambar susunan partikel P, Q, dan R. Gambar manakah yang menunjukkan zat **padat**?



- A. P  
B. Q  
C. R  
D. P dan R

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Pada zat padat, partikel tersusun **rapat dan teratur** dan hanya bergetar di tempat (P). Q adalah gas: partikelnya berjauhan dan acak. R adalah cairan: partikelnya rapat tetapi susunannya tidak teratur.

4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Campuran • 02-1-04

Manakah yang termasuk **campuran**?

- A. Emas murni
- B. Gula pasir
- C. Air suling
- D. Air laut

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Air laut berisi air, garam, dan zat-zat lain yang tercampur tanpa perbandingan tetap. Emas murni adalah unsur; gula pasir dan air suling adalah senyawa.

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Kalor lebur • 02-2-01

Hitung kalor yang dibutuhkan untuk meleburkan 20 g es bersuhu 0 °C menjadi air 0 °C. (Kalor lebur es = 334 J/g)

Jawaban: ..... J

**Kunci: 6.680 J**

**Pembahasan:** Suhunya tetap, jadi pakai kalor laten.

$$Q = m \times L = 20 \times 334 = 6.680 \text{ J (6,68 kJ).}$$

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Kalor jenis • 02-2-02

Berapa kJ kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan 250 g air dari 25 °C sampai 100 °C? (c air = 4,2 J/(g·°C))

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: 78,75 kJ**

**Pembahasan:**  $\Delta T = 100 - 25 = 75 \text{ °C}$ .

$$Q = mc\Delta T = 250 \times 4,2 \times 75 = 78.750 \text{ J} = 78,75 \text{ kJ.}$$

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Perubahan kimia • 02-2-03

Manakah yang merupakan **perubahan kimia**?

- A. Es batu mencair di dalam es teh
- B. Gula larut dalam air hangat
- C. Nasi menjadi basi dan berbau asam
- D. Kaca jendela pecah terkena bola

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Pada nasi basi, mikroba mengubah zat di dalam nasi menjadi zat baru yang berbau asam (tanda reaksi: bau baru). Tiga peristiwa lain hanya mengubah wujud, bentuk, atau sebaran partikel; zatnya tetap sama.

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Perubahan wujud • 02-2-04

Pada dini hari di Dieng, uap air di udara langsung berubah menjadi kristal es di permukaan daun tanpa menjadi cair dulu (*bun upas*). Tuliskan nama perubahan wujud ini.

Jawaban: .....

**Kunci: mengkristal / deposisi / menghablur / mengkristal (deposisi) / deposisi (mengkristal) / mengkristal/deposisi**

**Pembahasan:** Gas → padat disebut **mengkristal** (deposisi, menghablur). Kebalikannya, padat → gas, disebut menyublim. Mengkristal melepas kalor.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kurva pemanasan • 02-3-01

Sebanyak 50 g es bersuhu  $-10^{\circ}\text{C}$  dipanaskan sampai menjadi air bersuhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Hitung kalor total yang dibutuhkan, dalam kJ. ( $c_{\text{es}} = 2,1 \text{ J/(g}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ; kalor lebur es =  $334 \text{ J/g}$ ;  $c_{\text{air}} = 4,2 \text{ J/(g}\cdot^{\circ}\text{C)}$ )

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: 21,95 kJ**

**Pembahasan:**  $Q_1$  (es naik suhu)  $= 50 \times 2,1 \times 10 = 1.050 \text{ J}$

$Q_2$  (melebur)  $= 50 \times 334 = 16.700 \text{ J}$

$Q_3$  (air naik suhu)  $= 50 \times 4,2 \times 20 = 4.200 \text{ J}$

Total  $= 21.950 \text{ J} = 21,95 \text{ kJ}$ . Tahap melebur menyerap kalor paling banyak!

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Asas Black • 02-3-02

Laras memasukkan es batu bersuhu  $0^{\circ}\text{C}$  ke dalam 200 g teh bersuhu  $60^{\circ}\text{C}$ . Berapa gram es yang tepat habis mencair bila suhu akhir campuran  $0^{\circ}\text{C}$ ? Anggap teh = air ( $c = 4,2 \text{ J/(g}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ), kalor lebur es  $334 \text{ J/g}$ , dan tidak ada kalor yang hilang ke lingkungan.

Jawaban: ..... g

**Kunci: 150,9 g**

**Pembahasan:** Kalor dilepas teh:  $Q = 200 \times 4,2 \times 60 = 50.400 \text{ J}$ .

Kalor diserap es:  $Q = m \times 334$ .

$m = 50.400/334 = 150,9 \text{ g} \approx 151 \text{ g}$ .

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Difusi • 02-3-03

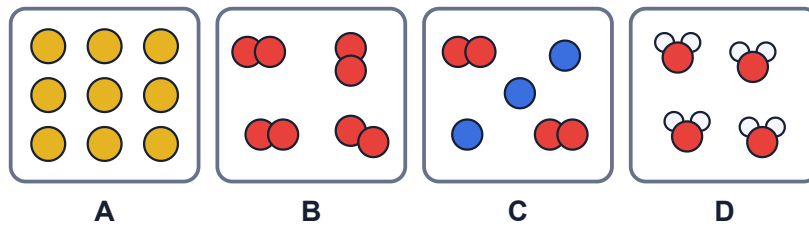
Setetes pewarna makanan dimasukkan ke gelas berisi air  $10^{\circ}\text{C}$  dan ke gelas berisi air  $70^{\circ}\text{C}$ , tanpa diaduk. Pernyataan yang paling tepat adalah ...

- A. Pewarna menyebar sama cepat karena jumlah pewarnanya sama
- B. Pewarna menyebar lebih cepat di air panas karena partikel-partikelnya bergerak lebih cepat
- C. Pewarna menyebar lebih cepat di air dingin karena air dingin lebih rapat
- D. Pewarna hanya menyebar bila diaduk

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Pada suhu lebih tinggi, partikel air dan pewarna bergerak lebih cepat, dan air menjadi lebih encer (kekentalannya turun), sehingga difusi lebih cepat. Difusi terjadi tanpa diaduk karena partikel selalu bergerak acak.

Bulatan dengan warna berbeda menggambarkan atom yang berbeda. Kotak manakah yang menggambarkan **senyawa** murni?



A. A

B. B

C. C

D. D

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Senyawa murni: semua partikelnya sama, dan setiap partikel tersusun atas lebih dari satu jenis atom (D, mirip molekul air). A dan B adalah unsur karena hanya ada satu jenis atom (B berupa molekul diatomik seperti  $O_2$ ). C adalah campuran dua zat.

## Lv 4 • IGCSE gaya Cambridge IGCSE

Use the kinetic particle theory (teori partikel) to answer the questions.

- (a) **Jelaskan** perbedaan susunan dan gerak partikel dalam padatan, cairan, dan gas. [3]  
 (b) **Jelaskan** mengapa suhu es tetap  $0^\circ C$  selama es mencair walaupun terus dipanaskan. [2]  
 (c) **Sarankan** mengapa gas mudah dimampatkan, tetapi cairan hampir tidak dapat dimampatkan. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Padat: partikel tersusun teratur dan rapat, hanya bergetar di tempat [1]; cair: rapat tetapi tidak teratur, bergerak saling meluncur [1]; gas: berjauhan, acak, bergerak cepat ke segala arah [1].

(b) Kalor yang diserap dipakai untuk mengatasi (memutus) gaya tarik antarpartikel [1], bukan untuk menambah energi kinetik rata-rata partikel, sehingga suhu tidak naik [1].

(c) Ada ruang kosong yang besar di antara partikel gas, sedangkan partikel cairan sudah saling bersentuhan [1].

**Pembahasan:** Kata kunci yang dicari pemeriksa: *regular/irregular arrangement, close together/far apart, vibrate/slide/move randomly*, dan *energy is used to overcome the forces of attraction*.

A long glass tube has cotton wool soaked in concentrated ammonia at one end and cotton wool soaked in concentrated hydrochloric acid at the other end. After a few minutes a white ring of ammonium chloride forms:  $NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$ . Di mana cincin putih terbentuk, dan mengapa? (Mr  $NH_3 = 17$ ;  $HCl = 36,5$ )

- A. Lebih dekat ke ujung  $HCl$ , karena partikel  $NH_3$  lebih ringan sehingga berdifusi lebih cepat  
 B. Lebih dekat ke ujung  $NH_3$ , karena partikel  $NH_3$  lebih ringan sehingga berdifusi lebih cepat  
 C. Tepat di tengah, karena kedua gas berdifusi sama cepat  
 D. Lebih dekat ke ujung  $HCl$ , karena partikel  $HCl$  lebih berat sehingga berdifusi lebih cepat

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Pada suhu yang sama, partikel yang lebih ringan bergerak lebih cepat.  $NH_3$  (Mr 17) menempuh jarak lebih jauh daripada  $HCl$  (Mr 36,5) dalam waktu yang sama, sehingga keduanya bertemu lebih dekat ke ujung  $HCl$ .

Tabel berikut menunjukkan titik leleh dan titik didih empat zat.

| Zat | Titik leleh (°C) | Titik didih (°C) |
|-----|------------------|------------------|
| A   | −218             | −183             |
| B   | −7               | 59               |
| C   | 801              | 1.465            |
| D   | 44               | 280              |

**Deduksikan** zat yang berwujud cair pada 25 °C dan berwujud gas pada 70 °C.

- A. A
- C. C
- B. B
- D. D

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Cair pada 25 °C berarti titik leleh < 25 °C < titik didih: hanya B (−7 °C dan 59 °C). Pada 70 °C, B sudah melewati titik didihnya sehingga berwujud gas. A berwujud gas pada kedua suhu; C dan D padat. (A oksigen, B bromin, C garam dapur, D fosfor putih.)

Sebuah ketel listrik menguapkan 15 g air yang sudah mendidih pada 100 °C. **Hitung** energi yang diserap air untuk menguap, dalam kJ. (Kalor uap air = 2.260 J/g)

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: 33,9 kJ**

**Pembahasan:**  $Q = mL = 15 \times 2.260 = 33.900 \text{ J} = 33,9 \text{ kJ}$ . Bandingkan: memanaskan 15 g air dari 25 °C ke 100 °C hanya butuh ±4,7 kJ.

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Entalpi peleburan dan analisis galat • gaya IB • 02-5-01

Seorang siswa menentukan entalpi peleburan naftalena,  $C_{10}H_8$ . Sampel  $25,0 \pm 0,1$  g dipanaskan dengan pemanas listrik berdaya tetap  $50,0$  W (J/s). Suhunya bertahan pada  $80^\circ\text{C}$  selama  $95 \pm 2$  s, saat seluruh sampel melebur.

- Hitung kalor lebur per gram dan entalpi peleburan molar (kJ/mol). ( $M_r C_{10}H_8 = 128,2$ )
- Nilai literatur adalah  $19,0$  kJ/mol. Hitung persen galatnya dan bandingkan dengan persen ketidakpastian total data massa dan waktu.
- Jelaskan satu galat sistematis yang paling mungkin beserta arah pengaruhnya, lalu sarankan satu perbaikan.

**Kunci/rubrik:** (a)  $Q = Pt = 50,0 \times 95 = 4.750$  J [1];  $L = 4.750/25,0 = 190$  J/g [1];  $\Delta H = 190 \times 128,2 = 24.358$  J/mol  $\approx 24,4$  kJ/mol [1]

(b) % galat =  $(24,4 - 19,0)/19,0 \times 100\% \approx 28\%$  [1]; % ketidakpastian =  $0,1/25,0 \times 100\% + 2/95 \times 100\% \approx 0,4\% + 2,1\% = 2,5\%$  [1]; galat jauh lebih besar daripada ketidakpastian acak, jadi ada galat sistematis [1]

(c) Sebagian energi pemanas hilang ke lingkungan (udara, wadah), sehingga energi yang benar-benar diserap naftalena lebih kecil daripada  $Pt$ ; nilai terhitung terlalu besar [1]. Perbaikan: isolasi wadah atau beri penutup, atau lakukan percobaan kontrol tanpa sampel untuk mengukur laju kehilangan kalor [1].

**Pembahasan:** Bila ketidakpastian acak ( $\pm 2,5\%$ ) tidak bisa menjelaskan selisih 28%, carilah galat sistematis. Pada percobaan pemanasan, kehilangan kalor ke lingkungan hampir selalu menjadi tersangka utama.

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • Hukum Graham • gaya IB • 02-5-02

Tabung kaca sepanjang  $100$  cm diberi kapas berisi amonia pekat di satu ujung dan asam klorida pekat di ujung lain, lalu ditutup bersamaan. Gunakan hukum Graham (laju difusi  $\propto 1/\sqrt{M_r}$ ) untuk memperkirakan jarak cincin putih  $NH_4Cl$  dari ujung amonia, dalam cm. ( $M_r NH_3 = 17$ ;  $HCl = 36,5$ )

Jawaban: ..... cm

**Kunci:** 59,4 cm

**Pembahasan:**  $\frac{d_{NH_3}}{d_{HCl}} = \sqrt{\frac{36,5}{17}} = 1,465$ .

$d_{NH_3} = 100 \times \frac{1,465}{1 + 1,465} = 59,4$  cm dari ujung amonia ( $40,6$  cm dari ujung HCl).

Hasil percobaan nyata bisa sedikit berbeda, karena kedua gas berdifusi melewati udara (bertumbukan dengan molekul udara), bukan melewati ruang hampa.

## 19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Teori kinetik gas • gaya IB • 02-5-03

Pada suhu yang sama, bagaimana perbandingan molekul  $H_2$  ( $M_r 2$ ) dan  $O_2$  ( $M_r 32$ )?

- Kelajuan rata-ratanya sama karena suhunya sama
- Energi kinetik rata-rata  $O_2$  16 kali lebih besar
- Energi kinetik rata-ratanya sama; kelajuan rata-rata  $H_2$  4 kali lebih besar
- Energi kinetik rata-ratanya sama; kelajuan rata-rata  $H_2$  16 kali lebih besar

**Kunci:** C

**Pembahasan:** Suhu menentukan energi kinetik rata-rata:  $\bar{E}_k = \frac{3}{2}k_B T$ , sama untuk semua gas pada suhu yang sama. Karena  $\frac{1}{2}mv^2$  sama,  $v \propto 1/\sqrt{M}$ :  $\sqrt{32/2} = 4$ .

Mengapa es kering ( $\text{CO}_2$  padat) menyublim pada tekanan udara biasa (1 atm), bukan mencair? (Titik tripel  $\text{CO}_2$ :  $-56,6^\circ\text{C}$  dan 5,1 atm; titik kritis:  $31,0^\circ\text{C}$  dan 72,8 atm)

- A. Karena 1 atm lebih rendah daripada tekanan titik tripel  $\text{CO}_2$ , sehingga wujud cairnya tidak stabil
- B. Karena  $\text{CO}_2$  adalah senyawa ion yang tidak dapat mencair
- C. Karena suhu kamar lebih tinggi daripada suhu kritis  $\text{CO}_2$
- D. Karena es kering mengandung air yang menguap lebih dulu

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Wujud cair suatu zat hanya mungkin pada tekanan di atas tekanan titik tripelnya, yaitu 5,1 atm untuk  $\text{CO}_2$ . Pada 1 atm, garis padat-gas (sublimasi) dilewati pada  $-78,5^\circ\text{C}$ . Pilihan C keliru karena suhu kamar ( $25^\circ\text{C}$ ) justru di bawah suhu kritis  $\text{CO}_2$  ( $31,0^\circ\text{C}$ ); pilihan B keliru karena  $\text{CO}_2$  adalah senyawa molekuler.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/IChO

Sebanyak 100 g es bersuhu  $-10^\circ\text{C}$  dimasukkan ke dalam 150 g air bersuhu  $30^\circ\text{C}$  di dalam wadah yang terisolasi sempurna. Setelah setimbang, berapa gram es yang **masih tersisa**? ( $c_{\text{es}} = 2,1 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}$ ;  $c_{\text{air}} = 4,18 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}$ ; kalor lebur es = 334 J/g)

Jawaban: ..... g

**Kunci: 50 g**

**Pembahasan:** Kalor maksimum dari air ( $30 \rightarrow 0^\circ\text{C}$ ):  $150 \times 4,18 \times 30 = 18.810 \text{ J}$ .

Kalor untuk menaikkan es  $-10 \rightarrow 0^\circ\text{C}$ :  $100 \times 2,1 \times 10 = 2.100 \text{ J}$ .

Sisa kalor untuk melebur:  $18.810 - 2.100 = 16.710 \text{ J} \rightarrow$  es yang melebur =  $16.710/334 = 50,0 \text{ g}$ .

Meleburkan semua es butuh 33.400 J (tidak cukup), jadi suhu akhir  $0^\circ\text{C}$  dan tersisa  $100 - 50,0 = 50,0 \text{ g}$  es yang mengapung di 200 g air.

Di puncak Gunung Semeru, Bima mengukur air mendidih pada  $88^\circ\text{C}$ . Dengan persamaan Clausius-

Clapeyron  $\ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{\Delta H_{\text{uap}}}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ , perkirakan tekanan udara di sana dalam kPa. ( $\Delta H_{\text{uap}} = 40,7 \text{ kJ/mol}$ ;  $R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ; air mendidih pada  $100^\circ\text{C}$  ketika  $P = 101,3 \text{ kPa}$ )

Jawaban: ..... kPa

**Kunci: 65,5 kPa**

**Pembahasan:**  $\frac{1}{361,15} - \frac{1}{373,15} = 8,90 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

$\ln \frac{P_2}{101,3} = -\frac{40.700}{8,314} \times 8,90 \times 10^{-5} = -0,436$ .

$P_2 = 101,3 \times e^{-0,436} = 65,5 \text{ kPa}$  ( $\pm 0,65 \text{ atm}$ ). Nasi yang ditanak di sana sering kurang tanak karena air mendidih pada suhu lebih rendah.

Pada kondisi yang sama, gas X membutuhkan waktu 2,00 kali lebih lama daripada gas metana,  $\text{CH}_4$ , untuk berdifusi sejauh jarak yang sama. Gas X hanya tersusun atas belerang dan oksigen. Tuliskan rumus molekul X. (Ar H = 1, C = 12, O = 16, S = 32)

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{SO}_2$

**Pembahasan:**  $\frac{t_X}{t_{\text{CH}_4}} = \sqrt{\frac{M_X}{16}} = 2,00 \rightarrow M_X = 4 \times 16 = 64.$

Gabungan S dan O dengan Mr 64:  $32 + 2(16) = 64 \rightarrow \text{SO}_2$ , belerang dioksida, gas berbau menyengat yang keluar dari Kawah Ijen.  $\text{SO}_3$  (Mr 80) tidak cocok.

Pada  $0^\circ\text{C}$ , massa jenis es  $0,917\text{ g/cm}^3$  dan massa jenis air  $1,000\text{ g/cm}^3$ . Kalor lebur molar es  $6,01\text{ kJ/mol}$ .

(a) Hitung perubahan volume molar saat es melebur,  $\Delta V_m = V_{\text{cair}} - V_{\text{padat}}$ , dalam  $\text{m}^3/\text{mol}$ . (Mr  $\text{H}_2\text{O} = 18,0$ )

(b) Gunakan persamaan Clapeyron  $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V_m}$  untuk menghitung kemiringan garis leleh, lalu perkirakan titik leleh es pada  $100\text{ atm}$ .

(c) Jelaskan pada tingkat partikel mengapa es kurang rapat daripada air dan mengapa hal itu membuat tekanan tinggi menurunkan titik leleh. Sebutkan satu akibat sifat ini bagi kehidupan di danau beriklim dingin.

**Kunci/rubrik:** (a)  $V_{\text{cair}} = 18,0/1,000 = 18,00\text{ cm}^3/\text{mol}$ ;  $V_{\text{padat}} = 18,0/0,917 = 19,63\text{ cm}^3/\text{mol}$  [1];  $\Delta V_m = -1,63\text{ cm}^3/\text{mol} = -1,63 \times 10^{-6}\text{ m}^3/\text{mol}$  [1]

(b)  $\frac{dP}{dT} = \frac{6.010}{273,15 \times (-1,63 \times 10^{-6})} = -1,35 \times 10^7\text{ Pa/K}$  ( $\approx -133\text{ atm/K}$ ) [2];  $\Delta P = 99\text{ atm} = 1,00 \times 10^7\text{ Pa} \rightarrow \Delta T \approx -0,74\text{ K}$ , titik leleh  $\approx -0,74^\circ\text{C}$  [1]

(c) Di dalam es, setiap molekul  $\text{H}_2\text{O}$  berikatan hidrogen dengan empat tetangga dalam kisi yang longgar (banyak rongga); saat melebur sebagian kisi runtuh dan molekul dapat lebih berdekatan, jadi air lebih rapat [1]. Tekanan mendorong zat ke wujud bervolume lebih kecil, yaitu cair, sehingga es meleleh pada suhu lebih rendah [1]. Akibat: es mengapung dan membentuk lapisan penahan dingin di permukaan danau, sehingga air di bawahnya tetap cair dan ikan dapat bertahan [1].

**Pembahasan:** Kemiringan negatif garis leleh adalah ciri khas air (juga galium dan bismut). Pada kebanyakan zat, padatan lebih rapat daripada cairannya sehingga garis lelehnya condong ke kanan. Perhatikan betapa curamnya garis itu: tekanan  $100\text{ atm}$  hanya menurunkan titik leleh kurang dari  $1^\circ\text{C}$ .

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pemisahan dengan magnet • 03-1-01

Campuran pasir dan serbuk besi paling mudah dipisahkan dengan ...

- |                |              |
|----------------|--------------|
| A. penyaringan | C. magnet    |
| B. penguapan   | D. distilasi |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Hanya besi yang ditarik magnet, pasir tidak. Perbedaan sifat magnet inilah yang dimanfaatkan. Penyaringan dan penguapan tidak berguna karena keduanya padatan yang tidak larut dalam air.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Penguapan • 03-1-02

Petambak di Madura memperoleh garam dari air laut dengan cara ...

- A. menyaring air laut dengan kain
- B. menguapkan air laut dengan panas matahari dan angin
- C. menarik garam dengan magnet
- D. mengendapkan garam dengan cara diaduk

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Garam larut sempurna dalam air laut, jadi tidak bisa disaring. Air (titik didih 100 °C) menguap oleh panas matahari dan angin, sedangkan garam yang titik didihnya jauh lebih tinggi tertinggal sebagai kristal. Inilah penguapan.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Residu dan filtrat • 03-1-03

Saat menyaring air kopi tubruk, ampas kopi yang tertinggal di kertas saring disebut ...

- |            |             |
|------------|-------------|
| A. residu  | C. destilat |
| B. filtrat | D. pelarut  |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Zat padat yang tertahan di kertas saring disebut **residu**. Cairan yang lolos (air kopi) disebut **filtrat**. Destilat adalah cairan hasil distilasi.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Distilasi • 03-1-04

Di dalam kondensor alat distilasi, uap berubah kembali menjadi cair. Apa nama perubahan wujud ini?

Jawaban: .....

**Kunci: pengembunan / kondensasi / mengembun / pengembunan (kondensasi)**

**Pembahasan:** Uap yang didinginkan di kondensor **mengembun** (kondensasi) menjadi cair, seperti tetesan air di bagian dalam tutup panci. Distilasi = penguapan + pengembunan.

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Nilai  $R_f$  • 03-2-01

Pada kromatografi kertas, sebuah noda bergerak 3,6 cm dari garis start, sedangkan garis depan pelarut 6,0 cm dari garis start. Hitung  $R_f$  noda itu.

Jawaban: .....

**Kunci: 0,6**

**Pembahasan:**  $R_f = \frac{\text{jarak noda}}{\text{jarak pelarut}} = \frac{3,6}{6,0} = 0,60$ .

Cek: nilainya di antara 0 dan 1 ✓

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Persen perolehan • 03-2-02

Suatu campuran mengandung 20,0 g garam. Setelah dipisahkan dan dikeringkan, diperoleh 18,4 g garam. Berapa persen perolehan garamnya?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 92 %**

**Pembahasan:** % perolehan =  $\frac{18,4}{20,0} \times 100\% = 92\%$ .

Sebanyak 1,6 g garam hilang, misalnya tertinggal di kertas saring atau memercik saat penguapan.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Memilih teknik pemisahan • 03-2-03

Aseton (titik didih 56 °C) bercampur sempurna dengan air (titik didih 100 °C). Teknik yang paling tepat untuk memisahkan keduanya adalah ...

- A. penyaringan  
B. corong pisah

- C. sentrifugasi  
D. distilasi

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Aseton dan air bercampur sempurna (homogen), jadi tidak bisa disaring, dipisah dengan corong pisah, atau disentrifugasi. Titik didihnya berbeda jauh (44 °C), sehingga **distilasi** memisahkannya: aseton tersuling lebih dulu.

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Residu dan filtrat • 03-2-04

Campuran pasir dan air garam disaring. Apa nama cairan jernih yang lolos melewati kertas saring?

Jawaban: .....

**Kunci: filtrat**

**Pembahasan:** Cairan yang lolos melewati kertas saring disebut **filtrat**. Di sini filtratnya air garam (garam yang larut ikut lolos). Pasir yang tertahan adalah residu.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kristalisasi • 03-3-01

Kelarutan kalium nitrat,  $\text{KNO}_3$ , adalah 169 g per 100 g air pada 80 °C dan 31,6 g per 100 g air pada 20 °C. Larutan jenuh  $\text{KNO}_3$  dalam 50 g air pada 80 °C didinginkan sampai 20 °C. Berapa gram kristal  $\text{KNO}_3$  yang terbentuk?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 68,7 g**

**Pembahasan:** Per 100 g air: kristal =  $169 - 31,6 = 137,4$  g.

Untuk 50 g air (setengahnya):  $137,4 \times \frac{50}{100} = 68,7$  g.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Urutan pemisahan • 03-3-02

Urutan langkah yang paling tepat untuk memperoleh kembali besi, pasir, dan garam dari campurannya adalah ...

- A. larutkan dalam air → uapkan → tarik dengan magnet → saring
- B. saring → tarik dengan magnet → larutkan dalam air → uapkan
- C. tarik dengan magnet → larutkan dalam air → saring → uapkan filtrat
- D. uapkan → saring → larutkan dalam air → tarik dengan magnet

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Besi ditarik dengan magnet selagi kering (agar tidak berkarat dan lengket dengan pasir). Sisa dilarutkan dalam air: garam larut, pasir tidak. Disaring: pasir menjadi residu. Filtrat diuapkan: garam tertinggal. Pada opsi A, penguapan sebelum penyaringan mencampurkan garam dan pasir lagi; opsi B dan D menyaring/menguapkan campuran kering, yang tidak memisahkan apa pun.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Penguapan air laut • 03-3-03

Air laut mengandung 2,7% NaCl (persen massa) dan bermassa jenis 1,025 kg/L. Berapa kilogram NaCl paling banyak yang dapat diperoleh dari 1.000 L air laut?

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 27,675 kg**

**Pembahasan:** Massa air laut =  $V \times \rho = 1.000 \times 1,025 = 1.025$  kg.

Massa NaCl =  $2,7\% \times 1.025 = 0,027 \times 1.025 = 27,7$  kg.

Itu kira-kira setengah karung garam dari satu ton air laut; dalam praktik hasilnya lebih kecil karena sebagian tertinggal di air tua.

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Identifikasi dengan  $R_f$  • 03-3-04

Sampel pewarna minuman memberi dua noda dengan  $R_f$  0,25 dan 0,70. Pada kertas dan pelarut yang sama, empat pewarna standar memberi  $R_f$ : P = 0,25; Q = 0,45; R = 0,70; S = 0,90 (warnanya cocok). Sampel itu mengandung ...

- A. P saja
- B. Q dan S
- C. P, Q, dan R
- D. P dan R

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Noda 0,25 cocok dengan P; noda 0,70 cocok dengan R. Q dan S tidak muncul di sampel. Jadi sampel adalah campuran **P dan R**. Satu zat murni hanya memberi satu noda, sehingga dua noda menandakan dua komponen.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Isian • Kromatografi • gaya IGCSE • 03-4-01

In a paper chromatography experiment, the solvent front travelled 8,0 cm from the baseline and dye X travelled 5,2 cm. **Hitung** (calculate) the  $R_f$  value of dye X.

Jawaban: .....

**Kunci: 0,65**

**Pembahasan:**  $R_f = \frac{5,2}{8,0} = 0,65$ .

Jawaban diberikan dua desimal, tanpa satuan.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Memperoleh kristal garam • gaya IGCSE • 03-4-02

Garam krosok yang dibeli di pasar tercampur pasir dan kotoran tak larut. **Jelaskan** (describe) cara memperoleh kristal garam yang murni dan kering dari garam krosok itu. Sertakan nama setiap teknik dan **jelaskan** mengapa filtrat sebaiknya tidak diuapkan sampai benar-benar kering.

**Kunci/rubrik:** (1) Gerus garam krosok, lalu larutkan dalam air hangat sambil diaduk sampai garam larut [1]. (2) Saring campuran; pasir dan kotoran tertinggal sebagai residu, larutan garam lolos sebagai filtrat [1]. (3) Panaskan filtrat dalam cawan penguap sampai sebagian air menguap dan larutan jenuh (titik kristalisasi: kristal muncul pada batang pengaduk yang dicelup lalu didinginkan) [1]. (4) Biarkan dingin agar kristal terbentuk, saring kristalnya, lalu keringkan di antara kertas saring atau dalam oven bersuhu rendah [1]. (5) Tidak diuapkan sampai kering karena pengotor yang larut ikut tertinggal bersama kristal dan kristal dapat memercik [1].

**Pembahasan:** Kata perintah *describe* meminta langkah berurutan dengan nama teknik: pelarutan → penyaringan → penguapan sebagian → kristalisasi → pengeringan. Poin kunci gaya IGCSE: menyebut residu/filtrat, titik kristalisasi, dan cara mengeringkan kristal.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji kemurnian • gaya IGCSE • 03-4-03

Aspirin murni meleleh pada  $\pm 135^\circ\text{C}$ . Sebuah sampel aspirin buatan siswa meleleh pada rentang  $128\text{--}133^\circ\text{C}$ . Apa yang dapat **dideduksikan** (deduced)?

- A. Sampel itu murni karena masih meleleh di bawah  $136^\circ\text{C}$ .
- B. Sampel itu tidak murni; pengotor menurunkan titik leleh dan memperlebar rentangnya.
- C. Sampel itu mengandung air sehingga titik lelehnya lebih tinggi.
- D. Sampel itu sudah terurai menjadi zat lain yang lebih murni.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Zat murni meleleh pada suhu yang tajam dan tertentu. Pengotor **menurunkan** titik leleh dan membuatnya meleleh dalam **rentang** suhu yang lebar. Rentang  $128\text{--}133^\circ\text{C}$  (lebar  $5^\circ\text{C}$ , di bawah  $135^\circ\text{C}$ ) menunjukkan sampel tidak murni dan perlu dimurnikan, misalnya dengan rekristalisasi.

## 16. Lv 4 • IGCSE • Isian rumus/nama • Memilih teknik pemisahan • gaya IGCSE • 03-4-04

**Nyatakan** (state) nama teknik untuk memperoleh air murni dari larutan tembaga(II) sulfat.

Jawaban: .....

**Kunci: distilasi / distilasi sederhana / penyulingan / simple distillation / distillation**

**Pembahasan:** Air harus *ditampung*, bukan dibiarkan menguap ke udara, jadi yang tepat adalah **distilasi (sederhana)**. Air mendidih dan mengembun di kondensor, sedangkan tembaga(II) sulfat yang tidak menguap tertinggal di labu. Penguapan atau kristalisasi justru memberi garamnya, bukan airnya.

17. Lv 5 • IB DP • Uraian •  $R_f$  dan ketidakpastian • gaya IB • 03-5-01

Pada kromatogram, garis depan pelarut berjarak  $7,50 \pm 0,05$  cm dan sebuah noda berjarak  $4,65 \pm 0,05$  cm dari garis start.

(a) Hitung  $R_f$  noda itu.

(b) Hitung ketidakpastian persentase dan ketidakpastian mutlak  $R_f$ , lalu tuliskan hasilnya dengan angka penting yang sesuai.

(c) Sarankan dua cara untuk membuat identifikasi zat berdasarkan  $R_f$  lebih andal.

**Kunci/rubrik:** (a)  $R_f = 4,65/7,50 = 0,620$  [1]

(b) Pada pembagian, ketidakpastian persentase dijumlahkan:  $0,05/4,65 \times 100 = 1,08\%$  dan  $0,05/7,50 \times 100 = 0,67\%$ ; total  $\approx 1,7\%$  [1]. Ketidakpastian mutlak =  $0,620 \times 0,017 \approx 0,01$  [1];  $R_f = 0,62 \pm 0,01$  [1]

(c) Dua dari: menjalankan standar pada kertas yang sama dan bersamaan; mengulang percobaan dan meratakan; memakai pelarut kedua (atau kromatografi dua dimensi); memakai noda kecil, wadah tertutup jenuh uap, dan suhu tetap; memakai KLT/HPLC yang lebih teliti [2]

**Pembahasan:** Ketidakpastian relatif pembagian dijumlahkan. Hasil  $0,62 \pm 0,01$  berarti  $R_f$  antara 0,61 dan 0,63, sehingga standar dengan  $R_f$  0,61 pun belum dapat dibedakan. Inilah alasan identifikasi sebaiknya dikonfirmasi dengan pelarut kedua. (Topik ini dibahas lengkap di Bab 4.)

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • Hukum Raoult • gaya IB • 03-5-02

Heksana dan heptana membentuk larutan ideal. Pada  $70^\circ\text{C}$ , tekanan uap murni heksana  $1,04$  atm dan heptana  $0,40$  atm. Cairan berisi fraksi mol heksana  $0,50$  berada dalam kesetimbangan dengan uapnya. Hitung persentase fraksi mol heksana dalam uap.

Jawaban: ..... %

**Kunci:** 72,2 %

**Pembahasan:**  $p_{\text{heksana}} = 0,50 \times 1,04 = 0,52$  atm;  $p_{\text{heptana}} = 0,50 \times 0,40 = 0,20$  atm.

$$y_{\text{heksana}} = \frac{0,52}{0,52 + 0,20} = 0,722 = 72,2\%.$$

Uap lebih kaya komponen yang lebih mudah menguap (72% vs 50% di cairan). Mengulang penguapan-pengembunan di kolom fraksionasi memperkaya uap lagi.

## 19. Lv 5 • IB DP • Isian • Ekstraksi bertahap • gaya IB • 03-5-03

Sebanyak 100 mL larutan air mengandung 1,00 g zat X. Koefisien partisi X antara pelarut organik dan air adalah  $K = 4,0$ . Larutan diekstraksi dua kali, masing-masing dengan 25 mL pelarut organik. Berapa gram X yang berhasil diekstraksi seluruhnya?

Jawaban: ..... g

**Kunci:** 0,75 g

**Pembahasan:** Bagian tersisa per ekstraksi =  $\frac{100}{100 + 4,0 \times 25} = 0,50$ .

Setelah dua kali: sisa =  $1,00 \times 0,50^2 = 0,25$  g.

Terekstraksi =  $1,00 - 0,25 = 0,75$  g.

Bandingkan: sekali dengan 50 mL menyisakan  $100/(100 + 200) = 0,33$  g, jadi hanya 0,67 g terekstraksi.

Campuran air dan minyak nilam (tidak saling melarutkan) mendidih di bawah 100 °C pada tekanan 1 atm. Penjelasan yang paling tepat adalah ...

- A. Tekanan uap total adalah jumlah tekanan uap air dan minyak, sehingga mencapai 1 atm pada suhu yang lebih rendah daripada air saja.
- B. Minyak menurunkan titik didih air sebagaimana garam menaikkannya.
- C. Minyak bereaksi dengan air membentuk senyawa baru yang mudah menguap.
- D. Uap air menurunkan tekanan udara di dalam ketel penyulingan.

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Dua cairan yang tidak saling melarutkan menguap secara independen:  $P_{\text{total}} = p_{\text{air}}^{\circ} + p_{\text{minyak}}^{\circ}$  (hukum Dalton). Campuran mendidih saat jumlah itu = 1 atm, yaitu di bawah 100 °C. Opsi B keliru karena minyak tidak larut (bukan sifat koligatif); tidak ada reaksi kimia (C); tekanan luar tetap 1 atm (D).

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHo

Minyak kayu putih disuling dengan uap air pada tekanan 1,00 atm. Campuran air dan sineol ( $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$ , Mr 154, tidak larut dalam air) mendidih pada 97,5 °C, ketika tekanan uap air 0,92 atm. Hitung massa sineol (g) yang ikut tersuling bersama setiap 100 g air.

Jawaban: ..... g

**Kunci: 74,4 g**

**Pembahasan:**  $p_{\text{sineol}} = 1,00 - 0,92 = 0,08$  atm.

Dalam uap:  $\frac{n_{\text{sineol}}}{n_{\text{air}}} = \frac{0,08}{0,92}$ .

$$\frac{m_{\text{sineol}}}{m_{\text{air}}} = \frac{0,08 \times 154}{0,92 \times 18} = \frac{12,32}{16,56} = 0,744.$$

Untuk 100 g air:  $m_{\text{sineol}} = 74,4$  g.

Walaupun tekanan uapnya kecil, Mr sineol yang besar membuat massanya cukup banyak. Senyawa yang tekanan uapnya jauh lebih kecil, seperti patchoulol, terbawa jauh lebih sedikit.

Sebanyak 10,00 g serbuk berisi serbuk besi, naftalena, pasir, dan NaCl dianalisis sebagai berikut. Magnet menarik 1,20 g serbuk. Sisa dipanaskan perlahan dalam cawan bertutup corong dingin; massanya berkurang 2,50 g. Residu dilarutkan dalam air dan disaring; residu kering bermassa 3,10 g. Filtrat diuapkan; padatan putih kering bermassa 3,05 g.

- Jelaskan mengapa urutan langkah ini masuk akal.
- Tentukan persen massa setiap komponen berdasarkan data.
- Hitung persen perolehan total dan jelaskan dua kemungkinan penyebab selisihnya.
- Usulkan dua uji untuk memastikan padatan putih itu NaCl murni.

**Kunci/rubrik:** (a) Magnet dulu selagi kering (besi tidak berkarat dan tidak ikut menyublim/terpanaskan bersama pasir) [1]; naftalena disublimasi sebelum pelarutan karena tidak larut dalam air dan akan tertahan bersama pasir [1]; pelarutan + penyaringan memisahkan pasir (tak larut) dari NaCl (larut), lalu penguapan memperoleh NaCl [1].

(b)  $\text{Fe } 1,20/10,00 = 12,0\%$ ; naftalena 25,0%; pasir 31,0%; NaCl 30,5% [2]

(c) Total  $1,20 + 2,50 + 3,10 + 3,05 = 9,85 \text{ g} \rightarrow 98,5\%$  [1]; selisih 0,15 g karena padatan tertinggal di kertas saring/cawan, NaCl memercik saat penguapan, naftalena sebagian lolos ke udara, atau pasir belum sepenuhnya kering (bila lebih) [1]

(d) Titik leleh tajam  $\pm 801^\circ\text{C}$  [1]; uji nyala kuning (ion  $\text{Na}^+$ ) dan endapan putih AgCl dengan  $\text{AgNO}_3$  (ion  $\text{Cl}^-$ ), atau kromatografi/uji lain yang tidak menunjukkan ion pengotor (misalnya tidak ada endapan dengan NaOH untuk  $\text{Mg}^{2+}$ ) [1]

**Pembahasan:** Analisis campuran gaya olimpiade selalu berawal dari sifat yang paling khas (magnet), lalu sifat yang tidak bergantung pada air (sublimasi), baru kemudian pelarutan. Massa naftalena dihitung dari *berkurangnya* massa (metode gravimetri tidak langsung). Perolehan 98,5% wajar untuk kerja laboratorium yang cermat.

Dua cairan A dan B membentuk larutan ideal dengan volatilitas relatif  $\alpha = p_A^\circ/p_B^\circ = 2,5$  (dianggap tetap). Cairan awal berisi fraksi mol A = 0,50. Pada refluks total, berapa banyak tahap kesetimbangan (lempeng teoretis) paling sedikit yang dibutuhkan agar uap teratas berisi fraksi mol A sedikitnya 0,95? Jawab dengan bilangan bulat.

Jawaban: ..... tahap

**Kunci: 4 tahap**

**Pembahasan:** Pada satu tahap, perbandingan  $\frac{y}{1-y} = \alpha \frac{x}{1-x}$ , jadi setiap tahap mengalikan perbandingan A : B dengan 2,5.

Awal:  $0,50/0,50 = 1$ . Target:  $0,95/0,05 = 19$ .

$2,5^n \geq 19 \rightarrow n \geq \frac{\ln 19}{\ln 2,5} = \frac{2,944}{0,916} = 3,21 \rightarrow$  paling sedikit **4 tahap** (persamaan Fenske).

Cek iterasi:  $y_1 = 0,714$ ;  $y_2 = 0,862$ ;  $y_3 = 0,940$  (belum);  $y_4 = 0,975$  ✓.

Sebuah sampel ditotol di pojok kertas, dikembangkan dengan pelarut 1 ke atas, dikeringkan, diputar  $90^\circ$ , lalu dikembangkan dengan pelarut 2. Noda sampel berada pada koordinat  $(R_{f,1}; R_{f,2}) = (0,30; 0,80)$  dan  $(0,55; 0,20)$ . Empat standar memberi: A  $(0,30; 0,20)$ , B  $(0,55; 0,80)$ , C  $(0,30; 0,80)$ , D  $(0,55; 0,20)$ . Sampel mengandung ...

A. A dan B

C. C dan D

B. A dan D

D. B dan C

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Noda  $(0,30; 0,80)$  hanya cocok dengan C, dan noda  $(0,55; 0,20)$  hanya cocok dengan D. Jawabannya **C dan D**.

Perhatikan: dengan pelarut 1 saja, A dan C (sama-sama 0,30) atau B dan D (0,55) tidak dapat dibedakan. Dengan pelarut 2 saja, A dan D (0,20) juga tidak terbedakan. Kromatografi dua dimensi menggabungkan dua "sidik jari" sehingga identifikasi jauh lebih andal.

## 04 Pengukuran dalam Kimia

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Satuan SI • 04-1-01

Satuan SI untuk suhu adalah ...

- A. derajat Celsius (°C)
- B. kelvin (K)
- C. derajat Fahrenheit (°F)
- D. kalori (kal)

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Satuan SI untuk suhu adalah **kelvin (K)**, ditulis tanpa tanda derajat. Derajat Celsius dipakai sehari-hari dan mudah diubah:  $T = t + 273,15$ . Kalori adalah satuan energi, bukan suhu.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Alat ukur volume • 04-1-02

Pada titrasi, Laras perlu membaca volume larutan sampai dua desimal, misalnya 23,45 mL. Alat yang paling tepat adalah ...

- A. gelas kimia
- B. gelas ukur 100 mL
- C. buret
- D. sendok takar

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Buret berskala 0,1 mL dan dibaca sampai 0,05 mL terdekat (dua desimal), sehingga cocok untuk titrasi. Gelas ukur 100 mL hanya teliti  $\pm 0,5$  mL, sedangkan gelas kimia dan sendok takar jauh lebih kasar.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Isian • Konversi satuan • 04-1-03

Sekantong tepung terigu bermassa 2,5 kg. Berapa gram massanya?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 2.500 g**

**Pembahasan:** 1 kg = 1.000 g, jadi  $2,5 \times 1.000 = 2.500$  g. Satuan mengecil (kg  $\rightarrow$  g), angkanya membesar.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Massa jenis • 04-1-04

Sebutir kelereng tenggelam di dalam air. Artinya, massa jenis kelereng ...

- A. lebih besar daripada massa jenis air
- B. lebih kecil daripada massa jenis air
- C. sama dengan nol
- D. bergantung pada bentuk gelasny

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Benda tenggelam bila massa jenisnya lebih besar daripada massa jenis cairan, dan mengapung bila lebih kecil. Kelereng kaca ( $\pm 2,5$  g/cm<sup>3</sup>) lebih rapat daripada air (1,00 g/cm<sup>3</sup>). Bentuk wadah tidak berpengaruh.

5. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Angka penting • 04-2-01

Berapa angka penting pada bilangan 0,00470?

- A. 2 C. 5  
B. 3 D. 6

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Nol di depan (0,00...) hanya penunjuk letak koma, jadi tidak penting. Yang penting: 4, 7, dan nol di belakang setelah koma → **3 AP**. Dalam notasi ilmiah:  $4,70 \times 10^{-3}$ .

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Suhu kelvin • 04-2-02

Suhu ruang kelas 27 °C. Nyatakan suhu itu dalam kelvin.

Jawaban: ..... K

**Kunci: 300,15 K**

**Pembahasan:**  $T = t + 273,15 = 27 + 273,15 = 300,15$  K, sering dibulatkan menjadi 300 K. Ingat: kelvin ditulis tanpa tanda derajat.

7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Massa jenis • 04-2-03

Sebutir batu bermassa 54 g dimasukkan ke gelas ukur. Permukaan air naik dari 40 mL menjadi 60 mL. Hitung massa jenis batu dalam g/mL.

Jawaban: ..... g/mL

**Kunci: 2,7 g/mL**

**Pembahasan:** Volume batu = volume air yang terdesak =  $60 - 40 = 20$  mL.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{54 \text{ g}}{20 \text{ mL}} = 2,7 \text{ g/mL. Batu lebih rapat daripada air, jadi tenggelam.}$$

8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Angka penting dalam penjumlahan • 04-2-04

Bima mencampur 12,5 g gula dengan 3,26 g garam. Massa campuran yang ditulis dengan angka penting yang benar adalah ...

- A. 15,76 g C. 15,760 g  
B. 16 g D. 15,8 g

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Pada penjumlahan, hasil mengikuti jumlah desimal paling sedikit. 12,5 hanya punya 1 desimal, jadi  $12,5 + 3,26 = 15,76 \rightarrow$  **15,8 g**. Pilihan 16 g terlalu banyak membuang informasi; 15,76 g dan 15,760 g mengaku lebih teliti daripada data.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kadar ppm • 04-3-01

Sampel air sumur sebanyak 500 mL mengandung 0,90 mg ion fluorida. Nyatakan kadar fluorida dalam ppm (anggap 1 L sampel bermassa 1 kg).

Jawaban: ..... ppm

**Kunci: 1,8 ppm**

**Pembahasan:** Massa sampel  $\approx 0,500$  kg.

$\text{ppm} = 0,90 \text{ mg} \div 0,500 \text{ kg} = 1,8 \text{ mg/kg} = \mathbf{1,8 \text{ ppm}}$ .

Nilai ini di atas pedoman WHO untuk fluorida dalam air minum (1,5 mg/L), jadi air itu sebaiknya diolah dulu sebelum diminum setiap hari.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Konversi dan angka penting • 04-3-02

Seorang analis menimbang 0,2500 g kafein dengan neraca analitik, lalu melarutkannya dengan air dalam labu ukur hingga tepat 100,0 mL. Konsentrasi kafein dalam mg/mL yang ditulis dengan angka penting yang benar adalah ...

A. 2,5 mg/mL

C. 2,500 mg/mL

B. 0,0025 mg/mL

D. 25,00 mg/mL

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $0,2500 \text{ g} = 250,0 \text{ mg}$  (4 AP).

$250,0 \text{ mg} \div 100,0 \text{ mL} = 2,500 \text{ mg/mL}$ .

Kedua data punya 4 AP, jadi hasilnya juga 4 AP: **2,500 mg/mL**. Menulis 2,5 mg/mL berarti membuang ketelitian neraca analitik dan labu ukur; 0,0025 lupa mengubah g ke mg; 25,00 salah meletakkan koma.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Ketidakpastian buret • 04-3-03

Pada sebuah titrasi, bacaan awal buret 1,25 mL dan bacaan akhir 24,70 mL. Setiap bacaan memiliki ketidakpastian  $\pm 0,05$  mL. Hitung persentase ketidakpastian volume titran.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 0,426 %**

**Pembahasan:** Volume titran  $= 24,70 - 1,25 = 23,45 \text{ mL}$ .

Ketidakpastian mutlak  $= 0,05 + 0,05 = 0,10 \text{ mL}$ .

Persentase  $= \frac{0,10}{23,45} \times 100\% = 0,43\%$ .

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Ketepatan dan ketelitian • 04-3-04

Empat kelompok mengukur massa jenis air (nilai sebenarnya 0,997 g/mL pada 25 °C), masing-masing tiga kali. Kelompok mana yang hasilnya **teliti tetapi tidak tepat**?

- A. Kelompok A: 0,995; 0,998; 0,997 g/mL
- B. Kelompok B: 1,045; 1,046; 1,044 g/mL
- C. Kelompok C: 0,90; 1,10; 0,99 g/mL
- D. Kelompok D: 0,85; 1,20; 1,05 g/mL

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Teliti = hasil berulang saling berdekatan; tepat = dekat nilai sebenarnya.

A: rapat dan dekat 0,997 → teliti dan tepat.

B: sangat rapat (selisih 0,002) tetapi semuanya  $\pm 0,05$  terlalu besar → **teliti, tidak tepat**. Ada galat sistematis, misalnya gelas ukur yang tidak terkalibrasi.

C: bersebaran, tetapi rata-ratanya 0,997 → tepat, tidak teliti.

D: bersebaran dan rata-ratanya 1,03 → tidak keduanya.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Isian • Massa jenis benda tak beraturan • gaya IGCSE • 04-4-01

A student finds the density of an irregular piece of metal. Mass of metal = 59,2 g. The water level in a measuring cylinder is 35,0 cm<sup>3</sup> before and 42,5 cm<sup>3</sup> after the metal is added. **Hitung** massa jenis logam itu dalam g/cm<sup>3</sup>.

Jawaban: ..... g/cm<sup>3</sup>

**Kunci: 7,89 g/cm<sup>3</sup>**

**Pembahasan:** Volume logam = 42,5 – 35,0 = 7,5 cm<sup>3</sup> (hanya 2 AP setelah pengurangan).

$$\rho = \frac{59,2}{7,5} = 7,89 \text{ g/cm}^3 \rightarrow \text{dengan 2 AP ditulis } \mathbf{7,9 \text{ g/cm}^3}.$$

Nilai ini cocok dengan besi atau baja (7,87 g/cm<sup>3</sup>).

14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Alat ukur volume • gaya IGCSE • 04-4-02

Which piece of apparatus should be used to measure **exactly** 25,00 cm<sup>3</sup> of sodium hydroxide solution for a titration?

- |                                             |                                               |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| A. gelas kimia ( <i>beaker</i> )            | C. labu Erlenmeyer ( <i>conical flask</i> )   |
| B. gelas ukur ( <i>measuring cylinder</i> ) | D. pipet volume ( <i>volumetric pipette</i> ) |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Pipet volume dikalibrasi untuk satu volume tertentu dengan ketidakpastian kecil (kelas A  $\pm 0,03$  cm<sup>3</sup>), sehingga hasilnya boleh ditulis 25,00 cm<sup>3</sup>. Gelas ukur hanya  $\pm 0,5$  cm<sup>3</sup>; gelas kimia dan labu Erlenmeyer hanya bertanda kasar.

15. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Membaca gelas ukur • gaya IGCSE • 04-4-03

Laras memakai gelas ukur 100 mL untuk menentukan volume sebutir kerikil.

(a) **Nyatakan** dua hal yang harus dilakukan agar pembacaan volume air benar. [2]

(b) Bima membaca skala dengan mata sedikit di atas permukaan air. **Jelaskan** apakah bacaannya terlalu besar atau terlalu kecil. [2]

(c) Volume kerikil hanya sekitar 4 mL. **Sarankan** satu cara untuk mengurangi persentase ketidakpastian volumenya. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Dua dari: mata sejajar dengan permukaan cairan [1]; baca bagian bawah (dasar) meniskus yang cekung [1]; gelas ukur diletakkan di permukaan yang datar [1] (maks. 2)

(b) Terlalu besar [1]. Dari atas, garis pandang ke dasar meniskus memotong skala di titik yang lebih tinggi, dan angka gelas ukur membesar ke atas (galat paralaks) [1]

(c) Salah satu: pakai gelas ukur yang lebih kecil dengan skala lebih halus (mis. 10 mL); ukur beberapa kerikil sekaligus; pakai wadah luapan lalu timbang air yang meluap [1]

**Pembahasan:** Dengan gelas ukur 100 mL, setiap bacaan  $\pm 0,5$  mL, sehingga volume (selisih dua bacaan)  $\pm 1,0$  mL. Untuk 4 mL, itu 25%! Dengan gelas ukur 10 mL ( $\pm 0,1$  mL per bacaan), ketidakpastiannya turun menjadi  $\pm 0,2$  mL, yaitu 5%.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Suhu kelvin • gaya IGCSE • 04-4-04

Nitrogen cair dipakai untuk membekukan sampel di laboratorium. Titik didihnya 77 K. **Hitung** titik didih itu dalam °C.

Jawaban: ..... °C

**Kunci:** -196,15 °C

**Pembahasan:**  $t = T - 273,15 = 77 - 273,15 = -196,15 \text{ °C} \approx -196 \text{ °C}$ . Bunga segar yang dicelupkan ke nitrogen cair menjadi rapuh dan bisa pecah seperti kaca.

Lv 5 • IB DP gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Isian • Rambatan ketidakpastian • gaya IB • 04-5-01

Massa sebuah kristal diukur  $2,456 \pm 0,001$  g dan volumenya  $1,15 \pm 0,05 \text{ cm}^3$ . Hitung persentase ketidakpastian massa jenis kristal itu.

Jawaban: ..... %

**Kunci:** 4,39 %

**Pembahasan:**  $\% \text{ massa} = \frac{0,001}{2,456} \times 100\% = 0,041\%$ .

$\% \text{ volume} = \frac{0,05}{1,15} \times 100\% = 4,35\%$ .

$\% \text{ massa jenis} = 0,041 + 4,35 = 4,39\%$  (dilaporkan  $\pm 4\%$ ).

$\rho = 2,456/1,15 = 2,14 \text{ g/cm}^3$ , jadi  $\rho = 2,14 \pm 0,09 \text{ g/cm}^3$ . Volume adalah sumber ketidakpastian utama; neraca yang lebih teliti hampir tidak membantu.

18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Data titrasi dan galat • gaya IB • 04-5-02

Bima menitrasi larutan natrium hidroksida dalam labu Erlenmeyer dengan asam klorida dari buret 50 cm<sup>3</sup> (setiap bacaan  $\pm 0,05$  cm<sup>3</sup>). Volume titran empat kali titrasi: 25,10; 24,35; 24,40; 24,30 cm<sup>3</sup> (yang pertama adalah titrasi kasar).

- Tentukan volume titran rata-rata untuk perhitungan beserta ketidakpastiannya. Jelaskan pilihan datamu.
- Hitung persentase ketidakpastian volume rata-rata bila yang dipakai adalah ketidakpastian alat (dua bacaan buret).
- Bima lupa membilas buret dengan larutan HCl; buret hanya dibilas air suling. Jelaskan pengaruhnya terhadap volume titran dan konsentrasi NaOH yang dihitung, lalu sebutkan jenis galatnya.

**Kunci/rubrik:** (a) Titrasi kasar 25,10 cm<sup>3</sup> diabaikan; tiga data lain konkordan (selisih  $\leq 0,10$  cm<sup>3</sup>) [1]. Rata-rata =  $(24,35 + 24,40 + 24,30)/3 = 24,35$  cm<sup>3</sup> [1]; ketidakpastian = setengah rentang =  $(24,40 - 24,30)/2 = \pm 0,05$  cm<sup>3</sup> [1]  
 (b) Ketidakpastian alat =  $2 \times 0,05 = \pm 0,10$  cm<sup>3</sup> [1]; persentase =  $0,10/24,35 \times 100\% = 0,41\%$  [1]  
 (c) Sisa air mengencerkan HCl di buret, sehingga volume HCl yang dibutuhkan menjadi lebih besar [1]; konsentrasi NaOH yang dihitung,  $c_{\text{NaOH}} = c_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} / V_{\text{NaOH}}$ , menjadi terlalu besar [1]; ini galat sistematis karena menggeser semua hasil ke arah yang sama dan tidak hilang walau titrasi diulang [1]

**Pembahasan:** Data titrasi yang dipakai adalah yang konkordan (selisih  $\leq 0,10$  cm<sup>3</sup>). Perhatikan bahwa semua volume buret ditulis dua desimal. Lupa membilas buret dengan larutan titran adalah contoh klasik galat sistematis.

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Jenis galat • gaya IB • 04-5-03

Pernyataan yang benar tentang **galat sistematis** adalah ...

- Dapat dihilangkan dengan mengulang percobaan lalu merata-ratakan hasilnya.
- Membuat hasil berulang tersebar acak di sekitar nilai sebenarnya.
- Menggeser semua hasil ke arah yang sama sehingga menurunkan ketepatan (akurasi).
- Selalu berasal dari taksiran digit terakhir pada skala alat.

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Galat sistematis (mis. neraca belum ditara, termometer tidak terkalibrasi) menggeser semua hasil ke arah yang sama, sehingga merusak ketepatan dan tidak hilang dengan diulang. Merata-ratakan hanya mengurangi galat acak. Sebaran acak dan taksiran digit terakhir adalah ciri galat acak.

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Notasi ilmiah dan angka penting • gaya IB • 04-5-04

Setetes air bervolume 0,050 mL dengan massa jenis 1,00 g/mL. Hitung jumlah molekul air dalam setetes. ( $M_r$  air = 18,02;  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>). Tulis dalam notasi ilmiah, misalnya 1,2e21.

Jawaban: ..... molekul

**Kunci:  $1,67 \times 10^{21}$  molekul**

**Pembahasan:**  $m = 0,050 \times 1,00 = 0,050$  g.

$n = 0,050/18,02 = 2,77 \times 10^{-3}$  mol.

$N = 2,77 \times 10^{-3} \times 6,02 \times 10^{23} = 1,67 \times 10^{21}$  molekul.

Data 0,050 hanya 2 AP, jadi dilaporkan  $1,7 \times 10^{21}$  molekul.

## 21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Kadar emas dari massa jenis • gaya olimpiade • 04-6-01

Sebuah cincin dianggap paduan emas ( $\rho = 19,3 \text{ g/cm}^3$ ) dan tembaga ( $\rho = 8,96 \text{ g/cm}^3$ ) saja, dan volume paduan sama dengan jumlah volume komponennya. Hasil penimbangan hidrostatis: massa di udara 7,00 g; massa semu ketika tercelup seluruhnya dalam air 6,59 g ( $\rho_{\text{air}} = 1,00 \text{ g/cm}^3$ ). Hitung persen massa emas dalam cincin.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 88,7 %**

**Pembahasan:**  $V = (7,00 - 6,59)/1,00 = 0,41 \text{ cm}^3$ , sehingga  $\rho = 7,00/0,41 = 17,07 \text{ g/cm}^3$ .

$$\frac{1}{17,07} = \frac{w}{19,3} + \frac{1-w}{8,96} \rightarrow 0,05857 = 0,11161 - w(0,11161 - 0,05181) \rightarrow w = \frac{0,05304}{0,05980} = 0,887.$$

Kadar emas  $\approx 88,7\% \approx 21,3$  karat (di bawah 22 karat).

Cek ketidakpastian: selisih 0,41 g berasal dari dua penimbangan  $\pm 0,01 \text{ g}$ , jadi  $\pm 0,02 \text{ g}$  ( $\pm 5\%$ ). Akibatnya  $\rho = 17,1 \pm 0,8 \text{ g/cm}^3$  dan kadar emas sebenarnya bisa 84–93%. Untuk benda sekecil ini, kesimpulan “pasti 21 karat” terlalu berani!

## 22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Piknometer dan galat sistematis • gaya olimpiade • 04-6-02

Laras menentukan massa jenis cairan X dengan piknometer (botol kecil bervolume tetap) dan neraca analitik:

- piknometer kosong dan kering: 25,104 g
- piknometer + air suling: 50,083 g
- piknometer + cairan X: 44,821 g

Laras memakai massa jenis air pada 25 °C, yaitu 0,99705 g/mL.

(a) Hitung volume piknometer.

(b) Hitung massa jenis X dengan angka penting yang sesuai.

(c) Ternyata suhu laboratorium saat itu 30 °C (massa jenis air 0,99565 g/mL). Tentukan arah dan besar galat relatif (%) massa jenis X yang diperoleh Laras. Bandingkan dengan ketidakpastian akibat neraca ( $\pm 0,001 \text{ g}$  per penimbangan), lalu simpulkan sumber galat mana yang lebih menentukan.

**Kunci/rubrik:** (a) massa air =  $50,083 - 25,104 = 24,979 \text{ g}$  [1];  $V = 24,979/0,99705 = 25,053 \text{ mL}$  [1]

(b) massa X =  $44,821 - 25,104 = 19,717 \text{ g}$  [1];  $\rho_X = 19,717/25,053 = 0,78701 \text{ g/mL}$  (5 AP, sesuai data) [1]

(c)  $\rho_X = \rho_{\text{air}} \times m_X/m_{\text{air}}$ , jadi  $\rho_X$  sebanding dengan  $\rho_{\text{air}}$  yang dipakai [1]. Nilai yang benar  $0,99565 \times 19,717/24,979 = 0,78591 \text{ g/mL}$ , sehingga hasil Laras terlalu besar [1] sebesar  $(0,99705 - 0,99565)/0,99565 \times 100\% = 0,14\%$  [1]. Ketidakpastian neraca:  $(0,002/24,979 + 0,002/19,717) \times 100\% \approx 0,02\%$  [1]. Galat sistematis akibat suhu (0,14%)  $\pm 7$  kali lebih besar daripada ketidakpastian neraca, jadi suhu yang paling menentukan [1]

**Pembahasan:** Piknometer sangat teliti karena volumenya ditentukan dengan menimbang air, bukan dengan membaca skala. Pelajaran penting: pada pengukuran yang sangat teliti, galat sistematis kecil (suhu, kalibrasi) sering jauh lebih besar daripada ketidakpastian alat. Karena itu laboratorium analisis selalu mencatat suhu.

Ukiran di pura dan keraton sering dilapisi daun emas (prada). Selebar daun emas berbentuk persegi  $8,0 \text{ cm} \times 8,0 \text{ cm}$  bermassa  $0,0124 \text{ g}$ . Massa jenis emas  $19,3 \text{ g/cm}^3$  dan diameter satu atom emas  $\pm 0,288 \text{ nm}$ . Perkirakan tebal daun emas itu dalam jumlah **lapisan atom**.

Jawaban: ..... lapis

**Kunci: 349 lapis**

**Pembahasan:**  $V = 0,0124 / 19,3 = 6,42 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$ .

Luas =  $8,0 \times 8,0 = 64 \text{ cm}^2$ .

Tebal =  $6,42 \times 10^{-4} / 64 = 1,00 \times 10^{-5} \text{ cm} = 1,00 \times 10^{-5} \times 10^7 \text{ nm} = 100 \text{ nm}$ .

Jumlah lapisan  $\approx 100 / 0,288 \approx 349$ , dengan 2 AP  $\approx$  **350 lapis atom**. Daun emas setipis ini meneruskan cahaya kehijauan bila diterawang, padahal tebalnya masih ratusan atom!

Untuk menentukan kadar abu tepung, cawan kosong ditimbang  $32,456 \pm 0,002 \text{ g}$  dan cawan berisi abu  $32,481 \pm 0,002 \text{ g}$ . Persentase ketidakpastian massa abu paling dekat dengan ...

A. 16%

C. 0,4%

B. 8%

D. 0,012%

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Massa abu =  $32,481 - 32,456 = 0,025 \text{ g}$ .

Ketidakpastian mutlak =  $0,002 + 0,002 = 0,004 \text{ g}$ .

Persentase =  $0,004 / 0,025 \times 100\% = 16\%$ .

Pelajaran: mengurangkan dua angka besar yang hampir sama menghasilkan angka kecil dengan ketidakpastian relatif besar, walaupun neracanya sangat teliti. Opsi 0,012% keliru membagi dengan massa cawan, bukan massa abu; opsi 8% lupa menjumlahkan dua ketidakpastian.

## 05 Perjalanan Model Atom

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Gagasan atom • 05-1-01

Demokritos menamai butiran terkecil materi *atomos*. Kata ini berarti ...

- A. sangat kecil
- B. tak terbagi
- C. bulat sempurna
- D. bermuatan listrik

**Kunci: B**

**Pembahasan:** *Atomos* (Yunani) berarti "tak terbagi". Demokritos membayangkan pembelahan materi harus berhenti pada butiran yang tidak bisa dibelah lagi.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Penemuan elektron • 05-1-02

Partikel bermuatan negatif yang ditemukan J.J. Thomson melalui percobaan tabung sinar katode adalah ...

- A. proton
- B. neutron
- C. elektron
- D. inti atom

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Sinar katode dibelokkan menuju pelat positif, jadi bermuatan negatif. Thomson (1897) menunjukkan partikel ini ada di semua atom: elektron. Inti ditemukan Rutherford (1911), neutron oleh Chadwick (1932).

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Percobaan Rutherford • 05-1-03

Dalam percobaan Rutherford, hampir semua partikel alfa menembus lembaran emas tanpa dibelokkan. Pengamatan ini menunjukkan bahwa ...

- A. sebagian besar atom berupa ruang kosong
- B. atom emas sangat lunak
- C. partikel alfa tidak bermuatan
- D. elektron menarik partikel alfa

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Partikel  $\alpha$  hanya bisa lewat lurus bila hampir tidak menemui apa pun. Jadi sebagian besar volume atom adalah ruang kosong; massa dan muatan positifnya terpusat di inti yang sangat kecil.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Uji nyala • 05-1-04

Garam dapur (natrium klorida) yang terpercik ke api kompor gas membuat nyala berwarna ...

- A. hijau
- B. ungu
- C. biru terang
- D. kuning-jingga

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Ion natrium memancarkan cahaya kuning 589 nm saat elektronnya yang tereksitasi turun kembali. Inilah warna lampu jalan natrium.

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Energi tingkat Bohr • 05-2-01

Hitung energi elektron atom hidrogen pada kulit  $n = 2$  dengan rumus  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  eV.

Jawaban: ..... eV

**Kunci: -3,4 eV**

**Pembahasan:**  $E_2 = -\frac{13,6}{2^2} = -\frac{13,6}{4} = -3,40$  eV.

Tanda negatif berarti elektron masih terikat pada inti.

6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Urutan model atom • 05-2-02

Urutan model atom dari yang paling awal sampai yang paling baru adalah ...

- A. Thomson – Dalton – Bohr – Rutherford
- B. Dalton – Thomson – Rutherford – Bohr
- C. Dalton – Rutherford – Thomson – Bohr
- D. Bohr – Rutherford – Thomson – Dalton

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Dalton (1803–1808) → Thomson (1897/1904) → Rutherford (1911) → Bohr (1913), lalu mekanika kuantum (1926). Jembatan keledai: "Dia Tidak Rela Bagi Kue".

7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Hukum perbandingan tetap • 05-2-03

Air selalu mengandung hidrogen dan oksigen dengan perbandingan massa 1 : 8. Berapa gram oksigen yang tepat bereaksi dengan 3 g hidrogen?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 24 g**

**Pembahasan:** Massa O = 8 × massa H = 8 × 3 g = 24 g.

Air yang terbentuk = 3 + 24 = 27 g (hukum kekekalan massa).

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Partikel alfa • 05-2-04

Partikel alfa yang ditembakkan Rutherford adalah inti atom helium. Tuliskan lambang partikel alfa beserta muatannya (contoh format:  $\text{Na}^+$ ).

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{He}^{2+}$**

**Pembahasan:** Inti helium berisi 2 proton (dan 2 neutron) tanpa elektron, sehingga bermuatan +2:  $\text{He}^{2+}$ .

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Panjang gelombang foton • 05-3-01

Hitung panjang gelombang (nm) foton yang dipancarkan saat elektron atom hidrogen turun dari  $n = 3$  ke  $n = 2$ . ( $E_n = -13,6/n^2$  eV;  $hc = 1240$  eV·nm)

Jawaban: ..... nm

**Kunci: 656,5 nm**

**Pembahasan:**  $E_3 = -1,511$  eV;  $E_2 = -3,400$  eV.

$\Delta E = -1,511 - (-3,400) = 1,889$  eV.

$\lambda = 1240/1,889 = 656$  nm: garis merah H $\alpha$  deret Balmer.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Kelemahan model Rutherford • 05-3-02

Pernyataan yang merupakan kelemahan model atom Rutherford adalah ...

- A. tidak dapat menjelaskan mengapa elektron yang mengitari inti tidak kehilangan energi lalu jatuh ke inti
- B. tidak dapat menjelaskan adanya inti atom
- C. menganggap muatan positif atom tersebar merata
- D. tidak memasukkan elektron ke dalam modelnya

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Menurut fisika klasik, elektron yang bergerak melingkar terus memancarkan energi sehingga lintasannya menyusut dan jatuh ke inti. Model Rutherford tidak bisa menjelaskan kestabilan atom maupun spektrum garis. Pilihan C adalah ciri model Thomson.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Energi ionisasi dari keadaan tereksitasi • 05-3-03

Berapa energi minimum (eV) yang diperlukan untuk melepaskan elektron atom hidrogen yang sedang berada di kulit  $n = 3$ ?

Jawaban: ..... eV

**Kunci: 1,51 eV**

**Pembahasan:**  $E_3 = -13,6/9 = -1,51$  eV.

Energi yang diperlukan =  $0 - (-1,51) = 1,51$  eV, jauh lebih kecil daripada 13,6 eV dari keadaan dasar.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Identifikasi ion • 05-3-04

Suatu garam putih memberi nyala merah terang (krimson), bukan kuning. Larutannya membentuk endapan putih dengan perak nitrat (tanda adanya ion klorida). Garam itu kemungkinan besar adalah ...

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| A. NaCl             | C. SrCl <sub>2</sub> |
| B. KNO <sub>3</sub> | D. CuCl <sub>2</sub> |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Nyala krimson menandakan Sr<sup>2+</sup> (atau Li<sup>+</sup>). NaCl memberi nyala kuning, KNO<sub>3</sub> lila dan tidak mengandung klorida, CuCl<sub>2</sub> hijau kebiruan (dan larutannya biru, bukan putih). Jadi SrCl<sub>2</sub>.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Percobaan hamburan alfa • gaya IGCSE • 05-4-01

Geiger dan Marsden menembakkan partikel alfa ke lembaran emas yang sangat tipis.

- Nyatakan** tiga pengamatan percobaan ini.
- Jelaskan** kesimpulan tentang struktur atom yang ditarik dari setiap pengamatan.
- Sarankan** mengapa lembaran emasnya harus sangat tipis.

**Kunci/rubrik:** (a) Hampir semua  $\alpha$  menembus lurus [1]; sebagian kecil dibelokkan dengan sudut besar [1]; sangat sedikit ( $\pm 1$  dari 8.000) memantul balik [1].  
 (b) Atom sebagian besar ruang kosong [1]; ada pusat bermuatan positif yang menolak  $\alpha$  yang positif [1]; pusat (inti) itu sangat kecil tetapi memuat hampir seluruh massa atom [1].  
 (c) Supaya setiap  $\alpha$  hanya melewati sedikit lapisan atom dan tidak terhenti/terserap di dalam logam, sehingga pembelokan oleh satu inti dapat diamati [1]. (Emas dipilih karena dapat ditempa sangat tipis.)  
**Pembahasan:** Kunci jawaban yang lengkap menghubungkan setiap pengamatan dengan satu kesimpulan. Ingat:  $\alpha$  bermuatan positif ( $\text{He}^{2+}$ ), jadi pembelokan menunjukkan tolakan oleh muatan positif.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Flame test • gaya IGCSE • 05-4-02

A student carries out flame tests on four solids. Which cation gives a **lilac** flame (ungu muda)?

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| A. $\text{Na}^+$    | C. $\text{Cu}^{2+}$ |
| B. $\text{Ca}^{2+}$ | D. $\text{K}^+$     |

**Kunci: D**

**Pembahasan:**  $\text{Na}^+$  kuning,  $\text{Ca}^{2+}$  merah bata (orange-red),  $\text{Cu}^{2+}$  hijau kebiruan (blue-green),  $\text{K}^+$  lila (lilac).

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Sinar katode • gaya IGCSE • 05-4-03

Which statement about cathode rays (sinar katode) is correct?

- They are deflected towards the negative plate.
- They are uncharged, so a magnet does not affect them.
- Their charge-to-mass ratio is the same whatever metal the cathode is made of.
- They are helium nuclei.

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Sinar katode adalah elektron: bermuatan negatif (membelok ke pelat positif, juga dibelokkan magnet). Rasio  $e/m$  yang sama untuk logam katode apa pun menunjukkan elektron ada di semua atom. Inti helium adalah partikel alfa.

## 16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Ukuran inti dan atom • gaya IGCSE • 05-4-04

Diameter atom emas 0,288 nm, sedangkan diameter intinya  $1,4 \times 10^{-5}$  nm. **Hitung** berapa kali diameter atom lebih besar daripada diameter intinya.

Jawaban: ..... kali

**Kunci: 20.600 kali**

**Pembahasan:**  $\frac{0,288}{1,4 \times 10^{-5}} = 2,06 \times 10^4 \approx 20.600$  kali.

Jika intinya sebesar kelereng 1,4 cm, atomnya selebar  $\pm 290$  m, seukuran stadion.

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Spektrum emisi hidrogen • gaya IB • 05-5-01

Spektrum emisi hidrogen di daerah tampak terdiri atas beberapa garis, salah satunya pada 486 nm. ( $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s;  $c = 3,00 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J;  $E_n = -13,6/n^2$  eV)

- Jelaskan mengapa spektrum hidrogen berupa garis, bukan kontinu.
- Hitung energi (J) satu foton 486 nm.
- Tunjukkan dengan perhitungan bahwa garis ini berasal dari transisi  $n = 4 \rightarrow n = 2$ .
- Jelaskan mengapa garis-garis dalam satu deret makin rapat (konvergen) pada frekuensi tinggi.

**Kunci/rubrik:** (a) Elektron hanya dapat menempati tingkat energi tertentu (terkuantisasi) [1]; saat turun ke tingkat lebih rendah, ia memancarkan foton dengan energi tepat sama dengan selisih tingkat, sehingga hanya frekuensi tertentu yang muncul [1].

(b)  $E = hc/\lambda = 6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 / 486 \times 10^{-9} = 4,09 \times 10^{-19}$  J [2].

(c)  $4,09 \times 10^{-19} / 1,60 \times 10^{-19} = 2,56$  eV [1];  $E_4 - E_2 = -0,85 - (-3,40) = 2,55$  eV, cocok [1].

(d) Selisih energi antartingkat makin kecil pada  $n$  besar ( $E_n \propto -1/n^2$ ), sehingga transisi dari tingkat-tingkat tinggi ke tingkat yang sama memiliki energi (frekuensi) yang makin berdekatan [1].

**Pembahasan:** Hubungan kunci:  $\Delta E = hf = hc/\lambda$ . Konvergensi deret dipakai di IB untuk menentukan energi ionisasi dari batas deret Lyman.

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • Energi ionisasi dari batas konvergensi • gaya IB • 05-5-02

Batas konvergensi deret Lyman hidrogen berada pada  $\lambda = 91,2$  nm. Hitung energi ionisasi pertama hidrogen dalam kJ mol<sup>-1</sup>. ( $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s;  $c = 3,00 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>)

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci:** 1.313 kJ/mol

**Pembahasan:**  $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{91,2 \times 10^{-9}} = 2,18 \times 10^{-18}$  J per atom.

$\times N_A$ :  $2,18 \times 10^{-18} \times 6,02 \times 10^{23} = 1,31 \times 10^6$  J mol<sup>-1</sup> = 1313 kJ mol<sup>-1</sup> (nilai buku data: 1312).

## 19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Transisi elektron • gaya IB • 05-5-03

Transisi elektron atom hidrogen manakah yang memancarkan foton dengan frekuensi **tertinggi**?

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| A. $n = 2 \rightarrow n = 1$ | C. $n = \infty \rightarrow n = 2$ |
| B. $n = 3 \rightarrow n = 1$ | D. $n = 6 \rightarrow n = 3$      |

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Frekuensi sebanding dengan  $\Delta E$ .  $3 \rightarrow 1$ :  $13,6(1 - \frac{1}{9}) = 12,1$  eV;  $2 \rightarrow 1$ : 10,2 eV;  $\infty \rightarrow 2$ : 3,40 eV;  $6 \rightarrow 3$ : 1,13 eV. Terbesar:  $3 \rightarrow 1$ .

## 20. Lv 5 • IB DP • Isian • Panjang gelombang de Broglie • gaya IB • 05-5-04

Elektron di kulit pertama atom hidrogen bergerak dengan kelajuan  $2,19 \times 10^6$  m s<sup>-1</sup>. Hitung panjang gelombang de Broglie-nya dalam nm. ( $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg;  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s)

Jawaban: ..... nm

**Kunci:** 0,332 nm

**Pembahasan:**  $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{9,11 \times 10^{-31} \times 2,19 \times 10^6} = 3,32 \times 10^{-10}$  m = 0,332 nm.

Nilai ini sama dengan keliling orbit Bohr pertama  $2\pi \times 0,0529$  nm: tepat satu gelombang.

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Ion mirip hidrogen • gaya olimpiade • 05-6-01

Suatu ion berelektron tunggal memancarkan foton 30,4 nm saat elektronnya turun dari  $n = 2$  ke  $n = 1$ . Tentukan nomor atom  $Z$  inti ion tersebut. ( $E_n = -13,6 Z^2/n^2$  eV;  $hc = 1240$  eV·nm)

Jawaban: .....

**Kunci: 2****Pembahasan:**  $\Delta E = 1240/30,4 = 40,8$  eV.

$$\Delta E = 13,6 Z^2 \left(1 - \frac{1}{4}\right) = 10,2 Z^2 \rightarrow Z^2 = 40,8/10,2 = 4,0 \rightarrow Z = 2.$$

Ionnya  $\text{He}^+$ . Garis 30,4 nm ini memang teramati kuat dalam spektrum ultraviolet Matahari.

22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Analisis spektrum hidrogen • gaya olimpiade • 05-6-02

Sekumpulan atom hidrogen dieksitasi sehingga elektronnya mencapai  $n = 5$  (tidak lebih tinggi).

- Berapa banyak garis berbeda yang mungkin muncul pada spektrum emisinya?
- Berapa di antaranya yang berada di daerah cahaya tampak (380–750 nm)? Sebutkan transisinya.
- Hitung panjang gelombang garis terpanjang dan terpendek. ( $hc = 1240$  eV·nm)
- Satu atom saja turun bertahap dari  $n = 5$  ke  $n = 1$ . Berapa foton paling banyak yang dapat dipancarkannya?

**Kunci/rubrik:** (a) Setiap pasangan dua tingkat dari 5 tingkat:  $\binom{5}{2} = 5 \times 4/2 = 10$  garis [2].(b) Hanya transisi ke  $n = 2$  dari tingkat 3, 4, 5: 656, 486, 434 nm  $\rightarrow$  3 garis [2]. (Ke  $n = 1$  semuanya UV; ke  $n = 3$  dan  $n = 4$  semuanya IR.)(c) Terpanjang  $5 \rightarrow 4$ :  $\Delta E = 13,6 \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{25}\right) = 0,306$  eV  $\rightarrow \lambda = 4,05 \times 10^3$  nm (IR) [1]; terpendek  $5 \rightarrow 1$ :  $\Delta E = 13,6 \times \frac{24}{25} = 13,06$  eV  $\rightarrow \lambda = 95,0$  nm (UV) [1].(d) 4 foton ( $5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ ) [1].**Pembahasan:** Garis terpanjang berasal dari selisih energi terkecil (dua tingkat tertinggi yang bertetangga), garis terpendek dari selisih terbesar. Satu atom tidak memancarkan kesepuluh garis sekaligus; spektrum lengkap muncul karena miliaran atom melompat dengan cara berbeda.

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Jarak pendekatan terdekat • gaya olimpiade • 05-6-03

Partikel alfa berenergi 7,7 MeV ditembakkan lurus ke arah inti emas ( $Z = 79$ ). Hitung jarak terdekat (dalam fm) yang dapat dicapai partikel itu sebelum berbalik. ( $ke^2 = 1,44$  MeV·fm; muatan  $\alpha = +2e$ )

Jawaban: ..... fm

**Kunci: 29,5 fm**

$$\text{Pembahasan: } E_k = \frac{k(2e)(79e)}{d_0} \rightarrow d_0 = \frac{2 \times 79 \times 1,44}{7,7} = 29,5 \text{ fm.}$$

Karena hamburan tetap mengikuti hukum Coulomb sampai jarak ini, jari-jari inti emas paling besar  $\pm 30$  fm (nilai modern  $\pm 7$  fm), sedangkan jari-jari atomnya  $\pm 144.000$  fm.

Dalton menganggap air berumus HO. Data: air mengandung hidrogen dan oksigen dengan perbandingan massa 1 : 8.

- (a) Berapa massa atom relatif O menurut Dalton bila H = 1?
- (b) Gay-Lussac menemukan bahwa 2 volume gas hidrogen bereaksi dengan 1 volume gas oksigen menghasilkan 2 volume uap air (suhu dan tekanan sama). Dengan hipotesis Avogadro, tunjukkan bahwa rumus air adalah  $\text{H}_2\text{O}$  dan massa atom relatif O = 16.
- (c) Jelaskan mengapa data volume itu menuntut gas oksigen berupa molekul diatomik, bukan atom tunggal.

**Kunci/rubrik:** (a) Satu atom H (massa 1) bergabung dengan satu atom O, jadi O = 8 [1].

(b) Volume sama berisi jumlah molekul sama, sehingga 2 molekul hidrogen + 1 molekul oksigen  $\rightarrow$  2 molekul air [1]; dengan  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$ :  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ , jadi setiap molekul air berisi 2 atom H dan 1 atom O [1]. Massa 2 H : 1 O = 1 : 8  $\rightarrow$  2 : 16, sehingga O = 16 [1].

(c) Satu volume oksigen menghasilkan dua volume air, jadi setiap partikel oksigen harus terbagi ke dua molekul air [1]. Bila oksigen berupa atom tunggal, atom O harus terbelah, bertentangan dengan teori atom; maka partikel oksigen adalah  $\text{O}_2$  yang terpecah menjadi dua atom O [1].

**Pembahasan:** Kesalahan Dalton (HO) baru terselesaikan setelah gagasan molekul diatomik Avogadro (1811) diterima, kira-kira setengah abad kemudian (Cannizzaro, 1860). Data massa saja tidak cukup; dibutuhkan data volume gas untuk memastikan rumus.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Partikel subatom • 06-1-01

Partikel penyusun atom yang bermuatan negatif adalah ...

- A. proton  
B. neutron  
C. elektron  
D. inti atom

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Elektron bermuatan  $-1$  dan bergerak di luar inti. Proton bermuatan  $+1$ , neutron tidak bermuatan, dan inti atom (berisi proton dan neutron) bermuatan positif.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Nomor atom • 06-1-02

Jumlah proton di dalam inti suatu atom disebut ...

- A. nomor massa  
B. nomor atom  
C. massa atom relatif  
D. isotop

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Nomor atom ( $Z$ ) = jumlah proton, dan menentukan jenis unsur. Nomor massa ( $A$ ) = proton + neutron. Massa atom relatif adalah massa rata-rata atom dibanding  $\frac{1}{12}$  atom C-12.

## 3. Lv 1 • Pemula • Isian • Menghitung neutron • 06-1-03

Berapa jumlah neutron dalam atom natrium  $^{23}_{11}\text{Na}$ ?

Jawaban: ..... neutron

**Kunci: 12 neutron**

**Pembahasan:** Nomor massa  $A = 23$  dan nomor atom  $Z = 11$ .  
 $n = A - Z = 23 - 11 = 12$  neutron.

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Isotop • 06-1-04

Pasangan manakah yang merupakan **isotop**?

- A.  $^{12}_6\text{C}$  dan  $^{14}_7\text{N}$   
B.  $^{14}_6\text{C}$  dan  $^{14}_7\text{N}$   
C.  $^{16}_8\text{O}$  dan  $^{16}_8\text{O}^{2-}$   
D.  $^{12}_6\text{C}$  dan  $^{13}_6\text{C}$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Isotop = nomor atom sama, nomor massa berbeda.  $^{12}\text{C}$  dan  $^{13}\text{C}$  sama-sama punya 6 proton tetapi neutronnya 6 dan 7.

Pilihan B adalah isobar (nomor massa sama, unsur beda). Pilihan C adalah atom dan ion dari isotop yang sama (hanya elektronnya berbeda).

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Elektron dalam ion • 06-2-01

Hitung jumlah elektron dalam ion aluminium  ${}_{13}^{27}\text{Al}^{3+}$ .

Jawaban: ..... elektron

**Kunci: 10 elektron****Pembahasan:** Atom Al netral punya 13 elektron (sama dengan protonnya).Muatan 3+ berarti 3 elektron dilepas:  $e = 13 - 3 = 10$  elektron.Inti tidak berubah: tetap 13 proton dan  $27 - 13 = 14$  neutron.

6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Partikel dalam ion • 06-2-02

Ion sulfida  ${}_{16}^{32}\text{S}^{2-}$  tersusun atas ...

- A. 16 proton, 16 neutron, 18 elektron
- B. 16 proton, 16 neutron, 14 elektron
- C. 18 proton, 16 neutron, 16 elektron
- D. 16 proton, 18 neutron, 16 elektron

**Kunci: A****Pembahasan:** Proton =  $Z = 16$ . Neutron =  $32 - 16 = 16$ .Muatan 2- berarti atom menerima 2 elektron:  $e = 16 + 2 = 18$ .

Pilihan B keliru arah (mengurangi elektron), pilihan C keliru menambah proton.

7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Ar rata-rata berbobot • 06-2-03

Galium di alam terdiri atas Ga-69 (60,0%) dan Ga-71 (40,0%). Hitung  $A_r$  galium. Anggap massa setiap isotop sama dengan nomor massanya.

Jawaban: .....

**Kunci: 69,8****Pembahasan:**  $A_r = \frac{69 \times 60,0 + 71 \times 40,0}{100} = \frac{4140 + 2840}{100} = 69,8$ .

Cek: hasilnya di antara 69 dan 71, lebih dekat ke Ga-69 yang lebih melimpah ✓ (nilai IUPAC: 69,72).

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Lambang ion • 06-2-04

Suatu ion memiliki 12 proton, 12 neutron, dan 10 elektron. Tuliskan lambang ion itu beserta muatannya (contoh cara menulis:  $\text{Na}^{+}$ ).

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{Mg}^{2+}$** **Pembahasan:** 12 proton → nomor atom 12 → magnesium.Muatan = proton – elektron =  $12 - 10 = +2$ .Jadi ionnya  $\text{Mg}^{2+}$  (lengkapnya  ${}_{12}^{24}\text{Mg}^{2+}$ ).

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Ar dari massa isotop • 06-3-01

Tembaga di alam terdiri atas Cu-63 (massa isotop 62,93; kelimpahan 69,2%) dan Cu-65 (massa isotop 64,93; kelimpahan 30,8%). Hitung  $A_r$  tembaga sampai dua desimal.

Jawaban: .....

**Kunci: 63,55**

**Pembahasan:**  $A_r = \frac{62,93 \times 69,2 + 64,93 \times 30,8}{100} = \frac{4354,8 + 1999,8}{100} = 63,55$ .

Cek: lebih dekat ke 62,93 karena Cu-63 lebih melimpah ✓

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kelimpahan dari Ar • 06-3-02

Boron ( $A_r = 10,8$ ) terdiri atas isotop B-10 dan B-11. Anggap massa setiap isotop sama dengan nomor massanya. Berapa persen kelimpahan B-10?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 20 %**

**Pembahasan:**  $\frac{10x + 11(100 - x)}{100} = 10,8$

$1100 - x = 1080 \rightarrow x = 20$ .

Kelimpahan B-10 = 20% dan B-11 = 80%. Cek:  $(10 \times 20 + 11 \times 80)/100 = 10,8$  ✓

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Notasi dan ion • 06-3-03

Ion  $X^{2+}$  memiliki 18 elektron dan 20 neutron. Nomor massa atom X adalah ...

- A. 36  
B. 38

- C. 40  
D. 42

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Atom X netral punya  $18 + 2 = 20$  elektron, jadi protonnya 20 ( $Z = 20$ , kalsium).

$A = p + n = 20 + 20 = 40$ .

Jawaban 38 muncul bila lupa bahwa ion positif sudah kehilangan elektron.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Ar dan satuan massa atom • 06-3-04

Massa rata-rata satu atom unsur Y adalah  $3,986 \times 10^{-23}$  g, sedangkan massa satu atom karbon-12 adalah  $1,993 \times 10^{-23}$  g. Hitung  $A_r$  unsur Y.

Jawaban: .....

**Kunci: 24**

**Pembahasan:**  $\frac{1}{12}$  massa atom C-12 =  $1,993 \times 10^{-23}/12 = 1,661 \times 10^{-24}$  g.

$A_r Y = \frac{3,986 \times 10^{-23}}{1,661 \times 10^{-24}} = 24,0$ .

Atom Y tepat dua kali lebih berat daripada atom C-12; unsurnya magnesium.

13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Struktur atom dan ion • gaya IGCSE • 06-4-01

Tabel menunjukkan jumlah partikel dalam lima partikel A–E.

**Partikel Proton Neutron Elektron**

|   |    |    |    |
|---|----|----|----|
| A | 11 | 12 | 11 |
| B | 17 | 18 | 17 |
| C | 17 | 20 | 17 |
| D | 12 | 12 | 10 |
| E | 8  | 8  | 10 |

- (a) **Nyatakan** partikel yang merupakan ion negatif.  
 (b) **Nyatakan** dua partikel yang merupakan isotop dari unsur yang sama.  
 (c) **Deduksikan** lambang dan muatan partikel D.  
 (d) **Hitung** nomor massa partikel C.  
 (e) **Jelaskan** mengapa B dan C memiliki sifat kimia yang sama.

**Kunci/rubrik:** (a) E (8 proton, 10 elektron: kelebihan 2 elektron,  $O^{2-}$ ) [1]

(b) B dan C (sama-sama 17 proton, neutron berbeda) [1]

(c) 12 proton  $\rightarrow$  magnesium [1]; muatan  $12 - 10 = +2 \rightarrow Mg^{2+}$  [1](d)  $17 + 20 = 37$  [1]

(e) Keduanya punya 17 elektron dengan susunan sama (2, 8, 7) / jumlah elektron terluar sama [1]; sifat kimia ditentukan oleh elektron, neutron tidak ikut bereaksi [1]

**Pembahasan:** Kunci membaca tabel: proton menentukan unsur, (proton – elektron) menentukan muatan, (proton + neutron) menentukan nomor massa. B adalah  $^{35}Cl$ , C adalah  $^{37}Cl$ , A adalah atom  $^{23}Na$ .

14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Ar dari tiga isotop • gaya IGCSE • 06-4-02

Sampel magnesium mengandung 79,0%  $^{24}Mg$ , 10,0%  $^{25}Mg$ , dan 11,0%  $^{26}Mg$ . **Hitung** massa atom relatif magnesium. Berikan jawaban sampai satu desimal.

Jawaban: .....

**Kunci:** 24,3**Pembahasan:**  $A_r = \frac{24 \times 79,0 + 25 \times 10,0 + 26 \times 11,0}{100} = \frac{1896 + 250 + 286}{100} = 24,32 \approx 24,3$ .

15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Sifat isotop • gaya IGCSE • 06-4-03

Which statement about the atoms  $^{35}_{17}Cl$  and  $^{37}_{17}Cl$  is correct?

- A. They have different numbers of protons.  
 B. They have the same number of neutrons.  
 C.  $^{37}Cl$  has two more electrons than  $^{35}Cl$ .  
 D. They have the same chemical properties because they have the same number of outer-shell electrons.

**Kunci:** D**Pembahasan:** Kedua atom punya 17 proton dan 17 elektron (susunan 2, 8, 7); yang berbeda hanya neutron (18 dan 20). Karena reaksi kimia ditentukan oleh elektron terluar, sifat kimianya sama. Selisih nomor massa 2 berasal dari neutron, bukan elektron.

Atom unsur Q memiliki nomor massa (*nucleon number*) 40 dan 22 neutron. Unsur Q adalah ...

- A. kalsium  
B. argon  
C. kalium  
D. zirkonium

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $Z = A - n = 40 - 22 = 18 \rightarrow$  argon.

$^{40}\text{Ca}$  dan  $^{40}\text{K}$  juga bernomor massa 40 (isobar), tetapi neutronnya 20 dan 21. Zirkonium bernomor atom 40: pengecoh bagi yang tertukar antara  $A$  dan  $Z$ .

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

Klorin terdiri atas  $^{35}\text{Cl}$  (massa 34,97; kelimpahan 75,8%) dan  $^{37}\text{Cl}$  (massa 36,97; kelimpahan 24,2%). Gas klorin,  $\text{Cl}_2$ , dianalisis dengan spektrometer massa.

- (a) Hitung  $A_r$  klorin sampai dua desimal.  
(b) Ramalkan nilai  $m/z$  ketiga puncak ion molekul  $\text{Cl}_2^+$  dan hitung perbandingan tinggi relatifnya.  
(c) Spektrum juga menunjukkan puncak pada  $m/z$  35 dan 37. Jelaskan asalnya.  
(d) Ion  $^{35}\text{Cl}^{2+}$ , bila terbentuk, muncul pada  $m/z$  berapa? Jelaskan.

**Kunci/rubrik:** (a)  $A_r = (34,97 \times 75,8 + 36,97 \times 24,2)/100$  [1] = 35,45 [1]

(b)  $m/z$  70, 72, 74 [1]; peluang  $0,758^2 = 0,575$ ;  $2(0,758)(0,242) = 0,367$ ;  $0,242^2 = 0,0586$  [1]; perbandingan  $\approx 100 : 63,9 : 10,2$ , mendekati 9 : 6 : 1 [1]

(c) Sebagian molekul  $\text{Cl}_2$  pecah (fragmentasi) saat ionisasi menjadi atom; ion  $^{35}\text{Cl}^+$  dan  $^{37}\text{Cl}^+$  ikut terdeteksi [1]

(d) Spektrometer memisahkan ion menurut perbandingan massa terhadap muatan:  $35/2 = 17,5$  [1]

**Pembahasan:** Faktor 2 pada puncak 72 muncul karena kombinasi Cl-35 + Cl-37 bisa terjadi dengan dua urutan. Perbandingan 9 : 6 : 1 adalah pola tepat untuk kelimpahan 75 : 25; dengan 75,8 : 24,2 hasilnya 9,8 : 6,3 : 1.

Iridium di alam hanya terdiri atas  $^{191}\text{Ir}$  (massa isotop 190,961) dan  $^{193}\text{Ir}$  (massa isotop 192,963).  $A_r$  iridium = 192,217. Hitung persen kelimpahan  $^{191}\text{Ir}$  sampai tiga angka penting.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 37,3 %**

**Pembahasan:**  $190,961x + 192,963(1 - x) = 192,217$

$192,963 - 2,002x = 192,217 \rightarrow x = \frac{0,746}{2,002} = 0,373$ .

Kelimpahan  $^{191}\text{Ir}$  = 37,3% dan  $^{193}\text{Ir}$  = 62,7%. Cek:  $A_r$  lebih dekat ke 193 ✓

Dalam spektrometer massa sektor magnet, semua ion dipercepat dengan beda potensial yang sama. Spesi manakah yang paling **kuat** dibelokkan oleh medan magnet?

- A.  $^{35}\text{Cl}^{2+}$   
B.  $^{35}\text{Cl}^+$   
C.  $^{37}\text{Cl}^+$   
D. ion  $\text{Cl}_2^+$  bermassa 72

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Besarnya pembelokan bergantung pada perbandingan  $m/z$ : makin kecil  $m/z$ , makin tajam belokannya.

$^{35}\text{Cl}^{2+}$ :  $35/2 = 17,5$ ;  $^{35}\text{Cl}^+$ : 35;  $^{37}\text{Cl}^+$ : 37;  $\text{Cl}_2^+$ : 72. Yang terkecil adalah  $^{35}\text{Cl}^{2+}$ .

Massa atom  ${}^4\text{He} = 4,00260$  u, massa atom  ${}^1\text{H} = 1,00783$  u, dan massa neutron =  $1,00867$  u. Hitung energi ikat per nukleon inti helium-4 dalam MeV (1 u setara dengan 931,5 MeV).

Jawaban: ..... MeV

**Kunci: 7,08 MeV**

**Pembahasan:** Massa penyusun =  $2(1,00783) + 2(1,00867) = 4,03300$  u.

Defek massa  $\Delta m = 4,03300 - 4,00260 = 0,03040$  u.

$E_{\text{ikat}} = 0,03040 \times 931,5 = 28,32$  MeV.

Per nukleon:  $28,32/4 = 7,08$  MeV.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHo

Spektrum massa  $\text{Br}_2$  menunjukkan tiga puncak ion molekul pada  $m/z$  158, 160, dan 162 dengan tinggi relatif 25,7 : 50,0 : 24,3. Brom hanya punya isotop  ${}^{79}\text{Br}$  dan  ${}^{81}\text{Br}$ . Hitung persen kelimpahan  ${}^{79}\text{Br}$ .

Jawaban: ..... %

**Kunci: 50,7 %**

**Pembahasan:** Misal fraksi  ${}^{79}\text{Br} = p$ ,  ${}^{81}\text{Br} = q = 1 - p$ .

$$\frac{p^2}{q^2} = \frac{25,7}{24,3} \rightarrow \frac{p}{q} = \sqrt{1,0576} = 1,0284.$$

$$p = \frac{1,0284}{1 + 1,0284} = 0,507 \rightarrow 50,7\%.$$

Cek dengan puncak tengah:  $2pq = 2(0,507)(0,493) = 0,500$  ✓ cocok dengan 50,0.

Unsur logam X memiliki tiga isotop stabil dengan nomor massa berurutan  $A$ ,  $A + 1$ , dan  $A + 2$ .

Kelimpahannya berturut-turut 78,99%, 10,00%, dan 11,01%, dan  $A_r$  X = 24,305.

(a) Dengan menganggap massa isotop sama dengan nomor massanya, tentukan  $A$  dan identitas X.

(b) Berapa jumlah neutron dan elektron dalam ion  $\text{X}^{2+}$  dari isotop X yang paling berat?

(c) Senyawa  $\text{XCl}_2$  diuapkan dan dianalisis dengan spektrometer massa. Klorin terdiri atas Cl-35 dan Cl-37 ( $\pm 3 : 1$ ). Tentukan banyaknya puncak ion molekul  $\text{XCl}_2^+$  yang berbeda dan pada  $m/z$  berapa puncak tertinggi. Jelaskan penalaranmu.

**Kunci/rubrik:** (a)  $0,7899A + 0,1000(A + 1) + 0,1101(A + 2) = 24,305 \rightarrow A + 0,3202 = 24,305 \rightarrow A = 23,98 \approx 24$  [2]. Isotop 24, 25, 26 dengan  $A_r$  24,3  $\rightarrow$  X = magnesium [1]

(b)  ${}^{26}\text{Mg}^{2+}$ :  $26 - 12 = 14$  neutron [1];  $12 - 2 = 10$  elektron [1]

(c) Massa Mg: 24, 25, 26; massa  $\text{Cl}_2$ : 70, 72, 74. Jumlahnya: 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100  $\rightarrow$  **7 puncak** berbeda (96 dan 98 masing-masing dapat terbentuk dengan dua cara) [2]. Puncak tertinggi pada  $m/z$  94 ( ${}^{24}\text{Mg}$  dengan dua  ${}^{35}\text{Cl}$ ): peluang  $0,79 \times 0,758^2 \approx 0,45$ , lebih besar daripada  $m/z$  96:  $0,79 \times 0,367 + 0,11 \times 0,575 \approx 0,35$  [2]

**Pembahasan:** Strategi olimpiade: tulis  $A_r$  sebagai  $A$  ditambah koreksi kecil dari isotop yang lebih berat, sehingga  $A$  langsung terbaca. Pada bagian (c), daftar semua kombinasi lalu gabungkan yang bermassa sama sebelum membandingkan peluangnya.

Klorin alami mengandung 75,8% Cl-35. Berapa persen molekul tetraklorometana,  $\text{CCl}_4$ , yang keempat atom klorinya adalah Cl-35?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 33 %**

**Pembahasan:** Peluang keempat atom Cl adalah Cl-35:  $0,758^4 = 0,330$ .

Jadi  $\pm 33,0\%$  molekul  $\text{CCl}_4$  adalah  $\text{C}^{35}\text{Cl}_4$  (abaikan isotop karbon). Sisanya mengandung paling sedikit satu Cl-37, sehingga spektrumnya menunjukkan lima puncak ion molekul berjarak 2 satuan.

Dalam air laut, perbandingan jumlah atom deuterium (D) terhadap atom hidrogen-1 adalah  $1,56 \times 10^{-4}$ . Abaikan isotop oksigen. Berapa molekul HDO yang terdapat di antara setiap 1 juta molekul air?

Jawaban: ..... molekul

**Kunci: 312 molekul**

**Pembahasan:** Fraksi D:  $q = \frac{1,56 \times 10^{-4}}{1,000156} = 1,560 \times 10^{-4}$ ; fraksi H-1:  $p = 0,99984$ .

Peluang molekul HDO =  $2pq = 2(0,99984)(1,560 \times 10^{-4}) = 3,119 \times 10^{-4}$ .

Per 1 juta molekul:  $\pm 312$  molekul HDO. Molekul  $\text{D}_2\text{O}$  jauh lebih jarang ( $q^2 \approx 2,4 \times 10^{-8}$ , hanya  $\pm 0,02$  per sejuta).

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Kulit elektron • 07-1-01

Kulit elektron yang paling dekat dengan inti atom diberi huruf ...

- A. K C. M  
B. L D. N

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Kulit pertama ( $n = 1$ ) diberi huruf K, lalu L, M, dan N makin ke luar. Kulit K paling dekat inti dan hanya menampung 2 elektron.

## 2. Lv 1 • Pemula • Isian • Kapasitas kulit • 07-1-02

Berapa jumlah elektron paling banyak yang dapat menempati kulit M ( $n = 3$ )?

Jawaban: ..... elektron

**Kunci: 18 elektron**

**Pembahasan:** Kapasitas kulit  $= 2n^2 = 2 \times 3^2 = 18$  elektron. (Pada kalium dan kalsium kulit M baru terisi 8; sisanya terisi mulai skandium lewat subkulit 3d.)

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Konfigurasi kulit • 07-1-03

Susunan elektron per kulit untuk atom natrium ( $Z = 11$ ) adalah ...

- A. 2, 9 C. 2, 8, 1  
B. 8, 2, 1 D. 2, 7, 2

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Kulit K diisi 2, kulit L diisi 8, sisa 1 elektron masuk ke kulit M: 2, 8, 1. Kulit L sudah penuh pada 8, jadi "2, 9" tidak mungkin. Natrium punya 1 elektron valensi.

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Orbital • 07-1-04

Menurut model mekanika kuantum, orbital adalah ...

- A. lintasan melingkar tempat elektron beredar mengelilingi inti  
B. daerah di sekitar inti tempat peluang menemukan elektron paling besar  
C. partikel bermuatan positif di dalam inti  
D. lapisan padat yang membungkus inti atom

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Orbital adalah daerah peluang ("awan elektron"), bukan lintasan. Kita tidak dapat mengetahui jalur pasti elektron, hanya peluang menemukannya di suatu tempat. Partikel positif di inti adalah proton.

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Konfigurasi subkulit • 07-2-01

Tuliskan konfigurasi elektron (subkulit) atom oksigen,  $Z = 8$ . Contoh cara menulis:  $1s^2 2s^2 \dots$ 

Jawaban: .....

**Kunci:**  $1s^2 2s^2 2p^4$ **Pembahasan:** Isi menurut urutan Aufbau:  $1s$  (2 elektron),  $2s$  (2 elektron), lalu 4 elektron sisanya ke  $2p$ .Cek:  $2 + 2 + 4 = 8$  ✓. Notasi gas mulia:  $[\text{He}] 2s^2 2p^4$ .

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Elektron valensi • 07-2-02

Atom klorin memiliki nomor atom 17. Berapa elektron valensinya (elektron di kulit terluar)?

Jawaban: .....

**Kunci:** 7**Pembahasan:** Susunan per kulit: 2, 8, 7 → kulit terluar (M) berisi 7 elektron.Dengan subkulit:  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5 \rightarrow 2 + 5 = 7$ . Klorin cenderung menerima 1 elektron membentuk  $\text{Cl}^-$ .

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Subkulit dan orbital • 07-2-03

Subkulit d terdiri atas ... orbital dan dapat menampung paling banyak ... elektron.

A. 3 orbital, 6 elektron

C. 7 orbital, 14 elektron

B. 5 orbital, 5 elektron

D. 5 orbital, 10 elektron

**Kunci:** D**Pembahasan:** Untuk subkulit d,  $l = 2$ , sehingga jumlah orbital  $= 2l + 1 = 5$ . Setiap orbital memuat 2 elektron, jadi  $5 \times 2 = 10$  elektron. Pilihan "5 orbital, 5 elektron" lupa bahwa satu orbital memuat dua elektron; 3 orbital milik p dan 7 orbital milik f.

8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Aturan Hund • 07-2-04

Diagram orbital  $2p$  manakah yang benar untuk atom nitrogen ( $2p^3$ )?A.  $\uparrow \uparrow \uparrow$ C.  $\uparrow \downarrow \uparrow$ B.  $\uparrow \downarrow \uparrow \uparrow$ D.  $\uparrow \downarrow \uparrow \uparrow \uparrow$ **Kunci:** A**Pembahasan:** Aturan Hund: pada orbital setara, elektron menempati orbital satu per satu dengan spin searah, baru kemudian berpasangan. Jadi  $\uparrow \uparrow \uparrow$ .

Pilihan B berpasangan padahal masih ada kamar kosong (melanggar Hund), C spinnya tidak searah (melanggar Hund), D memuat tiga elektron dalam satu orbital (melanggar larangan Pauli).



13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Isoelektronik • gaya IGCSE • 07-4-01

Which particle has the same electronic configuration as a neon atom? (Partikel mana yang **isoelektronik** dengan neon?)

- A.  $\text{Cl}^-$  C.  $\text{Mg}^{2+}$   
B.  $\text{K}^+$  D.  $\text{Li}^+$

**Kunci: C****Pembahasan:** Neon: 10 elektron, 2, 8.  $\text{Mg}^{2+}$ :  $12 - 2 = 10$  elektron  $\rightarrow$  2, 8 ✓. $\text{Cl}^-$  (17 + 1) dan  $\text{K}^+$  (19 - 1) punya 18 elektron (2, 8, 8, seperti argon);  $\text{Li}^+$  punya 2 elektron (seperti helium).

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Susunan elektron dan sifat • gaya IGCSE • 07-4-02

Element X has the electronic configuration 2,8,8,2.

- (a) **Nyatakan** (state) nomor golongan dan nomor periode X.  
(b) **Deduksikan** muatan ion yang dibentuk X dan tuliskan susunan elektron ion tersebut.  
(c) **Jelaskan**, berdasarkan susunan elektronnya, mengapa sifat kimia X mirip dengan magnesium.

**Kunci/rubrik:** (a) golongan II (2) [1]; periode 4 [1](b) X melepas 2 elektron kulit terluar [1], membentuk ion  $\text{X}^{2+}$  dengan susunan 2,8,8 [1](c) X dan Mg sama-sama memiliki 2 elektron di kulit terluar [1], sehingga keduanya bereaksi dengan melepas 2 elektron membentuk ion  $2+$  [1]**Pembahasan:** X punya 20 elektron, jadi X = kalsium. Jumlah kulit yang terisi = nomor periode (4 kulit  $\rightarrow$  periode 4); jumlah elektron kulit terluar = nomor golongan utama (2). Ion  $\text{Ca}^{2+}$  (2,8,8) isoelektronik dengan argon.

15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Energi ionisasi berturutan • gaya IGCSE • 07-4-03

Energi ionisasi berturutan unsur Y (kJ/mol) adalah: 578; 1.817; 2.745; 11.577; 14.842. **Hitung** energi total yang dibutuhkan untuk mengubah 1 mol atom Y(g) menjadi ion  $\text{Y}^{3+}$ (g).

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 5.140 kJ/mol****Pembahasan:**  $\text{Y(g)} \rightarrow \text{Y}^{3+}(\text{g}) + 3\text{e}^-$  membutuhkan  $IE_1 + IE_2 + IE_3 = 578 + 1.817 + 2.745 = 5.140$  kJ/mol. Lompatan besar setelah  $IE_3$  ( $11.577/2.745 \approx 4,2$ ) menunjukkan Y punya 3 elektron di kulit terluar: Y adalah aluminium, dan  $\text{Al}^{3+}$  memang ionnya yang stabil.

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Energi ionisasi berturutan • gaya IGCSE • 07-4-04

Energi ionisasi berturutan unsur W (kJ/mol) adalah: 787; 1.577; 3.232; 4.356; 16.091; 19.805. **Deduksikan** golongan W.

- A. 2 (IIA) C. 14 (IVA)  
B. 13 (IIIA) D. 16 (VIA)

**Kunci: C****Pembahasan:** Bandingkan kenaikan berturutan:  $1.577/787 \approx 2,0$ ;  $3.232/1.577 \approx 2,0$ ;  $4.356/3.232 \approx 1,3$ ;  **$16.091/4.356 \approx 3,7$** .Lompatan terbesar terjadi setelah elektron keempat, jadi W punya 4 elektron di kulit terluar  $\rightarrow$  golongan 14 (IVA). W adalah silikon.

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Pengecualian Cr dan Cu • gaya IB • 07-5-01

- (a) Tuliskan konfigurasi elektron lengkap (subkulit) kromium ( $Z = 24$ ) dan tembaga ( $Z = 29$ ).  
 (b) Jelaskan mengapa kedua konfigurasi itu berbeda dari ramalan prinsip Aufbau.  
 (c) Tuliskan konfigurasi  $\text{Cr}^{3+}$  dan tentukan jumlah elektron tak berpasangannya.  
 (d) Ramalkan apakah larutan seng sulfat, yang mengandung ion  $\text{Zn}^{2+}$  ( $Z \text{ Zn} = 30$ ), berwarna. Jelaskan dengan konfigurasi elektronnya.

**Kunci/rubrik:** (a) Cr:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$  [1]; Cu:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$  [1]

(b) energi subkulit 3d dan 4s sangat berdekatan [1]; subkulit d setengah penuh ( $d^5$ ) atau penuh ( $d^{10}$ ) lebih stabil karena tolakan antarelektron lebih kecil/energi pertukaran lebih besar [1]

(c)  $\text{Cr}^{3+} = [\text{Ar}] 3d^3$  ( $4s^1$  lepas dulu, lalu dua elektron 3d) [1]; 3 elektron tak berpasangan [1]

(d)  $\text{Zn}^{2+} = [\text{Ar}] 3d^{10}$  [1]; subkulit d penuh sehingga tidak ada transisi d-d yang menyerap cahaya tampak → larutan tidak berwarna [1]

**Pembahasan:** Konfigurasi ion selalu diturunkan dari konfigurasi atom yang *sebenarnya*: Cr  $[\text{Ar}] 3d^5 4s^1 \rightarrow \text{Cr}^{3+} [\text{Ar}] 3d^3$ . Warna senyawa logam transisi umumnya berasal dari elektron yang melompat antarorbital d; syaratnya subkulit d terisi sebagian ( $d^1$ – $d^9$ ). Itulah sebabnya  $\text{Cu}^{2+}$  ( $d^9$ ) biru, sedangkan  $\text{Zn}^{2+}$  ( $d^{10}$ ) tidak berwarna.

## 18. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Bilangan kuantum • gaya IB • 07-5-02

Set bilangan kuantum manakah yang **tidak mungkin** dimiliki sebuah elektron?

- A.  $n = 3, l = 2, m_l = -2, m_s = +\frac{1}{2}$   
 B.  $n = 4, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$   
 C.  $n = 4, l = 3, m_l = +3, m_s = -\frac{1}{2}$   
 D.  $n = 2, l = 2, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Nilai  $l$  hanya boleh  $0, 1, \dots, n - 1$ . Untuk  $n = 2$ ,  $l$  hanya boleh 0 atau 1, sehingga  $l = 2$  ("2d") mustahil. Pilihan lain sah: A = orbital 3d, B = 4s, C = 4f dengan  $m_l = +3$  (boleh karena  $|m_l| \leq l = 3$ ).

## 19. Lv 5 • IB DP • Isian • Paramagnetisme • gaya IB • 07-5-03

Hitung momen magnet spin-saja,  $\mu = \sqrt{n(n+2)} \mu_B$ , untuk ion  $\text{Mn}^{2+}$  ( $Z \text{ Mn} = 25$ ), dengan  $n$  = jumlah elektron tak berpasangan.

Jawaban: ..... BM

**Kunci: 5,92 BM**

**Pembahasan:** Mn  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^5 \rightarrow \text{Mn}^{2+} = [\text{Ar}] 3d^5$ . Kelima elektron d tak berpasangan:  $n = 5$ .  
 $\mu = \sqrt{5 \times 7} = \sqrt{35} = 5,92 \mu_B$ . Ion  $\text{Mn}^{2+}$  sangat paramagnetik.

Tuliskan konfigurasi elektron ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan notasi gas mulia. ( $Z \text{ Cu} = 29$ ). Contoh cara menulis:  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^1$

Jawaban: .....

**Kunci:**  $[\text{Ar}] 3d^9$

**Pembahasan:**  $\text{Cu} = [\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$  (pengecualian).  $\text{Cu}^{2+}$  melepas 2 elektron: satu dari 4s, lalu satu dari 3d  $\rightarrow [\text{Ar}] 3d^9$ .  
Cek:  $29 - 2 = 27 = 18 + 9$  ✓.

Satu elektron tak berpasangan membuat  $\text{Cu}^{2+}$  paramagnetik, dan subkulit d yang belum penuh membuat larutannya biru.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHo

Berapa banyak elektron dalam atom kripton ( $Z = 36$ ) pada keadaan dasar yang memiliki bilangan kuantum  $m_l = 0$ ?

Jawaban: ..... elektron

**Kunci:** 16 elektron

**Pembahasan:**  $\text{Kr} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ : delapan subkulit, semuanya penuh.  
Setiap subkulit (s, p, maupun d) punya tepat satu orbital dengan  $m_l = 0$ , yang berisi 2 elektron.  
Jumlah  $= 8 \times 2 = 16$  elektron.

Dengan kesepakatan bahwa setiap elektron tak berpasangan memiliki  $m_s = +\frac{1}{2}$ , berapa banyak elektron dalam atom besi ( $Z = 26$ ) pada keadaan dasar yang memiliki  $m_s = +\frac{1}{2}$ ?

Jawaban: ..... elektron

**Kunci:** 15 elektron

**Pembahasan:**  $\text{Fe} = [\text{Ar}] 4s^2 3d^6$ ; diagram 3d:  $[\uparrow\downarrow][\uparrow][\uparrow][\uparrow][\uparrow] \rightarrow 4$  elektron tak berpasangan.  
Sisanya,  $26 - 4 = 22$  elektron, membentuk 11 pasangan; setiap pasangan punya satu  $\uparrow$  dan satu  $\downarrow$ .  
Elektron  $\uparrow = 11 + 4 = 15$  (cek:  $(26 + 4)/2 = 15$ ). Selisih  $\uparrow$  dan  $\downarrow$  inilah sumber sifat magnet atom besi.

Ion  $X^{3+}$  memiliki 5 elektron pada subkulit 3d dan tidak memiliki elektron di kulit keempat.

- Tentukan nomor atom dan identitas X.
- Tuliskan konfigurasi elektron atom X dan ion  $X^{2+}$ .
- Tentukan jumlah elektron tak berpasangan pada X,  $X^{2+}$ , dan  $X^{3+}$ .
- Tentukan keempat bilangan kuantum elektron terakhir atom X menurut urutan Aufbau (kesepakatan:  $m_l$  diisi dari  $-l$ , elektron pertama  $m_s = +\frac{1}{2}$ ).
- Larutan garam  $X^{2+}$  yang dibiarkan di udara perlahan berubah menjadi  $X^{3+}$ . Berikan satu alasan berdasarkan konfigurasi elektron.

**Kunci/rubrik:** (a)  $X^{3+} = [Ar] 3d^5 = 23$  elektron [1]  $\rightarrow Z = 26$ , X = besi (Fe) [1]

(b) Fe:  $[Ar] 4s^2 3d^6$  [1];  $Fe^{2+}$ :  $[Ar] 3d^6$  [1]

(c) Fe: 4;  $Fe^{2+}$ : 4;  $Fe^{3+}$ : 5 [2]

(d) elektron terakhir = elektron 3d keenam, kembali ke kotak  $m_l = -2$  sebagai  $\downarrow$ :  $n = 3$ ,  $l = 2$ ,  $m_l = -2$ ,  $m_s = -\frac{1}{2}$  [2]

(e)  $Fe^{3+}$  ( $3d^5$ ) memiliki subkulit d setengah penuh yang ekstra stabil; elektron yang dilepas dari  $Fe^{2+}$  adalah elektron 3d yang berpasangan sehingga tolakannya cukup besar [2]

**Pembahasan:** Kunci penalaran: "tidak ada elektron di kulit keempat" memastikan ion sudah kehilangan semua elektron 4s, sehingga  $X^{3+} = [Ar] 3d^5$ . Dari ion kembali ke atom: tambahkan 3 elektron (dua ke 4s, satu ke 3d). Perubahan  $Fe^{2+}$  (hijau pucat) menjadi  $Fe^{3+}$  (kuning kecokelatan) terlihat pada air sumur yang lama-lama berwarna seperti karat.

Bayangkan alam semesta lain tempat bilangan kuantum spin dapat bernilai  $m_s = -1, 0, +1$  (tiga nilai), sedangkan aturan lain ( $n$ ,  $l$ ,  $m_l$ , larangan Pauli, dan urutan Aufbau) tetap sama. Gas mulia pertama terjadi saat 1s penuh. Berapa nomor atom gas mulia **kedua**, yang terjadi saat subkulit 2s dan 2p penuh?

Jawaban: .....

**Kunci: 15**

**Pembahasan:** Larangan Pauli tetap berlaku: tidak ada dua elektron dengan empat bilangan kuantum sama. Dengan 3 nilai spin, satu orbital memuat 3 elektron.

1s (1 orbital) penuh pada 3 elektron  $\rightarrow$  gas mulia pertama  $Z = 3$ .

Kulit 2: 2s (1 orbital) + 2p (3 orbital) = 4 orbital  $\times$  3 = 12 elektron.

Gas mulia kedua:  $Z = 3 + 12 = 15$ . Di alam semesta itu periode 2 berisi 12 unsur, bukan 8!

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Dasar penyusunan tabel periodik • 08-1-01

Tabel periodik modern menyusun unsur berdasarkan ...

- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| A. massa atom relatif         | C. tahun penemuan        |
| B. nomor atom (jumlah proton) | D. wujud pada suhu kamar |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Sejak Moseley (1913), unsur diurutkan menurut **nomor atom**, yaitu jumlah proton di inti. Mendeleev dulu memakai massa atom, sehingga ia harus menukar beberapa pasangan unsur (misalnya Te dan I).

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Periode dan golongan • 08-1-02

Lajur mendatar (baris) pada tabel periodik disebut ...

- |             |            |
|-------------|------------|
| A. golongan | C. periode |
| B. blok     | D. deret   |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Baris mendatar disebut **periode** (ada 7). Lajur tegak disebut golongan (ada 18).

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Unsur segolongan • 08-1-03

Unsur yang segolongan dengan natrium (Na) adalah ...

- |       |       |
|-------|-------|
| A. Mg | C. Ne |
| B. Cl | D. K  |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Natrium dan kalium sama-sama logam alkali (golongan 1) dengan satu elektron valensi. Mg memang bersebelahan dengan Na, tetapi seperiode, bukan segolongan.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Nama keluarga golongan • 08-1-04

Unsur golongan 18 (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) disebut gas ...

Jawaban: .....

**Kunci: mulia / gas mulia**

**Pembahasan:** Golongan 18 disebut **gas mulia** karena kulit terluarnya penuh sehingga sangat stabil dan sukar bereaksi. Meski begitu, xenon dapat membentuk senyawa seperti  $\text{XeF}_4$ .

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Muatan inti efektif • 08-2-01

Dengan aturan sederhana  $Z_{ef} = Z - S$  ( $S$  = jumlah elektron di kulit dalam), hitung muatan inti efektif yang dirasakan elektron valensi atom klorin ( $Z = 17$ , konfigurasi 2, 8, 7).

Jawaban: .....

**Kunci: 7**

**Pembahasan:** Elektron kulit dalam:  $2 + 8 = 10$ , jadi  $S = 10$ .

$Z_{ef} = 17 - 10 = 7$ . Elektron valensi klorin merasakan tarikan setara 7 proton.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Letak unsur dari konfigurasi • 08-2-02

Unsur X memiliki konfigurasi elektron 2, 8, 6. Dalam tabel periodik, X terletak pada ...

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| A. periode 2, golongan 16 | C. periode 3, golongan 6 |
| B. periode 3, golongan 16 | D. periode 6, golongan 3 |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Tiga kulit → periode 3. Enam elektron valensi pada unsur blok p → golongan  $10 + 6 = 16$  (VIA). X adalah belerang. Golongan 6 adalah jebakan: itu kolom logam transisi (kromium).

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Tren jari-jari atom • 08-2-03

Urutan jari-jari atom yang benar adalah ...

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| A. $Rb < K < Na$ | C. $Na < Rb < K$ |
| B. $K < Na < Rb$ | D. $Na < K < Rb$ |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Na, K, dan Rb segolongan (golongan 1). Dari atas ke bawah jumlah kulit bertambah, sehingga jari-jari membesar: Na (periode 3) < K (periode 4) < Rb (periode 5).

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Halogen • 08-2-04

Tuliskan lambang unsur halogen (golongan 17) yang terletak di periode 4.

Jawaban: .....

**Kunci: Br**

**Pembahasan:** Golongan 17 dari atas: F (periode 2), Cl (3), **Br** (4), I (5), At (6). Brom adalah satu-satunya nonlogam yang cair pada suhu kamar.

9. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Periode, golongan, blok • 08-3-01

Unsur dengan konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^3$  terletak pada ...

- A. periode 4, golongan 15 (VA), blok p
- B. periode 4, golongan 5 (VB), blok d
- C. periode 3, golongan 15 (VA), blok p
- D. periode 4, golongan 13 (IIIA), blok p

**Kunci: A****Pembahasan:** n terbesar = 4 → periode 4.

Elektron terakhir masuk 4p → blok p.

Elektron valensi  $4s^2 4p^3 = 5 \rightarrow$  golongan  $10 + 5 = 15$  (VA). Unsurnya arsen (As). Subkulit  $3d^{10}$  yang penuh tidak dihitung sebagai elektron valensi unsur blok p.

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Triade Döbereiner • 08-3-02

Litium (Ar 7), natrium, dan kalium (Ar 39) membentuk satu triade Döbereiner. Perkirakan Ar natrium menurut hukum triade.

Jawaban: .....

**Kunci: 23****Pembahasan:**  $A_r \text{ Na} \approx \frac{7 + 39}{2} = 23$ .

Nilai sebenarnya juga 23 (22,99). Döbereiner menemukan pola ini jauh sebelum tabel periodik lengkap.

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Anomali energi ionisasi • 08-3-03

Energi ionisasi pertama magnesium 738 kJ/mol, sedangkan aluminium 578 kJ/mol, padahal Al punya proton lebih banyak. Penjelasan yang paling tepat adalah ...

- A. Al punya muatan inti lebih kecil daripada Mg.
- B. Elektron 3p pada Al sudah berpasangan sehingga saling tolak.
- C. Elektron yang dilepas dari Al berada di subkulit 3p yang energinya lebih tinggi dan sebagian terperisai oleh elektron 3s.
- D. Al adalah nonlogam sehingga sukar melepas elektron.

**Kunci: C****Pembahasan:** Mg:  $[\text{Ne}] 3s^2$ ; Al:  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^1$ .

Elektron yang dilepas dari Al adalah elektron 3p yang berenergi lebih tinggi dan terperisai sebagian oleh pasangan 3s, sehingga lebih mudah dilepas. Pilihan B keliru: Al hanya punya satu elektron 3p (tidak berpasangan).

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Satuan energi ionisasi • 08-3-04

Energi ionisasi pertama natrium adalah 5,14 eV per atom. Nyatakan dalam kJ/mol. ( $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ;  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 495,9 kJ/mol****Pembahasan:** Per atom:  $5,14 \times 1,602 \times 10^{-19} = 8,234 \times 10^{-19} \text{ J}$ .Per mol:  $8,234 \times 10^{-19} \times 6,022 \times 10^{23} = 4,959 \times 10^5 \text{ J/mol} = 495,9 \text{ kJ/mol}$ .Cek:  $1 \text{ eV/atom} \approx 96,5 \text{ kJ/mol}$ , dan  $5,14 \times 96,5 \approx 496 \checkmark$

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Reaktivitas logam alkali • gaya IGCSE • 08-4-01

A small piece of potassium is added to a large trough of water containing a few drops of universal indicator.

- Nyatakan** tiga pengamatan yang akan terlihat.
- Tuliskan** persamaan reaksi setara (dengan wujud zat) untuk reaksi kalium dengan air.
- Jelaskan** mengapa kalium lebih reaktif daripada natrium, berdasarkan susunan elektronnya.

**Kunci/rubrik:** (a) Tiga dari: kalium mengapung; meleleh menjadi bola; bergerak cepat di permukaan air; berdesis/bergelembung (gas); menyala ungu muda (lila); makin kecil lalu habis; indikator menjadi ungu/biru (larutan basa). [3]

(b)  $2\text{K(s)} + 2\text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow 2\text{KOH(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ : rumus benar [1], setara dan berwujud benar [1].

(c) Elektron valensi kalium berada di kulit keempat, lebih jauh dari inti daripada elektron valensi natrium (kulit ketiga) [1]; lebih banyak kulit dalam yang memberi perisai [1]; tarikan inti lebih lemah sehingga elektron lebih mudah lepas [1].

**Pembahasan:** Reaksi logam alkali dengan air menghasilkan basa (KOH) dan gas hidrogen. Panas reaksi kalium cukup untuk menyalakan hidrogen, sehingga terlihat nyala lila khas kalium. Reaktivitas naik ke bawah golongan 1 karena energi ionisasi turun.

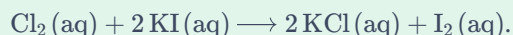
## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Reaksi pendesakan halogen • gaya IGCSE • 08-4-02

Air klorin ditambahkan ke larutan kalium iodida yang tidak berwarna. **Nyatakan** pengamatan yang paling tepat.

- Tidak terjadi perubahan apa pun.
- Larutan menjadi cokelat karena terbentuk iodin.
- Terbentuk endapan putih kalium klorida.
- Gas ungu keluar dari larutan.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Klorin lebih reaktif daripada iodin, sehingga mendesak ion iodida:



Iodin yang larut memberi warna cokelat. KCl larut (tidak mengendap), dan uap iodin ungu hanya terlihat bila iodin padat dipanaskan.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Meramal sifat dari tren golongan • gaya IGCSE • 08-4-03

Titik leleh logam golongan 1: Li 181 °C, Na 98 °C, K 63 °C. **Deduksikan** titik leleh rubidium yang paling mungkin.

- |          |           |
|----------|-----------|
| A. 39 °C | C. 85 °C  |
| B. 63 °C | D. 120 °C |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Titik leleh turun ke bawah golongan 1, dengan penurunan yang makin kecil (–83, lalu –35 °C).

Rubidium (di bawah K) harus lebih rendah dari 63 °C: pilihan yang cocok 39 °C. Nilai sebenarnya 39,3 °C. Pilihan 85 °C dan 120 °C berarti tren berbalik arah.

Element X is in Period 3 and Group 2 of the Periodic Table. **Deduksikan** nomor atom X.

Jawaban: .....

**Kunci: 12**

**Pembahasan:** Periode 3 → tiga kulit; golongan 2 → dua elektron valensi.

Susunan elektron 2, 8, 2 → jumlah elektron = proton = 12.

X adalah magnesium (Mg).

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

Gunakan aturan Slater: elektron lain dalam kelompok ( $ns, np$ ) yang sama menyumbang 0,35; elektron di kulit  $n - 1$  menyumbang 0,85; elektron di kulit  $n - 2$  atau lebih dalam menyumbang 1,00.

(a) Hitung  $Z_{ef}$  untuk elektron 3s natrium ( $Z = 11$ ) dan elektron 3p klorin ( $Z = 17$ ).

(b) Jelaskan penurunan jari-jari kovalen dari Na (166 pm) ke Cl (102 pm).

(c) Jelaskan mengapa jari-jari ion  $\text{Cl}^-$  (181 pm) lebih besar daripada jari-jari kovalen Cl, sedangkan  $\text{Na}^+$  (102 pm) lebih kecil daripada Na.

**Kunci/rubrik:** (a) Na:  $S = 8(0,85) + 2(1,00) = 8,80 \rightarrow Z_{ef} = 2,20$  [1]. Cl:  $S = 6(0,35) + 8(0,85) + 2(1,00) = 10,90 \rightarrow Z_{ef} = 6,10$  [1].

(b) Elektron valensi keduanya berada di kulit yang sama ( $n = 3$ ) [1];  $Z_{ef}$  naik dari Na ke Cl karena proton bertambah sedangkan perisai hampir tetap [1]; elektron valensi ditarik lebih dekat ke inti [1].

(c)  $\text{Cl}^-$ : satu elektron tambahan, jumlah proton tetap 17, sehingga tolakan antarelektron bertambah dan tarikan per elektron berkurang; awan elektron mengembang [2].  $\text{Na}^+$ : kulit ketiga hilang seluruhnya, dan 11 proton menarik hanya 10 elektron, sehingga ion menyusut [2].

**Pembahasan:** Aturan Slater memperlihatkan bahwa elektron sekulit hanya memberi perisai kecil (0,35), sehingga  $Z_{ef}$  melonjak sepanjang periode. Pada ion, yang berubah adalah jumlah elektron dan (untuk kation) jumlah kulit, sedangkan jumlah proton tetap.

Empat energi ionisasi pertama unsur X (kJ/mol) adalah 578; 1.817; 2.745; 11.577. Pada golongan berapa (penomoran IUPAC) unsur X berada?

A. Golongan 2

C. Golongan 13

B. Golongan 3

D. Golongan 14

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Lonjakan besar terjadi antara EI ketiga (2.745) dan keempat (11.577): elektron keempat diambil dari kulit dalam.

Jadi X punya 3 elektron valensi ( $ns^2 np^1$ ) → golongan 13 (IIIA). X adalah aluminium. Golongan 3 adalah jebakan penomoran lama.

Moseley menemukan bahwa frekuensi garis K $\alpha$  sinar-X memenuhi  $f = 2,47 \times 10^{15} (Z - 1)^2$  Hz. Garis K $\alpha$  suatu logam berfrekuensi  $1,936 \times 10^{18}$  Hz. Tentukan nomor atom logam itu.

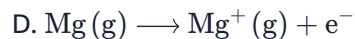
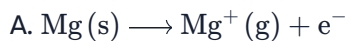
Jawaban: .....

**Kunci: 29**

**Pembahasan:**  $(Z - 1)^2 = \frac{1,936 \times 10^{18}}{2,47 \times 10^{15}} = 783,8$ .

$Z - 1 = \sqrt{783,8} = 28,0 \rightarrow Z = 29$ : tembaga (Cu). Sinar-X Cu K $\alpha$  inilah yang paling sering dipakai di laboratorium kristalografi.

Persamaan manakah yang menyatakan energi ionisasi pertama magnesium?



**Kunci: D**

**Pembahasan:** Energi ionisasi pertama didefinisikan untuk atom berwujud **gas** yang melepas **satu** elektron. Pilihan A memakai Mg padat, pilihan B adalah afinitas elektron, dan pilihan C adalah jumlah EI pertama dan kedua.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHo

X, Y, dan Z adalah tiga unsur dengan nomor atom berurutan. Energi ionisasi pertamanya berturut-turut 1.000; 1.251; dan 1.521 kJ/mol. Unsur dengan nomor atom tepat sebelum X memiliki EI<sub>1</sub> 1.012 kJ/mol, sedangkan unsur tepat sesudah Z memiliki EI<sub>1</sub> 419 kJ/mol.

(a) Tentukan identitas X, Y, dan Z beserta alasanmu.

(b) Ramalkan rumus senyawa yang terbentuk antara X dan natrium, serta antara Y dan magnesium.

(c) Jelaskan mengapa EI<sub>1</sub> unsur sebelum X lebih besar daripada EI<sub>1</sub> X.

**Kunci/rubrik:** (a) Penurunan tajam dari 1.521 ke 419 menunjukkan Z adalah gas mulia dan unsur sesudahnya logam alkali yang memulai kulit baru [1]. EI 419 cocok dengan kalium, sehingga Z = Ar, Y = Cl, X = S [2]; unsur sebelum X adalah P (1.012) [1].

(b) S membentuk ion  $\text{S}^{2-} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}$  [1]; Cl membentuk  $\text{Cl}^- \rightarrow \text{MgCl}_2$  [1].

(c) P:  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$ , tiga elektron 3p menempati tiga orbital sendiri-sendiri [1]. S:  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$ , satu orbital 3p berisi pasangan elektron yang saling tolak, sehingga salah satunya lebih mudah dilepas [2].

**Pembahasan:** Kunci analisisnya adalah "tebing" pada data: gas mulia selalu menjadi puncak EI, dan logam alkali sesudahnya menjadi lembah. Setelah satu unsur diketahui, unsur lain mengikuti urutan nomor atom. Anomali P  $\rightarrow$  S adalah pasangan dari N  $\rightarrow$  O di periode 2.

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Aturan Slater • gaya olimpiade • 08-6-02

Hitung muatan inti efektif yang dirasakan sebuah elektron 2p pada atom oksigen ( $Z = 8, 1s^2 2s^2 2p^4$ ) menurut aturan Slater (elektron lain dalam kelompok 2s,2p menyumbang 0,35; elektron 1s menyumbang 0,85).

Jawaban: .....

**Kunci: 4,55**

**Pembahasan:** Elektron lain di kelompok (2s, 2p):  $2 + 4 - 1 = 5 \rightarrow 5 \times 0,35 = 1,75$ .

Elektron 1s (kulit  $n - 1$ ):  $2 \times 0,85 = 1,70$ .

$S = 3,45 \rightarrow Z_{ef} = 8 - 3,45 = 4,55$ .

Bandingkan dengan nitrogen (3,90) dan fluorin (5,20): naik 0,65 setiap langkah.

23. Lv 6 • Olimpiade • Pilihan ganda • Hubungan diagonal • gaya olimpiade • 08-6-03

Litium menunjukkan hubungan diagonal dengan magnesium. Bila pita litium dibakar di udara, selain oksida terbentuk pula senyawa dengan nitrogen. Rumus senyawa tersebut adalah ...

- A.  $\text{Li}_3\text{N}$
- B.  $\text{LiN}_3$
- C.  $\text{Li}_2\text{N}$
- D. Litium tidak bereaksi dengan nitrogen.

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Seperti magnesium ( $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$ ), litium bereaksi langsung dengan nitrogen:

$6\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}$ . Litium membentuk  $\text{Li}^+$  dan nitrogen membentuk  $\text{N}^{3-}$ , sehingga rumusnya  $\text{Li}_3\text{N}$ .  $\text{LiN}_3$  (litium azida) memang ada, tetapi tidak terbentuk dari pembakaran di udara. Logam alkali lain tidak bereaksi langsung dengan  $\text{N}_2$  pada kondisi biasa.

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Energi ionisasi dan foton • gaya olimpiade • 08-6-04

Energi ionisasi pertama kalium adalah 419 kJ/mol. Hitung panjang gelombang terpanjang (dalam nm) foton yang mampu mengionisasi satu atom kalium berwujud gas. ( $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ;  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )

Jawaban: ..... nm

**Kunci: 285,5 nm**

**Pembahasan:** Energi per atom:  $E = \frac{419 \times 10^3}{6,022 \times 10^{23}} = 6,958 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 2,998 \times 10^8}{6,958 \times 10^{-19}} = 2,855 \times 10^{-7} \text{ m} \approx 285,5 \text{ nm}$ .

Foton dengan panjang gelombang lebih pendek (energi lebih besar) juga bisa mengionisasi. 285 nm termasuk sinar ultraviolet: cahaya tampak tidak cukup kuat untuk mengionisasi atom kalium.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Logam alkali • 09-1-01

Logam manakah yang harus disimpan di dalam minyak parafin karena cepat bereaksi dengan udara dan air?

- |            |            |
|------------|------------|
| A. Besi    | C. Tembaga |
| B. Natrium | D. Emas    |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Natrium adalah logam alkali yang sangat reaktif. Bila dibiarkan di udara, permukaannya langsung kusam karena bereaksi dengan oksigen dan uap air. Minyak parafin menghalangi kontak itu. Besi, tembaga, dan emas jauh kurang reaktif.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Gas mulia • 09-1-02

Gas apa yang paling aman untuk mengisi balon pesta yang melayang?

- |             |           |
|-------------|-----------|
| A. Hidrogen | C. Klorin |
| B. Oksigen  | D. Helium |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Helium adalah gas mulia: sangat ringan dan tidak terbakar. Hidrogen juga ringan, tetapi mudah terbakar dan bisa meledak. Oksigen tidak membuat balon melayang, dan klorin gas beracun.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Tambang Nusantara • 09-1-03

Daerah di Indonesia yang terkenal sebagai penghasil timah adalah ...

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| A. Papua            | C. Bangka Belitung |
| B. Kalimantan Barat | D. Jawa Timur      |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Timah ditambang dari pasir kasiterit ( $\text{SnO}_2$ ) di Bangka Belitung. Papua terkenal dengan tembaga dan emas (Grasberg), Kalimantan Barat dengan bauksit, dan Jawa Timur dengan belerang Kawah Ijen.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Lambang unsur • 09-1-04

Indonesia memiliki cadangan nikel terbesar di dunia. Tuliskan lambang unsur nikel.

Jawaban: .....

**Kunci: Ni**

**Pembahasan:** Lambang nikel adalah Ni (huruf N besar, i kecil). Jangan tertukar dengan N (nitrogen) atau NI (tidak ada unsur seperti itu).

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Kadar logam • 09-2-01

Hitung kadar (persen massa) besi dalam hematit murni,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . (Ar Fe = 56, O = 16)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 70 %**

**Pembahasan:**  $M_r \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2(56) + 3(16) = 160$ .

Kadar Fe =  $\frac{2 \times 56}{160} \times 100\% = 70\%$ .

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Mineral bijih • 09-2-02

Mineral kasiterit dari Bangka adalah timah(IV) oksida. Tuliskan rumus kimianya.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{SnO}_2$**

**Pembahasan:** Timah(IV) berarti Sn bermuatan +4, oksida bermuatan -2. Agar netral, dibutuhkan 2 ion oksida untuk setiap Sn:  $\text{SnO}_2$ .

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Pendesakan halogen • 09-2-03

Campuran manakah yang menghasilkan reaksi pendesakan?

A.  $\text{Cl}_2$  + larutan KI

C.  $\text{I}_2$  + larutan KBr

B.  $\text{Br}_2$  + larutan KCl

D.  $\text{I}_2$  + larutan KCl

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Halogen yang lebih atas di golongan 17 mendesak ion halida yang lebih bawah. Klorin di atas iodin, jadi  $\text{Cl}_2 + 2 \text{KI} \rightarrow 2 \text{KCl} + \text{I}_2$  (larutan menjadi coklat). Pilihan lain mencoba mendesak halogen yang lebih atas, jadi tidak bereaksi.

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Logam alkali dan air • 09-2-04

Sebanyak 4,6 g natrium bereaksi sempurna dengan air:  $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$ . Berapa liter gas hidrogen yang terbentuk pada suhu kamar (1 mol gas = 24 L)? (Ar Na = 23)

Jawaban: ..... L

**Kunci: 2,4 L**

**Pembahasan:**  $n_{\text{Na}} = 4,6/23 = 0,20 \text{ mol}$ .

Perbandingan Na :  $\text{H}_2$  = 2 : 1, jadi  $n_{\text{H}_2} = 0,10 \text{ mol}$ .

$V = 0,10 \times 24 = 2,4 \text{ L}$ . Inilah sebabnya natrium hanya boleh diperagakan dalam potongan sangat kecil.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Elektrolisis alumina • 09-3-01

Berapa ton aluminium paling banyak yang dapat diperoleh dari 51 ton alumina murni,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ? (Ar Al = 27, O = 16)

Jawaban: ..... ton

**Kunci: 27 ton**

**Pembahasan:**  $M_r \text{Al}_2\text{O}_3 = 2(27) + 3(16) = 102$ .

Bagian massa Al =  $54/102$ .

Massa Al =  $51 \times \frac{54}{102} = 27$  ton. Tepat separuhnya lebih sedikit, karena  $102 = 2 \times 51$ .

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Oksida periode 3 • 09-3-02

Oksida unsur periode 3 yang dapat bereaksi dengan asam klorida **maupun** dengan larutan natrium hidroksida adalah ...

A.  $\text{Al}_2\text{O}_3$

C.  $\text{SiO}_2$

B.  $\text{MgO}$

D.  $\text{P}_4\text{O}_{10}$

**Kunci: A**

**Pembahasan:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bersifat amfoter:  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  dan

$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ .  $\text{MgO}$  hanya bereaksi dengan asam (oksida basa), sedangkan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  hanya bereaksi dengan basa (oksida asam).

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Pendesak logam • 09-3-03

Lempeng seng dicelupkan ke larutan tembaga(II) sulfat sampai warna birunya hilang. Tuliskan rumus garam yang kini terlarut dalam larutan.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{ZnSO}_4$**

**Pembahasan:**  $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$ . Seng lebih reaktif sehingga mendesak tembaga. Ion  $\text{SO}_4^{2-}$  tetap di larutan bersama ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang tak berwarna, jadi garamnya seng sulfat.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Pengolahan nikel • 09-3-04

Sebuah smelter mengolah 2.500 kg bijih saprolit dari Sulawesi yang berkadar nikel 2,2%. Rendemen prosesnya 85%. Berapa kilogram nikel yang diperoleh?

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 46,75 kg**

**Pembahasan:** Nikel dalam bijih =  $2500 \times 0,022 = 55$  kg.

Yang berhasil diambil =  $55 \times 0,85 = 46,75$  kg.

Lebih dari 2,4 ton sisanya menjadi terak: itulah tantangan bijih kadar rendah.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Tanur tinggi • gaya IGCSE • 09-4-01

Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) diolah di dalam tanur tinggi bersama kokas dan batu kapur.

- Nyatakan** dua peran kokas di dalam tanur.
- Tuliskan** persamaan reaksi reduksi hematit oleh karbon monoksida, lalu **nyatakan** zat yang tereduksi.
- Jelaskan**, dengan dua persamaan reaksi, bagaimana batu kapur menyingkirkan pengotor pasir ( $\text{SiO}_2$ ).
- Sarankan** satu alasan mengapa besi dari tanur diolah lagi menjadi baja.

**Kunci/rubrik:** (a) Sebagai bahan bakar:  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$  melepaskan panas [1]; sebagai sumber reduktor:  $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$  [1].

(b)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$  [1]; besi(III) oksida ( $\text{Fe} +3 \rightarrow 0$ ) yang tereduksi [1].

(c)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  [1];  $\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3$  [1]; terak cair mengapung di atas besi cair dan dikeluarkan terpisah [1].

(d) Besi kasar mengandung  $\pm 4\%$  karbon sehingga rapuh; sebagian karbon dibakar dengan oksigen agar baja lebih kuat dan liat [1].

**Pembahasan:** Ingat urutan reaksi di tanur: kokas terbakar  $\rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} \rightarrow$  reduksi bijih. Batu kapur bukan reduktor; tugasnya membentuk terak. CO adalah zat yang teroksidasi ( $\text{C}: +2 \rightarrow +4$ ).

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji ion halida • gaya IGCSE • 09-4-02

A colourless solution is acidified with dilute nitric acid, then aqueous silver nitrate is added. A **cream** precipitate forms. Ion halida apa yang ada dalam larutan?

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| A. $\text{Cl}^-$ | C. $\text{I}^-$ |
| B. $\text{Br}^-$ | D. $\text{F}^-$ |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Dengan perak nitrat: AgCl putih, AgBr krem, AgI kuning. Perak fluorida larut sehingga tidak mengendap. Endapan krem menunjukkan  $\text{Br}^-$ :  $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{AgBr} \downarrow$ .

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Logam dan asam • gaya IGCSE • 09-4-03

Sebanyak 0,24 g pita magnesium bereaksi dengan asam klorida encer berlebih:

$\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ . **Hitung** volume gas hidrogen yang terbentuk dalam  $\text{cm}^3$  pada suhu dan tekanan kamar ( $1 \text{ mol gas} = 24 \text{ dm}^3$ ). ( $\text{Ar Mg} = 24$ )

Jawaban: .....  $\text{cm}^3$

**Kunci: 240  $\text{cm}^3$**

**Pembahasan:**  $n_{\text{Mg}} = 0,24/24 = 0,010 \text{ mol}$ .

$\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ , jadi  $n_{\text{H}_2} = 0,010 \text{ mol}$ .

$V = 0,010 \times 24\,000 = 240 \text{ cm}^3$ .

Logam X dapat mendesak tembaga dari larutan tembaga(II) sulfat, tetapi tidak dapat mendesak seng dari larutan seng sulfat. **Deduksikan** logam X.

- A. perak  
B. magnesium  
C. emas  
D. besi

**Kunci: D**

**Pembahasan:** X harus lebih reaktif daripada Cu tetapi kurang reaktif daripada Zn, jadi letaknya di antara Zn dan Cu dalam deret keaktifan: besi cocok ( $Zn > Fe > Cu$ ). Magnesium mendesak keduanya; perak dan emas tidak mendesak keduanya.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

- (a) Tuliskan persamaan reaksi natrium oksida dan belerang trioksida dengan air, lalu perkirakan pH masing-masing larutan.  
(b) Aluminium oksida disebut amfoter. Jelaskan artinya dan tuliskan dua persamaan reaksi yang mendukungnya.  
(c) Jelaskan, berdasarkan jenis ikatan dan keelektronegatifan, mengapa sifat oksida periode 3 berubah dari basa menjadi asam dari kiri ke kanan.

**Kunci/rubrik:** (a)  $Na_2O + H_2O \rightarrow 2 NaOH$ , pH  $\pm 13-14$  [1];  $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ , pH  $\pm 0-1$  [1].

(b) Amfoter = dapat bereaksi sebagai basa dengan asam dan sebagai asam dengan basa [1];

$Al_2O_3 + 6 HCl \rightarrow 2 AlCl_3 + 3 H_2O$  [1];  $Al_2O_3 + 2 NaOH + 3 H_2O \rightarrow 2 Na[Al(OH)_4]$  [1].

(c) Selisih keelektronegatifan unsur dengan O mengecil dari Na ke Cl [1]; oksida Na/Mg ionik berisi ion  $O^{2-}$  yang menerima  $H^+$  dari air sehingga membentuk  $OH^-$  [1]; oksida nonlogam kovalen bereaksi dengan air membentuk asam okso yang melepas  $H^+$  [1].

**Pembahasan:** Pola ini sering diuji bersama tren biloks: biloks tertinggi naik dari +1 (Na) sampai +7 (Cl), sejalan dengan jumlah elektron valensi.

Satu sel Hall-Héroult dialiri arus 150 kA selama 24 jam dengan efisiensi arus 95%. Hitung massa aluminium yang dihasilkan dalam kilogram. ( $F = 96\,485\text{ C/mol}$ ; Ar Al = 27)

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 1.148 kg**

**Pembahasan:**  $Q = 150\,000 \times 24 \times 3600 = 1,296 \times 10^{10}\text{ C}$ ; efektif  $0,95Q = 1,231 \times 10^{10}\text{ C}$ .

$n_{e^-} = 1,231 \times 10^{10} / 96\,485 = 1,276 \times 10^5\text{ mol}$ .

$n_{Al} = n_{e^-} / 3 = 4,25 \times 10^4\text{ mol} \rightarrow m = 4,25 \times 10^4 \times 27 = 1,15 \times 10^6\text{ g} \approx 1148\text{ kg}$ . Lebih dari satu ton sehari dari satu sel!

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Ion kompleks • gaya IB • 09-5-03

Amonia berlebih ditambahkan ke larutan tembaga(II) sulfat sehingga terbentuk ion biru tua  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ . Berapakah bilangan koordinasi tembaga dalam ion ini?

- A. 4  
B. 2  
C. 6  
D. 8

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Bilangan koordinasi = jumlah atom donor yang terikat ke ion pusat: 4 atom N (dari  $\text{NH}_3$ ) + 2 atom O (dari  $\text{H}_2\text{O}$ ) = 6. Bentuknya oktahedral terdistorsi. Jawaban 4 hanya menghitung ligan amonia.

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Warna kompleks • gaya IB • 09-5-04

Ion  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  yang berwarna ungu menyerap cahaya paling kuat pada 500 nm. Hitung pembelahan medan kristal  $\Delta_o$  dalam kJ/mol. ( $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J s;  $c = 2,998 \times 10^8$  m/s;  $N_A = 6,022 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>)

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 239,3 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $E_{\text{foton}} = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 2,998 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}} = 3,973 \times 10^{-19}$  J.  
 $\Delta_o = 3,973 \times 10^{-19} \times 6,022 \times 10^{23} = 2,393 \times 10^5$  J/mol = 239,3 kJ/mol.  
 $\text{Ti}^{3+}$  ( $d^1$ ) menyerap cahaya hijau, sehingga tampak ungu (warna komplemen).

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Analisis paduan • gaya olimpiade • 09-6-01

Sebanyak 5,00 g serpihan perunggu gamelan (paduan Cu-Sn) dilarutkan dalam asam nitrat pekat. Tembaga larut sebagai  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , sedangkan timah tertinggal sebagai endapan asam metastanat yang setelah dipijarkan menjadi 1,46 g  $\text{SnO}_2$  murni. Hitung persen massa timah dalam perunggu itu. (Ar Sn = 119, O = 16)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 23 %**

**Pembahasan:**  $M_r \text{SnO}_2 = 119 + 32 = 151$ .  
Massa Sn =  $1,46 \times \frac{119}{151} = 1,151$  g.  
% Sn =  $1,151/5,00 \times 100\% = 23,0\%$ .  
Cocok dengan perunggu gamelan tradisional (tembaga : timah  $\pm 10 : 3$ ).

22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Menentukan identitas logam • gaya olimpiade • 09-6-02

Logam M membentuk ion  $M^{2+}$ . Sebanyak 1,30 g M dimasukkan ke larutan tembaga(II) sulfat berlebih dan menghasilkan 1,27 g tembaga. Logam M yang sama larut dalam larutan natrium hidroksida pekat sambil membebaskan gas. (Ar Cu = 63,5;  $E^\circ$ :  $Mg^{2+}/Mg$  -2,37 V,  $Zn^{2+}/Zn$  -0,76 V)

- Tentukan Ar M dan identitasnya.
- Tuliskan persamaan ion reaksi pendesaknya.
- Tuliskan persamaan reaksi M dengan larutan NaOH, dan nyatakan sifat M yang ditunjukkannya.
- Dapatkan M mendesak magnesium dari larutan  $MgSO_4$ ? Buktikan dengan  $E_{sel}^\circ$ .

**Kunci/rubrik:** (a)  $n_{Cu} = 1,27/63,5 = 0,0200$  mol;  $M + Cu^{2+} \rightarrow M^{2+} + Cu$  berbanding 1 : 1, jadi  $n_M = 0,0200$  mol [1]; Ar =  $1,30/0,0200 = 65 \rightarrow$  seng, Zn [1].

(b)  $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$  [1].

(c)  $Zn + 2 NaOH + 2 H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2$  [1]; seng bersifat amfoter (bereaksi dengan asam maupun basa) [1].

(d)  $E_{sel}^\circ = -2,37 - (-0,76) = -1,61$  V < 0, jadi tidak bereaksi; Zn kurang reaktif daripada Mg [1].

**Pembahasan:** Kunci olimpiade: ubah massa endapan menjadi mol, manfaatkan perbandingan muatan yang sama (2+ dan 2+), lalu cek kandidat dengan sifat kimia tambahan (amfoter). Cek balik:  $0,0200$  mol  $\times$  65 = 1,30 g ✓.

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Stoikiometri anode • gaya olimpiade • 09-6-03

Dalam sel Hall-Héroult, oksigen dari alumina bereaksi dengan anode karbon. Gas anode ternyata berisi  $CO_2$  dan CO dengan perbandingan mol 4 : 1. Berapa kilogram karbon anode yang habis untuk menghasilkan 1,00 ton aluminium? (Ar Al = 27, C = 12; anggap semua oksigen dari  $Al_2O_3$  keluar sebagai  $CO_2$  dan CO)

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 370,4 kg**

**Pembahasan:** Per 4 mol Al dilepaskan 6 mol atom O. Gas:  $4y CO_2 + y CO$ , atom O =  $8y + y = 9y = 6 \rightarrow y = 2/3$ . Karbon =  $5y = 10/3$  mol per 4 mol Al.

$$n_{Al} = 10^6/27 = 3,704 \times 10^4 \text{ mol} \rightarrow n_C = 3,704 \times 10^4 \times \frac{10/3}{4} = 3,086 \times 10^4 \text{ mol.}$$

$$m_C = 3,086 \times 10^4 \times 12 = 3,70 \times 10^5 \text{ g} \approx 370 \text{ kg.}$$

Bila semuanya  $CO_2$ , hanya 333 kg; adanya CO menambah pemakaian karbon.

- (a) Tuliskan konfigurasi elektron ion  $\text{Ni}^{2+}$  ( $Z \text{ Ni} = 28$ ).
- (b) Ion  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$  berbentuk tetrahedral dan bersifat paramagnetik, sedangkan  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  berbentuk segi empat datar dan diamagnetik. Jelaskan perbedaan ini dengan pengisian orbital d, dan tentukan jumlah elektron tak berpasangan pada masing-masing ion.
- (c) Senyawa segi empat datar  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  memiliki dua isomer, salah satunya obat kanker sisplatin. Jelaskan kedua isomer itu, lalu jelaskan mengapa senyawa tetrahedral  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  tidak memiliki isomer serupa.

**Kunci/rubrik:** (a) Ni:  $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$ ; elektron 4s dilepas lebih dulu sehingga  $\text{Ni}^{2+}$ :  $[\text{Ar}] 3d^8$  [1].

(b) Tetrahedral: orbital d terbelah kecil menjadi e (2 orbital, bawah) dan  $t_2$  (3 orbital, atas); 8 elektron  $\rightarrow e^4 t_2^4$ , ada 2 elektron tak berpasangan  $\rightarrow$  paramagnetik [2]. Segi empat datar dengan ligan medan kuat  $\text{CN}^-$ : orbital  $d_{x^2-y^2}$  jauh lebih tinggi; 8 elektron berpasangan mengisi 4 orbital bawah  $\rightarrow$  0 elektron tak berpasangan  $\rightarrow$  diamagnetik [2].

(c) Isomer cis: kedua Cl bersebelahan (sudut Cl–Pt–Cl  $90^\circ$ ), inilah sisplatin; isomer trans: kedua Cl berseberangan ( $180^\circ$ ) [2]. Pada tetrahedral, setiap posisi bersebelahan dengan tiga posisi lain (semua sudut  $\pm 109,5^\circ$ ), jadi hanya ada satu susunan [1].

**Pembahasan:** Bentuk geometri menentukan pola pembelahan orbital d, dan pola itu menentukan sifat magnet. Momen magnet spin saja untuk 2 elektron tak berpasangan:  $\sqrt{2(2+2)} = 2,83$  magneton Bohr. Isomer cis–trans adalah alasan mengapa hanya satu bentuk  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  yang ampuh melawan kanker.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Kestabilan gas mulia • 10-1-01

Gas mulia seperti neon dan argon hampir tidak pernah bereaksi karena ...

- A. kulit elektron terluarnya sudah penuh
- B. atomnya sangat berat
- C. atomnya tidak memiliki elektron
- D. selalu berwujud padat pada suhu kamar

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Kulit terluar gas mulia sudah penuh: 2 elektron untuk helium, 8 elektron (oktet) untuk neon, argon, dan seterusnya. Susunan ini sangat stabil sehingga gas mulia tidak perlu melepas, menerima, atau berbagi elektron. Gas mulia justru ringan dan berwujud gas pada suhu kamar.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pembentukan ion • 10-1-02

Atom natrium (susunan elektron 2.8.1) mencapai susunan elektron seperti gas mulia dengan cara ...

- A. menerima 7 elektron sehingga menjadi  $\text{Na}^{7-}$
- B. melepas 1 elektron sehingga menjadi  $\text{Na}^{+}$
- C. melepas 1 elektron sehingga menjadi  $\text{Na}^{-}$
- D. menerima 1 elektron sehingga menjadi  $\text{Na}^{+}$

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Jalan terpendek bagi natrium adalah melepas 1 elektron valensinya. Susunannya menjadi 2.8 (seperti neon). Karena kehilangan satu partikel negatif, natrium menjadi bermuatan +1, yaitu  $\text{Na}^{+}$ . Melepas elektron selalu menghasilkan ion positif, bukan negatif.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Contoh senyawa ion • 10-1-03

Manakah yang tergolong senyawa ion?

- |                                                          |                                   |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| A. air, $\text{H}_2\text{O}$                             | C. garam dapur, $\text{NaCl}$     |
| B. gula pasir, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ | D. karbon dioksida, $\text{CO}_2$ |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Senyawa ion umumnya terbentuk antara logam dan nonlogam. Natrium (logam) dan klorin (nonlogam) membentuk ion  $\text{Na}^{+}$  dan  $\text{Cl}^{-}$ . Air, gula, dan karbon dioksida tersusun hanya dari nonlogam, sehingga berupa molekul dengan ikatan kovalen (Bab 11).

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Muatan ion dari golongan • 10-1-04

Kalsium terletak di golongan 2 tabel periodik. Tuliskan lambang ion yang dibentuk kalsium. (Contoh cara menulis:  $\text{Na}^{+}$ )

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{Ca}^{2+}$** 

**Pembahasan:** Unsur golongan 2 punya 2 elektron valensi. Kalsium melepas keduanya sehingga susunannya menjadi 2.8.8 (seperti argon) dan muatannya +2:  $\text{Ca}^{2+}$ .

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Rumus dari muatan ion • 10-2-01

Tuliskan rumus senyawa ion yang terbentuk dari ion  $\text{Al}^{3+}$  dan ion  $\text{O}^{2-}$ .

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$ **Pembahasan:** Silang muatan: muatan 3 menjadi indeks O, muatan 2 menjadi indeks Al, sehingga diperoleh  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .Cek:  $2 \times (+3) + 3 \times (-2) = +6 - 6 = 0$  ✓.

6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Ion isoelektronik • 10-2-02

Ion  $\text{Mg}^{2+}$  (nomor atom Mg = 12) memiliki susunan elektron yang sama dengan gas mulia ...

A. helium

C. argon

B. neon

D. krypton

**Kunci:** B**Pembahasan:** Atom Mg punya 12 elektron (2.8.2). Ion  $\text{Mg}^{2+}$  kehilangan 2 elektron sehingga tinggal 10 elektron (2.8), sama dengan neon (Z = 10). Keduanya isoelektronik.

7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Jumlah elektron yang berpindah • 10-2-03

Berapa elektron yang berpindah dari atom-atom aluminium ke atom-atom oksigen untuk membentuk satu satuan rumus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ?

Jawaban: ..... elektron

**Kunci:** 6 elektron**Pembahasan:** Setiap atom Al melepas 3 elektron dan ada 2 atom Al:  $2 \times 3 = 6$  elektron.Cek dari sisi oksigen: setiap atom O menerima 2 elektron dan ada 3 atom O:  $3 \times 2 = 6$  elektron ✓. Jumlah elektron yang dilepas selalu sama dengan yang diterima.

8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Daya hantar senyawa ion • 10-2-04

Kristal garam tidak menghantarkan listrik, tetapi air garam menghantarkan listrik. Penyebabnya adalah ...

A. di dalam air garam terbentuk elektron bebas seperti pada logam

B. air garam bersuhu lebih tinggi daripada kristal garam

C. kristal garam sama sekali tidak mengandung ion

D. di dalam air garam ion-ionnya bebas bergerak

**Kunci:** D**Pembahasan:** Kristal garam sudah tersusun dari ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ , tetapi ion-ion itu terkunci di kisi. Setelah larut, ion-ion terpisah dan bebas bergerak menuju elektrode sehingga muatan dapat mengalir. Di dalam larutan yang bergerak adalah ion, bukan elektron bebas.

9. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Rumus dengan ion poliatom • 10-3-01

Pupuk ZA yang banyak dipakai petani padi adalah amonium sulfat. Tuliskan rumus kimianya.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

**Pembahasan:** Muatan  $-2$  pada sulfat dinetralkan oleh dua ion amonium  $(+1)$ :  $2(+1) + (-2) = 0$ .

Amonium muncul dua kali sehingga diberi kurung:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Menulis  $\text{NH}_4\text{SO}_4$  atau  $\text{N}_2\text{H}_8\text{SO}_4$  keliru karena menyembunyikan ion amoniumnya.

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Jumlah atom dalam satuan rumus • 10-3-02

Kalsium fosfat terbentuk dari ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{PO}_4^{3-}$ . Berapa jumlah atom total dalam satu satuan rumus kalsium fosfat?

Jawaban: ..... atom

**Kunci:** 13 atom

**Pembahasan:** Silang muatan: 3 ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan 2 ion  $\text{PO}_4^{3-}$ , jadi rumusnya  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Cek:  $3(+2) + 2(-3) = 0$ .

Atom:  $\text{Ca} = 3$ ,  $\text{P} = 2 \times 1 = 2$ ,  $\text{O} = 2 \times 4 = 8$ . Total  $= 3 + 2 + 8 = 13$  atom (dalam 5 ion).

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Meramalkan rumus dan jenis ikatan • 10-3-03

Unsur X bernomor atom 20 dan unsur Y bernomor atom 9. Rumus senyawa dan jenis ikatan yang terbentuk antara X dan Y adalah ...

A.  $\text{XY}_2$ , ikatan ion

C.  $\text{X}_2\text{Y}$ , ikatan kovalen

B.  $\text{XY}$ , ikatan ion

D.  $\text{XY}_2$ , ikatan kovalen

**Kunci:** A

**Pembahasan:** X: 2.8.8.2 (golongan 2, logam) melepas 2 elektron  $\rightarrow \text{X}^{2+}$ .

Y: 2.7 (golongan 17, nonlogam) menerima 1 elektron  $\rightarrow \text{Y}^-$ .

Supaya netral dibutuhkan dua  $\text{Y}^-$  untuk satu  $\text{X}^{2+}$ :  $\text{XY}_2$ . Logam + nonlogam  $\rightarrow$  ikatan ion. (X = kalsium, Y = fluorin; senyawanya  $\text{CaF}_2$ , mineral fluorit.)

12. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Rumus dengan ion poliatom • 10-3-04

Instalasi pengolahan air minum menjernihkan air sungai dengan aluminium sulfat. Tuliskan rumus kimia aluminium sulfat.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

**Pembahasan:** Silang muatan  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ : 2 Al dan 3  $\text{SO}_4$ .

Cek:  $2(+3) + 3(-2) = 0$  ✓. Sulfat adalah ion poliatom yang muncul tiga kali, jadi ditulis  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Diagram titik-silang dan sifat senyawa ion • gaya IGCSE • 10-4-01

Magnesium reacts with oxygen to form magnesium oxide,  $\text{MgO}$ .

- (a) **Draw** a dot-and-cross diagram for magnesium oxide. Show outer-shell electrons only and the charges on the ions. (Gambarkan diagram titik-silangnya.)
- (b) **Explain** why magnesium oxide has a very high melting point.
- (c) **Explain** why magnesium oxide conducts electricity when molten but not when solid.

**Kunci/rubrik:** (a) Ion magnesium digambar dalam kurung siku dengan muatan  $2+$  dan kulit terluar tanpa elektron (atau kulit kedua berisi 8 elektron) [1]; ion oksida berisi 8 elektron di kulit terluar: 6 milik oksigen ( $\times$ ) dan 2 dari magnesium ( $\bullet$ ) [1]; muatan  $2-$  tertulis di luar kurung siku [1]

(b)  $\text{MgO}$  berstruktur kisi ion raksasa [1]; ada gaya tarik elektrostatis yang kuat antara ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{O}^{2-}$  yang bermuatan berlawanan (muatan ganda) [1]; dibutuhkan energi yang sangat besar untuk mengatasi gaya tarik itu [1]

(c) Saat padat, ion-ion terkunci di kisi dan tidak dapat bergerak [1]; saat meleleh, ion-ion bebas bergerak sehingga dapat membawa muatan [1]

**Pembahasan:** Kesalahan umum: menulis "elektron bebas bergerak" pada senyawa ion leleh. Yang bergerak adalah **ion**, bukan elektron. Kesalahan lain: menyebut "ikatan antarmolekul lemah";  $\text{MgO}$  tidak memiliki molekul.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Daya hantar zat • gaya IGCSE • 10-4-02

Which substance conducts electricity when molten but **not** when solid?

- A. copper (tembaga) C. sodium chloride (natrium klorida)
- B. sulfur (belerang) D. diamond (intan)

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Tembaga menghantarkan listrik baik padat maupun cair (elektron bebas). Belerang (molekul) dan intan (kisi kovalen) tidak menghantarkan dalam keadaan apa pun yang biasa. Natrium klorida adalah senyawa ion: ionnya terkunci saat padat, tetapi bebas bergerak saat leleh.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian rumus/nama • Rumus dengan ion poliatom • gaya IGCSE • 10-4-03

The formula of the nitrate ion is  $\text{NO}_3^-$  and the formula of the calcium ion is  $\text{Ca}^{2+}$ . **Deduce** the formula of calcium nitrate.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

**Pembahasan:** Satu ion  $\text{Ca}^{2+}$  (+2) membutuhkan dua ion  $\text{NO}_3^-$  (–1 masing-masing). Ion nitrat muncul dua kali sehingga diberi kurung:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .  $\text{CaNO}_3$  dan  $\text{Ca}_2\text{NO}_6$  tidak diterima.

## 16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Partikel dalam ion • gaya IGCSE • 10-4-04

An ion  $\text{X}^{3+}$  contains 10 electrons. **State** the number of protons in an atom of X. (Nyatakan jumlah proton dalam atom X.)

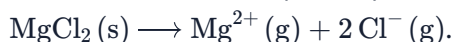
Jawaban: ..... proton

**Kunci: 13 proton**

**Pembahasan:** Ion bermuatan  $+3$  punya 3 elektron lebih sedikit daripada protonnya. Atom X semula punya  $10 + 3 = 13$  elektron, dan atom netral memiliki proton sebanyak elektronnya: 13 proton. X adalah aluminium.

## 17. Lv 5 • IB DP • Isian • Siklus Born-Haber • gaya IB • 10-5-01

Gunakan data berikut (kJ/mol) untuk menghitung entalpi kisi magnesium klorida bagi proses



Entalpi pembentukan standar  $\text{MgCl}_2(\text{s}) = -641$ ; atomisasi  $\text{Mg} = +148$ ; energi ionisasi pertama  $\text{Mg} = +738$ ; energi ionisasi kedua  $\text{Mg} = +1451$ ; atomisasi  $\text{Cl}$  (per mol atom  $\text{Cl}$ ) =  $+122$ ; afinitas elektron pertama  $\text{Cl} = -349$ .

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 2.524 kJ/mol**

**Pembahasan:** Ion gas di atas unsur:  $148 + 738 + 1451 + 2(122) + 2(-349) = +1883$  kJ/mol.

Hukum Hess untuk pembentukan kisi:  $\Delta H_f = 1883 + U \rightarrow U = -641 - 1883 = -2524$  kJ/mol.

Proses yang diminta adalah pemecahan kisi (kebalikannya), jadi entalpi kisinya  $+2524$  kJ/mol. Nilai ini lebih dari tiga kali  $\text{NaCl}$  (787) karena muatan  $\text{Mg}^{2+}$  yang ganda dan ukurannya yang kecil.

## 18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Faktor yang memengaruhi energi kisi • gaya IB • 10-5-02

(a) Entalpi kisi  $\text{NaF}$  dan  $\text{MgO}$  berturut-turut sekitar 930 dan 3.800 kJ/mol, padahal keempat ionnya isoelektronik dengan neon. Jelaskan perbedaan yang besar ini.

(b) Urutkan entalpi kisi  $\text{NaF}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaBr}$ , dan  $\text{NaI}$  dari yang terbesar, lalu jelaskan urutannya.

(c) Untuk  $\text{AgI}$ , entalpi kisi dari siklus Born-Haber jauh lebih besar daripada nilai hitungan model ion murni, sedangkan untuk  $\text{NaI}$  kedua nilai hampir sama. Jelaskan.

**Kunci/rubrik:** (a) Hasil kali muatan  $\text{MgO}$  ( $2 \times 2 = 4$ ) empat kali  $\text{NaF}$  ( $1 \times 1$ ) [1]; ion  $\text{Mg}^{2+}$  lebih kecil daripada  $\text{Na}^{+}$  dan jarak antarinti  $\text{MgO}$  sedikit lebih pendek [1]; gaya tarik elektrostatis (sebanding dengan  $q_+q_-/r$ ) jauh lebih besar sehingga entalpi kisi lebih besar [1]

(b)  $\text{NaF} > \text{NaCl} > \text{NaBr} > \text{NaI}$  [1]; jari-jari anion bertambah dari  $\text{F}^{-}$  ke  $\text{I}^{-}$  sehingga jarak antarinti bertambah dan tarikan melemah [1]

(c) Ion  $\text{Ag}^{+}$  (susunan  $d^{10}$ , bukan gas mulia) memiliki daya polarisasi besar, sedangkan  $\text{I}^{-}$  besar dan mudah dipolarisasi [1]; ikatan  $\text{AgI}$  memperoleh karakter kovalen yang menambah kekuatan kisi tetapi tidak diperhitungkan model ion murni [1];  $\text{Na}^{+}$  daya polarisasinya kecil sehingga  $\text{NaI}$  hampir ion murni [1]

**Pembahasan:** Selisih antara entalpi kisi percobaan (Born-Haber) dan teori (model ion) adalah ukuran karakter kovalen. Ini menghubungkan Bab 10 (ion) dengan Bab 11 (kovalen): ikatan adalah sebuah spektrum.

## 19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Aturan Fajans • gaya IB • 10-5-03

Ion manakah yang memiliki daya polarisasi paling besar?

A.  $\text{K}^{+}$

C.  $\text{Mg}^{2+}$

B.  $\text{Na}^{+}$

D.  $\text{Al}^{3+}$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Daya polarisasi bergantung pada rapat muatan: muatan besar dan ukuran kecil.  $\text{Al}^{3+}$  bermuatan +3 dan paling kecil ( $\pm 54$  pm) di antara pilihan, sehingga paling kuat menarik awan elektron anion. Itulah sebabnya aluminium klorida banyak bersifat kovalen.

Dalam siklus Born–Haber, perubahan entalpi manakah yang bernilai positif (endoterm)?

- A. Afinitas elektron pertama klorin
- B. Afinitas elektron kedua oksigen
- C. Entalpi pembentukan standar NaCl(s)
- D. Pembentukan NaCl(s) dari ion-ion gasnya

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Afinitas elektron kedua oksigen,  $O^-(g) + e^- \rightarrow O^{2-}(g)$ , bernilai positif (sekitar +800 kJ/mol) karena elektron dimasukkan ke ion yang sudah bermuatan negatif sehingga terjadi tolakan. Afinitas elektron pertama Cl, entalpi pembentukan NaCl, dan pembentukan kisi dari ion gas semuanya eksoterm.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHO

21. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Mengapa MgCl tidak ada? • gaya olimpiade • 10-6-01

Bayangkan senyawa hipotetis MgCl yang berisi ion  $Mg^+$ . Data (kJ/mol): atomisasi Mg = +148; energi ionisasi pertama Mg = +738; atomisasi Cl = +122; afinitas elektron Cl = -349; perkiraan energi kisi MgCl (arah pembentukan, dengan menganggap  $Mg^+$  seukuran  $Na^+$ ) = -753; entalpi pembentukan  $MgCl_2(s)$  = -641.

- (a) Hitung entalpi pembentukan MgCl(s).
- (b) Hitung perubahan entalpi reaksi  $2MgCl(s) \rightarrow Mg(s) + MgCl_2(s)$ .
- (c) Jelaskan mengapa MgCl tidak pernah ditemukan walaupun pembentukannya dari unsur-unsurnya eksoterm.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\Delta H_f(MgCl) = 148 + 738 + 122 - 349 - 753 = -94$  kJ/mol [2]

(b)  $\Delta H = \Delta H_f(MgCl_2) - 2\Delta H_f(MgCl) = -641 - 2(-94) = -453$  kJ [2]

(c) MgCl akan segera berdisproporsionasi menjadi Mg dan  $MgCl_2$  karena reaksi itu sangat eksoterm [1]; energi ionisasi kedua yang mahal (+1451) lebih dari dibayar oleh energi kisi  $MgCl_2$  yang jauh lebih besar akibat muatan +2 [1]

**Pembahasan:** Pelajaran pentingnya: kestabilan suatu senyawa harus dibandingkan dengan semua kemungkinan produk lain, bukan hanya dengan unsur-unsurnya. Jadi bukan "Mg ingin bermuatan +2", melainkan energi kisi  $MgCl_2$  yang sangat besar membuat jalur  $Mg^{2+}$  paling menguntungkan. (Perubahan entropi reaksi (b) kecil karena semua zatnya padat, sehingga kesimpulan dari  $\Delta H$  tetap berlaku.)

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian rumus/nama • Identifikasi senyawa ion • gaya olimpiade • 10-6-02

Padatan ion Z tersusun dari dua jenis ion saja. Semua ionnya isoelektronik dengan argon, dan satu satuan rumus Z berisi 3 ion. Sebanyak 1,11 g Z dilarutkan dalam air, lalu ditambah larutan  $AgNO_3$  berlebih sehingga terbentuk 2,87 g endapan putih. Tuliskan rumus Z. (Ar: K = 39, Ca = 40, S = 32, Cl = 35,5, Ag = 108)

Jawaban: .....

**Kunci:**  $CaCl_2$

**Pembahasan:** Ion dengan 18 elektron:  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $S^{2-}$  (juga  $Sc^{3+}$ ,  $P^{3-}$ ). Kombinasi dengan 3 ion:  $CaCl_2$  atau  $K_2S$ .

Endapan putih dengan  $Ag^+$  adalah  $AgCl$  (perak sulfida berwarna hitam), jadi anionnya  $Cl^-$ .

Cek kuantitatif: mol  $AgCl = 2,87/143,5 = 0,0200$  mol = mol  $Cl^-$ . Untuk  $CaCl_2$  (Mr 111):  $0,0100$  mol  $\times$  111 = 1,11 g ✓. Jadi Z =  $CaCl_2$ .

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian rumus/nama • Energi ionisasi dan rumus senyawa • gaya olimpiade • 10-6-03

Unsur X berada di periode 3. Energi ionisasi berturut-turutnya (kJ/mol): 738; 1451; 7733; 10541; 13630. X terbakar di udara dengan nyala putih menyilaukan dan menghasilkan campuran oksida dan nitrida. Tuliskan rumus nitrida X (gunakan lambang unsur yang sebenarnya).

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{Mg}_3\text{N}_2$

**Pembahasan:** Lonjakan besar terjadi antara energi ionisasi ke-2 (1451) dan ke-3 (7733): elektron ke-3 harus diambil dari kulit 2.8 yang penuh. Jadi X punya 2 elektron valensi (golongan 2), dan di periode 3 itu adalah magnesium,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Nitrogen (golongan 15) membentuk  $\text{N}^{3-}$ . Silang muatan:  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ . Cek:  $3(+2) + 2(-3) = 0$  ✓.

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Massa jenis dari sel satuan • gaya olimpiade • 10-6-04

Sel satuan natrium klorida berbentuk kubus dengan panjang rusuk 564 pm. Hitung massa jenis kristal NaCl (dalam  $\text{g/cm}^3$ ). ( $M_r \text{ NaCl} = 58,44$ ;  $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ ;  $1 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ cm}$ )

Jawaban: .....  $\text{g/cm}^3$

**Kunci:**  $2,16 \text{ g/cm}^3$

**Pembahasan:** Isi sel satuan:  $\text{Cl}^- = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ;  $\text{Na}^+ = 12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$ . Jadi ada 4 satuan rumus NaCl.

$$\text{Massa sel} = \frac{4 \times 58,44}{6,022 \times 10^{23}} = 3,882 \times 10^{-22} \text{ g.}$$

$$\text{Volume sel} = (564 \times 10^{-10} \text{ cm})^3 = 1,794 \times 10^{-22} \text{ cm}^3.$$

$$\rho = 3,882 / 1,794 = 2,16 \text{ g/cm}^3. \text{ Nilai percobaan } 2,165 \text{ g/cm}^3: \text{ model kisi yang sederhana ini ternyata sangat tepat!}$$

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Ikatan kovalen • 11-1-01

Ikatan kovalen terbentuk ketika dua atom ...

- A. menyerahkan elektron dari satu atom ke atom lain
- B. memakai bersama satu atau lebih pasangan elektron
- C. saling menarik karena muatan ionnya berlawanan
- D. berbagi proton di dalam inti

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Pada ikatan kovalen, pasangan elektron dipakai bersama oleh kedua atom, seperti satu payung untuk berdua. Menyerahkan elektron lalu saling tarik karena muatan berlawanan adalah ciri ikatan ion (Bab 10). Proton di inti tidak ikut berikatan.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Ikatan rangkap • 11-1-02

Berapa pasangan elektron yang dipakai bersama dalam molekul nitrogen,  $N_2$ ?

- |             |             |
|-------------|-------------|
| A. 1 pasang | C. 4 pasang |
| B. 2 pasang | D. 3 pasang |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** N berada di golongan 15 sehingga punya 5 elektron valensi dan butuh 3 lagi untuk oktet. Kedua atom N memakai bersama 3 pasang elektron: ikatan rangkap tiga  $N \equiv N$ . Ikatan sekuat ini (945 kJ/mol) membuat gas nitrogen sukar bereaksi.

## 3. Lv 1 • Pemula • Isian • Elektron valensi • 11-1-03

Atom oksigen berada di golongan 16. Berapa elektron valensinya?

Jawaban: .....

**Kunci: 6**

**Pembahasan:** Untuk golongan 13–18, jumlah elektron valensi sama dengan angka satuan nomor golongan: golongan 16  $\rightarrow$  6 elektron valensi ( $2s^2 2p^4$ ). Karena butuh 2 lagi untuk oktet, O biasanya membentuk 2 ikatan.

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Jenis ikatan • 11-1-04

Pasangan unsur manakah yang paling mungkin membentuk ikatan kovalen?

- |              |             |
|--------------|-------------|
| A. Na dan Cl | C. H dan O  |
| B. K dan O   | D. Mg dan F |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Ikatan kovalen umumnya terbentuk antara sesama nonlogam. H dan O sama-sama nonlogam sehingga berbagi elektron membentuk  $H_2O$ . Tiga pasangan lainnya adalah logam + nonlogam yang membentuk senyawa ion.

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Menghitung elektron valensi • 11-2-01

Hitung jumlah total elektron valensi dalam molekul amonia,  $\text{NH}_3$ . (N golongan 15, H golongan 1)

Jawaban: ..... elektron

**Kunci: 8 elektron**

**Pembahasan:** N: 5; H:  $3 \times 1 = 3$ . Total = 8 elektron = 4 pasang: 3 PEI untuk ikatan N-H dan 1 PEB pada N.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • PEI dan PEB • 11-2-02

Dalam struktur Lewis air,  $\text{H}_2\text{O}$ , atom O memiliki ...

A. 2 PEI dan 2 PEB

C. 1 PEI dan 3 PEB

B. 2 PEI dan 1 PEB

D. 4 PEI dan 0 PEB

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Total elektron valensi  $6 + 2 = 8$ . Dua ikatan O-H memakai 4 elektron (2 PEI); sisa 4 elektron menjadi 2 PEB pada O. Cek: O dikelilingi  $4 + 4 = 8$  elektron ✓.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Rumus dari valensi • 11-2-03

Karbon (golongan 14) berikatan tunggal dengan klorin (golongan 17) sampai semua atom oktet. Tuliskan rumus molekulnya.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{CCl}_4$**

**Pembahasan:** C punya 4 elektron valensi dan butuh 4 lagi, sedangkan setiap Cl butuh 1. Jadi C membentuk 4 ikatan tunggal dengan 4 atom Cl:  $\text{CCl}_4$  (karbon tetraklorida). Setiap Cl masih memiliki 3 PEB.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Kepolaran ikatan • 11-2-04

Ikatan manakah yang paling polar? ( $\chi$ : H 2,20; C 2,55; N 3,04; O 3,44; F 3,98)

A. C-H

C. O-H

B. N-H

D. H-F

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Kepolaran ditentukan selisih keelektronegatifan: C-H 0,35; N-H 0,84; O-H 1,24; H-F 1,78. Selisih terbesar = paling polar: H-F, dengan F bermuatan parsial negatif.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Struktur Lewis • 11-3-01

Berapa jumlah pasangan elektron bebas (PEB) seluruhnya dalam struktur Lewis karbon dioksida,  $\text{CO}_2$ ?

Jawaban: ..... pasang

**Kunci: 4 pasang**

**Pembahasan:** Total elektron =  $4 + 2(6) = 16$ . Struktur terbaik  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ : 2 ikatan rangkap dua = 4 PEI = 8 elektron. Sisa 8 elektron = 4 PEB, dua pada setiap O. Atom C tidak punya PEB.

10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Kovalen koordinasi • 11-3-02

Spesi manakah yang mengandung ikatan kovalen koordinasi?

- A.  $\text{CH}_4$  C.  $\text{H}_2\text{O}$   
B.  $\text{H}_3\text{O}^+$  D.  $\text{HCl}$

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Ion hidronium terbentuk ketika O pada  $\text{H}_2\text{O}$  menyumbangkan satu PEB-nya kepada ion  $\text{H}^+$  yang tidak punya elektron. Pasangan elektron ikatan baru itu berasal dari O saja: ikatan kovalen koordinasi. Setelah terbentuk, ketiga ikatan O-H identik.

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Penyimpangan oktet • 11-3-03

Pada senyawa manakah atom pusatnya dikelilingi lebih dari 8 elektron?

- A.  $\text{NH}_3$  C.  $\text{SF}_6$   
B.  $\text{PCl}_3$  D.  $\text{CCl}_4$

**Kunci: C**

**Pembahasan:** S pada  $\text{SF}_6$  membentuk 6 ikatan tunggal sehingga dikelilingi 12 elektron (oktet diperluas; S di periode 3). N pada  $\text{NH}_3$  (3 PEI + 1 PEB), P pada  $\text{PCl}_3$  (3 PEI + 1 PEB), dan C pada  $\text{CCl}_4$  (4 PEI) tepat oktet.

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Muatan formal • 11-3-04

Pada salah satu struktur Lewis ion nitrat,  $\text{NO}_3^-$ , atom N membentuk satu ikatan rangkap dua dan dua ikatan tunggal dengan O, tanpa PEB. Hitung muatan formal atom N.

Jawaban: .....

**Kunci: 1**

**Pembahasan:**  $V = 5$  (golongan 15), elektron bebas  $N = 0$ , elektron ikatan  $B = 4 + 2 + 2 = 8$ .

$$MF = 5 - 0 - 8/2 = +1.$$

Kedua O yang berikatan tunggal masing-masing bermuatan formal  $-1$ , O rangkap 2; jumlahnya  $+1 - 1 - 1 + 0 = -1$ , sama dengan muatan ion ✓.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Diagram titik-silang • gaya IGCSE • 11-4-01

Hydrogen chloride,  $\text{HCl}$ , is a simple covalent molecule.

- (a) **Gambarkan** diagram titik-silang (*dot-and-cross*) molekul  $\text{HCl}$ . Tunjukkan elektron kulit terluar saja.  
(b)  $\text{HCl}$  mendidih pada  $-85^\circ\text{C}$ , sedangkan  $\text{NaCl}$  meleleh pada  $801^\circ\text{C}$ . **Jelaskan** perbedaan ini berdasarkan struktur dan gaya yang harus diatasi.  
(c) **Sarankan** mengapa  $\text{HCl}$  cair murni tidak menghantar listrik.

**Kunci/rubrik:** (a) Satu pasangan elektron bersama di antara H dan Cl (satu titik + satu silang) [1]; Cl memiliki 3 pasangan elektron lain yang tidak berikatan, sehingga total 8 elektron di sekitar Cl [1].

(b)  $\text{HCl}$  terdiri atas molekul kecil; saat mendidih yang diatasi hanyalah gaya antarmolekul yang lemah, bukan ikatan kovalen  $\text{H}-\text{Cl}$  [1], sehingga energi yang diperlukan kecil [1].  $\text{NaCl}$  adalah kisi ion raksasa dengan tarikan elektrostatis kuat antara  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  ke segala arah, sehingga butuh energi sangat besar [1].

(c)  $\text{HCl}$  murni terdiri atas molekul netral; tidak ada ion atau elektron bebas yang dapat bergerak membawa muatan [1].

**Pembahasan:** Jebakan umum: menulis bahwa ikatan kovalen  $\text{H}-\text{Cl}$  "lemah" sehingga putus saat mendidih. Yang diatasi saat mendidih adalah gaya antarmolekul (Bab 13), sedangkan ikatan  $\text{H}-\text{Cl}$  ( $431\text{ kJ/mol}$ ) tetap utuh.  $\text{HCl}$  baru menghantar listrik setelah dilarutkan dalam air karena bereaksi menjadi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ .

14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Ikatan rangkap tiga • gaya IGCSE • 11-4-02

Which molecule contains a **triple** covalent bond? (Molekul manakah yang memiliki ikatan rangkap tiga?)

- A. HCN  
B. CO<sub>2</sub>  
C. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>  
D. O<sub>2</sub>

**Kunci: A**

**Pembahasan:** HCN: H—C≡N (10 elektron valensi: 4 PEI + 1 PEB pada N). CO<sub>2</sub> punya dua ikatan rangkap dua, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> satu ikatan C=C, dan O<sub>2</sub> satu ikatan O=O.

15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Elektron ikatan • gaya IGCSE • 11-4-03

**Deduksikan** jumlah total elektron yang dipakai bersama (*shared electrons*) dalam satu molekul etena, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

Jawaban: ..... elektron

**Kunci: 12 elektron**

**Pembahasan:** Struktur etena: H<sub>2</sub>C=CH<sub>2</sub>. Ikatan C=C memakai 2 pasang = 4 elektron; 4 ikatan C–H memakai 4 × 2 = 8 elektron. Total 12 elektron dipakai bersama.

Cek: elektron valensi 2(4) + 4(1) = 12, jadi etena tidak punya PEB.

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Rumus dari golongan • gaya IGCSE • 11-4-04

Unsur X berada di golongan 15. X membentuk senyawa kovalen sederhana dengan hidrogen dan memenuhi aturan oktet. Rumus senyawa itu adalah ...

- A. XH  
B. XH<sub>2</sub>  
C. XH<sub>3</sub>  
D. XH<sub>5</sub>

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Unsur golongan 15 punya 5 elektron valensi dan butuh 3 lagi: X membentuk 3 ikatan tunggal dan menyisakan 1 PEB, seperti NH<sub>3</sub> dan PH<sub>3</sub>. XH<sub>5</sub> akan menempatkan 10 elektron di sekitar X, melanggar oktet.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Resonansi karbonat • gaya IB • 11-5-01

Kalsium karbonat penyusun bukit kapur Gunung Sewu mengandung ion karbonat, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

- (a) Gambarkan satu struktur Lewis ion karbonat dan hitung muatan formal setiap atom.  
(b) Ketiga ikatan C–O dalam ion karbonat terbukti sama panjang (±129 pm). Jelaskan fakta ini dengan konsep resonansi dan delokalisasi elektron.  
(c) Hitung orde ikatan C–O rata-rata, lalu bandingkan panjang 129 pm dengan C–O tunggal (143 pm) dan C=O (±122 pm).

**Kunci/rubrik:** (a) Total 4 + 3(6) + 2 = 24 elektron. C di pusat; satu C=O (O dengan 2 PEB) dan dua C–O (setiap O dengan 3 PEB) [1]. Muatan formal: C 0; O rangkap 0; dua O tunggal masing-masing –1; jumlah –2 sesuai muatan ion [1].

(b) Ikatan rangkap dapat ditempatkan pada salah satu dari tiga O, sehingga ada tiga struktur resonansi yang setara [1]. Struktur sebenarnya adalah hibrida resonansi: satu pasang elektron terdelokalisasi merata di ketiga ikatan, bukan berpindah-pindah [1].

(c) Orde rata-rata = 4 pasang ikatan ÷ 3 ikatan = 1 $\frac{1}{3}$  [1]; panjangnya di antara tunggal (143 pm) dan rangkap dua (±122 pm), lebih dekat ke tunggal, sesuai 129 pm [1].

**Pembahasan:** Orde ikatan rata-rata dihitung dari jumlah pasangan elektron ikatan total (4) dibagi jumlah ikatan yang setara (3). Pola yang sama berlaku untuk ozon dan benzena (orde 1,5).

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Muatan formal sulfat • gaya IB • 11-5-02

Pada struktur Lewis ion sulfat,  $\text{SO}_4^{2-}$ , yang semua ikatannya tunggal, atom S membentuk 4 ikatan tunggal tanpa PEB dan setiap O memiliki 3 PEB. Hitung muatan formal atom S.

Jawaban: .....

**Kunci: 2**

**Pembahasan:**  $MF(\text{S}) = 6 - 0 - 8/2 = +2$ ; setiap O:  $6 - 6 - 2/2 = -1$ . Jumlah:  $+2 + 4(-1) = -2$  ✓.

Karena +2 cukup besar, banyak buku menggambar sulfat dengan dua ikatan  $\text{S}=\text{O}$  (S dikelilingi 12 elektron) sehingga muatan formal S menjadi 0. Kedua gambaran dipakai; yang penting kamu bisa menghitung dan membandingkan muatan formalnya.

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Energi ikatan • gaya IB • 11-5-03

Energi ikatan rata-rata: C–C 347, C=C 614, dan  $\text{C}\equiv\text{C}$  839 kJ/mol. Pernyataan yang benar adalah ...

- A. Energi C=C tepat dua kali energi C–C.
- B. Pasangan elektron ikatan kedua dan ketiga menyumbang energi lebih kecil daripada pasangan pertama.
- C. Ikatan  $\text{C}\equiv\text{C}$  adalah ikatan karbon–karbon yang paling panjang.
- D. Makin besar orde ikatan, makin kecil energi ikatannya.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Pasangan pertama (ikatan  $\sigma$ ) menyumbang 347 kJ/mol; pasangan kedua hanya  $614 - 347 = 267$  kJ/mol; pasangan ketiga  $839 - 614 = 225$  kJ/mol. Pasangan tambahan membentuk ikatan  $\pi$  yang tumpang tindihnya kurang efektif (Bab 12). Orde makin besar  $\rightarrow$  ikatan makin kuat dan makin pendek ( $154 \rightarrow 134 \rightarrow 120$  pm).

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Radikal • gaya IB • 11-5-04

Spesi manakah yang memiliki jumlah elektron valensi ganjil sehingga salah satu atomnya pasti tidak oktet?

- A.  $\text{NO}_2$
- B.  $\text{CO}_2$
- C.  $\text{SO}_2$
- D.  $\text{O}_3$

**Kunci: A**

**Pembahasan:**  $\text{NO}_2$ :  $5 + 2(6) = 17$  elektron (ganjil), jadi ada satu elektron tak berpasangan dan N hanya dikelilingi 7 elektron. Spesi seperti ini disebut radikal; gas coklat  $\text{NO}_2$  dari knalpot ikut membentuk kabut asap kota.  $\text{CO}_2$  (16),  $\text{SO}_2$  (18), dan  $\text{O}_3$  (18) bernomor genap.

## 21. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Resonansi ion azida • gaya olimpiade • 11-6-01

Natrium azida,  $\text{NaN}_3$ , pernah dipakai pada kantong udara (*airbag*) mobil karena terurai cepat menjadi gas nitrogen. Ion azida,  $\text{N}_3^-$ , berbentuk linear.

- Tuliskan tiga struktur Lewis  $\text{N}_3^-$  yang memenuhi oktet beserta muatan formal setiap atom N.
- Tentukan struktur yang paling besar kontribusinya dan ramalkan perbandingan kedua panjang ikatan N–N dalam ion azida.
- Pada asam hidrazoat,  $\text{HN}_3$  (H terikat pada N ujung), kedua ikatan N–N berbeda: 124 pm (dekat H) dan 113 pm (jauh dari H). Jelaskan perbedaan ini, padahal pada ion azida kedua ikatan sama ( $\pm 117$  pm).

**Kunci/rubrik:** (a) 16 elektron valensi.  $[\text{N}=\text{N}=\text{N}]^-$ : MF -1, +1, -1 [1];  $[\text{N}\equiv\text{N}-\text{N}]^-$ : MF 0, +1, -2 [1];  $[\text{N}-\text{N}\equiv\text{N}]^-$ : MF -2, +1, 0 [1].

(b) Struktur simetris  $[\text{N}=\text{N}=\text{N}]^-$  paling besar kontribusinya karena tidak ada muatan formal -2 dan muatan negatif tersebar merata [1]. Dua struktur lain setara dan menyumbang sama besar, sehingga hibridanya simetris: kedua ikatan N–N sama panjang dengan orde  $\pm 2$  [1].

(c) Pada  $\text{HN}_3$ , H mengunci satu N ujung sehingga struktur resonansinya tidak lagi setara:  $\text{H}-\text{N}=\text{N}^+=\text{N}^-$  dan  $\text{H}-\text{N}^+=\text{N}^-\equiv\text{N}$ . Pada keduanya, ikatan N(tengah)–N(ujung jauh) berorde 2 atau 3 (rata-rata  $\pm 2,5 \rightarrow 113$  pm, dekat rangkap tiga), sedangkan ikatan N(H)–N(tengah) berorde 2 atau 1 (rata-rata  $\pm 1,5 \rightarrow 124$  pm) [2].

**Pembahasan:** Kunci olimpiade: struktur resonansi yang setara menghasilkan ikatan yang sama panjang; begitu simetrinya dirusak (H menempel di satu ujung), panjang ikatan ikut berbeda. Perhatikan juga bahwa jumlah muatan formal setiap struktur selalu -1 untuk  $\text{N}_3^-$  dan 0 untuk  $\text{HN}_3$ . Reaksi pada kantong udara:  $2\text{NaN}_3 \rightarrow 2\text{Na} + 3\text{N}_2$ .

## 22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • PEB pada molekul gas mulia • gaya olimpiade • 11-6-02

Xenon tetrafluorida,  $\text{XeF}_4$ , membuktikan bahwa gas mulia pun bisa bereaksi. Hitung jumlah total pasangan elektron bebas (PEB) dalam satu molekul  $\text{XeF}_4$ , termasuk pada atom Xe.

Jawaban: ..... pasang

**Kunci: 14 pasang**

**Pembahasan:** Total =  $8 + 4(7) = 36$  elektron = 18 pasang. Empat ikatan Xe–F memakai 4 pasang.

Sisa 14 pasang: 12 pada atom F (3 per F) dan 2 pada Xe.

Xe dikelilingi 4 PEI + 2 PEB = 12 elektron (oktet diperluas). Di Bab 12 kamu akan melihat kedua PEB itu membuat  $\text{XeF}_4$  berbentuk segi empat datar.

## 23. Lv 6 • Olimpiade • Pilihan ganda • Muatan formal dan struktur terbaik • gaya olimpiade • 11-6-03

Ion sianat,  $\text{OCN}^-$  (urutan atom O–C–N), dapat digambar dengan tiga struktur Lewis yang memenuhi oktet. Struktur yang paling besar kontribusinya adalah ...

- $[\text{O}=\text{C}=\text{N}]^-$  dengan muatan formal -1 pada N
- $[\text{O}\equiv\text{C}-\text{N}]^-$  dengan muatan formal +1 pada O dan -2 pada N
- ketiganya sama besar kontribusinya karena jumlah elektronnya sama
- $[\text{O}-\text{C}\equiv\text{N}]^-$  dengan muatan formal -1 pada O

**Kunci: D**

**Pembahasan:** 16 elektron valensi. Muatan formal (O, C, N):  $[\text{O}=\text{C}=\text{N}]^- \rightarrow (0, 0, -1)$ ;  $[\text{O}\equiv\text{C}-\text{N}]^- \rightarrow (+1, 0, -2)$ ;  $[\text{O}-\text{C}\equiv\text{N}]^- \rightarrow (-1, 0, 0)$ .

Struktur dengan muatan +1 dan -2 paling kecil kontribusinya. Dari dua sisanya, muatan negatif lebih disukai pada atom yang lebih elektronegatif: O (3,44) > N (3,04).

Jadi  $[\text{O}-\text{C}\equiv\text{N}]^-$  paling besar kontribusinya, dengan  $[\text{O}=\text{C}=\text{N}]^-$  sebagai penyumbang kedua.

Momen dipol HCl adalah 1,08 D dan panjang ikatannya 127,4 pm. Jika HCl 100% ion ( $\text{H}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  bermuatan penuh  $e = 1,602 \times 10^{-19}$  C pada jarak itu), momen dipolnya akan sebesar  $\mu = e \times d$ . Hitung persen karakter ion HCl. (1 D =  $3,336 \times 10^{-30}$  C·m)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 17,6 %**

**Pembahasan:** Momen dipol ion penuh:  $\mu = e d = 1,602 \times 10^{-19} \times 127,4 \times 10^{-12} = 2,041 \times 10^{-29}$  C·m (= 6,12 D).

Momen dipol terukur:  $1,08 \times 3,336 \times 10^{-30} = 3,60 \times 10^{-30}$  C·m.

Karakter ion =  $3,60 \times 10^{-30} \div 2,041 \times 10^{-29} \times 100\% \approx 17,6\%$ .

Rumus Pauling dengan  $\Delta\chi = 0,96$  memberi  $\pm 21\%$ . Dua cara berbeda, kesimpulan sama: HCl adalah kovalen polar, jauh dari ion.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Gagasan VSEPR • 12-1-01

Dua balon tiup diikat pada satu simpul lalu dilepas. Posisi yang diambil kedua balon adalah ...

- A. saling menempel di satu sisi
- B. berseberangan membentuk garis lurus ( $180^\circ$ )
- C. saling tegak lurus ( $90^\circ$ )
- D. membentuk segitiga dengan simpulnya

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Setiap balon mendorong balon lain dan mencari ruang sebanyak mungkin. Dua balon paling berjauhan bila berseberangan ( $180^\circ$ ). Pasangan elektron di sekitar atom pusat berperilaku sama: dua domain  $\rightarrow$  linear.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Bentuk molekul • 12-1-02

Bentuk molekul metana,  $\text{CH}_4$ , adalah ...

- |                      |                |
|----------------------|----------------|
| A. segi empat datar  | C. tetrahedral |
| B. piramida trigonal | D. linear      |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Atom C dikelilingi 4 pasangan elektron ikatan tanpa PEB ( $\text{AX}_4$ ). Di ruang tiga dimensi, empat domain paling berjauhan bila menunjuk ke pojok-pojok tetrahedron ( $109,5^\circ$ ), lebih lega daripada segi empat datar ( $90^\circ$ ).

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Gagasan VSEPR • 12-1-03

Teori VSEPR menyatakan bahwa bentuk molekul ditentukan oleh ...

- A. tolakan antarpasangan elektron di kulit valensi atom pusat
- B. massa atom-atom yang terikat pada atom pusat
- C. jumlah proton di dalam inti atom pusat
- D. warna dan wujud zatnya pada suhu kamar

**Kunci: A**

**Pembahasan:** VSEPR = *Valence Shell Electron Pair Repulsion*, tolakan pasangan elektron kulit valensi. Pasangan-pasangan elektron saling tolak dan menempati posisi sejauh mungkin; posisi itulah yang menentukan bentuk molekul.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian • Sudut ikatan • 12-1-04

Karbon dioksida,  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ , berbentuk linear. Berapa derajat sudut  $\text{O}-\text{C}-\text{O}$ ?

Jawaban: ..... °

**Kunci:  $180^\circ$**

**Pembahasan:** Molekul linear berbentuk garis lurus, sehingga sudut ikatannya  $180^\circ$ .

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Jumlah domain • 12-2-01

Hitung jumlah domain elektron (pasangan elektron) di sekitar atom N dalam amonia,  $\text{NH}_3$ . (N golongan 15)

Jawaban: ..... domain

**Kunci: 4 domain**

**Pembahasan:** N punya 5 elektron valensi, tiga H menyumbang 3.

$D = \frac{1}{2}(5 + 3) = 4$  domain: 3 PEI dan 1 PEB.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Notasi VSEPR • 12-2-02

Notasi VSEPR untuk molekul air,  $\text{H}_2\text{O}$ , adalah ...

A.  $\text{AX}_2$

C.  $\text{AX}_4$

B.  $\text{AX}_2\text{E}$

D.  $\text{AX}_2\text{E}_2$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** O punya 6 elektron valensi + 2 dari H = 8 elektron = 4 domain. Ada 2 atom terikat ( $\text{X}_2$ ) dan  $4 - 2 = 2$  PEB ( $\text{E}_2$ ), jadi  $\text{AX}_2\text{E}_2$ . Pilihan  $\text{AX}_4$  salah karena PEB bukan atom X.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Pasangan elektron bebas • 12-2-03

Berapa pasangan elektron bebas (PEB) pada atom Xe dalam xenon tetrafluorida,  $\text{XeF}_4$ ? (Xe golongan 18)

Jawaban: ..... pasang

**Kunci: 2 pasang**

**Pembahasan:** Xe punya 8 elektron valensi, empat F menyumbang 4:  $D = \frac{1}{2}(8 + 4) = 6$  domain.

PEB =  $6 - 4 = 2$ . Kedua PEB berseberangan sehingga  $\text{XeF}_4$  segi empat datar.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Bentuk molekul • 12-2-04

Tuliskan nama bentuk molekul boron trifluorida,  $\text{BF}_3$ . (B golongan 13)

Jawaban: .....

**Kunci: segitiga datar**

**Pembahasan:** B punya 3 elektron valensi + 3 dari F = 6 elektron = 3 domain, tanpa PEB ( $\text{AX}_3$ ). Tiga domain paling berjauhan pada  $120^\circ$  dalam satu bidang: **segitiga datar** (trigonal planar).

## 9. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Pengaruh PEB pada sudut • 12-3-01

Urutan sudut ikatan H–A–H dari yang **terbesar** untuk  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$  adalah ...

A.  $\text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3 > \text{CH}_4$

B.  $\text{CH}_4 > \text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$

C.  $\text{NH}_3 > \text{CH}_4 > \text{H}_2\text{O}$

D. ketiganya sama,  $109,5^\circ$

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Ketiganya 4 domain (tetrahedral), tetapi jumlah PEB-nya 0, 1, dan 2. Tolakan PEB–PEB > PEB–PEI > PEI–PEI, jadi makin banyak PEB makin sempit sudutnya:  $\text{CH}_4$   $109,5^\circ > \text{NH}_3$   $107^\circ > \text{H}_2\text{O}$   $104,5^\circ$ .

10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Kepolaran molekul • 12-3-02

Molekul berikut punya ikatan polar. Manakah yang molekulnya **nonpolar**?

A.  $\text{NH}_3$

C.  $\text{CCl}_4$

B.  $\text{H}_2\text{O}$

D.  $\text{CHCl}_3$

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $\text{CCl}_4$  tetrahedral sempurna dengan empat Cl yang sama, sehingga keempat dipol C-Cl saling meniadakan.  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  punya PEB (tidak simetris);  $\text{CHCl}_3$  punya satu atom H yang berbeda, sehingga ketiganya polar.

11. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Hibridisasi • 12-3-03

Tuliskan jenis hibridisasi atom P dalam fosforus pentaklorida,  $\text{PCl}_5$ . (Tulis tanpa superskrip, misalnya sp3)

Jawaban: .....

**Kunci:** sp<sup>3</sup>d

**Pembahasan:** P: 5 elektron valensi + 5 dari Cl = 10 elektron = 5 domain ( $\text{AX}_5$ , bipiramida trigonal). Lima orbital hibrida = s + 3p + d → **sp<sup>3</sup>d**.

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Ikatan sigma dan pi • 12-3-04

Propena,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ , adalah bahan baku plastik polipropilena. Hitung jumlah ikatan sigma ( $\sigma$ ) dalam satu molekul propena.

Jawaban: ..... ikatan  $\sigma$

**Kunci: 8 ikatan  $\sigma$**

**Pembahasan:** Ada 6 ikatan C-H dan 2 ikatan C-C (satu tunggal, satu rangkap dua). Setiap ikatan memuat tepat satu  $\sigma$ :  $6 + 2 = 8 \sigma$ . Ikatan rangkap dua menambah 1  $\pi$ .

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Bentuk dan sudut • gaya IGCSE • 12-4-01

Amonia,  $\text{NH}_3$ , dan boron trifluorida,  $\text{BF}_3$ , sama-sama terdiri atas empat atom.

(a) **Nyatakan** jumlah pasangan elektron ikatan dan pasangan elektron bebas di sekitar atom pusat pada masing-masing molekul.

(b) **Jelaskan** mengapa bentuk kedua molekul berbeda.

(c) **Sarankan** nilai sudut H-N-H pada amonia dan beri alasannya.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{NH}_3$ : 3 PEI dan 1 PEB [1];  $\text{BF}_3$ : 3 PEI dan 0 PEB [1]

(b) Pasangan elektron saling tolak sejauh mungkin [1];  $\text{NH}_3$  punya 4 domain yang tersusun tetrahedral sehingga atom-atomnya membentuk piramida trigonal [1], sedangkan  $\text{BF}_3$  punya 3 domain sehingga segitiga datar [1]

(c) sekitar 107° (antara 100° dan 109°) [1]; PEB menolak lebih kuat daripada PEI sehingga menekan ikatan N-H [1]

**Pembahasan:** Kunci perbedaan adalah PEB pada nitrogen. Jawaban 109,5° untuk (c) hanya mendapat poin bila disertai penjelasan bahwa nilainya sedikit lebih kecil karena PEB.

14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Bentuk molekul • gaya IGCSE • 12-4-02

Which molecule is **linear**?

- A.  $\text{SO}_2$  C.  $\text{H}_2\text{S}$   
B.  $\text{CO}_2$  D.  $\text{O}_3$

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $\text{CO}_2$ : C punya 2 domain (dua ikatan rangkap, tanpa PEB) → linear.  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_3$  punya 3 domain dengan 1 PEB (bengkok  $\pm 118^\circ$ );  $\text{H}_2\text{S}$  punya 4 domain dengan 2 PEB (bengkok  $\pm 92^\circ$ ).

15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Elektron ikatan • gaya IGCSE • 12-4-03

Gambarlah diagram titik-silang etena,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , di kertasmu. **Hitung** jumlah total elektron yang dipakai bersama dalam semua ikatan kovalen molekul itu.

Jawaban: ..... elektron

**Kunci: 12 elektron**

**Pembahasan:** Ikatan  $\text{C}=\text{C}$  memakai bersama 2 pasang = 4 elektron. Empat ikatan  $\text{C}-\text{H}$  masing-masing 2 elektron = 8 elektron. Total  $4 + 8 = 12$  elektron (6 pasang: 5  $\sigma$  dan 1  $\pi$ ).

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Kepolaran molekul • gaya IGCSE • 12-4-04

Ikatan  $\text{C}-\text{Cl}$  bersifat polar, tetapi molekul tetraklorometana,  $\text{CCl}_4$ , nonpolar. Which statement best explains this?

- A. the  $\text{C}-\text{Cl}$  bonds are actually non-polar  
B. carbon has no lone pair, so it cannot form a dipole  
C. chlorine is less electronegative than carbon  
D. the molecule is symmetrical (tetrahedral), so the four bond dipoles cancel

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Cl lebih elektronegatif daripada C, jadi setiap ikatan  $\text{C}-\text{Cl}$  polar. Namun keempat dipol tersusun tetrahedral yang simetris sempurna, sehingga jumlah vektornya nol. Ketiadaan PEB saja tidak cukup; yang penting adalah simetri.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • VSEPR, kepolaran, dan hibridisasi • gaya IB • 12-5-01

Belerang dioksida,  $\text{SO}_2$ , dan belerang trioksida,  $\text{SO}_3$ , keluar dari pembakaran batu bara.

- (a) Tentukan jumlah domain elektron di sekitar S dan geometri molekul masing-masing.  
(b) Ramalkan sudut ikatan  $\text{O}-\text{S}-\text{O}$  pada keduanya dan jelaskan perbedaannya.  
(c) Jelaskan mengapa  $\text{SO}_2$  polar sedangkan  $\text{SO}_3$  nonpolar.  
(d) Nyatakan hibridisasi atom S pada keduanya.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{SO}_2$ : 3 domain (2 ikatan + 1 PEB) → bengkok [1];  $\text{SO}_3$ : 3 domain tanpa PEB → segitiga datar [1]

(b)  $\text{SO}_3$   $120^\circ$  [1];  $\text{SO}_2$  sedikit  $< 120^\circ$  (data  $\pm 119^\circ$ ) karena PEB menolak lebih kuat [1]

(c) Pada  $\text{SO}_2$  dipol  $\text{S}-\text{O}$  tidak saling meniadakan karena bentuknya bengkok/ada PEB [1]; pada  $\text{SO}_3$  tiga dipol sama besar bersudut  $120^\circ$  sehingga jumlah vektornya nol [1]

(d)  $\text{sp}^2$  pada keduanya (3 domain) [1]

**Pembahasan:** Ingat: ikatan rangkap  $\text{S}=\text{O}$  dihitung satu domain, dan O yang berikatan rangkap menyumbang 0 elektron pada hitungan domain:  $\text{SO}_2$ :  $\frac{1}{2}(6 + 0) = 3$ ;  $\text{SO}_3$ : juga 3, tetapi seluruhnya PEI. Hibridisasi sama, kepolaran berbeda: bukti bahwa PEB menentukan simetri.

18. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Hibridisasi ion • gaya IB • 12-5-02

Hibridisasi atom N dan bentuk ion nitrat,  $\text{NO}_3^-$ , adalah ...

- A.  $\text{sp}^2$ , segitiga datar  
B.  $\text{sp}^3$ , piramida trigonal  
C. sp, linear  
D.  $\text{sp}^3\text{d}$ , bentuk T

**Kunci: A**

**Pembahasan:** N: 5 elektron valensi + 0 (O) + 1 (muatan  $-1$ ) = 6 elektron = 3 domain, tanpa PEB  $\rightarrow \text{AX}_3$ , segitiga datar,  $\text{sp}^2$ . Pengecoh  $\text{sp}^3$ /piramida muncul bila lupa bahwa ikatan rangkap N=O dihitung satu domain.

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Penjumlahan vektor dipol • gaya IB • 12-5-03

Momen dipol molekul air 1,85 D dan sudut H-O-H  $104,5^\circ$ . Dengan menganggap momen dipol molekul adalah jumlah vektor dua dipol O-H yang sama besar (abaikan sumbangan PEB), hitung momen dipol satu ikatan O-H (dalam D).

Jawaban: ..... D

**Kunci: 1,51 D**

**Pembahasan:**  $\mu_{\text{bersih}} = 2 \mu_{\text{O-H}} \cos(104,5^\circ/2)$

$$\mu_{\text{O-H}} = \frac{1,85}{2 \times \cos 52,25^\circ} = \frac{1,85}{2 \times 0,612} = 1,51 \text{ D.}$$

Nilai ini wajar: lebih besar daripada dipol H-Cl ( $\pm 1,1$  D) karena O lebih elektronegatif.

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Bentuk ion • gaya IB • 12-5-04

Spesi manakah yang bentuknya **sama** dengan ion sulfat,  $\text{SO}_4^{2-}$ ?

- A.  $\text{SO}_3$   
B.  $\text{BF}_3$   
C.  $\text{NH}_3$   
D.  $\text{CO}_3^{2-}$

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $\text{SO}_4^{2-}$ : S 6 + 0 (O) + 2 (muatan) = 8 elektron = 4 domain dengan 1 PEB  $\rightarrow$  piramida trigonal, sama dengan  $\text{NH}_3$ .  $\text{SO}_3$ ,  $\text{BF}_3$ , dan  $\text{CO}_3^{2-}$  semuanya 3 domain tanpa PEB (segitiga datar).

**Lv 6 • Olimpiade gaya OSN Kimia/ICHO**

21. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Senyawa antarhalogen • gaya olimpiade • 12-6-01

Sebuah unsur halogen X (bukan fluorin) membentuk cairan  $\text{XF}_3$  yang sangat reaktif, serta ion  $\text{XF}_4^-$  dan  $\text{XF}_2^+$ .

- (a) Tentukan notasi VSEPR dan bentuk ketiga spesi.  
(b) Urutkan ketiganya berdasarkan sudut F-X-F **terkecil** yang dimilikinya, dan jelaskan.  
(c) Manakah yang molekulnya bersifat polar? Jelaskan.  
(d) Tentukan hibridisasi X pada  $\text{XF}_4^-$ .

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{XF}_3$ :  $\frac{1}{2}(7+3) = 5$  domain,  $\text{AX}_3\text{E}_2$ , bentuk T [1];  $\text{XF}_4^-$ :  $\frac{1}{2}(7+4+1) = 6$ ,  $\text{AX}_4\text{E}_2$ , segi empat datar [1];  $\text{XF}_2^+$ :  $\frac{1}{2}(7+2-1) = 4$ ,  $\text{AX}_2\text{E}_2$ , bengkok [1]

(b)  $\text{XF}_3$  ( $< 90^\circ$ ,  $\pm 87^\circ$ , dua PEB ekuatorial menekan F aksial)  $< \text{XF}_4^-$  ( $90^\circ$ , PEB trans saling meniadakan tekanan)  $< \text{XF}_2^+$  ( $< 109,5^\circ$  tetapi jauh di atas  $90^\circ$ ) [2]

(c) Hanya  $\text{XF}_3$  yang berupa molekul netral; bentuk T tidak simetris sehingga dipolnya tidak saling meniadakan  $\rightarrow$  polar [1] (konsep molekul polar tidak dipakai untuk ion)

(d) 6 domain  $\rightarrow \text{sp}^3\text{d}^2$  [1]

**Pembahasan:** Trik olimpiade: muatan positif mengurangi elektron, muatan negatif menambah. Contoh nyata: X = Cl memberi  $\text{ClF}_3$  (dipakai untuk membuat uranium heksafluorida),  $\text{ClF}_4^-$ , dan  $\text{ClF}_2^+$  (sudut  $\pm 96^\circ$ ).

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Pasangan elektron bebas total • gaya olimpiade • 12-6-02

Xenon membentuk oksifluorida  $\text{XeO}_2\text{F}_2$ , dengan dua ikatan rangkap  $\text{Xe}=\text{O}$  dan dua ikatan tunggal  $\text{Xe}-\text{F}$ . Hitung jumlah **total** pasangan elektron bebas dalam satu molekul (pada Xe, O, dan F).

Jawaban: ..... pasang

**Kunci: 11 pasang**

**Pembahasan:** Xe:  $D = \frac{1}{2}(8 + 0 + 2) = 5$  domain, 4 atom terikat  $\rightarrow$  1 PEB ( $\text{AX}_4\text{E}$ , jungkat-jungkit).

Setiap O berikatan rangkap: 4 elektron ikatan + 2 PEB = oktet  $\rightarrow 2 \times 2 = 4$  PEB.

Setiap F berikatan tunggal: 3 PEB  $\rightarrow 2 \times 3 = 6$  PEB.

Total  $1 + 4 + 6 = 11$  pasang. Cek: elektron valensi total  $8 + 2(6) + 2(7) = 34 = 2 \times (6 \text{ pasang ikatan} + 11 \text{ PEB})$  ✓

23. Lv 6 • Olimpiade • Pilihan ganda • Teori orbital molekul • gaya olimpiade • 12-6-03

Menurut teori orbital molekul, spesi manakah yang **paramagnetik** dan memiliki orde ikatan 2,5?

A.  $\text{N}_2$

C.  $\text{O}_2$

B.  $\text{O}_2^-$

D.  $\text{O}_2^+$

**Kunci: D**

**Pembahasan:**  $\text{O}_2$ : orde  $\frac{1}{2}(8 - 4) = 2$ , dua elektron  $\pi^*$  tak berpasangan.

$\text{O}_2^+$ : satu elektron  $\pi^*$  diambil  $\rightarrow \frac{1}{2}(8 - 3) = 2,5$ , masih ada 1 elektron tak berpasangan  $\rightarrow$  paramagnetik ✓

$\text{O}_2^-$ :  $\frac{1}{2}(8 - 5) = 1,5$ .  $\text{N}_2$ : orde 3 dan semua elektron berpasangan (diamagnetik).

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian rumus/nama • Bentuk ion antarhalogen • gaya olimpiade • 12-6-04

Tuliskan nama bentuk ion tetrafluoroiodium,  $\text{IF}_4^+$ .

Jawaban: .....

**Kunci:** jungkat-jungkit

**Pembahasan:** I: 7 elektron valensi + 4 (F) – 1 (muatan +) = 10 elektron = 5 domain. Empat atom terikat  $\rightarrow$  1 PEB ( $\text{AX}_4\text{E}$ ). PEB menempati posisi ekuatorial bipiramida trigonal  $\rightarrow$  **jungkat-jungkit**, sama dengan  $\text{SF}_4$  (keduanya punya jumlah elektron valensi yang sama).

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Ikatan vs gaya antarmolekul • 13-1-01

Saat air mendidih, gelembung-gelembung besar muncul dari dasar panci. Gelembung itu berisi ...

- A. gas hidrogen dan gas oksigen
- B. uap air, yaitu molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang utuh
- C. udara dari dasar panci
- D. gas karbon dioksida

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Saat mendidih, molekul air hanya saling memisahkan diri dari tetangganya (gaya antarmolekul diputus). Ikatan kovalen O-H di dalam molekul tetap utuh, jadi gelembungnya berisi uap air  $\text{H}_2\text{O}$ , bukan  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$ .

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Tegangan permukaan • 13-1-02

Serangga anggang-anggang dapat berjalan di atas air kolam tanpa tenggelam karena ...

- A. serangga itu lebih ringan daripada udara
- B. air kolam membeku tipis di permukaannya
- C. molekul air di permukaan saling tarik-menarik sehingga membentuk semacam kulit (tegangan permukaan)
- D. kaki serangga itu bermuatan listrik

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Molekul air di permukaan ditarik ke samping dan ke dalam oleh molekul air lain (terutama lewat ikatan hidrogen). Permukaan air berperilaku seperti kulit elastis tipis yang mampu menahan kaki serangga yang ringan. Inilah tegangan permukaan.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Ikatan logam • 13-1-03

Kabel listrik dibuat dari tembaga. Logam dapat menghantarkan listrik karena ...

- A. elektron valensinya bebas bergerak di seluruh logam (lautan elektron)
- B. ion positifnya bebas berpindah tempat di dalam padatan
- C. logam selalu mengandung sedikit air
- D. atom-atom logam bermuatan negatif

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Dalam logam, elektron valensi terdelokalisasi membentuk lautan elektron yang bebas bergerak. Saat diberi beda potensial, elektron-elektron ini mengalir sebagai arus listrik. Ion positifnya tetap di tempat dalam kisi.

4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Es mengapung • 13-1-04

Es batu mengapung di dalam segelas es teler karena ...

- A. es mengandung gelembung udara
- B. molekul air dalam es lebih kecil daripada molekul air cair
- C. es lebih dingin sehingga lebih ringan
- D. susunan molekul dalam es berongga, sehingga massa jenisnya lebih kecil daripada air cair

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Dalam es, setiap molekul air terkunci oleh ikatan hidrogen dalam kisi segi enam yang berongga. Volume es  $\pm 9\%$  lebih besar daripada air asalnya, sehingga massa jenisnya ( $0,92 \text{ g/cm}^3$ ) lebih kecil daripada air ( $1,00 \text{ g/cm}^3$ ). Es bening tanpa gelembung pun tetap mengapung.

Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)

5. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Syarat ikatan hidrogen • 13-2-01

Molekul-molekul zat manakah yang dapat membentuk ikatan hidrogen satu sama lain?

- A.  $\text{CH}_4$
- B.  $\text{HCl}$
- C.  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$
- D.  $\text{NH}_3$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Syarat ikatan hidrogen: H menempel langsung pada F, O, atau N, dan ada pasangan elektron bebas pada F, O, atau N molekul lain. Hanya  $\text{NH}_3$  yang memenuhi. Pada  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ , H menempel pada C; pada  $\text{HCl}$ , H menempel pada Cl (bukan F, O, N).

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Energi penguapan • 13-2-02

Berapa kJ energi yang dibutuhkan untuk menguapkan 36 g air pada  $100^\circ\text{C}$ ? ( $\Delta H_{\text{vap}}$  air =  $40,7 \text{ kJ/mol}$ ; Mr air = 18)

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: 81,4 kJ**

**Pembahasan:**  $n = 36/18 = 2 \text{ mol}$ .

$$Q = n \times \Delta H_{\text{vap}} = 2 \times 40,7 = 81,4 \text{ kJ}.$$

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Gaya London • 13-2-03

Pada suhu kamar,  $\text{F}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  berwujud gas,  $\text{Br}_2$  cair, dan  $\text{I}_2$  padat. Penyebab utamanya adalah ...

- A. ikatan kovalen di dalam molekulnya makin kuat
- B. gaya London makin kuat karena jumlah elektron makin banyak
- C. ikatan hidrogen antarmolekulnya makin banyak
- D. molekulnya makin polar

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Semua halogen nonpolar, jadi gaya antarmolekulnya hanya gaya London. Dari  $\text{F}_2$  (18 elektron) ke  $\text{I}_2$  (106 elektron), awan elektron makin besar dan mudah terdistorsi, sehingga gaya London makin kuat dan titik leleh serta titik didih naik. (Justru ikatan kovalen X-X dari Cl ke I makin lemah.)

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Paduan • 13-2-04

Paduan tembaga dan timah yang dipakai untuk membuat bilah gamelan disebut ...

Jawaban: .....

**Kunci: perunggu / gangsa / bronze / bronz**

**Pembahasan:** Perunggu (dalam dunia gamelan disebut *gangsa*) adalah paduan tembaga (Cu) dan timah (Sn). Untuk gamelan dipakai perunggu bertimah tinggi, kira-kira 10 bagian tembaga dan 3 bagian timah. Paduan tembaga dan seng disebut kuningan.

Lv 3 • Pejuang SMA • TKA/UTBK

9. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Urutan titik didih • 13-3-01

Urutan titik didih dari yang terendah untuk propana (Mr 44), dimetil eter (Mr 46), dan etanol (Mr 46) adalah ...

- A. etanol < dimetil eter < propana
- B. propana < dimetil eter < etanol
- C. dimetil eter < propana < etanol
- D. propana < etanol < dimetil eter

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Mr mirip sehingga gaya London setara.

Propana nonpolar: hanya London ( $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Dimetil eter polar tetapi semua H menempel pada C: dipol-dipol + London ( $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Etanol punya O-H: ikatan hidrogen ( $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Jadi propana < dimetil eter < etanol.

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Energi penguapan • 13-3-02

Kalor penguapan molar etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) pada titik didihnya adalah  $38,6\text{ kJ/mol}$ . Berapa kJ kalor yang diperlukan untuk menguapkan  $11,5\text{ g}$  etanol? (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: 9,65 kJ**

**Pembahasan:**  $M_r \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 2(12) + 6(1) + 16 = 46$ .

$n = 11,5/46 = 0,25\text{ mol}$ .

$Q = 0,25 \times 38,6 = 9,65\text{ kJ}$ .

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Bentuk molekul dan gaya London • 13-3-03

n-Pentana ( $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), isopentana ( $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), dan neopentana ( $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) sama-sama  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ . Penjelasan yang paling tepat untuk perbedaan titik didihnya adalah ...

- A. makin bercabang, makin banyak ikatan hidrogen yang terbentuk
- B. makin bercabang, Mr molekul makin kecil
- C. makin bercabang, molekul makin bulat sehingga bidang sentuh dan gaya London makin kecil
- D. makin bercabang, ikatan kovalen C-C makin lemah

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Ketiganya nonpolar dan Mr-nya sama (72), jadi hanya bentuk yang berbeda. Molekul lurus (n-pentana) dapat bersentuhan di sepanjang badannya, sedangkan neopentana hampir bulat sehingga bidang sentuhnya kecil. Gaya London lebih lemah  $\rightarrow$  titik didih lebih rendah. Tidak ada ikatan hidrogen pada alkana.

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Es mengapung • 13-3-04

Massa jenis es  $0,92 \text{ g/cm}^3$  dan air laut  $1,03 \text{ g/cm}^3$ . Berapa persen volume sebuah gunung es yang tampak di atas permukaan laut?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 10,7 %**

**Pembahasan:** Bagian yang tercelup =  $0,92/1,03 = 0,893 = 89,3\%$ .

Bagian yang menyembul =  $100\% - 89,3\% = 10,7\%$ .

Itulah asal ungkapan "puncak gunung es": sebagian besar justru tersembunyi.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Intan dan grafit • gaya IGCSE • 13-4-01

Intan dan grafit sama-sama tersusun atas atom karbon.

- Jelaskan** mengapa grafit dapat menghantarkan listrik, sedangkan intan tidak. [2]
- Jelaskan** mengapa grafit lunak dan licin. [2]
- Sarankan** satu kegunaan intan dan satu kegunaan grafit yang sesuai dengan sifatnya. [2]

**Kunci/rubrik:** (a) Pada grafit setiap C hanya berikatan kovalen dengan 3 C lain, sehingga satu elektron per atom terdelokalisasi dan bebas bergerak di sepanjang lapisan [1]. Pada intan keempat elektron valensi setiap C dipakai untuk ikatan kovalen, sehingga tidak ada elektron bebas [1].

(b) Grafit tersusun atas lapisan-lapisan atom karbon [1] yang hanya ditahan gaya antarmolekul (gaya London) yang lemah, sehingga lapisan mudah bergeser satu terhadap lainnya [1].

(c) Intan: mata bor atau pemotong kaca karena sangat keras [1]. Grafit: elektroda (menghantar listrik) atau pelumas/isi pensil (lapisannya licin) [1].

**Pembahasan:** Kata kunci yang dicari pemeriksa: *delocalised electrons* (elektron terdelokalisasi), *layers* (lapisan), *weak forces between layers* (gaya lemah antarlapisan). Jangan menulis bahwa ikatan kovalen di dalam lapisan grafit lemah: ikatan itu justru sangat kuat.

14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Jenis struktur dari data • gaya IGCSE • 13-4-02

Zat Y meleleh pada  $1.710^\circ\text{C}$ , tidak menghantarkan listrik baik dalam keadaan padat maupun cair, dan tidak larut dalam air. **Deduksikan** struktur Y.

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| A. kovalen raksasa   | C. kisi ion raksasa |
| B. molekul sederhana | D. logam            |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Titik leleh sangat tinggi berarti ikatan kuat (bukan gaya antarmolekul) yang harus diputus, jadi bukan molekul sederhana. Tidak menghantar saat cair menyingkirkan senyawa ion; tidak menghantar saat padat menyingkirkan logam. Y adalah kovalen raksasa, misalnya silika  $\text{SiO}_2$ .

Which statement best explains why metals are malleable (dapat ditempa)?

- A. Layers of positive ions can slide over each other while the delocalised electrons keep holding them together.
- B. Metal atoms share pairs of electrons in fixed directions.
- C. Metals have weak intermolecular forces between their molecules.
- D. Metal ions are negatively charged and repel each other.

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Ikatan logam tidak berarah: lapisan ion positif dapat meluncur, dan lautan elektron terdelokalisasi segera menyesuaikan diri sehingga logam tidak patah. Logam tidak tersusun atas molekul, dan ionnya bermuatan positif.

Sebanyak 2,30 g etanol ( $C_2H_5OH$ ) diuapkan pada titik didihnya dan menyerap 1,93 kJ kalor. **Hitung** kalor penguapan molar etanol dalam kJ/mol. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 38,6 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $M_r = 46$ ;  $n = 2,30/46 = 0,0500$  mol.

$\Delta H_{\text{vap}} = 1,93/0,0500 = 38,6$  kJ/mol.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

$Br_2$  ( $M_r$  159,8) mendidih pada 59 °C, sedangkan  $ICl$  ( $M_r$  162,4) mendidih pada 97 °C.

- (a) Identifikasi semua jenis gaya antarmolekul pada masing-masing zat. [2]
- (b) Jelaskan perbedaan titik didih kedua zat. [2]
- (c)  $HBr$  bersifat polar, tetapi titik didihnya hanya –67 °C. Jelaskan mengapa jauh lebih rendah daripada  $Br_2$ . [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $Br_2$ : hanya gaya London karena molekulnya nonpolar [1];  $ICl$ : gaya London dan dipol-dipol karena I dan Cl berbeda keelektronegatifan sehingga molekulnya polar [1].

(b) Jumlah elektron ( $M_r$ ) keduanya hampir sama sehingga gaya London-nya setara [1];  $ICl$  mendapat tambahan tarikan dipol-dipol, sehingga dibutuhkan energi lebih besar untuk memisahkan molekulnya [1].

(c)  $HBr$  hanya punya 36 elektron, sedangkan  $Br_2$  70 elektron, sehingga gaya London  $Br_2$  jauh lebih kuat [1]; selisih gaya London ini lebih besar daripada sumbangan dipol-dipol pada  $HBr$  [1].

**Pembahasan:** Pola penalaran IB: bandingkan dulu gaya London (jumlah elektron), lalu tambahkan gaya yang hanya dimiliki salah satu zat. Dipol-dipol hanya menentukan bila ukuran molekulnya mirip.

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Aturan Trouton • gaya IB • 13-5-02

Aturan Trouton menyatakan bahwa entropi penguapan banyak cairan nonpolar sekitar  $88 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .  
Perkirakan titik didih normal benzena (dalam kelvin) bila  $\Delta H_{\text{vap}}$  benzena =  $30,7 \text{ kJ/mol}$ .

Jawaban: ..... K

**Kunci: 349 K**

**Pembahasan:**  $T_b = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{\Delta S_{\text{vap}}} = \frac{30.700 \text{ J/mol}}{88 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 349 \text{ K } (\pm 76^\circ \text{C})$ .

Nilai nyata  $353 \text{ K } (80^\circ \text{C})$ ; perkiraan meleset hanya  $\pm 1\%$ . Untuk air, aturan ini meleset jauh karena ikatan hidrogen membuat cairannya lebih teratur.

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Penerima ikatan hidrogen • gaya IB • 13-5-03

Which substance cannot form hydrogen bonds between its own molecules, but can accept hydrogen bonds from water molecules?

A. ethanol,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

B. methane,  $\text{CH}_4$

C. propanone (aseton),  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$

D. ethanoic acid,  $\text{CH}_3\text{COOH}$

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Propanon tidak punya H yang menempel pada O, jadi molekul-molekulnya tidak saling berikatan hidrogen. Namun, O pada gugus  $\text{C=O}$  punya pasangan elektron bebas yang dapat menerima ikatan hidrogen dari H air, sehingga aseton bercampur sempurna dengan air. Etanol dan asam etanoat dapat berikatan hidrogen dengan sesamanya; metana sama sekali tidak.

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Kekuatan ikatan logam • gaya IB • 13-5-04

Berdasarkan model ikatan logam, urutan kekuatan ikatan logam yang benar adalah ...

A.  $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al}$

B.  $\text{Mg} > \text{Al} > \text{Na}$

C.  $\text{K} > \text{Na} > \text{Li}$

D.  $\text{Al} > \text{Mg} > \text{Na}$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Al melepas 3 elektron per atom ke lautan elektron dan ionnya ( $\text{Al}^{3+}$ ) paling kecil dan paling bermuatan, sehingga tarikan elektrostatisnya paling kuat. Lalu Mg (2 elektron), lalu Na (1 elektron). Dalam golongan 1, kekuatan turun dari Li ke K karena ion makin besar. Titik didih: Al  $2.519^\circ \text{C}$ , Mg  $1.090^\circ \text{C}$ , Na  $883^\circ \text{C}$ .

## 21. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Identifikasi isomer dari titik didih • gaya olimpiade • 13-6-01

Tiga cairan tak berlabel X, Y, dan Z adalah isomer  $C_3H_8O$ . Titik didihnya 7 °C, 82 °C, dan 97 °C, dan ketiganya cukup larut dalam air.

- Tuliskan rumus struktur ketiga isomer  $C_3H_8O$  yang mungkin.
- Pasangkan setiap isomer dengan titik didihnya dan jelaskan dengan gaya antarmolekul.
- Mengapa isomer yang mendidih pada 7 °C tetap cukup larut dalam air, padahal molekul-molekulnya tidak saling berikatan hidrogen?

**Kunci/rubrik:** (a)  $CH_3CH_2CH_2OH$  (1-propanol),  $CH_3CH(OH)CH_3$  (2-propanol),  $CH_3OCH_2CH_3$  (metoksietana, etil metil eter) [3].

(b) 7 °C: metoksietana, tanpa O–H sehingga hanya dipol-dipol + London [1]. 82 °C: 2-propanol, berikatan hidrogen tetapi bercabang sehingga bidang sentuh (gaya London) lebih kecil dan gugus OH lebih terlindung [1]. 97 °C: 1-propanol, ikatan hidrogen dan rantai lurus [1].

(c) Atom O pada eter punya pasangan elektron bebas yang dapat menerima ikatan hidrogen dari atom H molekul air [2].

**Pembahasan:** Strategi: kelompokkan dulu berdasarkan ada atau tidaknya O–H (lompatan titik didih  $\pm 80$  °C), lalu bedakan isomer alkohol berdasarkan bentuk (lurus vs bercabang). Kelarutan eter dalam air menunjukkan perbedaan antara *donor* dan *akseptor* ikatan hidrogen.

## 22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Energi ikatan hidrogen dalam es • gaya olimpiade • 13-6-02

Dalam es, setiap molekul air membentuk 4 ikatan hidrogen, dan setiap ikatan hidrogen dipakai bersama oleh 2 molekul. Entalpi sublimasi es sekitar 51 kJ/mol. Jika sebagai perkiraan kasar seluruh energi ini dipakai untuk memutus ikatan hidrogen, perkiraan energi untuk memutus satu mol ikatan hidrogen (kJ/mol).

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 25,5 kJ/mol**

**Pembahasan:** Setiap molekul punya 4 ikatan, tetapi setiap ikatan dimiliki 2 molekul: jumlah ikatan per molekul =  $4/2 = 2$ .

1 mol es berisi 2 mol ikatan hidrogen.

Energi per mol ikatan  $\approx 51/2 = 25,5$  kJ/mol.

Nilai nyata sedikit lebih kecil ( $\pm 20$  kJ/mol) karena sebagian energi sublimasi dipakai melawan gaya London.

Penghitungan "ikatan dipakai bersama" ini sama dengan cara menghitung ikatan C–C per atom pada intan.

## 23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Kerapatan lautan elektron • gaya olimpiade • 13-6-03

Aluminium (massa jenis 2,70 g/cm<sup>3</sup>; Ar 27) menyumbangkan 3 elektron valensi per atom ke lautan elektron. Hitung jumlah elektron terdelokalisasi dalam 1,00 cm<sup>3</sup> aluminium. ( $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ ). Tulis dalam notasi ilmiah, misalnya 1,5e23.

Jawaban: ..... elektron

**Kunci:  $1,81 \times 10^{23}$  elektron**

**Pembahasan:** Massa 1,00 cm<sup>3</sup> Al = 2,70 g  $\rightarrow n = 2,70/27 = 0,100$  mol atom.

Mol elektron terdelokalisasi =  $3 \times 0,100 = 0,300$  mol.

Jumlah elektron =  $0,300 \times 6,022 \times 10^{23} = 1,81 \times 10^{23}$ .

Lautan elektron yang luar biasa padat inilah yang membuat aluminium penghantar yang baik.

Dalam kuarsa, setiap atom Si terikat pada 4 atom O dan setiap atom O terikat pada 2 atom Si. Berapa mol ikatan Si–O yang terdapat dalam 6,0 g  $\text{SiO}_2$ ? ( $M_r \text{SiO}_2 = 60$ )

Jawaban: ..... mol

**Kunci: 0,4 mol**

**Pembahasan:**  $n \text{SiO}_2 = 6,0/60 = 0,10 \text{ mol} \rightarrow$  ada 0,10 mol atom Si.

Setiap Si punya 4 ikatan Si–O, dan setiap ikatan hanya punya satu Si:  $4 \times 0,10 = 0,40 \text{ mol ikatan}$  ( $\pm 2,4 \times 10^{23}$  ikatan).

Cek dari sudut O:  $0,20 \text{ mol O} \times 2 \text{ ikatan} = 0,40 \text{ mol} \checkmark$ . Untuk memutus semua ikatan ini (leleh pada  $\pm 1700^\circ\text{C}$ ) dibutuhkan energi sangat besar.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Teori kinetik gas • 14-1-01

Mengapa gas di dalam balon dapat menekan dinding balon dari dalam?

- A. Partikel gas menempel erat pada dinding balon
- B. Partikel gas terus bergerak dan menumbuk dinding balon
- C. Partikel gas memuai sehingga mendorong dinding
- D. Gas selalu bergerak naik ke atas

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Tekanan gas berasal dari **tumbukan** partikel-partikel gas yang bergerak acak tanpa henti dengan dinding wadah. Setiap tumbukan mendorong dinding sedikit; miliaran miliar tumbukan setiap detik menghasilkan dorongan yang terasa. Partikel gas tidak memuai dan tidak menempel.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Tekanan udara dan ketinggian • 14-1-02

Kemasan keripik yang disegel di Semarang tampak menggembung ketika dibawa ke Dataran Tinggi Dieng. Penyebab utamanya adalah ...

- A. tekanan udara di luar kemasan lebih rendah di Dieng
- B. keripik di dalam kemasan mengembang
- C. udara di Dieng lebih panas daripada di Semarang
- D. jumlah partikel gas di dalam kemasan bertambah

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Di ketinggian  $\pm 2.000$  m tekanan udara luar hanya  $\pm 79$  kPa, lebih kecil daripada  $\pm 101$  kPa di tepi pantai. Partikel gas di dalam kemasan tetap menumbuk plastik dengan kuat, sedangkan dorongan dari luar melemah, sehingga kemasan menggembung. Dieng justru lebih sejuk, dan jumlah partikel di dalam kemasan tidak bertambah.

## 3. Lv 1 • Pemula • Isian • Suhu mutlak • 14-1-03

Air di dalam gelas bersuhu  $27^\circ\text{C}$ . Nyatakan suhu ini dalam kelvin. ( $T = t + 273,15$ )

Jawaban: ..... K

**Kunci: 300,15 K**

**Pembahasan:**  $T = 27 + 273,15 = 300,15$  K, sering dibulatkan menjadi 300 K. Skala kelvin dimulai dari nol mutlak, sehingga tidak pernah negatif.

4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Partikel gas saat dipanaskan • 14-1-04

Udara di dalam ban motor menjadi panas setelah motor melaju jauh di siang terik. Apa yang terjadi pada partikel udara di dalam ban?

- A. Ukuran setiap partikel udara membesar
- B. Jumlah partikel udara bertambah
- C. Partikel udara berubah menjadi uap air
- D. Partikel bergerak lebih cepat sehingga menumbuk dinding ban lebih sering dan lebih keras

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata partikel. Saat udara memanas, partikel bergerak lebih cepat, menumbuk dinding ban lebih sering dan lebih keras, sehingga tekanan naik. Ukuran dan jumlah partikelnya tetap.

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Hukum Boyle • 14-2-01

Udara di dalam spuit (alat suntik tanpa jarum) yang ujungnya ditutup bervolume 60 mL pada tekanan 100 kPa. Penghisapnya ditekan perlahan sampai volumenya 20 mL tanpa perubahan suhu. Berapa tekanan udara sekarang?

Jawaban: ..... kPa

**Kunci: 300 kPa**

**Pembahasan:** Suhu dan jumlah gas tetap → hukum Boyle:  $P_1 V_1 = P_2 V_2$ .

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{100 \times 60}{20} = 300 \text{ kPa.}$$

Volume menjadi sepertiganya, jadi tekanan menjadi tiga kali lipat.

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Hukum Charles • 14-2-02

Sebuah balon berisi 2,0 L udara pada 27 °C dimasukkan ke dalam lemari es bersuhu -3 °C. Tekanan dianggap tetap. Berapa volume balon sekarang?

Jawaban: ..... L

**Kunci: 1,8 L**

**Pembahasan:** Ubah ke kelvin:  $T_1 = 300,15 \text{ K}$ ,  $T_2 = 270,15 \text{ K}$ .

$$V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1} = 2,0 \times \frac{270,15}{300,15} = 1,80 \text{ L.}$$

Balon menyusut ±10%. Kalau suhu dimasukkan dalam °C, hasilnya keliru (bahkan negatif!).

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Satuan tekanan • 14-2-03

Tekanan udara di tepi pantai sekitar 1 atm. Nilai ini sama dengan ...

- A. 76 mmHg atau 10,13 kPa
- B. 1 mmHg atau 1 Pa
- C. 760 mmHg atau 101,3 kPa
- D. 100 mmHg atau 1.000 kPa

**Kunci: C**

**Pembahasan:** 1 atm = 760 mmHg (tinggi kolom raksa barometer Torricelli) = 101.325 Pa = 101,3 kPa ≈ 1,013 bar.

Pada suhu dan tekanan yang sama, 1 L gas hidrogen ( $H_2$ ) dan 1 L gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) mengandung ...

- A. jumlah molekul yang sama
- B. massa yang sama
- C. jumlah atom yang sama
- D. lebih banyak molekul  $H_2$  karena molekulnya kecil

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Hukum Avogadro: volume sama pada suhu dan tekanan sama  $\rightarrow$  jumlah molekul sama. Massanya berbeda (satu molekul  $CO_2$  22 kali lebih berat daripada  $H_2$ ), dan jumlah atomnya pun berbeda ( $H_2$  2 atom per molekul,  $CO_2$  3 atom).

**Lv 3 • Pejuang SMA • TKA/UTBK**

Berapa liter volume 8,8 g gas karbon dioksida pada 27 °C dan 1,00 atm? (Ar C = 12, O = 16; R = 0,082 L·atm/(mol·K))

Jawaban: ..... L

**Kunci: 4,92 L**

**Pembahasan:**  $M_r CO_2 = 44 \rightarrow n = 8,8/44 = 0,20$  mol.

$T = 27 + 273 = 300$  K.

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0,20 \times 0,082 \times 300}{1,00} = 4,92 \text{ L.}$$

Cek: pada STP 0,20 mol bervolume 4,48 L; suhu yang lebih tinggi membuatnya sedikit lebih besar ✓

Kemasan keripik berisi 300 mL udara saat disegel di Surabaya (101 kPa, 31 °C). Kemasan dibawa ke kawasan Gunung Bromo (76 kPa, 13 °C). Bila plastiknya cukup lentur, berapa volume udara di dalam kemasan?

Jawaban: ..... mL

**Kunci: 375 mL**

**Pembahasan:**  $T_1 = 304,15$  K,  $T_2 = 286,15$  K.

$$V_2 = 300 \times \frac{101}{76} \times \frac{286,15}{304,15} = 300 \times 1,329 \times 0,941 = 375 \text{ mL.}$$

Tekanan yang turun menaikkan volume  $\pm 33\%$ , tetapi udara yang lebih dingin sedikit mengurangnya; hasil akhirnya  $\pm 25\%$  lebih besar.

Massa jenis suatu gas pada STP (0 °C, 1 atm) adalah 1,25 g/L. Tentukan massa molekul relatif ( $M_r$ ) gas tersebut. (Volume molar pada STP = 22,4 L/mol)

Jawaban: .....

**Kunci: 28**

**Pembahasan:** Massa 1 mol = massa 22,4 L =  $1,25 \times 22,4 = 28,0$  g, jadi  $M_r = 28$ .

$$\text{Cara lain: } M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{1,25 \times 0,08206 \times 273,15}{1} = 28,0 \text{ g/mol.}$$

Gas itu mungkin  $N_2$ , CO, atau  $C_2H_4$ .

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Hukum Graham • 14-3-04

Pada suhu dan tekanan yang sama, gas X berefusi dengan laju setengah kali laju gas metana ( $\text{CH}_4$ ,  $M_r = 16$ ). Berapa  $M_r$  gas X?

- A. 8  
B. 32  
C. 4  
D. 64

**Kunci: D**

**Pembahasan:**  $\frac{1}{2} = \sqrt{\frac{16}{M_X}} \rightarrow \frac{1}{4} = \frac{16}{M_X} \rightarrow M_X = 64$  (misalnya  $\text{SO}_2$ ).

Pengecoh 32 muncul bila lupa mengkuadratkan; 4 dan 8 muncul bila rumusnya dibalik.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Teori kinetik dan tekanan ban • gaya IGCSE • 14-4-01

Ban motor diisi udara pada pagi hari, lalu motor dipakai berkendara di siang yang terik.

- (a) **Describe** ( gambarkan) gerakan partikel udara di dalam ban. [2]  
(b) **Explain**, in terms of particles, mengapa tekanan udara di dalam ban naik ketika suhunya naik. Anggap volume ban tetap. [3]  
(c) **Suggest** mengapa tekanan ban sebaiknya diperiksa ketika ban masih dingin. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Partikel bergerak acak ke segala arah [1]; lurus, cepat, dan terus-menerus, saling bertumbukan dan menumbuk dinding ban [1].

(b) Suhu naik  $\rightarrow$  energi kinetik (kelajuan) partikel naik [1]; partikel menumbuk dinding ban lebih sering [1] dan lebih keras / dengan gaya lebih besar [1], sehingga gaya per satuan luas (tekanan) naik.

(c) Saat panas, tekanan terbaca lebih tinggi daripada tekanan pada suhu normal, sehingga orang bisa mengeluarkan udara dan ban menjadi kurang angin setelah dingin [1].

**Pembahasan:** Kata kunci IGCSE: *random motion, more frequent collisions, collide with more force*. Jangan menulis "partikel memuai" atau "partikel bertambah".

14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Hukum Charles • gaya IGCSE • 14-4-02

A gas syringe contains  $45 \text{ cm}^3$  of air at  $20^\circ\text{C}$ . The syringe is placed in warm water at  $80^\circ\text{C}$  and the plunger moves freely (tekanan tetap). **Hitung** volume udara yang baru dalam  $\text{cm}^3$ .

Jawaban: .....  $\text{cm}^3$

**Kunci:  $54,2 \text{ cm}^3$**

**Pembahasan:**  $T_1 = 293 \text{ K}$ ,  $T_2 = 353 \text{ K}$ .

$$V_2 = 45 \times \frac{353}{293} = 54,2 \text{ cm}^3.$$

Perhatikan: suhu Celsius naik 4 kali ( $20 \rightarrow 80$ ), tetapi volume hanya naik  $\pm 20\%$ , karena yang sebanding adalah suhu mutlak.

15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Difusi gas • gaya IGCSE • 14-4-03

Which gas diffuses fastest at room temperature and pressure? (Ar H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, Cl = 35,5)

- A. ammonia,  $\text{NH}_3$   
B. hydrogen chloride,  $\text{HCl}$   
C. methane,  $\text{CH}_4$   
D. carbon dioxide,  $\text{CO}_2$

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Laju difusi lebih besar untuk gas dengan  $M_r$  lebih kecil.  $M_r$ :  $\text{NH}_3$  17,  $\text{HCl}$  36,5,  $\text{CH}_4$  16,  $\text{CO}_2$  44.

Metana (16) sedikit lebih ringan daripada amonia (17), jadi metana paling cepat. Amonia memang terkenal cepat di percobaan cincin  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , tetapi di sini ada pesaing yang lebih ringan!

**Hitung** volume ( $\text{dm}^3$ ) yang ditempati 0,64 g gas oksigen,  $\text{O}_2$ , pada suhu dan tekanan kamar. (1 mol gas menempati  $24 \text{ dm}^3$  pada r.t.p.; Ar O = 16)

Jawaban: .....  $\text{dm}^3$

**Kunci: 0,48  $\text{dm}^3$**

**Pembahasan:**  $M_r \text{ O}_2 = 32 \rightarrow n = 0,64/32 = 0,020 \text{ mol}$ .

$V = 0,020 \times 24 = 0,48 \text{ dm}^3 (= 480 \text{ cm}^3)$ .

Angka  $24 \text{ dm}^3/\text{mol}$  berlaku untuk *semua* gas pada r.t.p.: itulah akibat hukum Avogadro.

**Lv 5 • IB DP gaya IB Chemistry**

Untuk menentukan massa molar suatu cairan mudah menguap, 0,141 g cairan disuntikkan ke dalam spuit gas yang dipanaskan pada  $100^\circ\text{C}$ . Cairan menguap seluruhnya dan menghasilkan  $75,0 \text{ cm}^3$  uap pada tekanan  $101 \text{ kPa}$ .

(a) Hitung massa molar cairan itu. [2]

(b) Ketidakpastian alat: neraca  $\pm 0,001 \text{ g}$ , spuit  $\pm 0,5 \text{ cm}^3$ , termometer  $\pm 1 \text{ K}$ . Hitung persentase ketidakpastian massa molar (abaikan ketidakpastian tekanan). [2]

(c) Uap pada  $100^\circ\text{C}$  tidak sepenuhnya ideal karena gaya tarik antarmolekul. Jelaskan apakah massa molar yang dihitung lebih besar atau lebih kecil daripada nilai sebenarnya. [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $n = \frac{PV}{RT} = \frac{101\,000 \times 75,0 \times 10^{-6}}{8,314 \times 373,15} = 2,44 \times 10^{-3} \text{ mol}$  [1];  $M = 0,141/(2,44 \times 10^{-3}) = 57,7 \approx 58 \text{ g/mol}$  [1] (cocok dengan propanon,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ).

(b) massa:  $0,001/0,141 = 0,71\%$ ; volume:  $0,5/75,0 = 0,67\%$ ; suhu:  $1/373 = 0,27\%$  [1]; total  $\approx 1,6\%$ , yaitu  $\pm 1 \text{ g/mol}$  [1].

(c) Gaya tarik antarmolekul membuat volume uap lebih kecil daripada volume gas ideal [1];  $V$  terukur kecil  $\rightarrow n$  terhitung kecil  $\rightarrow M = m/n$  terhitung **lebih besar** daripada nilai sebenarnya [1].

**Pembahasan:** Ingat konversi SI:  $\text{kPa} \rightarrow \text{Pa}$  ( $\times 1000$ ) dan  $\text{cm}^3 \rightarrow \text{m}^3$  ( $\times 10^{-6}$ ) bila memakai  $R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ .

Persentase ketidakpastian dijumlahkan pada perkalian dan pembagian. Uap yang dekat titik embunnya paling jauh dari perilaku ideal.

Gas hidrogen hasil reaksi magnesium dengan asam klorida encer dikumpulkan di atas air pada  $25^\circ\text{C}$ . Volume gas  $245 \text{ cm}^3$ , tekanan total  $100,4 \text{ kPa}$ , dan tekanan uap air pada  $25^\circ\text{C}$  adalah  $3,2 \text{ kPa}$ . Hitung jumlah mol  $\text{H}_2$  yang terkumpul. ( $R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ )

Jawaban: ..... mol

**Kunci: 0,0096 mol**

**Pembahasan:**  $p_{\text{H}_2} = 100,4 - 3,2 = 97,2 \text{ kPa} = 97,200 \text{ Pa}$ ;  $V = 245 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ ;  $T = 298,15 \text{ K}$ .

$n = \frac{pV}{RT} = \frac{97\,200 \times 245 \times 10^{-6}}{8,314 \times 298,15} = 9,61 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

Dari  $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ , magnesium yang bereaksi juga  $9,61 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ( $\pm 0,234 \text{ g}$ ).

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Grafik hukum Boyle • gaya IB • 14-5-03

Untuk sejumlah tetap gas ideal pada suhu tetap, grafik hasil kali  $PV$  (sumbu tegak) terhadap  $P$  (sumbu datar) berbentuk ...

- A. garis lurus melalui titik asal
- B. garis lurus mendatar
- C. kurva hiperbola menurun
- D. garis lurus dengan gradien negatif

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Menurut hukum Boyle,  $PV = nRT$  bernilai tetap bila  $n$  dan  $T$  tetap, berapa pun  $P$ -nya. Jadi grafiknya garis mendatar. Gas nyata menyimpang dari garis ini pada tekanan tinggi; grafik inilah yang dipakai ilmuwan untuk melihat seberapa "tidak ideal" suatu gas.

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Kecepatan rms • gaya IB • 14-5-04

Hitung kecepatan rms molekul nitrogen ( $M = 28,0$  g/mol) pada  $25^\circ\text{C}$ . ( $R = 8,314$  J/(mol·K))

Jawaban: ..... m/s

**Kunci: 515 m/s**

**Pembahasan:**  $M = 0,0280$  kg/mol,  $T = 298,15$  K.

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3 \times 8,314 \times 298,15}{0,0280}} = \sqrt{2,66 \times 10^5} = 515 \text{ m/s.}$$

Lebih cepat daripada bunyi (343 m/s)! Bila  $M$  ditulis 28 (g/mol), hasilnya keliru menjadi 16,3 m/s.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH<sub>O</sub>

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Campuran gas dan massa jenis • gaya olimpiade • 14-6-01

Campuran gas helium dan metana memiliki massa jenis  $0,500$  g/L pada  $27^\circ\text{C}$  dan  $1,00$  atm. Hitung persen mol helium dalam campuran. (Ar He = 4, C = 12, H = 1;  $R = 0,08206$  L·atm/(mol·K))

Jawaban: ..... %

**Kunci: 30,7 %**

**Pembahasan:**  $\bar{M} = \frac{\rho RT}{P} = \frac{0,500 \times 0,08206 \times 300,15}{1,00} = 12,31$  g/mol.

Misal fraksi mol He =  $x$ :  $4x + 16(1 - x) = 12,31 \rightarrow 12x = 3,69 \rightarrow x = 0,307$ .

Persen mol He  $\approx 30,7\%$ . Cek:  $\bar{M}$  memang di antara 4 dan 16 ✓

22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Gas nyata (van der Waals) • gaya olimpiade • 14-6-02

Sebanyak 1,00 mol CO<sub>2</sub> disimpan dalam tabung 0,500 L pada 300 K. Tetapan van der Waals CO<sub>2</sub>:  $a = 3,59 \text{ L}^2\cdot\text{atm}/\text{mol}^2$ ,  $b = 0,0427 \text{ L}/\text{mol}$ ;  $R = 0,08206 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ .

- Hitung tekanan menurut persamaan gas ideal dan menurut persamaan van der Waals.
- Hitung faktor kompresibilitas  $Z = PV/nRT$  dari tekanan van der Waals dan jelaskan arti  $Z < 1$ .
- Jelaskan makna fisis tetapan  $a$  dan  $b$ , dan mengapa  $a$  untuk CO<sub>2</sub> jauh lebih besar daripada untuk He.
- Perkirakan suhu Boyle,  $T_B = a/(Rb)$ , dan jelaskan arti suhu itu.

**Kunci/rubrik:** (a)  $P_{\text{ideal}} = nRT/V = 1,00 \times 0,08206 \times 300/0,500 = 49,2 \text{ atm}$  [1].  $P_{\text{vdW}} = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2} = \frac{24,62}{0,4573} - \frac{3,59}{0,250} = 53,8 - 14,4 = 39,5 \text{ atm}$  [2].

(b)  $Z = \frac{39,5 \times 0,500}{1,00 \times 0,08206 \times 300} = 0,80$  [1];  $Z < 1$  berarti gaya tarik antarmolekul dominan sehingga gas lebih mudah dimampatkan daripada gas ideal [1].

(c)  $a$  mengoreksi gaya tarik antarmolekul yang menurunkan tekanan pada dinding [1];  $b$  mengoreksi volume molekul itu sendiri (ruang yang tidak dapat ditempati) [1]. CO<sub>2</sub> punya 22 elektron dengan awan elektron yang mudah terpolarisasi sehingga gaya London-nya jauh lebih kuat daripada He yang hanya punya 2 elektron [1].

(d)  $T_B = 3,59/(0,08206 \times 0,0427) \approx 1,02 \times 10^3 \text{ K}$  [1]; pada suhu ini efek tarikan ( $a$ ) dan efek ukuran ( $b$ ) saling meniadakan pada tekanan rendah sehingga gas berperilaku hampir ideal dalam rentang tekanan yang lebar [1].

**Pembahasan:** Koreksi  $b$  menaikkan tekanan (ruang bebas lebih kecil), sedangkan koreksi  $a$  menurunkannya. Pada kondisi ini efek tarikan menang, sehingga tekanan nyata  $\pm 20\%$  lebih rendah daripada ramalan gas ideal. Pada tekanan yang jauh lebih tinggi, efek  $b$  yang menang dan  $Z > 1$ .

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian rumus/nama • Rumus molekul dari efusi • gaya olimpiade • 14-6-03

Suatu gas hidrokarbon mengandung 85,7% karbon (massa). Pada suhu dan tekanan yang sama, waktu yang dibutuhkan sejumlah volume gas itu untuk berefusi melalui lubang kecil adalah 1,225 kali waktu untuk volume gas nitrogen yang sama. Tuliskan rumus molekul hidrokarbon itu. (Ar C = 12, H = 1, N = 14)

Jawaban: .....

**Kunci:** C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>

**Pembahasan:** Rumus empiris: C =  $85,7/12 = 7,14$ ; H =  $14,3/1 = 14,3 \rightarrow \text{C} : \text{H} = 1 : 2 \rightarrow \text{CH}_2$  (massa rumus 14).

Efusi:  $\frac{t_X}{t_{\text{N}_2}} = \sqrt{\frac{M_X}{M_{\text{N}_2}}} \rightarrow M_X = 28 \times 1,225^2 = 28 \times 1,50 = 42,0 \text{ g/mol}$ .

$42/14 = 3 \rightarrow$  rumus molekul C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> (propena atau siklopropana).

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Tekanan sebelum dan sesudah reaksi • gaya olimpiade • 14-6-04

Sebuah wadah kaku berisi campuran gas CO dan O<sub>2</sub> bertekanan total 3,00 atm pada 400 K. Campuran dibakar sehingga semua CO bereaksi:  $2 \text{ CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2$ . Setelah suhu dikembalikan ke 400 K, tekanan total menjadi 2,40 atm (O<sub>2</sub> masih bersisa). Hitung persen mol CO dalam campuran awal.

Jawaban: ..... %

**Kunci:** 40 %

**Pembahasan:** Misal tekanan parsial CO awal =  $x$  atm. Reaksi menghabiskan  $x$  CO dan  $x/2$  O<sub>2</sub>, dan menghasilkan  $x$  CO<sub>2</sub>.

Tekanan akhir =  $3,00 - x - \frac{x}{2} + x = 3,00 - \frac{x}{2} = 2,40 \rightarrow x = 1,20 \text{ atm}$ .

Persen mol CO =  $1,20/3,00 \times 100\% = 40\%$ . Cek: O<sub>2</sub> awal 1,80 atm, terpakai 0,60 atm, tersisa 1,20 atm ✓ (memang berlebih).

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Lambang unsur • 15-1-01

Lambang unsur natrium adalah ...

- A. N  
B. Na  
C. So  
D. Nt

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Lambang Na berasal dari nama Latin *natrium*. N adalah lambang nitrogen. Dalam bahasa Inggris natrium disebut *sodium*, tetapi lambangnya tetap Na.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Huruf besar dan kecil • 15-1-02

Bima menulis Co, sedangkan Laras menulis CO. Pernyataan yang benar adalah ...

- A. Keduanya sama, hanya beda gaya tulisan  
B. Co adalah senyawa, sedangkan CO adalah unsur  
C. Keduanya sama-sama unsur logam  
D. Co adalah unsur kobalt, sedangkan CO adalah senyawa karbon monoksida

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Lambang unsur selalu berhuruf pertama kapital dan huruf kedua kecil. Jadi Co adalah **satu** unsur (kobalt, logam). CO berisi **dua** huruf kapital, artinya dua unsur: karbon dan oksigen, membentuk gas karbon monoksida yang beracun.

## 3. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Rumus senyawa ion • 15-1-03

Garam dapur adalah natrium klorida. Tuliskan rumus kimianya.

Jawaban: .....

**Kunci: NaCl**

**Pembahasan:** Natrium membentuk ion  $\text{Na}^+$  dan klorin membentuk ion  $\text{Cl}^-$ . Muatannya sama besar, jadi perbandingannya 1 : 1: NaCl. Perhatikan huruf l kecil pada Cl.

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Nama dagang • 15-1-04

Soda kue yang dijual di toko bahan kue memiliki rumus kimia ...

- A.  $\text{NaHCO}_3$   
B. NaOH  
C.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
D.  $\text{CaCO}_3$

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Soda kue adalah natrium hidrogen karbonat (natrium bikarbonat),  $\text{NaHCO}_3$ . NaOH adalah soda api yang korosif,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soda abu, dan  $\text{CaCO}_3$  batu kapur. Nama dagangnya mirip, zatnya sangat berbeda!

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Nama senyawa ion biner • 15-2-01

Tuliskan nama IUPAC senyawa  $\text{MgO}$ , bahan bata tahan api.

Jawaban: .....

**Kunci:** magnesium oksida**Pembahasan:**  $\text{Mg}^{2+}$  (golongan 2, muatannya tunggal) +  $\text{O}^{2-}$  (oksida). Nama kation dulu, lalu anion berakhiran -ida: **magnesium oksida**. Tidak perlu angka Romawi dan tidak perlu awalan mono-.

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Bilangan oksidasi • 15-2-02

Tentukan bilangan oksidasi N dalam asam nitrat,  $\text{HNO}_3$ .

Jawaban: .....

**Kunci:** 5**Pembahasan:** Senyawa netral: jumlah biloks = 0.  $\text{H} = +1$ ,  $\text{O} = -2$ . $(+1) + x + 3(-2) = 0 \rightarrow x = +5$ .

Nitrogen dalam asam nitrat berbiloks +5, nilai tertinggi untuk unsur golongan 15.

7. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Rumus basa • 15-2-03

Kapur sirih adalah kalsium hidroksida. Tuliskan rumus kimianya.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ **Pembahasan:** Ion:  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$ . Agar netral dibutuhkan dua ion hidroksida. Karena hidroksida adalah ion poliatom yang jumlahnya dua, ia diberi kurung:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Menulis  $\text{CaOH}_2$  berarti 1 O dan 2 H saja, keliru!

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Jumlah atom dalam rumus • 15-2-04

Berapa jumlah atom oksigen dalam  $2 \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ?

Jawaban: ..... atom

**Kunci:** 12 atom**Pembahasan:** Jumlah atom = koefisien  $\times$  indeks di luar kurung  $\times$  indeks di dalam kurung. $\text{O} = 2 \times 2 \times 3 = 12$  atom.

9. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Angka Romawi • 15-3-01

Tuliskan nama IUPAC  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Jawaban: .....

**Kunci:** besi(III) sulfat**Pembahasan:** Tiga ion  $\text{SO}_4^{2-}$  bermuatan total  $-6$ . Muatan ini diimbangi dua atom Fe, jadi setiap Fe bermuatan  $+3$ . Besi punya lebih dari satu muatan, maka wajib angka Romawi: **besi(III) sulfat** (nama lama: feri sulfat). Angka III adalah muatan, bukan jumlah atom besi (yang jumlahnya 2).

10. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Rumus senyawa poliatom • 15-3-02

Tuliskan rumus kimia amonium fosfat, salah satu bahan pupuk.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

**Pembahasan:** Ion:  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$ . Butuh tiga amonium untuk mengimbangi satu fosfat:  $3 \times (+1) + (-3) = 0$ . Amonium berjumlah tiga dan poliatom, jadi diberi kurung:  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ .

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Pasangan rumus dan nama • 15-3-03

Pasangan rumus dan nama berikut yang **benar** adalah ...

A.  $\text{CuCl}$ : tembaga(II) klorida

C.  $\text{N}_2\text{O}_5$ : dinitrogen pentaoksida

B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : dialuminium trioksida

D.  $\text{KMnO}_4$ : kalium manganat

**Kunci:** C

**Pembahasan:**  $\text{N}_2\text{O}_5$  senyawa kovalen dari dua nonlogam, jadi memakai awalan: di- (2 N), penta- (5 O) → dinitrogen pentaoksida ✓.

$\text{CuCl}$ : satu  $\text{Cl}^-$  →  $\text{Cu} = +1$  → tembaga(I) klorida.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  senyawa ion, tanpa awalan → aluminium oksida.  $\text{MnO}_4^-$  bernama permanganat → kalium permanganat.

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Bilangan oksidasi • 15-3-04

Larutan kalium dikromat,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , berwarna jingga. Tentukan bilangan oksidasi Cr.

Jawaban: .....

**Kunci:** 6

**Pembahasan:**  $\text{K} = +1$ ,  $\text{O} = -2$ , senyawa netral.

$2(+1) + 2x + 7(-2) = 0 \rightarrow 2x = 12 \rightarrow x = +6$ .

Itulah sebabnya nama sistematisnya kalium dikromat(VI).

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Isian rumus/nama • Rumus dari nama • gaya IGCSE • 15-4-01

Copper(II) nitrate is a blue crystalline salt. **Write** the formula of copper(II) nitrate (tembaga(II) nitrat).

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

**Pembahasan:** Angka Romawi II →  $\text{Cu}^{2+}$ . Nitrat =  $\text{NO}_3^-$ . Dibutuhkan dua nitrat agar netral, dan nitrat diberi kurung karena poliatom:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

14. Lv 4 • IGCSE • Isian rumus/nama • Uji ion • gaya IGCSE • 15-4-02

Padatan putih Y memberi nyala merah bata pada uji nyala. Bila ditetesi asam klorida encer, Y berbuih, dan gas yang keluar mengeruhkan air kapur. **Deduksikan** rumus kimia Y.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{CaCO}_3$

**Pembahasan:** Nyala merah bata →  $\text{Ca}^{2+}$ .

Berbuih dengan asam dan gasnya mengeruhkan air kapur → gas  $\text{CO}_2$ , jadi anionnya karbonat  $\text{CO}_3^{2-}$ .

$\text{Y} = \text{CaCO}_3$ , kalsium karbonat (batu kapur).

15. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Senyawa ion dan angka Romawi • gaya IGCSE • 15-4-03

Magnesium terbakar di udara membentuk sedikit magnesium nitrida di samping magnesium oksida.

- Nyatakan** rumus ion magnesium dan ion nitrida.
- Deduksikan** rumus magnesium nitrida.
- Jelaskan** mengapa nama timbal(II) nitrat memakai angka Romawi, sedangkan magnesium nitrida tidak.
- Tuliskan** rumus timbal(II) nitrat.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{N}^{3-}$  [1]

(b)  $3 \times (+2) = +6$  diimbangi  $2 \times (-3) = -6 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$  [1]

(c) Timbal dapat membentuk lebih dari satu ion ( $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{4+}$ ), jadi muatannya harus disebut [1]; magnesium hanya membentuk  $\text{Mg}^{2+}$ , sehingga namanya sudah jelas tanpa angka Romawi [1]

(d)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  [1]

**Pembahasan:** Angka Romawi hanya dibutuhkan bila logam bisa bermuatan lebih dari satu. Untuk (b), silangkan angka muatan: 3 Mg dan 2 N. Untuk (d),  $\text{Pb}^{2+}$  butuh dua  $\text{NO}_3^-$ , dan nitrat diberi kurung.

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Angka Romawi • gaya IGCSE • 15-4-04

Which compound needs a Roman numeral in its name? (Senyawa manakah yang namanya memerlukan angka Romawi?)

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| A. NaCl            | C. CaO                     |
| B. $\text{CuSO}_4$ | D. $\text{Al}_2\text{O}_3$ |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Tembaga dapat membentuk  $\text{Cu}^+$  dan  $\text{Cu}^{2+}$ , jadi  $\text{CuSO}_4$  harus dinamai tembaga(II) sulfat. Na, Ca, dan Al masing-masing hanya punya satu muatan ion (+1, +2, +3).

Lv 5 • IB DP • gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Isian • Biloks rata-rata • gaya IB • 15-5-01

Ion tetratonat,  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ , terbentuk saat iodin bereaksi dengan tiosulfat dalam titrasi iodometri. Hitung bilangan oksidasi *rata-rata* belerang dalam ion ini.

Jawaban: .....

**Kunci: 2,5**

**Pembahasan:**  $4x + 6(-2) = -2 \rightarrow 4x = 10 \rightarrow x = +2,5$ .

Biloks pecahan menandakan atom-atom S tidak setara. Dari struktur Lewis, dua S di ujung (terikat pada O) berbiloks +5 dan dua S di tengah (hanya terikat pada S) berbiloks 0. Rata-ratanya  $(2 \times 5 + 2 \times 0)/4 = +2,5$ .

18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Biloks dan tata nama mangan • gaya IB • 15-5-02

Mangan membentuk banyak senyawa dengan warna berbeda:  $\text{KMnO}_4$  (ungu),  $\text{MnO}_2$  (hitam), dan  $\text{MnSO}_4$  (merah muda pucat).

(a) Tentukan bilangan oksidasi Mn dalam ketiga senyawa itu.

(b) Tuliskan nama sistematis  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{MnO}_2$  dengan angka Romawi.

(c) Dengan merujuk pada konfigurasi elektron, jelaskan mengapa logam transisi seperti Mn memerlukan angka Romawi, sedangkan logam golongan 2 tidak.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{KMnO}_4$ :  $+1 + x - 8 = 0 \rightarrow +7$  [1];  $\text{MnO}_2$ :  $x - 4 = 0 \rightarrow +4$  [1];  $\text{MnSO}_4$ : sulfat  $-2 \rightarrow \text{Mn} +2$  [1]

(b) kalium manganat(VII) (nama umum: kalium permanganat) [1]; mangan(IV) oksida [1]

(c) Elektron 4s dan 3d pada Mn ( $[\text{Ar}]3d^54s^2$ ) energinya berdekatan, sehingga jumlah elektron yang dilepas/dipakai berikatan bisa beragam (+2 sampai +7) [1]; logam golongan 2 hanya melepas dua elektron s terluar karena elektron berikutnya berasal dari kulit dalam yang jauh lebih sulit dilepas, sehingga biloksnya selalu +2 [1]

**Pembahasan:** Sistem Stock menuliskan biloks logam sebagai angka Romawi. Untuk anion okso dari logam transisi, IUPAC memakai akhiran -at dengan angka Romawi: manganat(VII). Nama tradisional 'permanganat' tetap lazim dipakai di Indonesia.

19. Lv 5 • IB DP • Isian rumus/nama • Nama hidrat • gaya IB • 15-5-03

Butiran silika gel lama berwarna biru dan berubah merah muda setelah menyerap uap air karena terbentuk  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Tuliskan nama IUPAC hidrat ini.

Jawaban: .....

**Kunci:** kobalt(II) klorida heksahidrat

**Pembahasan:** Dua  $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Co} = +2 \rightarrow$  kobalt(II) klorida.

Enam molekul air kristal  $\rightarrow$  awalan heksa + hidrat.

Nama lengkap: **kobalt(II) klorida heksahidrat**. Karena senyawa kobalt bersifat toksik, silika gel modern banyak memakai indikator lain yang lebih aman.

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Pengecualian biloks oksigen • gaya IB • 15-5-04

Pada spesi manakah oksigen berbilangan oksidasi  $-1$ ?

A.  $\text{H}_2\text{O}$

C.  $\text{KO}_2$

B.  $\text{OF}_2$

D.  $\text{Na}_2\text{O}_2$

**Kunci:** D

**Pembahasan:**  $\text{Na}_2\text{O}_2$  adalah natrium peroksida:  $2(+1) + 2x = 0 \rightarrow x = -1$  ✓.

$\text{H}_2\text{O}$ :  $\text{O} = -2$ .  $\text{OF}_2$ : F selalu  $-1$ , jadi  $\text{O} = +2$ .  $\text{KO}_2$  (superoksida):  $+1 + 2x = 0 \rightarrow \text{O} = -\frac{1}{2}$ .

Lv 6 • Olimpiade • gaya OSN Kimia/ICHO

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Identifikasi oksida • gaya olimpiade • 15-6-01

Kasiterit, bijih timah dari Bangka-Belitung, adalah suatu oksida timah yang mengandung 78,8% Sn (massa). Tentukan bilangan oksidasi Sn dalam oksida tersebut. (Ar Sn = 118,7; O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci:** 4

**Pembahasan:** Dalam 100 g:  $\text{Sn} = 78,8/118,7 = 0,664$  mol;  $\text{O} = 21,2/16 = 1,325$  mol.

$\text{O} : \text{Sn} = 1,325 : 0,664 = 2,00 : 1 \rightarrow$  rumus  $\text{SnO}_2$ .

Biloks Sn:  $x + 2(-2) = 0 \rightarrow x = +4$ . Nama IUPAC: timah(IV) oksida.

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian rumus/nama • Identifikasi garam okso • gaya olimpiade • 15-6-02

Garam kalium X dipakai sebagai oksidator pada kembang api. Analisis unsur memberi K 28,2%; Cl 25,6%; O 46,2% (massa). Tuliskan rumus empiris X. (Ar K = 39,1; Cl = 35,5; O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{KClO}_4$

**Pembahasan:**  $\text{K} = 28,2/39,1 = 0,721 \text{ mol}$ ;  $\text{Cl} = 25,6/35,5 = 0,721 \text{ mol}$ ;  $\text{O} = 46,2/16 = 2,89 \text{ mol}$ .

Bagi 0,721:  $\text{K} : \text{Cl} : \text{O} = 1 : 1 : 4,00 \rightarrow \text{KClO}_4$ .

Biloks  $\text{Cl} = +7$  ( $1 + x - 8 = 0$ ), sehingga anionnya perklorat dan X adalah **kalium perklorat**. Keluarganya:  $\text{KClO}_3$  kalium klorat (+5),  $\text{KClO}_2$  kalium klorit (+3),  $\text{KClO}$  kalium hipoklorit (+1).

23. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Senyawa kompleks • gaya olimpiade • 15-6-03

Bila amonia berlebih ditambahkan ke larutan terusi, terbentuk larutan biru tua yang menghasilkan kristal  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

(a) Tentukan bilangan oksidasi tembaga.

(b) Tuliskan nama IUPAC kristal tersebut.

(c) Hitung jumlah total atom dalam satu satuan rumus.

(d) Tuliskan rumus garam kompleks yang sama tetapi dengan ion klorida sebagai anion.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  netral;  $\text{SO}_4^{2-}$  bermuatan  $-2$ , jadi ion kompleks  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  dan  $\text{Cu} = +2$  [2]

(b) tetraamintembaga(II) sulfat monohidrat [2]

(c)  $\text{Cu } 1 + \text{N } 4 + \text{H } (12 + 2) 14 + \text{S } 1 + \text{O } (4 + 1) 5 = 25 \text{ atom}$  [2]

(d)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  [1]

**Pembahasan:** Pada senyawa kompleks, ligan netral tidak mengubah muatan. Nama ligan  $\text{NH}_3$  adalah 'amin' (IUPAC: ammine), dengan awalan tetra- untuk empat ligan, lalu nama logam dan biloknya. Air kristal disebut di akhir sebagai monohidrat. Untuk (d), ion kompleks  $+2$  membutuhkan dua  $\text{Cl}^-$ .

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Oksida campuran • gaya olimpiade • 15-6-04

Pasir besi pantai selatan Jawa kaya magnetit,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , yang berisi campuran ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ . Berapa ion  $\text{Fe}^{3+}$  dalam satu satuan rumus  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ?

Jawaban: ..... ion

**Kunci:** 2 ion

**Pembahasan:** Muatan negatif total:  $4 \times (-2) = -8$ .

$3y + 2(3 - y) = 8 \rightarrow y + 6 = 8 \rightarrow y = 2$ .

Jadi ada 2 ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan 1 ion  $\text{Fe}^{2+}$ . Itulah sebabnya namanya besi(II,III) oksida, dan biloks rata-ratanya  $+8/3$ .

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Bagian persamaan reaksi • 16-1-01

Pada persamaan  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ , zat-zat di sebelah kiri panah disebut ...

- A. hasil reaksi (produk)
- B. pereaksi (reaktan)
- C. katalis
- D. endapan

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Zat di kiri panah adalah zat yang bereaksi, disebut **pereaksi** atau reaktan. Zat di kanan panah ( $\text{H}_2\text{O}$ ) adalah hasil reaksi atau produk.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Lambang wujud zat • 16-1-02

Lambang (aq) pada  $\text{NaCl(aq)}$  berarti garam itu ...

- A. berupa padatan
- B. berupa cairan murni
- C. berupa gas
- D. larut dalam air

**Kunci: D**

**Pembahasan:** (aq) berasal dari *aqueous*, artinya zat itu larut dalam air, seperti air garam. (s) = padat, (l) = cair murni, (g) = gas.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Kekekalan massa • 16-1-03

Kayu yang dibakar meninggalkan abu yang jauh lebih ringan. Pernyataan yang paling tepat adalah ...

- A. Sebagian massa kayu dimusnahkan oleh api.
- B. Kayu hanya kehilangan air yang dikandungnya.
- C. Sebagian besar massa berubah menjadi gas ( $\text{CO}_2$  dan uap air) yang terbang ke udara.
- D. Abu lebih ringan karena atom-atomnya mengecil.

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Atom tidak musnah dan tidak mengecil. Kayu bereaksi dengan oksigen menjadi gas  $\text{CO}_2$  dan uap air yang tak terlihat dan kabur ke udara. Pembakaran terjadi di sistem terbuka, sehingga timbangan hanya melihat abunya.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian • Menghitung atom • 16-1-04

Berapa jumlah atom oksigen dalam  $2\text{CO}_2$ ?

Jawaban: ..... atom

**Kunci: 4 atom**

**Pembahasan:** Koefisien 2 berarti ada dua molekul  $\text{CO}_2$ . Setiap molekul punya 2 atom O, jadi  $2 \times 2 = 4$  atom O.

5. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Menyetarakan reaksi • 16-2-01

Setarakan  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$ . Koefisien berurutan dari kiri ke kanan adalah ...

A. 2, 1, 2

C. 1, 2, 2

B. 1, 1, 1

D. 2, 2, 1

**Kunci: A****Pembahasan:** Atom O: kiri 2, jadi tulis 2 di depan  $\text{H}_2\text{O}$ . Sekarang H kanan = 4, jadi tulis 2 di depan  $\text{H}_2$ . $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ : H  $4 = 4$ , O  $2 = 2$  ✓

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Hukum Lavoisier • 16-2-02

Sebanyak 5,6 g serbuk besi dipanaskan bersama 3,2 g belerang. Keduanya bereaksi habis membentuk besi(II) sulfida. Berapa gram besi(II) sulfida yang terbentuk?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 8,8 g****Pembahasan:** Keduanya habis bereaksi, jadi menurut hukum kekekalan massa:  $m_{\text{FeS}} = 5,6 + 3,2 = 8,8$  g.Cek perbandingan:  $5,6 : 3,2 = 7 : 4$ , sesuai perbandingan tetap Fe : S.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Indeks dan koefisien • 16-2-03

Bima menyetarakan  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$  dengan mengubah rumus air menjadi  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Mengapa cara itu salah?A. Karena persamaan  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2$  tidak setara.

B. Karena koefisien tidak boleh lebih dari 2.

C. Karena mengubah indeks berarti mengganti zatnya;  $\text{H}_2\text{O}_2$  adalah hidrogen peroksida, bukan air.

D. Cara itu benar karena jumlah atom O di kedua ruas sudah sama.

**Kunci: C****Pembahasan:** Persamaan  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2$  memang setara, tetapi menggambarkan reaksi lain! Indeks adalah bagian dari identitas zat. Untuk menyetarakan, hanya koefisien yang boleh diubah:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ .

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Menyetarakan reaksi • 16-2-04

Pada pembakaran sempurna etana:  $2\text{C}_2\text{H}_6 + x\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ . Berapakah nilai  $x$ ?

Jawaban: .....

**Kunci: 7****Pembahasan:** Hitung atom O di kanan:  $4 \times 2 + 6 \times 1 = 14$ .Setiap  $\text{O}_2$  membawa 2 atom O, jadi  $x = 14/2 = 7$ . $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ .

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Menyetarakan reaksi • 16-3-01

Setarakan reaksi pembakaran propana dalam LPG,  $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , dengan koefisien bulat terkecil. Berapa jumlah semua koefisiennya?

Jawaban: .....

**Kunci: 13**

**Pembahasan:** C:  $3 \rightarrow 3 \text{CO}_2$ . H:  $8 \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O}$ . O kanan:  $3(2) + 4(1) = 10 \rightarrow 5 \text{O}_2$ .

$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \longrightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ . Jumlah koefisien:  $1 + 5 + 3 + 4 = 13$ .

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum Proust • 16-3-02

Perbandingan massa hidrogen : oksigen dalam air adalah 1 : 8. Sebanyak 10 g gas hidrogen direaksikan dengan 40 g gas oksigen. Berapa gram air yang terbentuk?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 45 g**

**Pembahasan:** 40 g O butuh  $40/8 = 5$  g H. Hidrogen tersedia 10 g, jadi berlebih; oksigen habis.

Massa air =  $5 + 40 = 45$  g. Sisa hidrogen =  $10 - 5 = 5$  g.

Cek Lavoisier:  $10 + 40 = 45 + 5 \checkmark$

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum Gay-Lussac • 16-3-03

Pada suhu dan tekanan yang sama, 10 L gas nitrogen dicampur dengan 24 L gas hidrogen dan bereaksi:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$ . Berapa liter amonia yang terbentuk paling banyak?

Jawaban: ..... L

**Kunci: 16 L**

**Pembahasan:** 24 L  $\text{H}_2$  hanya butuh  $24/3 = 8$  L  $\text{N}_2$ ; nitrogen tersedia 10 L (berlebih 2 L).

Hidrogen habis:  $V_{\text{NH}_3} = \frac{2}{3} \times 24 = 16$  L.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Hukum Dalton • 16-3-04

Dua oksida nitrogen sama-sama mengandung 7 g nitrogen. Oksida I mengandung 4 g oksigen, oksida II mengandung 16 g oksigen. Perbandingan massa oksigen I : II dan pasangan rumus yang cocok adalah ... (Ar N = 14, O = 16)

A. 1 : 2;  $\text{N}_2\text{O}$  dan NO

C. 4 : 1;  $\text{NO}_2$  dan  $\text{N}_2\text{O}$

B. 1 : 4;  $\text{N}_2\text{O}$  dan  $\text{NO}_2$

D. 1 : 4; NO dan  $\text{N}_2\text{O}_5$

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Perbandingan O =  $4 : 16 = 1 : 4$  (bilangan bulat sederhana, hukum Dalton).

7 g N = 0,5 bagian atom N (7/14). Oksida I:  $4/16 = 0,25 \rightarrow \text{N} : \text{O} = 0,5 : 0,25 = 2 : 1 \rightarrow \text{N}_2\text{O}$ .

Oksida II:  $16/16 = 1 \rightarrow \text{N} : \text{O} = 0,5 : 1 = 1 : 2 \rightarrow \text{NO}_2$ .

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Hukum kekekalan massa • gaya IGCSE • 16-4-01

A student places a beaker of vinegar and a small paper of sodium hydrogencarbonate (soda kue) on a balance. Total mass = 182,4 g. The solid is added to the vinegar; fizzing occurs. When the fizzing stops, the mass is 180,2 g.

- Hitung** massa gas yang lepas.
- Nyatakan** nama gas itu dan uji kimia untuk mengenalinya.
- Jelaskan** mengapa hasil ini tidak melanggar hukum kekekalan massa.
- Sarankan** satu perubahan alat agar massa yang terbaca tetap.

**Kunci/rubrik:** (a)  $182,4 - 180,2 = 2,2$  g [1]

(b) karbon dioksida [1]; dialirkan ke air kapur (limewater), air kapur menjadi keruh/putih susu [1]

(c) gas keluar dari gelas terbuka (sistem terbuka) ke udara [1]; atom tidak hilang, massa total pereaksi = massa total hasil reaksi termasuk gas [1]

(d) lakukan dalam wadah tertutup, misalnya botol tertutup atau labu dengan balon/sumbat, sehingga gas tidak keluar [1]

**Pembahasan:** Persamaannya:  $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$ . Pada IGCSE, uji  $\text{CO}_2$  selalu memakai air kapur:  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , endapan  $\text{CaCO}_3$  membuat larutan keruh.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Lambang wujud zat • gaya IGCSE • 16-4-02

Which equation shows the reaction of magnesium with dilute hydrochloric acid with the correct **state symbols** and balancing?

- $\text{Mg}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{l}) \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$
- $\text{Mg}(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{aq})$
- $\text{Mg}(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- $\text{Mg}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Magnesium berupa padatan (s), asam klorida encer berupa larutan (aq), magnesium klorida larut (aq), dan hidrogen berupa gas (g). Pilihan C belum setara (Cl kiri 1, kanan 2).

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian rumus/nama • Reaksi pengendapan • gaya IGCSE • 16-4-03

Larutan barium klorida ditambahkan ke larutan natrium sulfat, dan terbentuk endapan putih. **Tuliskan** rumus kimia endapan tersebut.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{BaSO}_4$

**Pembahasan:**  $\text{BaCl}_2(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + 2\text{NaCl}(\text{aq})$ . Persamaan ion bersihnya  $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s})$ . Inilah uji ion sulfat yang dipakai di IGCSE: endapan putih dengan ion barium.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Volume gas bereaksi • gaya IGCSE • 16-4-04

20 cm<sup>3</sup> metana dicampur dengan 50 cm<sup>3</sup> oksigen lalu dibakar sempurna:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . Semua volume diukur pada suhu dan tekanan kamar, dan air mengembun menjadi cairan. **Hitung** volume total gas yang tersisa setelah reaksi.

Jawaban: ..... cm<sup>3</sup>

**Kunci: 30 cm<sup>3</sup>**

**Pembahasan:** Oksigen terpakai =  $2 \times 20 = 40 \text{ cm}^3$ , sisa oksigen =  $50 - 40 = 10 \text{ cm}^3$ .

CO<sub>2</sub> terbentuk = 20 cm<sup>3</sup> (perbandingan 1 : 1).

Air berupa cairan, tidak dihitung. Total gas =  $20 + 10 = 30 \text{ cm}^3$ .

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Hukum perbandingan berganda • gaya IB • 16-5-01

Tembaga membentuk dua oksida. Dalam oksida A, 1,000 g tembaga bergabung dengan 0,126 g oksigen. Dalam oksida B, 1,000 g tembaga bergabung dengan 0,252 g oksigen. (Ar Cu = 63,55; O = 16,00)

(a) Tunjukkan bahwa data ini sesuai dengan hukum perbandingan berganda.

(b) Deduksikan rumus empiris oksida A dan B.

(c) Beri nama kedua oksida menurut IUPAC.

(d) Jelaskan bagaimana hukum ini mendukung teori atom Dalton.

**Kunci/rubrik:** (a) Massa Cu dibuat tetap (1,000 g); massa O berbanding  $0,126 : 0,252 = 1 : 2$ , bilangan bulat sederhana [2]

(b) A: mol Cu =  $1,000/63,55 = 0,01574$ ; mol O =  $0,126/16,00 = 0,00788$ ; Cu : O =  $2 : 1 \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$  [1]. B: mol O =  $0,252/16,00 = 0,01575$ ; Cu : O =  $1 : 1 \rightarrow \text{CuO}$  [1]

(c) A = tembaga(I) oksida, B = tembaga(II) oksida [1]

(d) Atom bergabung sebagai satuan utuh; jika setiap senyawa memuat 1 atau 2 atom O per jumlah atom Cu yang sama, massa O pasti berbanding sebagai bilangan bulat [1]

**Pembahasan:** Hukum Dalton tidak memerlukan Ar: cukup tetapkan massa satu unsur, lalu bandingkan massa unsur lainnya. Ar baru diperlukan untuk menentukan rumus. Tembaga(I) oksida berwarna merah bata, tembaga(II) oksida hitam.

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Persamaan ion redoks • gaya IB • 16-5-02

Setarakan persamaan ion  $\text{MnO}_4^- + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$  dengan koefisien bulat terkecil. Berapa jumlah semua koefisiennya?

Jawaban: .....

**Kunci: 24**

**Pembahasan:** Mn:  $1 = 1$ . O:  $4 \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}$ . H:  $8 \rightarrow 8\text{H}^+$ .

Muatan: kiri  $-1 + 2x + 8$ , kanan  $+2 + 3x \rightarrow 7 + 2x = 2 + 3x \rightarrow x = 5$ .

$\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 5\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ . Jumlah koefisien =  $1 + 5 + 8 + 1 + 5 + 4 = 24$ . Cek muatan:  $+17 = +17 \checkmark$

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Hukum Gay-Lussac • gaya IB • 16-5-03

Sebanyak 10 cm<sup>3</sup> hidrokarbon gas C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> bereaksi tepat dengan 50 cm<sup>3</sup> oksigen dan menghasilkan 30 cm<sup>3</sup> karbon dioksida. Semua volume diukur pada suhu dan tekanan yang sama. Rumus hidrokarbon itu adalah ...



**Kunci: A**

**Pembahasan:** C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> + (x +  $\frac{y}{4}$ ) O<sub>2</sub> → x CO<sub>2</sub> +  $\frac{y}{2}$  H<sub>2</sub>O.

Perbandingan volume = koefisien: x = 30/10 = 3; x + y/4 = 50/10 = 5 → y = 8.

Rumusnya C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (propana). C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> hanya butuh 45 cm<sup>3</sup> oksigen.

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Kekekalan massa pada campuran • gaya IB • 16-5-04

Sebanyak 1,50 g campuran kalsium karbonat dan natrium klorida dipanaskan kuat sampai massanya tetap. Hanya kalsium karbonat yang terurai: CaCO<sub>3</sub>(s) → CaO(s) + CO<sub>2</sub>(g), dengan perbandingan massa CaCO<sub>3</sub> : CO<sub>2</sub> = 100 : 44. Massa sisa padatan 1,06 g. Hitung persen massa kalsium karbonat dalam campuran.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 66,67 %**

**Pembahasan:** Massa CO<sub>2</sub> yang lepas = 1,50 – 1,06 = 0,44 g.

Massa CaCO<sub>3</sub> = 0,44 ×  $\frac{100}{44}$  = 1,00 g.

Persen = 1,00/1,50 × 100% = 66,7%. Selisih massa 0,44 g hanya punya dua angka penting, sehingga jawaban yang wajar ditulis ±67%.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Menyetarakan dengan aljabar • gaya olimpiade • 16-6-01

Fosfor putih dibuat dengan memanaskan batuan fosfat, pasir, dan kokas: Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + SiO<sub>2</sub> + C → CaSiO<sub>3</sub> + P<sub>4</sub> + CO. Setarakan dengan koefisien bulat terkecil. Berapa koefisien C?

Jawaban: .....

**Kunci: 10**

**Pembahasan:** P: satu P<sub>4</sub> butuh 2 Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Ca: 2 × 3 = 6 → 6 CaSiO<sub>3</sub> → 6 SiO<sub>2</sub>.

O: kiri 2(8) + 6(2) = 28; kanan 6(3) + n<sub>CO</sub> = 18 + n<sub>CO</sub> → n<sub>CO</sub> = 10 → C = 10.

2 Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 6 SiO<sub>2</sub> + 10 C → 6 CaSiO<sub>3</sub> + P<sub>4</sub> + 10 CO.

22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Analisis campuran gas • gaya olimpiade • 16-6-02

Sebanyak 20 mL campuran gas karbon monoksida dan metana dicampur dengan 50 mL oksigen (berlebih), lalu dibakar sempurna. Setelah didinginkan ke suhu dan tekanan semula (air mengembun), volume gas menjadi 45 mL. Gas ini kemudian dilewatkan ke larutan NaOH yang menyerap seluruh CO<sub>2</sub>, dan volumenya tinggal 25 mL.

- Tuliskan persamaan setara pembakaran kedua gas.
- Tentukan volume CO dan metana dalam campuran awal.
- Jelaskan mengapa volume total berkurang dari 70 mL menjadi 45 mL meskipun massa total tetap.

**Kunci/rubrik:** (a)  $2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$ ;  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  [2]

(b) Misal CO = a mL, CH<sub>4</sub> = b mL: a + b = 20 [1]. CO<sub>2</sub> = 45 – 25 = 20 = a + b (konsisten) [1]. O<sub>2</sub> terpakai = 50 – 25 = 25 = a/2 + 2b [1]. Diperoleh 10 + 1,5b = 25 → b = 10 mL, a = 10 mL [1]

(c) Volume gas sebanding dengan jumlah molekul (Avogadro). Pembakaran CO mengurangi jumlah molekul gas (3 → 2), dan uap air dari metana mengembun menjadi cairan sehingga tidak lagi menempati volume gas; massa tetap kekal karena atom hanya berpindah ke air cair [2]

**Pembahasan:** Teknik klasik analisis gas (eudiometri): kontraksi volume dan serapan NaOH memberi dua persamaan untuk dua yang tak diketahui. Cek: 10 mL CO butuh 5 mL O<sub>2</sub>, 10 mL CH<sub>4</sub> butuh 20 mL; total 25 mL, sisa oksigen 25 mL ✓

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Hukum Dalton dan identitas unsur • gaya olimpiade • 16-6-03

Unsur X membentuk dua oksida. Oksida I mengandung 50,0% X dan rumusnya XO<sub>2</sub>. Oksida II mengandung 40,0% X (persen massa). Hitung Ar X. (Ar O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci: 32**

**Pembahasan:** Oksida I:  $\frac{A}{A + 32} = 0,500 \rightarrow A = 32$ : belerang, oksida I = SO<sub>2</sub>.

Oksida II:  $\frac{32}{32 + 16n} = 0,400 \rightarrow 32 + 16n = 80 \rightarrow n = 3$ : SO<sub>3</sub>.

Hukum Dalton: untuk 32 g S, oksigennya 32 g dan 48 g, berbanding 2 : 3 ✓

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Menyetarakan reaksi redoks • gaya olimpiade • 16-6-04

Arsen(III) sulfida dioksidasi oleh asam nitrat:  $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}$ . Setarakan dengan koefisien bulat terkecil. Berapa koefisien HNO<sub>3</sub>?

Jawaban: .....

**Kunci: 28**

**Pembahasan:** Ambil 3 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (agar tidak ada pecahan): 6 As melepas 6 × 2 = 12 e, 9 S melepas 9 × 8 = 72 e; total 84 e.

Setiap N menerima 3 e → 84/3 = 28 NO → 28 HNO<sub>3</sub>.

H: kanan 6(3) + 9(2) = 36, kiri 28 + 2w → w = 4 H<sub>2</sub>O.

3 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> + 28 HNO<sub>3</sub> + 4 H<sub>2</sub>O → 6 H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> + 9 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 28 NO. Cek O: 84 + 4 = 88; 24 + 36 + 28 = 88 ✓

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Satuan mol • 17-1-01

Satu lusin berisi 12 buah. Satu mol berisi berapa partikel?

A. 12

C.  $6,022 \times 10^{23}$ 

B. 1.000

D. 22,4

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Mol adalah satuan hitung seperti lusin, tetapi isinya sangat besar:  $6,022 \times 10^{23}$  partikel (bilangan Avogadro). Angka 22,4 adalah volume (L) satu mol gas pada STP, bukan jumlah partikel.

## 2. Lv 1 • Pemula • Isian • Massa molekul relatif • 17-1-02

Hitung  $M_r$  karbon dioksida,  $\text{CO}_2$ . (Ar C = 12, O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci: 44**

**Pembahasan:** Jumlahkan Ar semua atom:  $M_r = 12 + 2 \times 16 = 44$ .

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Mol dan jumlah partikel • 17-1-03

Manakah yang berisi jumlah partikel paling banyak?

A. 1 mol garam dapur

C. 1 mol air

B. 1 mol gula pasir

D. Ketiganya sama banyak

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Satu mol zat apa pun berisi  $6,022 \times 10^{23}$  partikel. Yang berbeda hanyalah massanya (garam 58,5 g, gula 342 g, air 18 g).

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Massa molar • 17-1-04

Satuan massa molar adalah ...

A. mol/g

C. g  $\times$  mol

B. g/mol

D. L/mol

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Massa molar adalah massa (gram) setiap satu mol zat, jadi satuannya gram per mol (g/mol). L/mol adalah satuan volume molar gas.

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Massa ke mol • 17-2-01

Berapa mol yang terdapat dalam 9 g air,  $\text{H}_2\text{O}$ ? (Ar H = 1, O = 16)

Jawaban: ..... mol

**Kunci: 0,5 mol****Pembahasan:**  $M_r \text{H}_2\text{O} = 2(1) + 16 = 18$ .

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{9}{18} = 0,5 \text{ mol.}$$

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Mol ke massa • 17-2-02

Berapa gram massa 0,25 mol garam dapur, NaCl? (Ar Na = 23, Cl = 35,5)

Jawaban: ..... g

**Kunci: 14,625 g****Pembahasan:**  $M_r \text{NaCl} = 23 + 35,5 = 58,5$ .

$$m = n \times M_r = 0,25 \times 58,5 = 14,625 \text{ g (sekitar satu sendok makan).}$$

7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Volume molar gas • 17-2-03

Berapa liter volume 2 mol gas oksigen pada STP (0 °C, 1 atm)?

Jawaban: ..... L

**Kunci: 44,8 L****Pembahasan:** Pada STP, 1 mol gas = 22,4 L.

$$V = n \times 22,4 = 2 \times 22,4 = 44,8 \text{ L.}$$

8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Mol atom dalam molekul • 17-2-04

Dalam 1 mol air,  $\text{H}_2\text{O}$ , terdapat berapa mol atom hidrogen?

A. 2 mol

C. 0,5 mol

B. 1 mol

D. 3 mol

**Kunci: A****Pembahasan:** Setiap molekul  $\text{H}_2\text{O}$  mengandung 2 atom H. Jadi 1 mol molekul air mengandung 2 mol atom H (dan 1 mol atom O, total 3 mol atom).**Lv 3 • Pejuang SMA • TKA/UTBK**

9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Jembatan mol • 17-3-01

Berapa jumlah molekul dalam 4,4 g  $\text{CO}_2$ ? (Ar C = 12, O = 16;  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ ). Tulis dalam notasi ilmiah, misalnya 6,02e22.

Jawaban: ..... molekul

**Kunci:  $6,02 \times 10^{22}$  molekul****Pembahasan:**  $M_r \text{CO}_2 = 44$ .

$$n = 4,4/44 = 0,1 \text{ mol.}$$

$$N = 0,1 \times 6,02 \times 10^{23} = 6,02 \times 10^{22} \text{ molekul.}$$

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Komposisi persen • 17-3-02

Hitung kadar (persen massa) nitrogen dalam pupuk urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . (Ar C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 46,67 %**

**Pembahasan:**  $M_r = 12 + 16 + 2(14 + 2) = 60$ .

Ada 2 atom N:  $\%N = \frac{2 \times 14}{60} \times 100\% = 46,67\%$ .

Itulah sebabnya urea disebut pupuk N-46.

11. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Rumus empiris • 17-3-03

Suatu senyawa mengandung 40,0% C, 6,67% H, dan 53,3% O (massa). Tuliskan rumus empirisnya. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{CH}_2\text{O}$**

**Pembahasan:** Dalam 100 g: C =  $40,0/12 = 3,33$  mol; H =  $6,67/1 = 6,67$  mol; O =  $53,3/16 = 3,33$  mol.

Bagi dengan 3,33: C : H : O = 1 : 2 : 1.

Rumus empiris  $\text{CH}_2\text{O}$  (sama dengan glukosa, asam asetat, dan formaldehida!).

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Partikel ke massa • 17-3-04

Berapa massa  $3,01 \times 10^{23}$  atom besi? (Ar Fe = 56;  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ )

A. 56 g

C. 28 g

B. 112 g

D. 14 g

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $n = \frac{3,01 \times 10^{23}}{6,02 \times 10^{23}} = 0,5$  mol.

$m = 0,5 \times 56 = 28$  g.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Isian • Air kristal • gaya IGCSE • 17-4-01

A student heats 5,00 g of hydrated copper(II) sulfate,  $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ , until the mass is constant. The mass of anhydrous  $\text{CuSO}_4$  left is 3,20 g. **Hitung** nilai  $x$ . ( $M_r$ :  $\text{CuSO}_4 = 159,5$ ;  $\text{H}_2\text{O} = 18$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 5**

**Pembahasan:** Massa air =  $5,00 - 3,20 = 1,80$  g  $\rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = 1,80/18 = 0,100$  mol.

$n_{\text{CuSO}_4} = 3,20/159,5 = 0,0201$  mol.

$x = 0,100/0,0201 = 4,99 \approx 5$ . Rumusnya  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ .

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Perhitungan mol berstruktur • gaya IGCSE • 17-4-02

Kalsium karbonat terurai bila dipanaskan:  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ .

(a) **Hitung**  $M_r$  kalsium karbonat. (Ar Ca = 40, C = 12, O = 16)

(b) **Hitung** jumlah mol dalam 25,0 g  $\text{CaCO}_3$ .

(c) **Hitung** volume  $\text{CO}_2$  yang terbentuk pada suhu dan tekanan kamar (1 mol gas = 24 dm<sup>3</sup>) bila semua  $\text{CaCO}_3$  terurai.

**Kunci/rubrik:** (a)  $M_r = 40 + 12 + 3(16) = 100$  [1]

(b)  $n = 25,0/100 = 0,250$  mol [1]

(c) perbandingan mol 1 : 1, jadi  $n_{\text{CO}_2} = 0,250$  mol [1];  $V = 0,250 \times 24 = 6,00$  dm<sup>3</sup> [1]

**Pembahasan:** Setiap 1 mol  $\text{CaCO}_3$  menghasilkan 1 mol  $\text{CO}_2$  (koefisien sama). Pada RTP dipakai 24 dm<sup>3</sup>/mol, bukan 22,4. Jawaban akhir 6,00 dm<sup>3</sup> ditulis dengan 3 angka penting seperti data soal.

15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Jumlah atom • gaya IGCSE • 17-4-03

Which sample contains the greatest number of **atoms**? (Ar H = 1, He = 4, C = 12, O = 16)

A. 1 g of  $\text{H}_2$

C. 1 g of  $\text{CH}_4$

B. 1 g of He

D. 1 g of  $\text{H}_2\text{O}$

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Hitung mol atom:  $\text{H}_2$ : 0,5 mol molekul  $\times 2 = 1$  mol atom. He: 0,25 mol atom.  $\text{CH}_4$ :  $1/16 \times 5 = 0,31$  mol atom.  $\text{H}_2\text{O}$ :  $1/18 \times 3 = 0,17$  mol atom. Terbanyak:  $\text{H}_2$ .

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Mr dari volume gas • gaya IGCSE • 17-4-04

Pada suhu dan tekanan kamar (1 mol gas = 24 dm<sup>3</sup>), 1,20 dm<sup>3</sup> gas X bermassa 2,20 g. **Hitung**  $M_r$  gas X.

Jawaban: .....

**Kunci: 44**

**Pembahasan:**  $n = 1,20/24 = 0,0500$  mol.

$M_r = m/n = 2,20/0,0500 = 44$ . Gas X mungkin  $\text{CO}_2$  atau  $\text{N}_2\text{O}$ .

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Isian rumus/nama • Analisis pembakaran • gaya IB • 17-5-01

Sebanyak 0,230 g senyawa organik yang hanya mengandung C, H, dan O dibakar sempurna, menghasilkan 0,440 g  $\text{CO}_2$  dan 0,270 g  $\text{H}_2\text{O}$ . Tentukan rumus empirisnya. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$**

**Pembahasan:** mol C =  $0,440/44 = 0,0100 \rightarrow 0,120$  g.

mol H =  $2 \times 0,270/18 = 0,0300 \rightarrow 0,0300$  g.

massa O =  $0,230 - 0,120 - 0,0300 = 0,0800$  g  $\rightarrow 0,00500$  mol.

C : H : O =  $0,0100 : 0,0300 : 0,00500 = 2 : 6 : 1 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Rumus empiris dan ketidakpastian • gaya IB • 17-5-02

Pita magnesium dibakar dalam cawan krus untuk menentukan rumus empiris magnesium oksida. Data: massa Mg =  $0,24 \pm 0,01$  g; massa oksida =  $0,40 \pm 0,01$  g. (Ar Mg = 24,31, O = 16,00)

- Tentukan rumus empiris oksida tersebut.
- Hitung persentase ketidakpastian massa oksigen yang bereaksi.
- Sebagian magnesium bereaksi dengan nitrogen udara membentuk  $Mg_3N_2$ . Jelaskan pengaruhnya terhadap perbandingan mol Mg : O yang diperoleh.

**Kunci/rubrik:** (a) mol Mg =  $0,24/24,31 = 0,0099$ ; massa O =  $0,40 - 0,24 = 0,16$  g  $\rightarrow$  mol O =  $0,0100$ ; perbandingan  $\approx 1 : 1 \rightarrow MgO$  [2]

(b) ketidakpastian mutlak massa O =  $0,01 + 0,01 = 0,02$  g [1]; % =  $0,02/0,16 \times 100\% = 12,5\%$  [1]

(c) Massa produk menjadi lebih kecil daripada bila semuanya MgO ( $Mg_3N_2$  menambah massa lebih sedikit per mol Mg), sehingga massa O yang dihitung terlalu kecil dan perbandingan Mg : O menjadi lebih besar dari 1 : 1 [2]

**Pembahasan:** Pada penjumlahan/pengurangan data, ketidakpastian mutlak dijumlahkan. Massa O kecil (0,16 g) sehingga ketidakpastian relatifnya besar. Untuk mengurangi pengaruh nitrida, produk dapat ditetesi air lalu dipanaskan lagi ( $Mg_3N_2$  berubah menjadi  $Mg(OH)_2$  lalu MgO).

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Mr dari jumlah partikel • gaya IB • 17-5-03

Sampel 1,00 g suatu zat molekuler mengandung  $3,01 \times 10^{21}$  molekul. Hitung massa molarnya (g/mol). ( $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ )

Jawaban: ..... g/mol

**Kunci:** 200 g/mol

**Pembahasan:**  $n = \frac{3,01 \times 10^{21}}{6,02 \times 10^{23}} = 5,00 \times 10^{-3}$  mol.

$M = m/n = 1,00/5,00 \times 10^{-3} = 200$  g/mol.

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Massa satu atom • gaya IB • 17-5-04

Massa satu atom karbon-12 paling dekat dengan ...

- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| A. 12 g                     | C. $6,02 \times 10^{23}$ g |
| B. $1,99 \times 10^{-23}$ g | D. $7,2 \times 10^{24}$ g  |

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Satu mol atom C-12 bermassa tepat 12 g. Satu atom:  $12/(6,022 \times 10^{23}) = 1,99 \times 10^{-23}$  g. Pilihan D adalah hasil mengalikan, bukan membagi.

## 21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Analisis campuran • gaya olimpiade • 17-6-01

Campuran NaCl dan KCl bermassa 2,00 g dilarutkan dalam air, lalu ditambah larutan AgNO<sub>3</sub> berlebih. Endapan AgCl yang terbentuk bermassa 4,30 g. Hitung persen massa NaCl dalam campuran. (Mr NaCl = 58,5; KCl = 74,5; AgCl = 143,5)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 42,5 %**

**Pembahasan:** mol Cl<sup>-</sup> = mol AgCl = 4,30/143,5 = 0,02997 mol.

Misal massa NaCl = x:  $\frac{x}{58,5} + \frac{2,00 - x}{74,5} = 0,02997$ .

$x \left( \frac{1}{58,5} - \frac{1}{74,5} \right) = 0,02997 - 0,02685 = 0,00312 \rightarrow x = 0,00312 / 0,003671 = 0,850$  g.

% NaCl = 0,850/2,00 × 100% ≈ 42,5%.

## 22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Menentukan identitas logam • gaya olimpiade • 17-6-02

Logam M membentuk oksida yang mengandung 52,9% M (massa) dan klorida yang mengandung 20,2% M (massa). Pada kedua senyawa, M memiliki bilangan oksidasi yang sama, +n. Tentukan identitas M dan tunjukkan penalaranmu. (Ar O = 16; Cl = 35,5)

**Kunci/rubrik:** Oksida M<sub>2</sub>O<sub>n</sub>:  $\frac{2A}{2A + 16n} = 0,529 \rightarrow A = 8,99n$  [2]. Klorida MCl<sub>n</sub>:  $\frac{A}{A + 35,5n} = 0,202 \rightarrow A = 8,99n$  [2]. Kedua data konsisten. Uji n = 1, 2, 3, 4: A ≈ 9, 18, 27, 36 [1]. Hanya n = 3, A = 27 yang cocok dengan logam nyata bervalensi 3: aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>) [1]. (n = 1 → 9 = Be tetapi Be bervalensi 2; 18 dan 36 bukan logam.)

**Pembahasan:** Trik olimpiade: nyatakan Ar sebagai kelipatan valensi, lalu uji kandidat. Cek balik: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 54/102 = 52,9% ✓; AlCl<sub>3</sub>: 27/133,5 = 20,2% ✓.

## 23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Stoikiometri gas campuran • gaya olimpiade • 17-6-03

Sebanyak 10,0 L campuran gas metana (CH<sub>4</sub>) dan etana (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) dibakar sempurna dan menghasilkan 13,0 L CO<sub>2</sub>. Semua volume diukur pada suhu dan tekanan yang sama. Berapa persen volume metana dalam campuran?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 70 %**

**Pembahasan:** Misal metana = x L, etana = (10 - x) L. Setiap CH<sub>4</sub> → 1 CO<sub>2</sub>, setiap C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> → 2 CO<sub>2</sub>.

$x + 2(10 - x) = 13 \rightarrow 20 - x = 13 \rightarrow x = 7$  L.

Persen volume metana = 7/10 × 100% = 70%.

## 24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Identifikasi hidrat • gaya olimpiade • 17-6-04

Garam hidrat MSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O mengandung 45,3% air (massa). Hitung Ar logam M. (Ar S = 32, O = 16, H = 1)

Jawaban: .....

**Kunci: 56**

**Pembahasan:** Massa air per rumus = 7 × 18 = 126.

M<sub>r</sub> hidrat = 126/0,453 = 278,1.

M<sub>r</sub> MSO<sub>4</sub> = 278,1 - 126 = 152,1 → Ar M = 152,1 - 96 = 56,1 ≈ 56: besi. Garamnya FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O (vitriol hijau).

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Membaca koefisien • 18-1-01

Pada persamaan  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ , angka 2 di depan  $\text{H}_2$  menyatakan ...

- A. jumlah atom H dalam satu molekul hidrogen
- B. perbandingan jumlah molekul (atau mol)  $\text{H}_2$  yang bereaksi
- C. massa hidrogen dalam gram
- D. jumlah ikatan dalam satu molekul hidrogen

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Koefisien menyatakan perbandingan jumlah partikel, sekaligus perbandingan mol: 2 molekul (2 mol)  $\text{H}_2$  bereaksi dengan 1 molekul (1 mol)  $\text{O}_2$ . Jumlah atom H dalam satu molekul ditunjukkan oleh *indeks* (angka kecil di kanan bawah), bukan koefisien. Koefisien juga bukan massa: 2 mol  $\text{H}_2$  bermassa 4 g.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Analogi pereaksi pembatas • 18-1-02

Satu roti lapis dibuat dari 2 lembar roti tawar dan 1 lembar keju. Kamu punya 10 lembar roti tawar dan 4 lembar keju. Berapa roti lapis paling banyak, dan bahan apa yang tersisa?

- A. 4 roti lapis; tersisa 2 lembar roti
- B. 5 roti lapis; tersisa 1 lembar keju
- C. 4 roti lapis; tidak ada sisa
- D. 14 roti lapis; tidak ada sisa

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Roti cukup untuk  $10 \div 2 = 5$  roti lapis, keju hanya cukup untuk  $4 \div 1 = 4$ . Keju habis duluan, jadi keju adalah "pereaksi pembatas": hanya 4 roti lapis yang jadi. Roti terpakai  $4 \times 2 = 8$  lembar, tersisa 2 lembar.

## 3. Lv 1 • Pemula • Isian • Perbandingan mol • 18-1-03

Pada reaksi  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$ , berapa mol  $\text{NH}_3$  yang terbentuk dari 1 mol  $\text{N}_2$  bila  $\text{H}_2$  tersedia cukup?

Jawaban: ..... mol

**Kunci: 2 mol**

**Pembahasan:** Perbandingan koefisien  $\text{N}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 2$ .

$$n_{\text{NH}_3} = 1 \times \frac{2}{1} = 2 \text{ mol.}$$

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Istilah stoikiometri • 18-1-04

Pereaksi yang habis lebih dulu dalam suatu reaksi, sehingga menentukan jumlah produk yang terbentuk, disebut ...

- A. pereaksi berlebih
- B. katalis
- C. pereaksi pembatas
- D. hasil teoretis

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Pereaksi pembatas habis lebih dulu; setelah itu reaksi berhenti. Pereaksi yang masih tersisa disebut pereaksi berlebih. Katalis mempercepat reaksi tanpa ikut habis, sedangkan hasil teoretis adalah jumlah produk maksimum yang dihitung dari pereaksi pembatas.

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Massa produk • 18-2-01

Kapur tohor dibuat dengan memanaskan batu kapur:  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ . Berapa gram CaO yang terbentuk dari 50 g  $\text{CaCO}_3$  murni? (Ar Ca = 40, C = 12, O = 16)

Jawaban: ..... g

**Kunci: 28 g**

**Pembahasan:**  $M_r \text{CaCO}_3 = 100$ ,  $M_r \text{CaO} = 56$ .

$n_{\text{CaCO}_3} = 50/100 = 0,5 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{CaO}} = 0,5 \text{ mol}$  (koefisien 1 : 1).

$m_{\text{CaO}} = 0,5 \times 56 = 28 \text{ g}$ . Sisanya, 22 g, lepas sebagai  $\text{CO}_2$ .

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Sisa pereaksi • 18-2-02

Sebanyak 4 mol  $\text{H}_2$  direaksikan dengan 3 mol  $\text{O}_2$  menurut  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ . Berapa mol  $\text{O}_2$  yang tersisa?

Jawaban: ..... mol

**Kunci: 1 mol**

**Pembahasan:** Bagi dengan koefisien:  $\text{H}_2$ :  $4/2 = 2$ ;  $\text{O}_2$ :  $3/1 = 3$ .  $\text{H}_2$  adalah pembatas.

$\text{O}_2$  yang bereaksi =  $4 \times \frac{1}{2} = 2 \text{ mol}$ , sehingga sisa  $\text{O}_2 = 3 - 2 = 1 \text{ mol}$ . Air yang terbentuk 4 mol.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Perbandingan volume gas • 18-2-03

Pada suhu dan tekanan yang sama, 10 L gas metana dibakar sempurna:  $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ . Berapa liter gas oksigen yang dibutuhkan?

A. 10 L

C. 5 L

B. 20 L

D. 30 L

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Untuk gas pada suhu dan tekanan sama, perbandingan volume = perbandingan koefisien.

$$V_{\text{O}_2} = 10 \times \frac{2}{1} = 20 \text{ L.}$$

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Rendemen • 18-2-04

Hasil teoretis suatu percobaan adalah 40 g, sedangkan produk kering yang diperoleh 34 g. Hitung rendemennya.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 85 %**

**Pembahasan:** Rendemen =  $\frac{\text{hasil nyata}}{\text{hasil teoretis}} \times 100\% = \frac{34}{40} \times 100\% = 85\%$ .

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Massa produk (industri) • 18-3-01

Berapa kg urea yang dapat dibuat dari 85 kg amonia bila  $\text{CO}_2$  tersedia berlebih?



Jawaban: ..... kg

**Kunci: 150 kg**

**Pembahasan:**  $M_r \text{ NH}_3 = 17$ ;  $M_r \text{ urea} = 12 + 16 + 2(14 + 2) = 60$ .

$$n_{\text{NH}_3} = 85/17 = 5 \text{ kmol} \rightarrow n_{\text{urea}} = 5 \times \frac{1}{2} = 2,5 \text{ kmol.}$$

$$m_{\text{urea}} = 2,5 \times 60 = 150 \text{ kg.}$$

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Pereaksi pembatas • 18-3-02

Sebanyak 5,6 g serbuk besi dipanaskan bersama 4,0 g belerang:  $\text{Fe} + \text{S} \longrightarrow \text{FeS}$ . Pernyataan mana yang benar? (Ar Fe = 56, S = 32)

- A. Belerang pembatas; terbentuk 11 g FeS
- B. Belerang pembatas; terbentuk 8,8 g FeS
- C. Besi pembatas; terbentuk 9,6 g FeS
- D. Besi pembatas; terbentuk 8,8 g FeS dan tersisa 0,8 g belerang

**Kunci: D**

**Pembahasan:**  $n_{\text{Fe}} = 5,6/56 = 0,100 \text{ mol}$ ;  $n_{\text{S}} = 4,0/32 = 0,125 \text{ mol}$ . Koefisien 1 : 1, jadi besi pembatas.

$\text{FeS} = 0,100 \times 88 = 8,8 \text{ g}$ . Belerang terpakai  $0,100 \times 32 = 3,2 \text{ g}$ , sisa  $4,0 - 3,2 = 0,8 \text{ g}$ .

Cek:  $5,6 + 4,0 = 9,6 \text{ g} = 8,8 \text{ g FeS} + 0,8 \text{ g sisa}$  ✓. Pilihan 9,6 g FeS keliru karena menganggap semua belerang ikut bereaksi; pilihan 11 g muncul bila belerang dianggap pembatas.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kemurnian • 18-3-03

Sampel batu kapur 25,0 g dipanaskan sampai semua  $\text{CaCO}_3$ -nya terurai dan melepas 8,8 g  $\text{CO}_2$ .

Pengotornya tidak menghasilkan gas. Hitung kemurnian (persen massa)  $\text{CaCO}_3$  dalam batu kapur itu. ( $M_r$ :  $\text{CaCO}_3 = 100$ ,  $\text{CO}_2 = 44$ )

Jawaban: ..... %

**Kunci: 80 %**

**Pembahasan:**  $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

$$n_{\text{CO}_2} = 8,8/44 = 0,20 \text{ mol} = n_{\text{CaCO}_3} \rightarrow m_{\text{CaCO}_3} = 0,20 \times 100 = 20 \text{ g.}$$

$$\text{Kemurnian} = 20/25,0 \times 100\% = 80\%.$$

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Stoikiometri larutan • 18-3-04

Berapa mL larutan HCl 2 M yang tepat bereaksi dengan 2,4 g pita magnesium?  $\text{Mg} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$  (Ar Mg = 24)

Jawaban: ..... mL

**Kunci: 100 mL**

**Pembahasan:**  $n_{\text{Mg}} = 2,4/24 = 0,10 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{HCl}} = 0,10 \times 2 = 0,20 \text{ mol}$ .

$$V = n/M = 0,20/2 = 0,10 \text{ L} = 100 \text{ mL. Gas H}_2 \text{ yang terbentuk } 0,10 \text{ mol (2,24 L pada STP).}$$

## 13. Lv 4 • IGCSE • Isian • Volume gas dari massa • gaya IGCSE • 18-4-01

Sodium hydrogencarbonate reacts with excess hydrochloric acid:  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ .

**Hitung** the volume of carbon dioxide, in  $\text{dm}^3$ , produced at room temperature and pressure (r.t.p.) from 2,10 g of  $\text{NaHCO}_3$ . ( $M_r \text{ NaHCO}_3 = 84$ ; 1 mol gas menempati  $24 \text{ dm}^3$  pada r.t.p.)

Jawaban: .....  $\text{dm}^3$

**Kunci: 0,6  $\text{dm}^3$**

**Pembahasan:**  $n_{\text{NaHCO}_3} = 2,10/84 = 0,0250 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{CO}_2} = 0,0250 \text{ mol}$ .

$V = 0,0250 \times 24 = 0,600 \text{ dm}^3$  (600  $\text{cm}^3$ ).

## 14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Data percobaan &amp; pereaksi pembatas • gaya IGCSE • 18-4-02

Seorang siswa menambahkan massa natrium hidrogenkarbonat yang berbeda-beda ke dalam  $25,0 \text{ cm}^3$  larutan asam etanoat (asam asetat) yang konsentrasinya sama, lalu mengukur volume total  $\text{CO}_2$  pada r.t.p.

| Massa $\text{NaHCO}_3$ (g)             | 0,42 | 0,84 | 1,26 | 1,68 | 2,10 | 2,52 |
|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Volume $\text{CO}_2$ ( $\text{cm}^3$ ) | 120  | 240  | 360  | 420  | 420  | 420  |

(a) **Tuliskan** persamaan reaksi setara antara  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{NaHCO}_3$ .

(b) **Jelaskan** mengapa volume gas berhenti bertambah.

(c) **Hitung** jumlah mol asam etanoat dalam  $25,0 \text{ cm}^3$  larutan dan konsentrasinya dalam  $\text{mol/dm}^3$ . (1 mol gas =  $24\,000 \text{ cm}^3$  pada r.t.p.)

(d) **Deduksikan** massa  $\text{NaHCO}_3$  yang tepat bereaksi dengan semua asam. ( $M_r \text{ NaHCO}_3 = 84$ )

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  [1]

(b) Seluruh asam etanoat sudah habis bereaksi; asam menjadi pereaksi pembatas [1], sehingga  $\text{NaHCO}_3$  tambahan tidak menghasilkan gas lagi dan tetap tersisa [1]

(c) Volume maksimum  $420 \text{ cm}^3 \rightarrow n_{\text{CO}_2} = 420/24\,000 = 0,0175 \text{ mol} = n \text{ asam}$  (1 : 1) [1]; konsentrasi =  $0,0175/0,0250 = 0,700 \text{ mol/dm}^3$  [1]

(d)  $n_{\text{NaHCO}_3} = 0,0175 \text{ mol} \rightarrow m = 0,0175 \times 84 = 1,47 \text{ g}$  [1]

**Pembahasan:** Setiap 0,42 g (0,005 mol)  $\text{NaHCO}_3$  menghasilkan  $120 \text{ cm}^3$  (0,005 mol)  $\text{CO}_2$ , sesuai perbandingan 1 : 1. Pada 1,68 g seharusnya terbentuk  $480 \text{ cm}^3$ , tetapi hanya  $420 \text{ cm}^3$  karena asamnya sudah habis. Jika data digambar, titik patah grafik volume–massa terletak di 1,47 g.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Persentase hasil • gaya IGCSE • 18-4-03

12,0 g of magnesium is burned completely in air and 18,0 g of magnesium oxide is collected:

$2 \text{ Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{ MgO}$ . What is the percentage yield? (Ar Mg = 24, O = 16)

A. 66,7%

C. 90,0%

B. 111%

D. 150%

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $n_{\text{Mg}} = 12,0/24 = 0,500 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{MgO}} = 0,500 \text{ mol} \rightarrow \text{hasil teoretis} = 0,500 \times 40 = 20,0 \text{ g}$ .

Rendemen =  $18,0/20,0 \times 100\% = 90,0\%$ . Pilihan 66,7% berasal dari 12/18 dan 150% dari 18/12: keduanya membandingkan massa pereaksi dengan produk, bukan hasil nyata dengan hasil teoretis.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Stoikiometri larutan • gaya IGCSE • 18-4-04

Satu tablet antasida mengandung 0,290 g magnesium hidroksida. **Hitung** volume (cm<sup>3</sup>) asam klorida 0,100 mol/dm<sup>3</sup> yang tepat dinetralkan oleh tablet itu.  $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  ( $M_r$   $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 58$ )

Jawaban: ..... cm<sup>3</sup>

**Kunci: 100 cm<sup>3</sup>**

**Pembahasan:**  $n_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = 0,290/58 = 0,00500 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{HCl}} = 0,0100 \text{ mol}$ .  
 $V = 0,0100/0,100 = 0,100 \text{ dm}^3 = 100 \text{ cm}^3$ .

Lv 5 • IB DP • gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Isian • Ekonomi atom • gaya IB • 18-5-01

Hitung ekonomi atom (dalam %) pembuatan urea:  $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ . ( $M_r$ :  $\text{NH}_3 = 17,03$ ;  $\text{CO}_2 = 44,01$ ; urea = 60,06)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 76,9 %**

**Pembahasan:**  $\text{Ekonomi atom} = \frac{M_r \text{ produk yang diinginkan}}{\sum M_r \text{ pereaksi}} \times 100\% = \frac{60,06}{2(17,03) + 44,01} \times 100\% = \frac{60,06}{78,07} \times 100\% = 76,9\%$ .  
 Sisanya (23,1%) menjadi air, produk samping yang tidak berbahaya.

18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Rendemen sintesis ester • gaya IB • 18-5-02

Metil salisilat (minyak gandapura) yang terdapat dalam minyak gosok dapat disintesis dari asam salisilat dan metanol dengan katalis asam:  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Seorang siswa memakai 2,76 g asam salisilat dan metanol berlebih, lalu memperoleh 2,13 g metil salisilat murni. ( $M_r$ :  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 = 138$ ;  $\text{CH}_3\text{OH} = 32$ ;  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 = 152$ ;  $\text{H}_2\text{O} = 18$ )

- Hitung hasil teoretis metil salisilat.
- Hitung rendemennya sampai 3 angka penting.
- Jelaskan dua alasan rendemen kurang dari 100% pada sintesis ini.
- Hitung ekonomi atom reaksi ini dan jelaskan perbedaannya dengan rendemen.

**Kunci/rubrik:** (a)  $n$  asam salisilat =  $2,76/138 = 0,0200 \text{ mol} = n$  metil salisilat (1 : 1) [1]; hasil teoretis =  $0,0200 \times 152 = 3,04 \text{ g}$  [1]

(b) rendemen =  $2,13/3,04 \times 100\% = 70,1\%$  [1]

(c) dua dari: esterifikasi bersifat reversibel/mencapai kesetimbangan sehingga tidak tuntas; sebagian produk hilang saat pemisahan, pencucian, atau distilasi; terjadi reaksi samping; pereaksi tidak murni [2]

(d) EA =  $152/(138 + 32) \times 100\% = 89,4\%$  [1]; ekonomi atom menilai rancangan reaksi (berapa atom pereaksi yang masuk ke produk, di sini hanya air yang terbuang), sedangkan rendemen menilai berapa produk yang benar-benar diperoleh [1]

**Pembahasan:** Metanol berlebih, jadi asam salisilat adalah pereaksi pembatas; hasil teoretis selalu dihitung dari pembatas. Memakai metanol berlebih juga menggeser kesetimbangan ke arah produk (Bab 22) sehingga rendemen naik. Reaksi dengan ekonomi atom tinggi (89,4%) tetap bisa berendemen sedang (70,1%).

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Reaksi berurutan • gaya IB • 18-5-03

Kapur sirih,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , dibuat dari batu kapur lewat dua tahap:  $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  (rendemen 90%), lalu  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$  (rendemen 95%). Berapa kg kapur sirih yang diperoleh dari 50,0 kg  $\text{CaCO}_3$  murni? ( $M_r$ :  $\text{CaCO}_3 = 100$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 74$ )

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 31,6 kg**

**Pembahasan:**  $n_{\text{CaCO}_3} = 50,0/100 = 0,500$  kmol. Rantai koefisien 1 : 1 : 1, jadi tanpa kehilangan terbentuk 0,500 kmol  $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 37,0$  kg.

Rendemen keseluruhan =  $0,90 \times 0,95 = 0,855$ .

Hasil nyata =  $37,0 \times 0,855 = 31,6$  kg.

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Stoikiometri gas dengan sisa • gaya IB • 18-5-04

Sebanyak 20  $\text{cm}^3$  gas CO dicampur dengan 15  $\text{cm}^3$  gas  $\text{O}_2$ , lalu dibakar:  $2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$ . Berapa volume total gas setelah reaksi, diukur pada suhu dan tekanan semula?

A. 25  $\text{cm}^3$

C. 20  $\text{cm}^3$

B. 35  $\text{cm}^3$

D. 30  $\text{cm}^3$

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Bagi dengan koefisien: CO:  $20/2 = 10$ ;  $\text{O}_2$ :  $15/1 = 15 \rightarrow \text{CO}$  pembatas.

$\text{O}_2$  bereaksi 10  $\text{cm}^3$ , sisa 5  $\text{cm}^3$ ;  $\text{CO}_2$  terbentuk 20  $\text{cm}^3$ .

Total =  $20 + 5 = 25 \text{ cm}^3$ . Volume menyusut dari 35  $\text{cm}^3$  karena setiap 3 molekul gas pereaksi menjadi 2 molekul gas produk.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Analisis campuran karbonat • gaya olimpiade • 18-6-01

Sebanyak 12,00 g campuran  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$  dipanaskan sampai massanya tetap. Kedua karbonat terurai menjadi oksida dan  $\text{CO}_2$ , dan massa padatan yang tersisa 6,00 g. Hitung persen massa  $\text{CaCO}_3$  dalam campuran. ( $M_r$ :  $\text{CaCO}_3 = 100$ ;  $\text{MgCO}_3 = 84$ ;  $\text{CO}_2 = 44$ )

Jawaban: ..... %

**Kunci: 28,4 %**

**Pembahasan:** Massa  $\text{CO}_2 = 12,00 - 6,00 = 6,00 \text{ g} \rightarrow 0,13636 \text{ mol}$ .

Misal massa  $\text{CaCO}_3 = x$ :  $\frac{x}{100} + \frac{12,00 - x}{84} = 0,13636$ .

$0,142857 - x \left( \frac{1}{84} - \frac{1}{100} \right) = 0,13636 \rightarrow x = \frac{0,006494}{0,0019048} = 3,41 \text{ g}$ .

%  $\text{CaCO}_3 = 3,41/12,00 \times 100\% = 28,4\%$ . Cek: residu =  $3,41 \times 56/100 + 8,59 \times 40/84 = 1,91 + 4,09 = 6,00 \text{ g} \checkmark$

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Analisis paduan logam • gaya olimpiade • 18-6-02

Sebanyak 0,500 g paduan aluminium-magnesium dilarutkan dalam HCl berlebih dan menghasilkan 0,560 L gas  $H_2$  (STP, 22,4 L/mol). Reaksinya:  $2 Al + 6 HCl \rightarrow 2 AlCl_3 + 3 H_2$  dan  $Mg + 2 HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$ . Hitung persen massa aluminium dalam paduan. (Ar Al = 27, Mg = 24)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 60 %**

**Pembahasan:**  $n_{H_2} = 0,560/22,4 = 0,0250$  mol.

Misal massa Al =  $x$  g:  $1,5 \cdot \frac{x}{27} + \frac{0,500 - x}{24} = 0,0250$ .

$0,05556x - 0,04167x = 0,0250 - 0,02083 \rightarrow 0,01389x = 0,004167 \rightarrow x = 0,300$  g.

% Al =  $0,300/0,500 \times 100\% = 60\%$ . Cek: Al 0,0111 mol  $\rightarrow$  0,0167 mol  $H_2$ ; Mg 0,200 g = 0,00833 mol  $\rightarrow$  0,00833 mol  $H_2$ ; total 0,0250 mol ✓

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Titrasi balik • gaya olimpiade • 18-6-03

Sebanyak 1,00 g batu kapur dilarutkan dalam 50,0 mL HCl 0,500 M (berlebih). Setelah reaksi selesai dan  $CO_2$  diusir, sisa HCl dititrasi dengan NaOH 0,200 M dan memerlukan 37,5 mL. Pengotornya tidak bereaksi dengan HCl. Hitung persen massa  $CaCO_3$  dalam sampel. ( $M_r$   $CaCO_3 = 100$ )

Jawaban: ..... %

**Kunci: 87,5 %**

**Pembahasan:**  $CaCO_3 + 2 HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$  dan  $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ .

HCl total =  $0,0500 \times 0,500 = 0,0250$  mol; HCl sisa =  $0,0375 \times 0,200 = 0,00750$  mol.

HCl bereaksi =  $0,0175$  mol  $\rightarrow n_{CaCO_3} = 0,00875$  mol  $\rightarrow$  0,875 g.

Kemurnian =  $0,875/1,00 \times 100\% = 87,5\%$ . Titrasi balik dipakai karena  $CaCO_3$  padat sulit dititrasi langsung.

24. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Eudiometri hidrokarbon • gaya olimpiade • 18-6-04

Sebanyak 10 mL gas hidrokarbon  $C_xH_y$  dicampur dengan 80 mL oksigen (berlebih), lalu dibakar sempurna. Setelah didinginkan ke suhu kamar (uap air mengembun), volume gas tinggal 60 mL. Gas ini kemudian dialirkan melalui larutan NaOH yang menyerap  $CO_2$ , dan volumenya menjadi 30 mL. Semua volume diukur pada suhu dan tekanan yang sama.

(a) Tentukan volume  $CO_2$  yang terbentuk dan volume  $O_2$  yang bereaksi.

(b) Tentukan rumus molekul hidrokarbon itu dan tuliskan persamaan pembakarannya.

(c) Tunjukkan bahwa semua data penyusutan volume konsisten dengan jawabanmu.

**Kunci/rubrik:** (a)  $V_{CO_2} = 60 - 30 = 30$  mL [1];  $O_2$  sisa 30 mL, jadi  $O_2$  bereaksi =  $80 - 30 = 50$  mL [1]

(b)  $C_xH_y + (x + \frac{y}{4}) O_2 \rightarrow x CO_2 + \frac{y}{2} H_2O$ . Perbandingan volume = koefisien:  $x = 30/10 = 3$  [1];  $x + y/4 = 50/10 = 5 \rightarrow y = 8$  [1]. Rumusnya  $C_3H_8$  (propana, komponen LPG):  $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$  [1]

(c) Awal:  $10 + 80 = 90$  mL. Setelah pembakaran dan pendinginan:  $CO_2$  30 mL +  $O_2$  sisa 30 mL = 60 mL ✓ (air menjadi cair, volumenya dapat diabaikan). Setelah NaOH, tinggal  $O_2$  30 mL ✓ [1]

**Pembahasan:** Teknik ini disebut eudiometri. Karena semua volume diukur pada suhu dan tekanan sama, volume gas langsung dapat dipakai sebagai "mol" (Hukum Avogadro). Kunci penyelesaiannya: penyerapan oleh NaOH memisahkan  $CO_2$  dari  $O_2$  sisa, sehingga dua persamaan (untuk C dan untuk O) cukup menentukan x dan y.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Kalor dan suhu • 19-1-01

Bima memegang segelas es teh dan tangannya terasa dingin. Apa yang sebenarnya terjadi?

- A. Dingin mengalir dari gelas ke tangan Bima
- B. Kalor mengalir dari tangan Bima ke gelas
- C. Gelas melepas kalor ke tangan Bima
- D. Tidak ada energi yang berpindah

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Kalor selalu mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Tangan Bima ( $\pm 34^\circ\text{C}$ ) lebih hangat daripada gelas es teh, jadi kalor berpindah dari tangan ke gelas. Tangan kehilangan energi sehingga terasa dingin. "Dingin" bukan sesuatu yang bisa mengalir.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Eksoterm dan endoterm • 19-1-02

Manakah peristiwa yang termasuk proses **endoterm**?

- A. Kayu bakar menyala di tungku
- B. Kantong penghangat tangan menjadi hangat
- C. Air di cetakan es membeku di dalam freezer
- D. Es batu mencair di dalam gelas

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Es mencair menyerap kalor dari minuman di sekitarnya (endoterm); itulah sebabnya minuman menjadi dingin. Kayu terbakar dan penghangat tangan melepas kalor (eksoterm). Air yang membeku juga melepas kalor ke freezer (eksoterm), kebalikan dari mencair.

3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Tanda  $\Delta H$  • 19-1-03

Pembakaran LPG di kompor bersifat eksoterm. Tanda  $\Delta H$ -nya adalah ...

- A. negatif, karena sistem melepas kalor ke lingkungan
- B. positif, karena apinya terasa panas
- C. nol, karena energi selalu kekal
- D. positif, karena gas LPG mengikat oksigen

**Kunci: A**

**Pembahasan:**  $\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{pereaksi}}$ . Pada reaksi eksoterm, sebagian energi sistem keluar sebagai kalor, sehingga entalpi produk lebih rendah daripada pereaksi dan  $\Delta H$  negatif. Energi memang kekal, tetapi berpindah dari sistem ke lingkungan (api dan panci).

4. Lv 1 • Pemula • Isian • Energi makanan • 19-1-04

Label gizi sebungkus mi instan menulis energi 380 kkal. Jika 1 kkal = 4,184 kJ, berapa kJ energi mi tersebut?

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: 1.590 kJ**

**Pembahasan:**  $380 \times 4,184 = 1.589,9 \approx 1.590$  kJ. Energi pada label gizi diukur dengan kalorimeter bom: makanan dibakar sempurna dan kalornya diserap air.

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Kalor  $q = mc\Delta T$  • 19-2-01

Berapa joule kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan 200 g air dari 25 °C menjadi 35 °C? ( $c$  air = 4,18 J/g.°C)

Jawaban: ..... J

**Kunci: 8.360 J**

**Pembahasan:**  $\Delta T = 35 - 25 = 10$  °C.  
 $q = mc\Delta T = 200 \times 4,18 \times 10 = 8.360$  J (= 8,36 kJ).

6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Persamaan termokimia • 19-2-02

Diketahui  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H = -571,6$  kJ. Berapa  $\Delta H$  untuk  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$  ?

- |              |              |
|--------------|--------------|
| A. -571,6 kJ | C. +285,8 kJ |
| B. +571,6 kJ | D. -285,8 kJ |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Persamaan yang ditanyakan adalah persamaan semula yang **dibalik** (tanda berubah) lalu **dibagi 2** (nilai dibagi 2).

$\Delta H = +571,6/2 = +285,8$  kJ. Menguraikan air menyerap energi sebesar yang dilepas saat air terbentuk.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Diagram tingkat energi • 19-2-03

Pada diagram tingkat energi suatu reaksi, garis produk berada **di atas** garis pereaksi. Pernyataan yang benar adalah ...

- A. Reaksi eksoterm dan suhu lingkungan naik
- B. Reaksi endoterm dan  $\Delta H$  bernilai positif
- C. Reaksi eksoterm dan  $\Delta H$  bernilai negatif
- D. Reaksi tidak memerlukan energi dari lingkungan

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Produk berentalpi lebih tinggi berarti sistem mendapat energi dari lingkungan: reaksi endoterm,  $\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{pereaksi}} > 0$ . Lingkungan kehilangan kalor sehingga suhunya turun.

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian •  $\Delta H$  sebanding jumlah zat • 19-2-04

Pembakaran 1 mol metana (gas alam) melepaskan 890 kJ. Berapa kJ kalor yang dilepaskan bila 0,25 mol metana terbakar?

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: 222,5 kJ**

**Pembahasan:** Kalor sebanding dengan jumlah zat yang bereaksi:  $0,25 \times 890 = 222,5$  kJ dilepaskan ( $\Delta H = -222,5$  kJ).

**Lv 3 • Pejuang** SMA • TKA/UTBK

9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kalorimeter penetralan • 19-3-01

Sebanyak 50 mL HCl 1,0 M dicampur dengan 50 mL NaOH 1,0 M di dalam kalorimeter gelas plastik. Suhu naik dari 27,0 °C menjadi 33,6 °C. Anggap massa jenis larutan 1,0 g/mL dan  $c = 4,18$  J/g·°C. Hitung  $\Delta H$  penetralan dalam kJ per mol air yang terbentuk.

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -55,2 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $q_{\text{larutan}} = 100 \times 4,18 \times 6,6 = 2.758,8$  J.

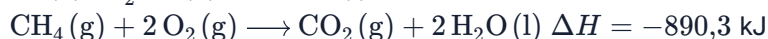
$n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,050 \times 1,0 = 0,050$  mol.

$\Delta H = -\frac{2.758,8}{0,050} = -55.176$  J/mol  $\approx -55,2$  kJ/mol.

Nilai buku  $\pm -57$  kJ/mol; hasil sedikit lebih kecil karena sebagian kalor bocor ke gelas dan udara.

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum Hess • 19-3-02

Diketahui:



Hitung  $\Delta H_f^\circ$  metana,  $\text{C(s)} + 2 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CH}_4(\text{g})$ , dalam kJ/mol.

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -74,8 kJ/mol**

**Pembahasan:** Susun ulang agar C dan H<sub>2</sub> berada di kiri dan CH<sub>4</sub> di kanan:

(1) tetap: -393,5 kJ

(2)  $\times 2$ : -571,6 kJ

(3) dibalik,  $\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{O}_2$ : +890,3 kJ

Saat dijumlahkan, CO<sub>2</sub>, 2 H<sub>2</sub>O, dan 2 O<sub>2</sub> saling mencoret.

$\Delta H = -393,5 - 571,6 + 890,3 = -74,8$  kJ/mol.

11. Lv 3 • Pejuang • Isian •  $\Delta H$  dari entalpi pembentukan • 19-3-03

LPG sebagian besar berisi propana. Hitung  $\Delta H$  pembakaran propana,

$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , dari data  $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol):  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) -103,8$ ;  $\text{CO}_2(\text{g}) -393,5$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) -285,8$ .

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -2.219,9 kJ/mol**

**Pembahasan:** Produk:  $3(-393,5) + 4(-285,8) = -1.180,5 - 1.143,2 = -2.323,7$  kJ.

Pereaksi:  $-103,8 + 5(0) = -103,8$  kJ.

$\Delta H = -2.323,7 - (-103,8) = -2.219,9$  kJ per mol propana.

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Energi ikatan • 19-3-04

Energi ikatan rata-rata (kJ/mol): H-H 436; Cl-Cl 242; H-Cl 431. Besar  $\Delta H$  reaksi

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$  adalah ...

A. +247 kJ

C. -1.540 kJ

B. +184 kJ

D. -184 kJ

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Diputus:  $\text{H-H} + \text{Cl-Cl} = 436 + 242 = +678$  kJ (diserap).

Dibentuk:  $2 \times \text{H-Cl} = 2 \times 431 = 862$  kJ (dilepas).

$\Delta H = 678 - 862 = -184$  kJ. Pilihan +247 kJ muncul bila lupa bahwa terbentuk **dua** ikatan H-Cl; +184 kJ muncul bila urutan pengurangannya terbalik.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Isian • Kalorimeter kaleng • gaya IGCSE • 19-4-01

A student uses a spirit burner to heat 100 g of water in a copper can. The temperature rises from 24,0 °C to 54,0 °C and 0,92 g of ethanol ( $M_r = 46$ ) is burned. **Hitung** entalpi pembakaran etanol dari data ini dalam kJ/mol. ( $c = 4,18$  J/g.°C)

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -627 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $q = 100 \times 4,18 \times 30,0 = 12.540$  J = 12,54 kJ.

$n = 0,92/46 = 0,020$  mol.

$\Delta H_c = -12,54/0,020 = -627$  kJ/mol.

Nilai buku -1.367 kJ/mol. Hasil percobaan jauh lebih kecil karena banyak kalor hilang ke udara, pembakarannya tidak sempurna (jelaga), dan kaleng ikut menyerap kalor.

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Energi ikatan dan diagram energi • gaya IGCSE • 19-4-02

Hidrogen dipertimbangkan sebagai bahan bakar masa depan:  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ .

Energi ikatan (kJ/mol): H-H 436; O=O 498; O-H 463.

- Hitung** energi yang diserap untuk memutus semua ikatan pereaksi. [1]
- Hitung** energi yang dilepas saat ikatan produk terbentuk. [1]
- Hitung**  $\Delta H$  reaksi dan **nyatakan** apakah reaksi ini eksoterm atau endoterm. [2]
- Gambarkan** diagram tingkat energi berlabel untuk reaksi ini. [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $2(436) + 498 = 1.370$  kJ [1]

(b)  $2\text{H}_2\text{O}$  mengandung 4 ikatan O-H:  $4(463) = 1.852$  kJ [1]

(c)  $\Delta H = 1.370 - 1.852 = -482$  kJ [1]; eksoterm karena energi yang dilepas saat membentuk ikatan lebih besar daripada energi untuk memutus ikatan [1]

(d) sumbu tegak berlabel energi/entalpi; garis  $2\text{H}_2 + \text{O}_2$  di atas dan garis  $2\text{H}_2\text{O}$  di bawah [1]; panah ke bawah dari pereaksi ke produk berlabel  $\Delta H = -482$  kJ (boleh ditambah bukit energi aktivasi) [1]

**Pembahasan:** Nilai dari data entalpi pembentukan adalah  $2(-241,8) = -483,6$  kJ, sangat dekat. Energi ikatan hanya berlaku untuk zat berwujud gas; itulah sebabnya air ditulis (g).

15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Mengenali reaksi endoterm • gaya IGCSE • 19-4-03

Which of these changes is **endothermic**? (Manakah perubahan yang endoterm?)

- Pembakaran bensin di mesin motor
- Respirasi glukosa di dalam sel
- Penguraian kalsium karbonat menjadi kapur tohor di tungku
- Penetralkan asam klorida oleh natrium hidroksida

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \longrightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  membutuhkan pemanasan terus-menerus:  $\Delta H = -635,1 - 393,5 - (-1.206,9) = +178,3$  kJ/mol. Pembakaran, respirasi, dan penetralan semuanya melepas kalor.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Entalpi pelarutan • gaya IGCSE • 19-4-04

Isi kompres dingin diuji di laboratorium: 8,0 g amonium nitrat ( $M_r = 80$ ) dilarutkan dalam 100 g air sehingga massa larutan 108 g. Suhu turun dari 26,0 °C menjadi 20,3 °C. **Hitung**  $\Delta H$  pelarutan amonium nitrat (kJ/mol). ( $c = 4,18$  J/g·°C)

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 25,7 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $q_{\text{larutan}} = 108 \times 4,18 \times (20,3 - 26,0) = -2.573$  J.

$n = 8,0/80 = 0,10$  mol.

$\Delta H = -\frac{-2.573}{0,10} = +25.730$  J/mol  $\approx +25,7$  kJ/mol. Endoterm: inilah sumber "dingin" kompres instan.

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Kalorimetri dan ketidakpastian • gaya IB • 19-5-01

Serbuk seng berlebih ditambahkan ke  $25,0 \text{ cm}^3$  larutan  $\text{CuSO}_4$   $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$  dalam gelas plastik berinsulasi:  $\text{Zn(s)} + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$ . Dari grafik suhu-waktu, kenaikan suhu hasil ekstrapolasi adalah  $10,2 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Anggap larutan bermassa jenis  $1,00 \text{ g cm}^{-3}$  dan  $c = 4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

(a) Hitung  $\Delta H$  reaksi dalam  $\text{kJ mol}^{-1}$ . [3]

(b) Hitung persentase ketidakpastian  $\Delta T$ , lalu nyatakan  $\Delta H$  beserta ketidakpastian mutlaknya (ketidakpastian lain diabaikan). [2]

(c) Nilai literatur  $-217 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Jelaskan mengapa suhu maksimum yang terbaca langsung tidak dipakai, dan sebutkan satu galat sistematis lain beserta arah pengaruhnya. [3]

**Kunci/rubrik:** (a)  $q = 25,0 \times 4,18 \times 10,2 = 1.066 \text{ J}$  [1];  $n_{\text{CuSO}_4} = 0,200 \times 0,0250 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$  (Zn berlebih, jadi  $\text{CuSO}_4$  pembatas) [1];  $\Delta H = -1,066/5,00 \times 10^{-3} = -213 \text{ kJ mol}^{-1}$  [1]

(b)  $0,2/10,2 \times 100\% = 2,0\%$  [1];  $\Delta H = -213 \pm 4 \text{ kJ mol}^{-1}$  [1]

(c) Selama reaksi berlangsung, kalor terus bocor ke lingkungan, sehingga suhu maksimum yang terbaca lebih rendah daripada kenaikan sebenarnya; ekstrapolasi garis pendinginan ke saat pencampuran mengoreksi kebocoran itu [2]. Galat sistematis lain: kalor diserap gelas dan termometer, atau kapasitas kalor larutan berbeda dari air; keduanya membuat  $|\Delta H|$  terukur lebih kecil daripada literatur [1]

**Pembahasan:** Selisih dari literatur:  $(217 - 213)/217 \approx 1,8\%$ , lebih kecil daripada ketidakpastian acak  $2,0\%$ . Jadi perbedaan ini masih dapat dijelaskan oleh galat acak, walaupun kebocoran kalor tetap cenderung membuat hasil lebih kecil.

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • Hess dari entalpi pembakaran • gaya IB • 19-5-02

Gas etuna (asetilena),  $\text{C}_2\text{H}_2$ , dipakai untuk mengelas logam. Data entalpi pembakaran standar ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ):  $\text{C}(\text{grafit}) -393,5$ ;  $\text{H}_2(\text{g}) -285,8$ ;  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) -1.299,6$ . Hitung  $\Delta H_f^\circ$  etuna,  $2 \text{ C(s)} + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ , dalam  $\text{kJ mol}^{-1}$ .

Jawaban: .....  $\text{kJ/mol}$

**Kunci:** 226,8  $\text{kJ/mol}$

**Pembahasan:** Siklus Hess melalui hasil pembakaran ( $2 \text{ CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ):

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= [2(-393,5) + (-285,8)] - (-1.299,6) \\ &= -1.072,8 + 1.299,6 = +226,8 \text{ kJ mol}^{-1}.\end{aligned}$$

Positif! Etuna lebih "kaya energi" daripada unsur-unsurnya, sehingga nyala las oksiasetilena sangat panas ( $\pm 3.100 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Perhitungan dengan energi ikatan rata-rata memberi  $\Delta H$  pembakaran metana sekitar  $-814 \text{ kJ mol}^{-1}$ , sedangkan data kalorimeter  $-890 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Penjelasan terbaik adalah ...

- A. Energi ikatan rata-rata berlaku untuk zat berwujud gas dan merupakan rata-rata dari banyak senyawa, sedangkan data  $-890 \text{ kJ mol}^{-1}$  menghasilkan air cair
- B. Ikatan C-H dalam metana tidak dapat diputus sehingga harus diabaikan
- C. Hukum Hess tidak berlaku untuk perhitungan energi ikatan
- D. Kalorimeter selalu memberi nilai lebih besar karena kalor bocor

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Ada dua alasan. (1) Energi ikatan dihitung untuk wujud gas; bila air mengembun,  $2 \times 44 = 88 \text{ kJ}$  dilepas tambahan ( $-802$  menjadi  $-890$ ). (2) Nilai C-H, C=O, dan O-H adalah rata-rata dari banyak molekul, sehingga hasilnya hanya perkiraan ( $-814$  vs  $-802$ ). Kebocoran kalor justru membuat nilai terukur lebih kecil, bukan lebih besar.

Sebanyak  $1,00 \text{ g}$  glukosa ( $M_r = 180$ ) dibakar dalam kalorimeter bom yang kapasitas kalornya  $10,0 \text{ kJ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Suhunya naik  $1,56 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Hitung entalpi pembakaran glukosa ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ). Untuk reaksi ini  $\Delta n_{\text{gas}} = 0$ , sehingga  $\Delta H = \Delta U$ .

Jawaban: .....  $\text{kJ/mol}$

**Kunci: -2.808 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $q = 10,0 \times 1,56 = 15,6 \text{ kJ}$  per  $1,00 \text{ g}$ .

$n = 1,00/180 = 5,56 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$\Delta H_c = -15,6/5,56 \times 10^{-3} = -2.808 \text{ kJ mol}^{-1}$  (literatur  $-2.803$ ).

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6 \text{ O}_2(\text{g}) \longrightarrow 6 \text{ CO}_2(\text{g}) + 6 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$ : 6 mol gas di kiri dan 6 mol gas di kanan, jadi  $\Delta n_{\text{gas}} = 0$ .

Tubuhmu memperoleh  $\pm 15,6 \text{ kJ}$  ( $\pm 3,7 \text{ kkal}$ ) dari setiap gram glukosa.

**Lv 6 • Olimpiade gaya OSN Kimia/IChO**

Gunakan data berikut ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ) untuk menghitung entalpi kisi (arah pembentukan kisi dari ion-ion gas) magnesium klorida,  $\text{Mg}^{2+}(\text{g}) + 2 \text{ Cl}^{-}(\text{g}) \longrightarrow \text{MgCl}_2(\text{s})$ :

$\Delta H_f^\circ \text{MgCl}_2(\text{s}) = -641$ ; atomisasi  $\text{Mg} = +148$ ; energi ionisasi pertama dan kedua  $\text{Mg} = +738$  dan  $+1.451$ ; energi ikatan  $\text{Cl-Cl} = +242$ ; afinitas elektron  $\text{Cl} = -349$ .

Jawaban: .....  $\text{kJ/mol}$

**Kunci: -2.522 kJ/mol**

**Pembahasan:** Tahap memutar:  $+148 + 738 + 1.451 + 242 + 2(-349) = +1.881 \text{ kJ}$ .

Hess:  $\Delta H_f = 1.881 + U$ , sehingga  $U = -641 - 1.881 = -2.522 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Jauh lebih besar daripada  $\text{NaCl}$  ( $-787$ ) karena ion  $\text{Mg}^{2+}$  bermuatan  $+2$  dan kecil, sehingga tarikan Coulomb di kisinya sangat kuat.

22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Campuran bahan bakar • gaya olimpiade • 19-6-02

Gas dari instalasi biogas desa dicampur dengan propana. Satu mol campuran metana dan propana dibakar sempurna (air cair) dan melepaskan 1.330 kJ. ( $\Delta H_c$ :  $\text{CH}_4$  -890 kJ/mol;  $\text{C}_3\text{H}_8$  -2.220 kJ/mol)

(a) Tentukan fraksi mol metana dalam campuran.

(b) Hitung volume oksigen (STP) yang dibutuhkan untuk membakar 1 mol campuran.

(c) Campuran ini dipakai untuk memanaskan 10,0 L air dari 27 °C sampai 100 °C dengan efisiensi kompor 60%. Berapa mol campuran yang harus dibakar? ( $c = 4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ )

**Kunci/rubrik:** (a) Misal fraksi mol metana  $x$ :  $890x + 2.220(1 - x) = 1.330$ , sehingga  $1.330x = 890$  dan  $x = 0,669$  [3]

(b)  $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \longrightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ : mol  $\text{O}_2 = 2(0,669) + 5(0,331) = 2,99$  mol [2];  $V = 2,99 \times 22,4 = 67,0 \text{ L}$  [1]

(c)  $q_{\text{air}} = 10.000 \times 4,18 \times 73 = 3,05 \times 10^6 \text{ J} = 3.051 \text{ kJ}$  [1]; kalor yang harus dilepas bahan bakar =  $3.051/0,60 = 5.086 \text{ kJ}$  [1]; mol campuran =  $5.086/1.330 = 3,82$  mol [1]

**Pembahasan:** Trik: kalor 1 mol campuran adalah rata-rata berbobot fraksi mol. Pada (b), kebutuhan oksigen juga rata-rata berbobot. Pada (c), efisiensi 60% berarti hanya 60% kalor pembakaran yang masuk ke air, jadi bahan bakar yang dibakar harus lebih banyak.

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Entalpi hidrasi • gaya olimpiade • 19-6-03

Untuk natrium klorida: entalpi pemisahan kisi  $\text{NaCl(s)} \longrightarrow \text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) = +787 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; entalpi pelarutan =  $+3,9 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; entalpi hidrasi  $\text{Na}^+ = -406 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Hitung entalpi hidrasi ion klorida ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ).

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -377,1 kJ/mol**

**Pembahasan:** Siklus:  $\text{NaCl(s)} \longrightarrow \text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ .

$3,9 = 787 + (-406) + \Delta H_{\text{hid}}(\text{Cl}^-)$

$\Delta H_{\text{hid}}(\text{Cl}^-) = 3,9 - 787 + 406 = -377,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Garam dapur larut hampir tanpa perubahan suhu karena dua suku besar (+787 dan -783) hampir saling meniadakan.

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Energi ikatan dari entalpi atomisasi • gaya olimpiade • 19-6-04

Data ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ):  $\Delta H_f^\circ \text{C(g)} = +716,7$ ;  $\Delta H_f^\circ \text{H(g)} = +218,0$ ;  $\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) = -84,7$ . Energi ikatan C-H rata-rata 413  $\text{kJ mol}^{-1}$ . Tentukan energi ikatan C-C dalam etana ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ).

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 348 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $\Delta H_{\text{at}} = [2(716,7) + 6(218,0)] - (-84,7) = 1.433,4 + 1.308,0 + 84,7 = 2.826,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Ikatan dalam etana: 6 C-H + 1 C-C.

$E_{\text{C-C}} = 2.826,1 - 6(413) = 348,1 \approx 348 \text{ kJ mol}^{-1}$ , cocok dengan nilai rata-rata 347  $\text{kJ mol}^{-1}$  di tabel.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Proses spontan • 20-1-01

Manakah yang terjadi **dengan sendirinya** (spontan) di dalam kamar pada suhu biasa?

- A. Air di gelas membeku pada siang hari yang panas
- B. Wangi parfum yang disemprotkan menyebar ke seluruh kamar
- C. Asap obat nyamuk bakar berkumpul kembali menjadi batang utuh
- D. Teh hangat menjadi makin panas dengan sendirinya

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Molekul parfum bergerak acak dan menyebar ke seluruh ruangan, karena keadaan "tersebar" punya jauh lebih banyak susunan (entropinya besar). Tiga pilihan lain adalah kebalikan dari proses spontan dan tidak pernah terjadi sendiri.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Entropi dan wujud zat • 20-1-02

Urutan entropi satu mol air dalam berbagai wujud, dari yang paling **kecil**, adalah ...

- A. es < air cair < uap air
- B. uap air < air cair < es
- C. air cair < es < uap air
- D. ketiganya sama karena zatnya sama

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Dalam es, molekul terkunci di kisi (sedikit cara). Dalam air cair, molekul bisa bergeser. Dalam uap, molekul bebas berkeliranan di ruang yang luas (sangat banyak cara). Data: es  $\pm 41$ , air cair 69,9, uap air 188,8 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Mikrostate • 20-1-03

Bima melempar 4 koin berkali-kali. Hasil (makrostate) mana yang dapat terjadi dengan **paling banyak** cara?

- A. 4 gambar
- B. 3 gambar, 1 angka
- C. 2 gambar, 2 angka
- D. semuanya sama banyak caranya

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Banyak cara (W): 4 gambar = 1; 3 gambar 1 angka = 4; 2 gambar 2 angka = 6. Makrostate dengan W terbesar paling sering muncul (6 dari 16 kali), sama seperti partikel gas yang paling sering tersebar merata di dua ruang.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Tungku kapur • 20-1-04

Di tungku kapur Gunung Kidul, batu gamping  $\text{CaCO}_3$  dipanaskan dan terurai menjadi kapur tohor  $\text{CaO}$  serta sebuah gas. Gas inilah yang membuat entropi reaksi naik tajam. Tuliskan rumus kimia gas tersebut.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{CO}_2$**

**Pembahasan:**  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \longrightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ . Satu-satunya produk berwujud gas adalah karbon dioksida,  $\text{CO}_2$ . Dari padatan saja terbentuk gas, sehingga  $\Delta S$  bernilai positif besar ( $\pm 161$  J/K).

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Energi bebas Gibbs • 20-2-01

Untuk es yang mencair,  $\Delta H = +6,01 \text{ kJ/mol}$  dan  $\Delta S = +22,0 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ . Hitung  $\Delta G$  pada  $25^\circ\text{C}$  ( $298 \text{ K}$ ) dalam kJ/mol.

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -0,546 kJ/mol**

**Pembahasan:** Ubah  $\Delta S$  ke kJ:  $22,0 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)} = 0,0220 \text{ kJ/(mol}\cdot\text{K)}$ .

$\Delta G = 6,01 - 298 \times 0,0220 = 6,01 - 6,556 = -0,546 \text{ kJ/mol}$ .

$\Delta G$  negatif: es mencair spontan pada  $25^\circ\text{C}$ , walaupun prosesnya endoterm.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Spontan dan laju • 20-2-02

Pembakaran kertas oleh oksigen udara adalah proses spontan ( $\Delta G$  sangat negatif). Mengapa buku di rak tidak terbakar dengan sendirinya?

- A. Karena reaksi kertas dengan oksigen sebenarnya endoterm
- B. Karena di dalam rak buku tidak ada oksigen sama sekali
- C. Karena entropi kertas sudah bernilai nol
- D. Karena spontan tidak berarti cepat; reaksinya butuh energi awal (disulut) agar mulai berlangsung

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Spontan hanya menyatakan *arah*. Pembakaran kertas memerlukan energi aktivasi yang besar, sehingga pada suhu kamar lajunya praktis nol. Setelah disulut api, reaksinya berlanjut sendiri. Laju reaksi dibahas di Bab 21.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Tanda  $\Delta S$  reaksi • 20-2-03

Tanda  $\Delta S$  untuk reaksi  $2 \text{ H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$  adalah ...

- A. positif, karena terbentuk zat baru
- B. negatif, karena 3 mol gas berubah menjadi cairan
- C. nol, karena jumlah atom tetap
- D. positif, karena reaksinya melepas kalor

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $\Delta n_{\text{gas}} = 0 - 3 = -3$ . Gas berubah menjadi cairan, sehingga gerak partikel jauh lebih terbatas:  $\Delta S$  negatif.

Dengan data:  $2(69,9) - [2(130,7) + 205,2] = -326,8 \text{ J/K}$ .

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Suhu peralihan • 20-2-04

Untuk  $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\Delta H = +6,01 \text{ kJ/mol}$  dan  $\Delta S = +22,0 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ . Hitung suhu peralihan (dalam K), yaitu suhu ketika es dan air setimbang.

Jawaban: ..... K

**Kunci: 273 K**

**Pembahasan:** Pada kesetimbangan  $\Delta G = 0$ , jadi  $T = \Delta H / \Delta S$ .

$T = \frac{6010 \text{ J/mol}}{22,0 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}} = 273 \text{ K}$ , yaitu  $0^\circ\text{C}$ : titik leleh es!

9. Lv 3 • Pejuang • Isian •  $\Delta S^\circ$  dan  $\Delta G^\circ$  reaksi • 20-3-01

Reaksi Haber:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ ,  $\Delta H^\circ = -92,2 \text{ kJ}$ . Data  $S^\circ$  ( $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ):  $\text{N}_2$  191,6;  $\text{H}_2$  130,7;  $\text{NH}_3$  192,8. Hitung  $\Delta G^\circ$  pada 298 K dalam kJ.

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: -33,2 kJ**

**Pembahasan:**  $\Delta S^\circ = 2(192,8) - [191,6 + 3(130,7)] = 385,6 - 583,7 = -198,1 \text{ J/K} = -0,1981 \text{ kJ/K}$ .

$\Delta G^\circ = -92,2 - 298 \times (-0,1981) = -92,2 + 59,0 = -33,2 \text{ kJ}$ .

Negatif: spontan pada 25 °C, tetapi sangat lambat tanpa katalis.

10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Empat kuadran  $\Delta H$ - $\Delta S$  • 20-3-02

Suatu reaksi memiliki  $\Delta H = -50 \text{ kJ}$  dan  $\Delta S = -120 \text{ J/K}$ . Reaksi ini spontan pada ...

- A. semua suhu  
B. suhu di atas  $\pm 417 \text{ K}$   
C. suhu di bawah  $\pm 417 \text{ K}$   
D. tidak pada suhu berapa pun

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Kedua tanda negatif:  $\Delta H$  mendukung, sedangkan  $-T\Delta S$  melawan dan makin kuat saat  $T$  naik.

Suhu peralihan  $T = \frac{-50}{-0,120} = 417 \text{ K}$ .

Di bawah 417 K,  $|\Delta H| > |T\Delta S|$  sehingga  $\Delta G < 0$ .

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Suhu peralihan dari data • 20-3-03

Data:  $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol)  $\text{CaCO}_3$  -1206,9;  $\text{CaO}$  -635,1;  $\text{CO}_2$  -393,5.  $S^\circ$  ( $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )  $\text{CaCO}_3$  92,9;  $\text{CaO}$  39,7;  $\text{CO}_2$  213,8. Berapa suhu minimum (dalam °C) agar batu kapur terurai spontan di tungku pada keadaan standar? Anggap  $\Delta H$  dan  $\Delta S$  tidak bergantung suhu.

Jawaban: ..... °C

**Kunci: 837 °C**

**Pembahasan:**  $\Delta H^\circ = (-635,1 - 393,5) - (-1206,9) = +178,3 \text{ kJ}$ .

$\Delta S^\circ = (39,7 + 213,8) - 92,9 = +160,6 \text{ J/K} = 0,1606 \text{ kJ/K}$ .

$T = 178,3/0,1606 = 1110 \text{ K} \rightarrow 1110 - 273 = 837 \text{ °C}$ .

Tungku kapur nyata bekerja pada 900-1.000 °C supaya penguraianya cukup cepat.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Pelarutan garam • 20-3-04

Garam dapur larut dalam air walaupun pelarutannya sedikit endoterm ( $\Delta H \approx +3,9 \text{ kJ/mol}$ ). Penjelasan yang paling tepat adalah ...

- A.  $\Delta S$  pelarutan negatif, sehingga  $\Delta G$  menjadi negatif  
B. Pengadukan menghasilkan energi yang membuat  $\Delta G$  negatif  
C. Semua proses endoterm pasti spontan pada suhu kamar  
D. Ion-ion yang tersebar menaikkan entropi;  $T\Delta S$  lebih besar daripada  $\Delta H$  sehingga  $\Delta G$  negatif

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Kristal  $\text{NaCl}$  yang teratur pecah menjadi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  yang tersebar:  $\Delta S \approx +43,4 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ .

Pada 298 K:  $T\Delta S = 298 \times 0,0434 = 12,9 \text{ kJ/mol} > \Delta H = 3,9 \text{ kJ/mol}$ , sehingga  $\Delta G \approx -9,0 \text{ kJ/mol}$ .

Pengadukan hanya mempercepat pelarutan, dan tidak semua proses endoterm spontan (contoh: batu kapur tidak terurai pada suhu kamar).

## 13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Perubahan entropi • gaya IGCSE • 20-4-01

Which change has the **largest increase** in entropy (kenaikan entropi terbesar)?

- A.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \longrightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  C.  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{s})$   
 B.  $\text{NaCl}(\text{s}) \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$  D.  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Hanya penguraian  $\text{CaCO}_3$  yang menghasilkan gas dari padatan ( $\Delta n_{\text{gas}} = +1$ ):  $\Delta S = +160,6 \text{ J/K}$ . Pelarutan  $\text{NaCl}$  naik lebih kecil ( $+43,4 \text{ J/K}$ ). Pembekuan air ( $-22,0 \text{ J/K}$ ) dan reaksi Haber ( $-198,1 \text{ J/K}$ ) justru menurunkan entropi.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Entropi lingkungan • gaya IGCSE • 20-4-02

**Calculate** (hitunglah) perubahan entropi lingkungan,  $\Delta S_{\text{lingkungan}}$ , ketika 1 mol propana dari tabung LPG terbakar sempurna pada  $25^\circ\text{C}$  ( $298 \text{ K}$ ).  $\Delta H = -2220 \text{ kJ/mol}$ . Berikan jawaban dalam  $\text{J/K}$ .

Jawaban: .....  $\text{J/K}$

**Kunci: 7.450 J/K**

**Pembahasan:**  $\Delta S_{\text{lingkungan}} = -\frac{\Delta H}{T} = -\frac{-2.220.000 \text{ J}}{298 \text{ K}} = +7450 \text{ J/K}$ .

Kalor yang besar membuat entropi lingkungan melonjak, sehingga  $\Delta S_{\text{semesta}}$  positif walaupun  $\Delta S$  sistem pembakaran propana negatif ( $\pm -375 \text{ J/K}$ ).

## 15. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Kompres dingin instan • gaya IGCSE • 20-4-03

Kompres dingin instan berisi amonium nitrat,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , dan kantong air. Setelah kantong dipencet, suhu kompres turun dari  $28^\circ\text{C}$  menjadi  $5^\circ\text{C}$ . Data pelarutan:  $\Delta H = +25,7 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta S = +108,7 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ .

- (a) **Nyatakan** apakah pelarutan ini eksoterm atau endoterm, dengan alasan dari data suhu. [1]  
 (b) **Jelaskan** pada tingkat partikel mengapa  $\Delta S$  bernilai positif. [2]  
 (c) **Hitung**  $\Delta G$  pada  $25^\circ\text{C}$  dan **deduksikan** apakah pelarutan berlangsung spontan. [2]  
 (d) **Hitung** suhu peralihannya. Apakah kompres yang disimpan di lemari es ( $5^\circ\text{C}$ ) masih bisa bekerja? [2]

**Kunci/rubrik:** (a) Endoterm: suhu turun karena kalor diserap dari air dan lingkungan [1].

(b) Kristal ionik yang teratur pecah menjadi ion  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  yang tersebar dan bergerak bebas di dalam air [1]; banyaknya susunan (mikrostate) bertambah sehingga entropi naik [1].

(c)  $\Delta G = 25,7 - 298 \times 0,1087 = 25,7 - 32,4 = -6,7 \text{ kJ/mol}$  [1]; negatif sehingga spontan [1].

(d)  $T = 25,7/0,1087 = 236 \text{ K}$  ( $-37^\circ\text{C}$ ) [1];  $5^\circ\text{C} = 278 \text{ K}$  berada di atas suhu peralihan, sehingga  $\Delta G$  masih negatif ( $\pm -4,5 \text{ kJ/mol}$ ) dan kompres tetap bekerja, walaupun dorongannya lebih lemah [1].

**Pembahasan:** Inti soal: proses endoterm bisa spontan bila kenaikan entropinya cukup besar. Pada  $298 \text{ K}$ , suku  $T\Delta S$  ( $32,4 \text{ kJ/mol}$ ) mengalahkan  $\Delta H$  ( $25,7 \text{ kJ/mol}$ ).

## 16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Entropi penguapan • gaya IGCSE • 20-4-04

Pada titik didihnya ( $100^\circ\text{C}$ ,  $373 \text{ K}$ ), air dan uap air berada dalam kesetimbangan, dan kalor penguapan air adalah  $40,7 \text{ kJ/mol}$ . **Calculate**  $\Delta S$  penguapan air dalam  $\text{J/(mol}\cdot\text{K)}$ .

Jawaban: .....  $\text{J/(mol}\cdot\text{K)}$

**Kunci: 109 J/(mol·K)**

**Pembahasan:** Pada titik didih  $\Delta G = 0 \rightarrow \Delta H = T\Delta S$ .

$$\Delta S = \frac{40.700 \text{ J/mol}}{373 \text{ K}} = 109 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}.$$

Nilai ini lebih besar daripada aturan Trouton ( $\pm 85\text{--}88$ ) karena ikatan hidrogen membuat air cair lebih teratur.

17. Lv 5 • IB DP • Isian •  $\Delta G^\circ$  dan  $K$  • gaya IB • 20-5-01

Untuk  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ ,  $\Delta G^\circ = -33,0 \text{ kJ/mol}$  pada 298 K. Hitung tetapan kesetimbangan  $K$ . ( $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 609.000**

**Pembahasan:**  $\ln K = -\frac{-33.000}{8,314 \times 298} = 13,32$ .

$K = e^{13,32} = 6,09 \times 10^5$ .

$K \gg 1$ : pada 25 °C kesetimbangan sangat condong ke amonia.

## 18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Termodinamika proses kontak • gaya IB • 20-5-02

Pada proses kontak (pembuatan asam sulfat), terjadi reaksi  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{g})$ .

Data:  $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol)  $\text{SO}_2$  -296,8;  $\text{SO}_3$  -395,7.  $S^\circ$  (J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)  $\text{SO}_2$  248,2;  $\text{O}_2$  205,2;  $\text{SO}_3$  256,8.

(a) Hitung  $\Delta H^\circ$  dan  $\Delta S^\circ$  reaksi. [2]

(b) Hitung  $\Delta G^\circ$  pada 298 K dan nyatakan apakah reaksi spontan. [2]

(c) Tentukan suhu di atas mana reaksi tidak lagi spontan pada keadaan standar. [1]

(d) Pabrik menjalankan reaksi ini pada sekitar 700 K dengan katalis  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Jelaskan mengapa suhu itu dipilih, walaupun  $\Delta G^\circ$  lebih negatif pada suhu rendah. [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $\Delta H^\circ = 2(-395,7) - 2(-296,8) = -197,8 \text{ kJ}$  [1];  $\Delta S^\circ = 2(256,8) - [2(248,2) + 205,2] = -188,0 \text{ J/K}$  [1].

(b)  $\Delta G^\circ = -197,8 - 298(-0,1880) = -197,8 + 56,0 = -141,8 \text{ kJ}$  [1]; negatif  $\rightarrow$  spontan [1].

(c)  $T = \frac{-197,8}{-0,1880} = 1052 \text{ K}$ ; di atas  $\pm 1050 \text{ K}$  reaksi tidak spontan pada keadaan standar [1].

(d) Pada suhu rendah laju reaksi terlalu lambat, bahkan dengan katalis [1]; 700 K adalah kompromi: lajunya cukup cepat, sedangkan  $\Delta G^\circ$  masih negatif ( $\pm 66 \text{ kJ}$ ) sehingga hasil kesetimbangan masih baik [1].

**Pembahasan:** Pola yang sama dengan reaksi Haber: reaksi eksoterm dengan  $\Delta S$  negatif "menyukai" suhu rendah, tetapi industri memerlukan laju yang cukup. Suhu operasi dipilih di bawah suhu peralihan, ditambah katalis.

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda •  $\Delta G^\circ$  dan  $K$  • gaya IB • 20-5-03

Pernyataan manakah yang **benar** tentang hubungan  $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ ?

A. Jika  $\Delta G^\circ = 0$ , maka  $K = 0$

B. Jika  $\Delta G^\circ < 0$ , maka  $K > 1$

C. Jika  $\Delta G^\circ > 0$ , reaksi sama sekali tidak menghasilkan produk

D. Nilai  $K$  tidak bergantung pada suhu

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $\Delta G^\circ < 0 \rightarrow -\Delta G^\circ/RT > 0 \rightarrow K = e^{(\text{positif})} > 1$ .

Jika  $\Delta G^\circ = 0$ ,  $K = e^0 = 1$ , bukan 0.  $\Delta G^\circ > 0$  berarti  $K < 1$ : produk tetap terbentuk, hanya sedikit.  $K$  bergantung pada  $T$  karena  $T$  ada di dalam rumus (dan  $\Delta G^\circ$  pun berubah dengan suhu).

Sel Daniell,  $\text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$ , memiliki  $E_{\text{sel}}^\circ = +1,10 \text{ V}$ . Hitung  $\Delta G^\circ$  dalam kJ/mol. ( $F = 96.485 \text{ C/mol}$ )

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -212 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $n = 2$  ( $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ ).

$\Delta G^\circ = -2 \times 96.485 \times 1,10 = -212.267 \text{ J/mol} \approx -212 \text{ kJ/mol}$ .

$E^\circ$  positif  $\Leftrightarrow \Delta G^\circ$  negatif: reaksi sel spontan dan dapat menghasilkan listrik.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

Data untuk etanol:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)}: \Delta H_f^\circ = -277,7 \text{ kJ/mol}$ ,  $S^\circ = 160,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(g)}: \Delta H_f^\circ = -234,8 \text{ kJ/mol}$ ,  $S^\circ = 282,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Perkirakan titik didih normal etanol dalam  $^\circ\text{C}$ . Anggap  $\Delta H$  dan  $\Delta S$  penguapan tidak bergantung suhu.

Jawaban: .....  $^\circ\text{C}$

**Kunci: 78,5  $^\circ\text{C}$**

**Pembahasan:**  $\Delta H_{\text{uap}} = -234,8 - (-277,7) = +42,9 \text{ kJ/mol}$ .

$\Delta S_{\text{uap}} = 282,7 - 160,7 = +122,0 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ .

$T = 42.900/122,0 = 351,6 \text{ K} = 78,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Titik didih etanol yang terukur adalah  $78,4 \text{ }^\circ\text{C}$ : perkiraan dari data  $298 \text{ K}$  ternyata sangat dekat! (Tepatnya ini suhu ketika tekanan uap mencapai  $1 \text{ bar}$ , sedikit berbeda dari  $1 \text{ atm}$ , tetapi selisihnya kecil.)

Dalam kristal karbon monoksida pada suhu mendekati  $0 \text{ K}$ , setiap molekul CO dapat menghadap ke dua arah (CO atau OC) secara acak karena kedua ujungnya hampir sama besar.

(a) Tunjukkan bahwa entropi sisa (entropi pada  $0 \text{ K}$ ) untuk  $1 \text{ mol}$  kristal CO adalah  $R \ln 2$ , lalu hitung nilainya. [2]

(b) Jelaskan mengapa nilai ini tidak bertentangan dengan hukum III termodinamika. [1]

(c) Linus Pauling memperkirakan bahwa dalam es, aturan ikatan hidrogen menyisakan rata-rata  $3/2$  pilihan susunan untuk setiap molekul air. Hitung entropi sisa es menurut Pauling. [1]

(d)  $S^\circ$  biasanya diukur dengan memanaskan zat dari dekat  $0 \text{ K}$  sambil mencatat kalor yang diserap. Jelaskan akibatnya bila entropi sisa diabaikan. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Setiap molekul punya 2 pilihan, jadi  $W = 2^N$ ; untuk  $1 \text{ mol}$   $N = N_A$  [1].  $S = k \ln 2^{N_A} = N_A k \ln 2 = R \ln 2 = 8,314 \times 0,693 = 5,76 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$  [1].

(b) Hukum III hanya menyatakan  $S = 0$  untuk kristal sempurna ( $W = 1$ ). Kristal CO tidak sempurna karena arah molekulnya acak, jadi  $W > 1$  dan  $S > 0$  [1].

(c)  $W = (3/2)^N \rightarrow S = R \ln 1,5 = 8,314 \times 0,405 = 3,37 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$  [1], sangat dekat dengan hasil percobaan  $\pm 3,4 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ .

(d) Kalorimetri hanya mengukur kenaikan entropi mulai dari  $0 \text{ K}$  dengan anggapan  $S(0) = 0$ ; bila entropi sisa diabaikan,  $S^\circ$  yang diperoleh terlalu kecil sebesar entropi sisa itu [1].

**Pembahasan:** Rumus Boltzmann  $S = k \ln W$  menghubungkan susunan mikroskopis dengan besaran yang terukur di laboratorium. Entropi sisa es ( $\pm 3,4 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) adalah salah satu bukti paling indah bahwa model ikatan hidrogen dalam es memang benar.

Bijih timah Bangka (kasiterit) direduksi dengan karbon:  $\text{SnO}_2(\text{s}) + 2\text{C}(\text{s}) \longrightarrow \text{Sn}(\text{s}) + 2\text{CO}(\text{g})$ . Data  $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol):  $\text{SnO}_2$  -580,7;  $\text{CO}$  -110,5.  $S^\circ$  (J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>):  $\text{SnO}_2$  49,0;  $\text{C}$  (grafit) 5,7;  $\text{Sn}$  51,2;  $\text{CO}$  197,7. Tentukan suhu minimum (dalam K) agar reaksi spontan pada keadaan standar.

Jawaban: ..... K

**Kunci: 931 K**

**Pembahasan:**  $\Delta H^\circ = 2(-110,5) - (-580,7) = +359,7$  kJ.

$\Delta S^\circ = [51,2 + 2(197,7)] - [49,0 + 2(5,7)] = 446,6 - 60,4 = +386,2$  J/K.

Kuadran "+, +"  $\rightarrow$  spontan di atas  $T = 359,7/0,3862 = 931$  K ( $\pm 658$  °C).

Jebakan klasik: menganggap  $S^\circ$  karbon dan timah nol akan memberi jawaban keliru.

Untuk  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ ,  $\Delta H^\circ = +178,3$  kJ dan  $\Delta S^\circ = +160,6$  J/K. Karena padatan murni tidak muncul dalam ungkapan kesetimbangan,  $K = p_{\text{CO}_2}/p^\circ$  dengan  $p^\circ = 1$  bar. Perkirakan tekanan  $\text{CO}_2$  setimbang (dalam bar) di atas batu kapur dalam tungku bersuhu 1000 K. Anggap  $\Delta H^\circ$  dan  $\Delta S^\circ$  tidak bergantung suhu. ( $R = 8,314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

Jawaban: ..... bar

**Kunci: 0,119 bar**

**Pembahasan:**  $\Delta G^\circ(1000\text{ K}) = 178,3 - 1000 \times 0,1606 = +17,7$  kJ.

$\ln K = -\frac{17.700}{8,314 \times 1000} = -2,13 \rightarrow K = 0,119$ .

$p_{\text{CO}_2} \approx 0,12$  bar. Nilainya di bawah 1 bar, sehingga pada 1000 K batu kapur hanya terus terurai bila  $\text{CO}_2$  disapu keluar dari tungku. (Data percobaan memberi nilai sedikit lebih kecil karena  $\Delta H^\circ$  dan  $\Delta S^\circ$  sebenarnya berubah dengan suhu.)

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Cepat dan lambat • 21-1-01

Manakah reaksi yang berlangsung paling cepat?

- A. Paku berkarat di halaman
- B. Kembang api meletus
- C. Pisang menguning di dalam karung
- D. Susu berubah menjadi yoghurt

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Kembang api meletus dalam seperseratus detik. Pisang butuh beberapa hari, susu menjadi yoghurt butuh beberapa jam, dan paku berkarat butuh berminggu-minggu.

2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pengaruh suhu • 21-1-02

Sayur lebih awet bila disimpan di kulkas karena ...

- A. kulkas membunuh semua kuman
- B. kulkas menambah oksigen untuk sayur
- C. sayur berubah menjadi zat lain di kulkas
- D. suhu rendah memperlambat reaksi pembusukan

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Suhu rendah membuat partikel bergerak lebih lambat, sehingga tumbukan yang cukup bertenaga ( $\geq E_a$ ) jauh berkurang. Reaksi pembusukan dan kerja mikroba melambat, tetapi kuman tidak mati. Itulah sebabnya makanan tetap bisa basi bila terlalu lama di luar kulkas.

3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Luas permukaan • 21-1-03

Saat menyalakan tungku kayu, Kak Tirta memakai ranting kecil dan serutan kayu dulu, bukan langsung kayu gelondong. Faktor laju reaksi apa yang dimanfaatkan?

- A. Suhu
- B. Konsentrasi
- C. Luas permukaan
- D. Katalis

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Serutan dan ranting kecil punya luas permukaan jauh lebih besar untuk massa yang sama. Lebih banyak permukaan kayu yang bersentuhan dengan oksigen, jadi lebih banyak tumbukan per detik dan api lebih mudah menyala.

4. Lv 1 • Pemula • Isian • Laju rata-rata • 21-1-04

Dalam suatu percobaan, terkumpul 60 mL gas dalam 30 detik. Berapa laju rata-rata pembentukan gas (mL/s)?

Jawaban: ..... mL/s

**Kunci: 2 mL/s**

**Pembahasan:** Laju rata-rata = perubahan volume ÷ waktu =  $60 \text{ mL} \div 30 \text{ s} = 2 \text{ mL/s}$ .

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Laju dari konsentrasi • 21-2-01

Konsentrasi hidrogen peroksida,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , turun dari 0,80 M menjadi 0,50 M dalam 60 detik. Berapa laju rata-rata penguraian  $\text{H}_2\text{O}_2$  dalam M/s?

Jawaban: ..... M/s

**Kunci: 0,005 M/s**

**Pembahasan:**  $v = -\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = -\frac{0,50 - 0,80}{60} = \frac{0,30}{60} = 0,005 \text{ M/s}$ .

Tanda minus membuat laju bernilai positif walaupun konsentrasi pereaksi turun.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Teori tumbukan • 21-2-02

Menurut teori tumbukan, tumbukan antarpartikel akan menghasilkan reaksi bila ...

- A. energinya minimal sebesar energi aktivasi dan arahnya tepat
- B. partikel yang bertumbukan berasal dari zat yang sama
- C. partikel bergerak dengan kelajuan yang sama persis
- D. terjadi tumbukan apa saja, karena setiap tumbukan pasti menghasilkan produk

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Tumbukan efektif harus memenuhi dua syarat: energinya  $\geq E_a$  dan orientasinya tepat. Kebanyakan tumbukan tidak efektif; partikel hanya memantul.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Pemeraman buah • 21-2-03

Karbit (kalsium karbida,  $\text{CaC}_2$ ) bereaksi dengan air menghasilkan suatu gas yang meniru hormon pematang buah, serta kalsium hidroksida. Tuliskan rumus kimia gas tersebut.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{C}_2\text{H}_2$**

**Pembahasan:**  $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ . Gasnya asetilena (etuna),  $\text{C}_2\text{H}_2$ , yang kerjanya mirip etilena ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), hormon pematang buah. Karena karbit teknis bisa mengandung pengotor berbahaya, pemeraman dengan karbit tidak dianjurkan.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Pengaruh suhu • 21-2-04

Setiap kenaikan suhu  $10^\circ\text{C}$ , laju suatu reaksi menjadi 2 kali semula. Pada  $20^\circ\text{C}$  reaksi itu selesai dalam 80 detik. Berapa detik waktu reaksinya pada  $50^\circ\text{C}$ ?

Jawaban: ..... s

**Kunci: 10 s**

**Pembahasan:** Kenaikan suhu  $30^\circ\text{C} = 3$  kali langkah  $10^\circ\text{C}$ , jadi laju menjadi  $2^3 = 8$  kali. Waktu berbanding terbalik dengan laju:  $t = 80/8 = 10 \text{ s}$ .

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Metode laju awal • 21-3-01

Data laju awal reaksi  $A + B \rightarrow C$ :

Percobaan 1:  $[A] = 0,10 \text{ M}$ ;  $[B] = 0,10 \text{ M}$ ; laju  $= 2,0 \times 10^{-3} \text{ M/s}$

Percobaan 2:  $[A] = 0,20 \text{ M}$ ;  $[B] = 0,10 \text{ M}$ ; laju  $= 8,0 \times 10^{-3} \text{ M/s}$

Percobaan 3:  $[A] = 0,10 \text{ M}$ ;  $[B] = 0,30 \text{ M}$ ; laju  $= 6,0 \times 10^{-3} \text{ M/s}$

Tentukan orde total reaksi.

Jawaban: .....

**Kunci: 3**

**Pembahasan:** Percobaan 1  $\rightarrow$  2:  $[A] \times 2$ , laju  $\times 4 \rightarrow 2^m = 4$ ,  $m = 2$ .

Percobaan 1  $\rightarrow$  3:  $[B] \times 3$ , laju  $\times 3 \rightarrow 3^n = 3$ ,  $n = 1$ .

$v = k[A]^2[B]$ , orde total  $2 + 1 = 3$ .

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Waktu paruh orde satu • 21-3-02

Suatu reaksi orde satu memiliki tetapan laju  $k = 0,0231 \text{ menit}^{-1}$ . Berapa menit waktu paruhnya?

Jawaban: ..... menit

**Kunci: 30 menit**

**Pembahasan:**  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{0,0231 \text{ menit}^{-1}} = 30,0 \text{ menit}$ .

Waktu paruh ini tidak bergantung pada konsentrasi awal.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Katalis • 21-3-03

Pernyataan yang benar tentang katalis adalah ...

- A. Katalis tidak ikut bereaksi sama sekali sehingga jumlahnya tetap.
- B. Katalis menaikkan energi kinetik rata-rata partikel pereaksi.
- C. Katalis memperbesar  $\Delta H$  sehingga reaksi menjadi lebih eksoterm.
- D. Katalis menyediakan jalur reaksi lain dengan energi aktivasi lebih rendah dan terbentuk kembali di akhir reaksi.

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Katalis ikut bereaksi (membentuk zat antara) tetapi terbentuk kembali, jadi jumlahnya di akhir tetap. Ia menurunkan  $E_a$  lewat jalur lain. Katalis tidak mengubah suhu (energi kinetik rata-rata) dan tidak mengubah  $\Delta H$ .

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Perbandingan laju dan koefisien • 21-3-04

Pada reaksi pembuatan amonia  $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$ , gas hidrogen berkurang dengan laju  $0,06 \text{ M/s}$ . Berapa laju terbentuknya  $NH_3$  (M/s)?

Jawaban: ..... M/s

**Kunci: 0,04 M/s**

**Pembahasan:**  $\frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$  (berkurang)  $= \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t}$  (bertambah).

Laju  $NH_3 = 0,06 \times \frac{2}{3} = 0,04 \text{ M/s}$ .

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Percobaan pualam dan asam • gaya IGCSE • 21-4-01

Seorang siswa mereaksikan 0,40 g keping pualam ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan 50 cm<sup>3</sup> asam klorida 1,0 mol/dm<sup>3</sup> (berlebih). Gas yang terbentuk ditampung dengan suntikan gas.



- (a) **Nyatakan** dua besaran yang harus dicatat untuk menentukan laju.  
 (b) **Hitung** volume total  $\text{CO}_2$  pada suhu dan tekanan kamar (1 mol gas = 24 dm<sup>3</sup>). (Mr  $\text{CaCO}_3$  = 100)  
 (c) **Jelaskan** dengan teori tumbukan mengapa laju makin lama makin kecil.  
 (d) Percobaan diulang dengan 0,40 g *serbuk* pualam. **Jelaskan** pengaruhnya terhadap laju awal dan volume total gas.

**Kunci/rubrik:** (a) volume gas (cm<sup>3</sup>) [1] dan waktu (s), misalnya setiap 20 detik [1].

(b)  $n = 0,40/100 = 0,0040$  mol  $\text{CaCO}_3$  = mol  $\text{CO}_2$  [1];  $V = 0,0040 \times 24\,000 = 96$  cm<sup>3</sup> [1].

(c) pualam dan asam terpakai, sehingga konsentrasi asam turun dan luas permukaan pualam berkurang [1]; tumbukan per detik (dan tumbukan efektif per detik) berkurang [1].

(d) laju awal lebih besar karena luas permukaan lebih besar → lebih banyak tumbukan per detik [1]; volume total tetap 96 cm<sup>3</sup> karena jumlah  $\text{CaCO}_3$  sama (asam berlebih) [1].

**Pembahasan:** Kunci bagian (b): pualam adalah pereaksi pembatas (asam berlebih: 0,050 mol HCl, padahal hanya perlu 0,0080 mol). Bagian (d) adalah jebakan klasik: luas permukaan mengubah *kecepatan*, bukan *jumlah* produk.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Laju rata-rata dari data • gaya IGCSE • 21-4-02

Data volume  $\text{CO}_2$  dari percobaan soal sebelumnya:

t (s): 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120

V (cm<sup>3</sup>): 0, 38, 62, 78, 88, 93, 96

**Hitung** laju rata-rata pembentukan gas selama 40 detik pertama (cm<sup>3</sup>/s).

Jawaban: ..... cm<sup>3</sup>/s

**Kunci:** 1,55 cm<sup>3</sup>/s

**Pembahasan:**  $v = \frac{62 - 0}{40 - 0} = 1,55$  cm<sup>3</sup>/s.

Bandingkan dengan 40 detik terakhir (80 → 120 s):  $(96 - 88)/40 = 0,20$  cm<sup>3</sup>/s. Laju jauh lebih kecil karena pereaksi hampir habis.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Faktor laju • gaya IGCSE • 21-4-03

Which change does **not** increase the rate of reaction between magnesium ribbon and dilute hydrochloric acid? (Perubahan mana yang **tidak** mempercepat reaksi pita magnesium dengan asam klorida encer?)

- A. Memakai serbuk magnesium dengan massa yang sama  
 B. Memanaskan asam sampai 40 °C  
 C. Memakai volume asam dua kali lipat dengan konsentrasi yang sama  
 D. Memakai asam dengan konsentrasi dua kali lipat

**Kunci:** C

**Pembahasan:** Menambah volume asam tanpa mengubah konsentrasinya tidak menambah jumlah partikel per liter, jadi frekuensi tumbukan di permukaan magnesium tidak berubah. Serbuk (luas permukaan), suhu, dan konsentrasi sama-sama mempercepat reaksi.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Stoikiometri gas • gaya IGCSE • 21-4-04

Pada akhir percobaan pualam (soal 21-4-02), volume  $\text{CO}_2$  tetap  $96 \text{ cm}^3$  pada suhu dan tekanan kamar.

**Hitung** massa  $\text{CaCO}_3$  (gram) yang bereaksi. (1 mol gas =  $24 \text{ dm}^3$ ; Mr  $\text{CaCO}_3 = 100$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 0,4 g**

**Pembahasan:**  $n_{\text{CO}_2} = 96 \text{ cm}^3 \div 24\,000 \text{ cm}^3/\text{mol} = 0,0040 \text{ mol}$ .

Perbandingan mol  $\text{CaCO}_3 : \text{CO}_2 = 1 : 1$ , jadi  $m = 0,0040 \times 100 = 0,40 \text{ g}$ . Seluruh pualam habis bereaksi.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Hukum laju dan mekanisme • gaya IB • 21-5-01

Reaksi  $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NOBr}(\text{g})$  dipelajari pada suhu tetap:

Percobaan 1:  $[\text{NO}] = 0,020 \text{ M}$ ;  $[\text{Br}_2] = 0,010 \text{ M}$ ; laju awal =  $4,8 \times 10^{-4} \text{ M/s}$

Percobaan 2:  $[\text{NO}] = 0,040 \text{ M}$ ;  $[\text{Br}_2] = 0,010 \text{ M}$ ; laju awal =  $1,92 \times 10^{-3} \text{ M/s}$

Percobaan 3:  $[\text{NO}] = 0,020 \text{ M}$ ;  $[\text{Br}_2] = 0,030 \text{ M}$ ; laju awal =  $1,44 \times 10^{-3} \text{ M/s}$

(a) Deduksikan orde reaksi terhadap NO dan terhadap  $\text{Br}_2$ .

(b) Hitung tetapan laju  $k$  beserta satuannya.

(c) Usulkan mekanisme dua tahap yang konsisten dengan hukum laju, lalu sebutkan zat antaranya.

**Kunci/rubrik:** (a) Percobaan 1→2:  $[\text{NO}] \times 2$ , laju  $\times 4 \rightarrow$  orde 2 terhadap NO [1]. Percobaan 1→3:  $[\text{Br}_2] \times 3$ , laju  $\times 3 \rightarrow$  orde 1 terhadap  $\text{Br}_2$  [1].

(b)  $k = \frac{4,8 \times 10^{-4}}{(0,020)^2(0,010)} = 120 [1] \text{ M}^{-2} \text{ s}^{-1}$  [1].

(c) Tahap 1 (cepat, setimbang):  $\text{NO} + \text{Br}_2 \rightleftharpoons \text{NOBr}_2$ ; tahap 2 (lambat):  $\text{NOBr}_2 + \text{NO} \longrightarrow 2 \text{NOBr}$  [1]. Laju =  $k_2[\text{NOBr}_2][\text{NO}] = k_2K[\text{NO}]^2[\text{Br}_2]$ , cocok dengan data; zat antara:  $\text{NOBr}_2$  [1]. (Mekanisme satu tahap termolekuler juga konsisten secara matematis, tetapi tumbukan tiga molekul sekaligus sangat jarang.)

**Pembahasan:** Langkah kunci: jumlah kedua tahap harus sama dengan reaksi total, dan tahap lambat (setelah zat antara dinyatakan lewat tetapan kesetimbangan tahap cepat) harus menghasilkan  $v = k[\text{NO}]^2[\text{Br}_2]$ .

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Persamaan Arrhenius • gaya IB • 21-5-02

Tetapan laju suatu reaksi adalah  $2,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  pada  $300 \text{ K}$  dan  $8,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  pada  $320 \text{ K}$ . Hitung energi aktivasi dalam  $\text{kJ/mol}$ . ( $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

Jawaban: .....  $\text{kJ/mol}$

**Kunci: 55,3 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $\ln \frac{8,0 \times 10^{-3}}{2,0 \times 10^{-3}} = \ln 4 = 1,386$ .

$\frac{1}{300} - \frac{1}{320} = 2,083 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ .

$E_a = \frac{1,386 \times 8,314}{2,083 \times 10^{-4}} = 5,53 \times 10^4 \text{ J/mol} = 55,3 \text{ kJ/mol}$ .

Cek kewajaran: kenaikan  $20 \text{ K}$  membuat laju  $\times 4$ , sesuai  $E_a \pm 50 \text{ kJ/mol}$  (dua kali per  $\pm 10 \text{ K}$ ).

Larutan hidrogen peroksida 3% (obat luka) terurai perlahan menurut kinetika orde satu. Dalam 6 bulan, 10%  $\text{H}_2\text{O}_2$  telah terurai. Berapa bulan waktu paruhnya?

Jawaban: ..... bulan

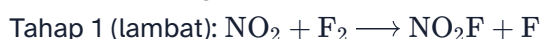
**Kunci: 39,5 bulan**

**Pembahasan:**  $\ln \frac{[A]_0}{[A]_t} = kt \rightarrow \ln \frac{1}{0,90} = k \times 6 \rightarrow k = \frac{0,1054}{6} = 0,01756 \text{ bulan}^{-1}$ .

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{0,01756} = 39,5 \text{ bulan } (\pm 3,3 \text{ tahun}).$$

Itulah sebabnya botol obat luka diberi tanggal kedaluwarsa dan disimpan di tempat sejuk dan gelap.

Mekanisme yang diusulkan untuk suatu reaksi gas:



Pernyataan yang benar adalah ...

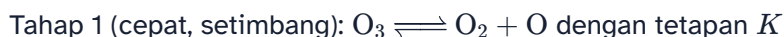
- A. Persamaan lajunya  $v = k[\text{NO}_2]^2[\text{F}_2]$ .
- B. Persamaan lajunya  $v = k[\text{NO}_2][\text{F}_2]$ .
- C. Atom F berperan sebagai katalis.
- D. Reaksi totalnya  $\text{NO}_2 + \text{F}_2 \rightarrow \text{NO}_2\text{F}$ .

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Tahap lambat menentukan laju:  $v = k[\text{NO}_2][\text{F}_2]$  (tahap elementer, orde = koefisien).

Jumlah kedua tahap:  $2\text{NO}_2 + \text{F}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2\text{F}$ . Atom F terbentuk lalu habis, jadi ia **zat antara**, bukan katalis (katalis ada sejak awal dan terbentuk kembali).

Penguraian ozon  $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$  diusulkan berlangsung lewat mekanisme:



- (a) Turunkan persamaan laju reaksi total.
- (b) Apa arti orde negatif terhadap  $\text{O}_2$ ? Jelaskan secara kimia mengapa menambah  $\text{O}_2$  memperlambat reaksi.
- (c) Jelaskan mengapa atom O adalah zat antara, bukan katalis.

**Kunci/rubrik:** (a) Tahap lambat:  $v = k_2[\text{O}][\text{O}_3]$  [1]. Dari tahap 1 yang setimbang:  $K = \frac{[\text{O}_2][\text{O}]}{[\text{O}_3]} \rightarrow [\text{O}] = \frac{K[\text{O}_3]}{[\text{O}_2]}$  [1].

Maka  $v = k_2 K \frac{[\text{O}_3]^2}{[\text{O}_2]}$ : orde 2 terhadap  $\text{O}_3$ , orde -1 terhadap  $\text{O}_2$  [1].

(b) Laju berbanding terbalik dengan  $[\text{O}_2]$  [1].  $\text{O}_2$  tambahan menggeser kesetimbangan tahap 1 ke kiri sehingga konsentrasi atom O (yang diperlukan tahap lambat) mengecil [1].

(c) O terbentuk di tahap 1 lalu habis di tahap 2, tidak ada di awal maupun di akhir [1]; katalis justru sudah ada sejak awal, dipakai, lalu terbentuk kembali [1]. Cek: tahap 1 + tahap 2 =  $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$  [1].

**Pembahasan:** Pola umum olimpiade: (1) tulis laju dari tahap lambat, (2) ganti konsentrasi zat antara memakai tetapan kesetimbangan tahap cepat, (3) periksa bahwa semua tahap berjumlah reaksi total. Orde negatif dan pecahan adalah tanda khas mekanisme bertahap.

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Orde dari waktu paruh • gaya olimpiade • 21-6-02

Untuk reaksi  $A \rightarrow \text{produk}$  dengan  $v = -\frac{d[A]}{dt}$ , waktu paruh adalah 40 s bila  $[A]_0 = 0,80 \text{ M}$ , dan 160 s bila  $[A]_0 = 0,20 \text{ M}$ . Berapa detik waktu yang dibutuhkan agar  $[A]$  turun dari 0,80 M menjadi 0,050 M?

Jawaban: ..... s

**Kunci: 600 s**

**Pembahasan:**  $[A]_0$  menjadi  $\frac{1}{4}$  kali, waktu paruh menjadi 4 kali:  $t_{1/2} \propto 1/[A]_0 \rightarrow$  **orde 2**.

$$k = \frac{1}{t_{1/2}[A]_0} = \frac{1}{40 \times 0,80} = 0,03125 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ (cek: } 1/(0,03125 \times 0,20) = 160 \text{ s } \checkmark).$$

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt \rightarrow 20 - 1,25 = 0,03125 t \rightarrow t = 600 \text{ s}.$$

Perhatikan: 0,80  $\rightarrow$  0,050 M adalah empat kali "separuh", tetapi waktunya 40 + 80 + 160 + 320 = 600 s, karena setiap waktu paruh orde 2 dua kali lebih panjang daripada sebelumnya.

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Arrhenius dan enzim • gaya olimpiade • 21-6-03

Suatu reaksi dalam tubuh memiliki  $E_a = 75 \text{ kJ/mol}$  tanpa enzim dan 50 kJ/mol dengan enzim. Anggap faktor frekuensi  $A$  sama. Pada suhu berapa (dalam kelvin) reaksi *tanpa* enzim harus dijalankan agar lajunya sama dengan reaksi *dengan* enzim pada 310 K?

Jawaban: ..... K

**Kunci: 465 K**

**Pembahasan:** Dengan  $A$  sama, laju sama bila eksponennya sama:  $\frac{E_{a,\text{tanpa}}}{T} = \frac{E_{a,\text{enzim}}}{310}$ .

$$T = 310 \times \frac{75}{50} = 465 \text{ K } (\pm 192^\circ \text{C}).$$

Tubuh kita tidak mungkin dipanaskan sampai 192 °C. Enzim memungkinkan kimia kehidupan berjalan pada 37 °C. (Sebagai pembandingan, pada 310 K enzim ini mempercepat reaksi  $e^{25000/(8,314 \times 310)} \approx 1,6 \times 10^4$  kali.)

24. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Menentukan orde dari data • gaya olimpiade • 21-6-04

Konsentrasi zat A pada reaksi  $A \rightarrow \text{produk}$  diukur terhadap waktu:

$t$  (menit): 0, 10, 20, 30, 40

$[A]$  (M): 1,00; 0,50; 0,333; 0,250; 0,200

(a) Tunjukkan dengan grafik atau perhitungan yang tepat bahwa reaksi ini berorde dua, bukan orde satu.

(b) Tentukan tetapan laju  $k$  beserta satuannya.

(c) Ramalkan  $[A]$  pada  $t = 90$  menit.

(d) Hitung waktu paruh pertama dan kedua, lalu jelaskan polanya.

**Kunci/rubrik:** (a)  $1/[A] = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ M}^{-1}$ : naik tetap 1 setiap 10 menit, jadi grafik  $1/[A]$  vs  $t$  lurus  $\rightarrow$  orde 2 [1]. Bukan orde 1: waktu paruh tidak tetap (1,00  $\rightarrow$  0,50 butuh 10 menit, tetapi 0,50  $\rightarrow$  0,25 butuh 20 menit) [1].

(b) kemiringan  $k = (5 - 1)/40 = 0,10 \text{ [1] M}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  [1].

(c)  $1/[A] = 1 + 0,10 \times 90 = 10 \rightarrow [A] = 0,10 \text{ M}$  [1].

(d)  $t_{1/2} = 1/(k[A]_0)$ : pertama  $1/(0,10 \times 1,00) = 10$  menit, kedua  $1/(0,10 \times 0,50) = 20$  menit [1]; setiap waktu paruh dua kali lebih panjang karena laju orde 2 turun tajam saat konsentrasi berkurang [1].

**Pembahasan:** Teknik garis lurus: uji  $[A]$ ,  $\ln[A]$ , dan  $1/[A]$  terhadap  $t$ ; yang lurus menunjukkan ordenya. Di sini  $\ln[A] = 0; -0,69; -1,10; -1,39; -1,61$  tidak berselisih tetap, sedangkan  $1/[A]$  berselisih tepat 1 setiap 10 menit.

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Keseimbangan dinamis • 22-1-01

Sebuah reaksi dalam wadah tertutup telah mencapai **keseimbangan dinamis**. Pernyataan yang benar adalah ...

- A. Reaksi maju dan reaksi balik sudah berhenti.
- B. Laju reaksi maju sama dengan laju reaksi balik.
- C. Konsentrasi pereaksi selalu sama dengan konsentrasi produk.
- D. Semua pereaksi sudah habis menjadi produk.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Pada keseimbangan dinamis kedua reaksi **terus berlangsung** dengan laju yang sama, sehingga konsentrasi setiap zat tetap. Konsentrasinya tetap, tetapi tidak harus sama besar. Pereaksi juga tidak habis, karena reaksi balik terus membentuknya lagi.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Reaksi bolak-balik • 22-1-02

Manakah yang merupakan contoh reaksi **bolak-balik** (reversibel)?

- A. Kertas dibakar menjadi abu dan asap.
- B. Telur direbus hingga matang.
- C. Kristal terusi biru dipanaskan menjadi serbuk putih, lalu kembali biru saat ditetesi air.
- D. Paku besi berkarat di udara lembap.

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Terusi,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ , melepas air kristalnya saat dipanaskan menjadi  $\text{CuSO}_4$  putih. Bila ditetesi air, ia mengikat air lagi dan kembali biru: reaksinya dapat berjalan ke dua arah. Pembakaran kertas, telur matang, dan karat tidak bisa dibalik dengan cara sederhana.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Isian • Model eskalator • 22-1-03

Di sebuah mal, setiap menit 15 orang naik eskalator ke lantai atas, dan jumlah orang di lantai atas ternyata tetap. Berapa orang yang **turun** dari lantai atas setiap menit?

Jawaban: ..... orang

**Kunci: 15 orang**

**Pembahasan:** Jumlah di lantai atas tetap hanya jika yang datang sama dengan yang pergi: 15 orang naik, 15 orang turun setiap menit. Inilah model keseimbangan dinamis: laju maju = laju balik, jumlah tetap, tetapi orang terus berpindah.

4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Katalis • 22-1-04

Kak Tirta menambahkan katalis ke campuran reaksi bolak-balik. Apa pengaruh katalis itu?

- A. Menambah jumlah produk saat setimbang.
- B. Mengurangi jumlah produk saat setimbang.
- C. Mengubah nilai tetapan kesetimbangan K.
- D. Membuat kesetimbangan lebih cepat tercapai tanpa mengubah jumlah produk.

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Katalis menurunkan energi aktivasi reaksi maju dan reaksi balik dengan besar yang sama. Keduanya dipercepat setara, jadi posisi kesetimbangan dan nilai K tidak berubah. Kesetimbangan hanya tercapai lebih cepat.

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Ungkapan  $K_c$  • 22-2-01

Ungkapan  $K_c$  untuk  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  adalah ...

- A.  $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$
- B.  $\frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$
- C.  $\frac{2[\text{NH}_3]}{[\text{N}_2] \cdot 3[\text{H}_2]}$
- D.  $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{N}_2][\text{H}_2]}$

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Produk di atas, pereaksi di bawah, dan setiap konsentrasi dipangkatkan dengan koefisiennya:  $K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ . Koefisien menjadi **pangkat**, bukan faktor pengali.

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Menghitung  $K_c$  • 22-2-02

Pada 430 °C, campuran setimbang  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  berisi  $[\text{H}_2] = 0,10$ ,  $[\text{I}_2] = 0,10$ , dan  $[\text{HI}] = 0,74$  mol/L. Hitung  $K_c$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 54,76**

**Pembahasan:**  $K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(0,74)^2}{(0,10)(0,10)} = \frac{0,5476}{0,010} = 54,8$ .

Tidak bersatuan karena jumlah mol gas di kedua ruas sama ( $\Delta n = 0$ ).

Untuk penguraian kapur di tanur,  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ , ungkapan  $K_c$  yang benar adalah ...

- A.  $\frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$   
 B.  $[\text{CaO}][\text{CO}_2]$   
 C.  $[\text{CO}_2]$   
 D.  $\frac{1}{[\text{CO}_2]}$

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{CaO}$  adalah padatan murni; "konsentrasinya" tetap sehingga tidak ditulis. Yang tersisa hanya gas  $\text{CO}_2$ ;  $K_c = [\text{CO}_2]$ .

Pada reaksi manakah memperbesar tekanan (memperkecil volume) **tidak** menggeser kesetimbangan?

- A.  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$   
 B.  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$   
 C.  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$   
 D.  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Tekanan menggeser kesetimbangan ke sisi dengan mol gas lebih sedikit. Pada  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ , kedua sisi sama-sama 2 mol gas, jadi tidak ada sisi yang "lebih hemat tempat". Tiga reaksi lainnya punya jumlah mol gas berbeda di kedua sisi.

Pada  $430^\circ\text{C}$ ,  $K_c = 54,3$  untuk  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ . Suatu campuran berisi  $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,20 \text{ mol/L}$  dan  $[\text{HI}] = 0,80 \text{ mol/L}$ . Pernyataan yang benar adalah ...

- A.  $Q = 4$ ; campuran sudah setimbang.  
 B.  $Q = 16$ ;  $Q < K$ , sehingga reaksi bergeser ke kanan (HI bertambah).  
 C.  $Q = 16$ ;  $Q < K$ , sehingga reaksi bergeser ke kiri (HI terurai).  
 D.  $Q = 20$ ;  $Q > K$ , sehingga reaksi bergeser ke kiri.

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $Q = \frac{(0,80)^2}{(0,20)(0,20)} = \frac{0,64}{0,040} = 16$ .

$Q = 16 < K = 54,3$ ; produk masih kurang, jadi reaksi maju berlangsung dan HI bertambah sampai  $Q = K$ .

Pengecoh  $Q = 20$  muncul bila lupa mengkuadratkan  $[\text{HI}]$ .

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Tabel ICE • 22-3-02

Sebanyak 0,50 mol  $\text{SO}_3$  dimasukkan ke wadah 1,0 L dan dipanaskan:  $2 \text{SO}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ . Saat setimbang terdapat 0,10 mol  $\text{O}_2$ . Hitung  $K_c$ .

Jawaban: ..... mol/L

**Kunci: 0,0444 mol/L**

**Pembahasan:** ICE (mol/L): I:  $\text{SO}_3$  0,50;  $\text{SO}_2$  0;  $\text{O}_2$  0.

C: -0,20; +0,20; +0,10.

E: 0,30; 0,20; 0,10.

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{(0,20)^2 (0,10)}{(0,30)^2} = \frac{0,0040}{0,090} = 0,044 \text{ mol/L.}$$

11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kp dari Kc • 22-3-03

Pada 500 °C,  $K_c = 6,0 \times 10^{-2}$  untuk  $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$ . Hitung  $K_p$  (tekanan dalam atm;  $R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ). Tulis dalam notasi ilmiah, misalnya 1,2e-5.

Jawaban: ..... atm<sup>-2</sup>

**Kunci:  $1,49 \times 10^{-5} \text{ atm}^{-2}$**

**Pembahasan:**  $T = 500 + 273 = 773 \text{ K}$ ;  $\Delta n = 2 - (1 + 3) = -2$ .

$$RT = 0,082 \times 773 = 63,4.$$

$$K_p = 0,060 \times (63,4)^{-2} = 0,060/4,02 \times 10^3 = 1,49 \times 10^{-5} \text{ atm}^{-2}.$$

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Derajat disosiasi • 22-3-04

Sebanyak 1,0 mol  $\text{PCl}_5$  dipanaskan dalam wadah 1,0 L:  $\text{PCl}_5 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$ . Saat setimbang tersisa 0,60 mol  $\text{PCl}_5$ . Hitung  $K_c$ .

Jawaban: ..... mol/L

**Kunci: 0,267 mol/L**

**Pembahasan:**  $\text{PCl}_5$  terurai =  $1,0 - 0,60 = 0,40$  mol, sehingga  $[\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = 0,40 \text{ mol/L}$ .

$$K_c = \frac{(0,40)(0,40)}{0,60} = 0,267 \text{ mol/L.}$$

Derajat disosiasinya  $\alpha = 0,40/1,0 = 40\%$ .

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Proses Haber • gaya IGCSE • 22-4-01

Amonia dibuat dengan proses Haber:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ ,  $\Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$ .

- Nyatakan** sumber nitrogen dan sumber hidrogen. [2]
- Jelaskan** mengapa suhu  $\pm 450^\circ\text{C}$  dipilih, bukan suhu yang lebih rendah. [3]
- Jelaskan** mengapa tekanan tinggi menaikkan rendemen, lalu **sarankan** satu alasan tekanan tidak dibuat jauh di atas  $\pm 250 \text{ atm}$ . [3]
- Nyatakan** fungsi besi dalam proses ini. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Nitrogen dari udara (distilasi bertingkat udara cair) [1]; hidrogen dari gas alam/metana yang direaksikan dengan uap air [1].

(b) Reaksi maju eksoterm, jadi suhu rendah memberi rendemen setimbang lebih tinggi [1]; tetapi pada suhu rendah laju reaksi terlalu lambat [1];  $450^\circ\text{C}$  adalah kompromi antara rendemen yang cukup dan laju yang cukup cepat [1].

(c) Ada 4 mol gas di kiri dan 2 mol gas di kanan [1]; tekanan tinggi menggeser kesetimbangan ke sisi dengan mol gas lebih sedikit, yaitu ke kanan [1]; tekanan sangat tinggi butuh peralatan/kompresor mahal, energi besar, dan berisiko bocor/meledak [1].

(d) Katalis: mempercepat tercapainya kesetimbangan (menurunkan energi aktivasi) tanpa mengubah rendemen [1].

**Pembahasan:** Kata kuncinya "kompromi": suhu dan tekanan dipilih untuk menyeimbangkan rendemen, laju, dan biaya. Amonia dicairkan dan dipisahkan, lalu gas yang belum bereaksi didaur ulang sehingga hampir semua bahan akhirnya terpakai.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Proses kontak • gaya IGCSE • 22-4-02

In the Contact process, sulfur dioxide is converted into sulfur trioxide:  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ . Which **catalyst** (katalis) is used?

- iron (besi)
- nickel (nikel)
- vanadium(V) oxide (vanadium(V) oksida)
- platinum (platina)

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Proses kontak memakai  $\text{V}_2\text{O}_5$  pada  $\pm 400\text{--}450^\circ\text{C}$  dan 1–2 atm. Besi dipakai pada proses Haber, nikel pada hidrogenasi minyak, dan platina pada pembuatan asam nitrat (proses Ostwald).

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Pengaruh suhu • gaya IGCSE • 22-4-03

The equilibrium  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}(\text{aq}) + 4\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{CoCl}_4]^{2-}(\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  is pink on the left and blue on the right. When the pink mixture is heated, it turns blue. **Deduksikan** (deduce) tanda  $\Delta H$  reaksi maju.

- $\Delta H$  positif (endoterm): pemanasan menggeser kesetimbangan ke arah endoterm, yaitu ke kanan.
- $\Delta H$  negatif (eksoterm): pemanasan menggeser kesetimbangan ke kanan.
- $\Delta H$  positif, karena pemanasan menambah jumlah ion  $\text{Cl}^{-}$ .
- Tidak dapat ditentukan, karena suhu tidak memengaruhi kesetimbangan.

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Meningkatkan suhu menggeser kesetimbangan ke arah yang menyerap kalor (endoterm). Warna menjadi biru, artinya bergeser ke kanan, jadi reaksi maju endoterm:  $\Delta H > 0$ . Bila didinginkan, warnanya kembali merah muda.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Konversi per lintasan • gaya IGCSE • 22-4-04

Di sebuah pabrik amonia, hanya 15% nitrogen yang bereaksi setiap kali gas melewati reaktor. Setiap menit 280 kg  $N_2$  (dengan  $H_2$  secukupnya) masuk ke reaktor. **Hitung** massa amonia (kg) yang terbentuk dalam satu lintasan setiap menit. (Ar N = 14, H = 1)

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 51 kg**

**Pembahasan:**  $n_{N_2} = 280/28 = 10$  kmol; yang bereaksi  $0,15 \times 10 = 1,5$  kmol.

Dari koefisien 1 : 2,  $n_{NH_3} = 3,0$  kmol.

$m = 3,0 \times 17 = 51$  kg. Sisa 85% gas didaur ulang ke reaktor.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Kesetimbangan  $NO_2-N_2O_4$  • gaya IB • 22-5-01

Sebanyak 0,200 mol  $N_2O_4$  dimasukkan ke labu 1,00 dm<sup>3</sup> pada 298 K:  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ ,  $K_c = 4,6 \times 10^{-3}$ .

(a) Hitung  $[NO_2]$  saat setimbang. [3]

(b) Campuran menjadi lebih cokelat saat dipanaskan. Deduksikan tanda  $\Delta H$  reaksi maju. [1]

(c) Hitung  $\Delta G^\circ$  reaksi pada 298 K. [2]

(d) Volume labu diperkecil menjadi setengahnya pada suhu tetap. Jelaskan pengaruhnya terhadap posisi kesetimbangan dan nilai  $K_c$ . [2]

**Kunci/rubrik:** (a) ICE: E:  $0,200 - x$  dan  $2x$  [1];  $\frac{4x^2}{0,200 - x} = 4,6 \times 10^{-3} \rightarrow 4x^2 + 0,0046x - 0,00092 = 0$  [1];  $x = 0,0146$ , jadi  $[NO_2] = 0,029$  mol/dm<sup>3</sup> [1].

(b) Lebih cokelat berarti  $NO_2$  bertambah (bergeser ke kanan) saat dipanaskan, jadi reaksi maju endoterm,  $\Delta H > 0$  [1].

(c)  $\Delta G^\circ = -RT \ln K = -8,314 \times 298 \times \ln(4,6 \times 10^{-3})$  [1] =  $+1,33 \times 10^4$  J/mol =  $+13,3$  kJ/mol [1].

(d) Bergeser ke kiri, ke sisi dengan mol gas lebih sedikit (1 mol vs 2 mol) [1];  $K_c$  tetap karena suhu tidak berubah [1].

**Pembahasan:** Pada (a) pendekatan "x kecil" kurang tepat karena  $x \approx 7\%$  dari 0,200, jadi rumus abc lebih aman. Pada (c),  $\Delta G^\circ$  positif sesuai dengan  $K < 1$ ; pada 25 °C campuran setimbang lebih kaya  $N_2O_4$ .

18. Lv 5 • IB DP • Isian •  $\Delta G^\circ$  dari K • gaya IB • 22-5-02

Pada 298 K,  $K_p = 6,8 \times 10^5$  untuk sintesis amonia,  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ . Hitung  $\Delta G^\circ$  dalam kJ/mol. ( $R = 8,314$  J/(mol·K))

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -33,3 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $\ln(6,8 \times 10^5) = 13,43$ .

$\Delta G^\circ = -8,314 \times 298 \times 13,43 = -3,33 \times 10^4$  J/mol =  $-33,3$  kJ/mol.

Negatif, sesuai  $K > 1$ : pada 25 °C produk sangat disukai. Masalahnya hanya laju, bukan termodinamika.

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Manipulasi K • gaya IB • 22-5-03

Untuk  $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ ,  $K_c = K$ . Berapa  $K_c$  untuk  $4B(g) \rightleftharpoons 2A(g)$ ?

- A.  $-2K$  C.  $K^2$   
 B.  $\frac{1}{2K}$  D.  $\frac{1}{K^2}$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Membalik persamaan memberi  $1/K$ ; mengalikan semua koefisien dengan 2 memangkatkan K dengan 2. Jadi  $K_{\text{baru}} = (1/K)^2 = 1/K^2$ .

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Tabel ICE • gaya IB • 22-5-04

Pada suhu tertentu,  $K_c = 4,0$  untuk  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ . Sebanyak 1,0 mol CO dan 1,0 mol uap air dimasukkan ke wadah 1,0 dm<sup>3</sup>. Hitung  $[H_2]$  saat setimbang (mol/dm<sup>3</sup>).

Jawaban: ..... mol/dm<sup>3</sup>

**Kunci: 0,667 mol/dm<sup>3</sup>**

**Pembahasan:** E:  $[CO] = [H_2O] = 1,0 - x$ ;  $[CO_2] = [H_2] = x$ .

$$\frac{x^2}{(1,0 - x)^2} = 4,0 \rightarrow \frac{x}{1,0 - x} = 2,0 \rightarrow x = 2,0 - 2,0x \rightarrow x = 0,667.$$

$[H_2] = 0,67 \text{ mol/dm}^3$ . Cek:  $0,667^2 / 0,333^2 = 4,0$  ✓. Reaksi ini dipakai pabrik pupuk untuk menambah hidrogen.

**Lv 6 • Olimpiade gaya OSN Kimia/ICHo**

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Massa molar rata-rata • gaya olimpiade • 22-6-01

Pada suhu sekitar 40 °C dan tekanan total 1,00 atm, campuran setimbang  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  memiliki massa molar rata-rata 72,0 g/mol. Hitung  $K_p$  (dalam atm). (Mr  $N_2O_4 = 92,0$ )

Jawaban: ..... atm

**Kunci: 0,334 atm**

**Pembahasan:**  $\bar{M} = \frac{92,0}{1 + \alpha} = 72,0 \rightarrow 1 + \alpha = 1,278 \rightarrow \alpha = 0,278$ .

Fraksi mol:  $x_{NO_2} = \frac{2\alpha}{1 + \alpha}$ ,  $x_{N_2O_4} = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}$ .

$$K_p = \frac{x_{NO_2}^2 P}{x_{N_2O_4} P} = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha^2} P = \frac{4(0,0772)}{0,923}(1,00) = 0,334 \text{ atm}.$$

Cek kewajaran:  $K_p$  pada 25 °C ±0,11 atm; reaksi endoterm sehingga K lebih besar pada 40 °C ✓.

Tinjau  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  yang setimbang pada suhu dan **tekanan total**  $P$  tetap.

(a) Tuliskan  $K_p$  dalam fraksi mol  $x_i$  dan  $P$ . [1]

(b) Sedikit  $\text{N}_2$  ditambahkan dengan  $T$  dan  $P$  tetap. Nyatakan  $Q$  dalam jumlah mol  $n_i$  dan  $n_{\text{tot}}$ , lalu tunjukkan bahwa  $Q$  bisa naik atau turun. [3]

(c) Tentukan syarat fraksi mol  $\text{N}_2$  agar penambahan  $\text{N}_2$  justru menggeser kesetimbangan ke **kiri**. [2]

(d) Apakah hasil ini melanggar asas Le Chatelier? Jelaskan singkat. [1]

**Kunci/rubrik:** (a)  $K_p = \frac{x_{\text{NH}_3}^2}{x_{\text{N}_2} x_{\text{H}_2}^3 P^2}$  [1]

(b) Dengan  $x_i = n_i/n_{\text{tot}}$ :  $Q = \frac{n_{\text{NH}_3}^2 n_{\text{tot}}^2}{n_{\text{N}_2} n_{\text{H}_2}^3 P^2}$  [1]. Menambah  $\text{N}_2$  menaikkan  $n_{\text{N}_2}$  ( $Q$  turun) dan  $n_{\text{tot}}$  ( $Q$  naik) [1].  $\frac{\partial \ln Q}{\partial n_{\text{N}_2}} = \frac{2}{n_{\text{tot}}} - \frac{1}{n_{\text{N}_2}}$ , tandanya bergantung pada komposisi [1].

(c) Bergeser ke kiri bila  $Q$  naik melewati  $K$ :  $\frac{2}{n_{\text{tot}}} > \frac{1}{n_{\text{N}_2}} \Leftrightarrow x_{\text{N}_2} > \frac{1}{2}$  [2].

(d) Tidak melanggar termodinamika: asas Le Chatelier hanyalah pedoman kualitatif untuk satu perubahan. Di sini penambahan  $\text{N}_2$  pada  $P$  tetap juga menurunkan tekanan parsial  $\text{H}_2$  dan  $\text{NH}_3$  (dua gangguan sekaligus) [1].

**Pembahasan:** Soal ini menunjukkan mengapa kimiawan lebih percaya pada perbandingan  $Q$  dan  $K$  daripada pada hafalan Le Chatelier. Pada volume tetap, menambah  $\text{N}_2$  selalu menggeser ke kanan; paradoks hanya muncul pada tekanan total tetap dengan campuran kaya  $\text{N}_2$ .

Untuk  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ ,  $K_p = 0,113$  pada 298 K dan  $K_p = 3,49$  pada 350 K. Anggap  $\Delta H^\circ$  tetap. Hitung  $\Delta H^\circ$  dalam kJ/mol.

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 57,2 kJ/mol**

**Pembahasan:**  $\ln \frac{3,49}{0,113} = \ln 30,9 = 3,430$ .

$$\frac{1}{298} - \frac{1}{350} = 4,99 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}.$$

$$\Delta H^\circ = \frac{8,314 \times 3,430}{4,99 \times 10^{-4}} = 5,72 \times 10^4 \text{ J/mol} = +57,2 \text{ kJ/mol}.$$

Positif (endoterm), cocok dengan gas yang makin cokelat saat dipanaskan, dan sama dengan energi yang dibutuhkan untuk memutus ikatan N-N yang lemah.

Padatan  $\text{NH}_4\text{HS}$  terurai:  $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$ ,  $K_p = 0,11 \text{ atm}^2$  pada 25 °C. Sebuah labu berisi  $\text{NH}_4\text{HS}$  padat berlebih dan gas  $\text{NH}_3$  bertekanan awal 0,50 atm (tanpa  $\text{H}_2\text{S}$ ). Hitung tekanan parsial  $\text{H}_2\text{S}$  saat setimbang (atm).

Jawaban: ..... atm

**Kunci: 0,165 atm**

**Pembahasan:**  $K_p = p_{\text{NH}_3} p_{\text{H}_2\text{S}} = (0,50 + x)(x) = 0,11$ .

$$x^2 + 0,50x - 0,11 = 0 \rightarrow x = \frac{-0,50 + \sqrt{0,25 + 0,44}}{2} = \frac{-0,50 + 0,831}{2} = 0,165 \text{ atm}.$$

Bandingkan tanpa  $\text{NH}_3$  awal:  $x = \sqrt{0,11} = 0,33 \text{ atm}$ . Efek ion senama versi gas:  $\text{NH}_3$  yang sudah ada menekan penguraian (Le Chatelier).

## 23 Larutan & Konsentrasi

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pelarut dan zat terlarut • 23-1-01

Dalam segelas es teh manis, zat manakah yang berperan sebagai **pelarut**?

- A. Gula pasir
- B. Air
- C. Sari daun teh
- D. Es batu yang belum mencair

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Pelarut adalah komponen yang jumlahnya paling banyak dan wujudnya sama dengan wujud larutan (cair). Dalam es teh, pelarutnya air. Gula dan sari teh adalah zat terlarut. Es batu yang belum mencair belum menjadi bagian larutan karena masih berupa padatan terpisah.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Ciri larutan • 23-1-02

Manakah yang termasuk **larutan**?

- A. Air kopi tubruk lengkap dengan ampasnya
- B. Santan kelapa
- C. Air garam yang jernih
- D. Air bercampur pasir

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Larutan adalah campuran homogen: jernih (boleh berwarna), tidak mengendap, dan tidak dapat disaring. Air garam memenuhi semuanya. Ampas kopi dan pasir mengendap (suspensi), sedangkan santan keruh karena butir minyaknya jauh lebih besar daripada molekul (koloid, Bab 25).

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Nonelektrolit • 23-1-03

Larutan gula pasir tidak dapat menyalakan lampu pada alat uji daya hantar listrik. Penyebabnya adalah ...

- A. gula larut sebagai molekul utuh, tidak membentuk ion
- B. gula terlalu manis untuk menghantar listrik
- C. air tidak dapat melarutkan gula
- D. gula bereaksi dengan air membentuk zat baru

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Arus listrik di dalam larutan dibawa oleh ion yang bergerak. Molekul gula,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , larut utuh tanpa terurai menjadi ion, sehingga tidak ada pembawa muatan. Gula adalah nonelektrolit.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Larutan jenuh • 23-1-04

Garam terus ditambahkan ke dalam segelas air sambil diaduk pada suhu tetap. Akhirnya sebagian garam tidak dapat larut lagi dan tertinggal di dasar gelas. Larutan di atas endapan itu disebut larutan ...

- A. encer
- B. tak jenuh
- C. koloid
- D. jenuh

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Larutan jenuh sudah melarutkan zat sebanyak kelarutannya pada suhu itu. Garam tambahan tidak dapat larut lagi dan mengendap. Ingat: jenuh berarti 'tidak bisa menampung lagi', belum tentu pekat.

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Persen massa • 23-2-01

Sebanyak 20 g gula pasir dilarutkan dalam 180 g air. Hitung persen massa gula dalam larutan itu.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 10 %**

**Pembahasan:** Massa larutan = 20 + 180 = 200 g.

$$\% \text{ massa} = \frac{20}{200} \times 100\% = 10\%.$$

Hati-hati: penyebutnya massa **larutan**, bukan massa air (20/180 = 11,1% keliru).

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Molaritas • 23-2-02

Sebanyak 0,5 mol NaCl dilarutkan dalam air hingga volume larutan 250 mL. Berapa molaritas larutan itu?

Jawaban: ..... M

**Kunci: 2 M**

**Pembahasan:** Ubah volume ke liter: 250 mL = 0,250 L.

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,5}{0,250} = 2 \text{ M}.$$

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Persen b/v • 23-2-03

Cairan infus NaCl 0,9% (b/v) berisi 0,9 g NaCl dalam setiap 100 mL larutan. Berapa gram NaCl terdapat dalam satu kantong infus 500 mL?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 4,5 g**

**Pembahasan:** 0,9 g per 100 mL, jadi untuk 500 mL:  $0,9 \times \frac{500}{100} = 4,5$  g NaCl, kurang dari satu sendok teh garam.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Ionisasi elektrolit kuat • 23-2-04

Kalsium klorida,  $\text{CaCl}_2$ , adalah elektrolit kuat. Saat larut dalam air, terbentuk ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan sejenis ion negatif. Tuliskan rumus ion negatif itu lengkap dengan muatannya (contoh cara menulis:  $\text{Na}^+$ ).

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{Cl}^-$**

**Pembahasan:**  $\text{CaCl}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$ .

Setiap satuan  $\text{CaCl}_2$  menghasilkan satu ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan dua ion klorida,  $\text{Cl}^-$ , sehingga total terbentuk 3 ion.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Massa untuk larutan bermolaritas tertentu • 23-3-01

Berapa gram NaOH ( $M_r = 40$ ) yang harus ditimbang untuk membuat 250 mL larutan NaOH 0,2 M?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 2 g**

**Pembahasan:**  $n = M \times V = 0,2 \times 0,250 = 0,05$  mol.

$$m = n \times M_r = 0,05 \times 40 = 2 \text{ g}.$$

NaOH bersifat korosif: timbang dengan cepat memakai sarung tangan dan kaca mata pelindung, karena padatnya juga menyerap uap air dari udara.

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Pengenceran • 23-3-02

Cuka biang yang dijual di warung berkadar asam asetat 25%. Berapa mL cuka biang yang harus diambil lalu diencerkan dengan air hingga 500 mL untuk membuat cuka masak 5%? (Anggap kedua persen memakai satuan yang sama, b/v.)

Jawaban: ..... mL

**Kunci: 100 mL**

**Pembahasan:**  $C_1V_1 = C_2V_2 \rightarrow 25\% \times V_1 = 5\% \times 500 \text{ mL} \rightarrow V_1 = 100 \text{ mL}$

Jadi 100 mL cuka biang ditambah air sampai 500 mL ( $\pm 400$  mL air). Cuka biang 25% tidak boleh diminum langsung karena dapat melukai mulut dan kerongkongan.

11. Lv 3 • Pejuang • Isian • ppm dan ppb • 23-3-03

Sampel air sumur sebanyak 250 mL mengandung 0,005 mg timbal (Pb). Hitung kadar timbal dalam ppb (anggap 1 L air = 1 kg).

Jawaban: ..... ppb

**Kunci: 20 ppb**

**Pembahasan:** Kadar =  $0,005 \text{ mg} \div 0,250 \text{ L} = 0,02 \text{ mg/L} = 0,02 \text{ ppm}$ .

$0,02 \text{ ppm} \times 1.000 = 20 \text{ ppb}$ .

Nilai ini dua kali pedoman WHO untuk timbal dalam air minum (10 ppb), jadi air sumur itu sebaiknya tidak diminum sebelum diolah.

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Molalitas • 23-3-04

Sebanyak 9 g glukosa ( $M_r = 180$ ) dilarutkan dalam 250 g air. Molalitas larutan itu adalah ...

A. 0,036 m

C. 2 m

B. 0,05 m

D. 0,2 m

**Kunci: D**

**Pembahasan:**  $n = 9/180 = 0,05 \text{ mol}$ ; massa pelarut = 0,250 kg.

$m = \frac{0,05}{0,250} = 0,2 \text{ mol/kg}$ .

Pengecoh: 0,05 m lupa membagi dengan massa air; 0,036 hanyalah  $9 \div 250$  (massa dibagi massa); 2 m muncul bila 250 g dianggap 0,025 kg.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Isian • Konsentrasi dalam mol/dm<sup>3</sup> • gaya IGCSE • 23-4-01

A student dissolves 5,85 g of sodium chloride, NaCl, in distilled water and makes the solution up to 500 cm<sup>3</sup> in a volumetric flask. **Hitung** konsentrasi larutan itu dalam mol/dm<sup>3</sup>. ( $M_r$  NaCl = 58,5)

Jawaban: ..... mol/dm<sup>3</sup>

**Kunci: 0,2 mol/dm<sup>3</sup>**

**Pembahasan:**  $n = 5,85/58,5 = 0,100 \text{ mol}$ .

$V = 500 \text{ cm}^3 = 0,500 \text{ dm}^3$ .

$c = 0,100/0,500 = 0,200 \text{ mol/dm}^3$  (= 0,200 M).

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Kurva kelarutan dan kristalisasi • gaya IGCSE • 23-4-02

Data kelarutan kalium nitrat,  $\text{KNO}_3$ :  $20^\circ\text{C}$ : 32 g per 100 g air •  $40^\circ\text{C}$ : 64 g per 100 g air •  $60^\circ\text{C}$ : 110 g per 100 g air.

(a) **Nyatakan** arti istilah *kelarutan*.

(b) Sebanyak 80 g  $\text{KNO}_3$  dilarutkan dalam 100 g air pada  $60^\circ\text{C}$ . **Deduksikan** apakah larutan itu jenuh. Jelaskan.

(c) Larutan pada (b) didinginkan sampai  $20^\circ\text{C}$ . **Hitung** massa kristal  $\text{KNO}_3$  yang terbentuk.

(d) **Sarankan** satu cara untuk memperoleh kristal yang lebih besar.

**Kunci/rubrik:** (a) Massa maksimum zat terlarut yang dapat larut dalam 100 g pelarut pada suhu tertentu (membentuk larutan jenuh) [1]

(b) Tidak jenuh [1], karena 80 g lebih kecil daripada kelarutannya pada  $60^\circ\text{C}$ , yaitu 110 g [1]

(c) Pada  $20^\circ\text{C}$  hanya 32 g yang dapat larut [1]; massa kristal =  $80 - 32 = 48$  g [1]

(d) Dinginkan larutan perlahan-lahan, atau biarkan air menguap perlahan [1]

**Pembahasan:** Kelarutan  $\text{KNO}_3$  naik tajam terhadap suhu, sehingga pendinginan adalah cara jitu memurnikannya (rekristalisasi). Pada  $40^\circ\text{C}$ , 80 g sudah melebihi 64 g, jadi kristal mulai muncul sekitar  $47^\circ\text{C}$ , saat kelarutannya tepat 80 g. Coba buktikan dengan Grafik Hidup kurva kelarutan di subbab 23.2.

15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Kelarutan gas dan suhu • gaya IGCSE • 23-4-03

Ikan di sungai dekat saluran buangan air panas sebuah pabrik sering megap-megap di permukaan.

Penjelasan yang paling tepat adalah ...

- A. Air panas melarutkan lebih banyak oksigen sehingga ikan keracunan oksigen
- B. Kelarutan gas oksigen dalam air berkurang ketika suhu air naik
- C. Air panas mengubah oksigen terlarut menjadi karbon dioksida
- D. Air panas meningkatkan tekanan oksigen di atas permukaan sungai

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Berbeda dengan kebanyakan padatan, gas makin sukar larut ketika suhu naik: molekul gas yang lebih berenergi mudah lolos dari cairan. Air hangat menyimpan lebih sedikit oksigen terlarut, sehingga ikan kekurangan oksigen. Pencemaran semacam ini disebut *polusi termal*.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Pengenceran asam • gaya IGCSE • 23-4-04

**Hitung** volume ( $\text{cm}^3$ ) asam sulfat  $2,00 \text{ mol/dm}^3$  yang diperlukan untuk membuat  $250 \text{ cm}^3$  asam sulfat  $0,100 \text{ mol/dm}^3$ .

Jawaban: .....  $\text{cm}^3$

**Kunci:  $12,5 \text{ cm}^3$**

**Pembahasan:**  $c_1 V_1 = c_2 V_2 \rightarrow 2,00 \times V_1 = 0,100 \times 250 \rightarrow V_1 = 12,5 \text{ cm}^3$ .

Dalam praktik: isi labu ukur  $250 \text{ cm}^3$  dengan  $\pm 150 \text{ cm}^3$  air, tambahkan  $12,5 \text{ cm}^3$  asam perlahan sambil digoyang (asam ke air, bukan sebaliknya), dinginkan, lalu tepatkan sampai tanda tera.

## 17. Lv 5 • IB DP • Isian • Persen massa ke molaritas • gaya IB • 23-5-01

Asam klorida pekat berkadar 37,0% massa HCl dengan massa jenis  $1,19 \text{ g cm}^{-3}$ . Hitung konsentrasinya dalam  $\text{mol dm}^{-3}$ . ( $M_r \text{ HCl} = 36,46$ )

Jawaban: .....  $\text{mol dm}^{-3}$

**Kunci:  $12,08 \text{ mol dm}^{-3}$**

**Pembahasan:** Ambil  $1,000 \text{ dm}^3 = 1.000 \text{ cm}^3$  larutan: massanya  $1.000 \times 1,19 = 1.190 \text{ g}$ .

Massa HCl =  $0,370 \times 1.190 = 440,3 \text{ g} \rightarrow n = 440,3/36,46 = 12,08 \text{ mol}$ .

$c = 12,1 \text{ mol dm}^{-3}$ . Rumus singkatnya:  $c = \frac{10 \rho \%}{M_r} = \frac{10 \times 1,19 \times 37,0}{36,46}$ .

## 18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Larutan baku dan ketidakpastian • gaya IB • 23-5-02

Seorang siswa membuat larutan baku natrium karbonat. Ia menimbang  $2,650 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$  anhidrat ( $M_r = 105,99$ ), melarutkannya dalam akuades, lalu mengencerkannya tepat sampai  $250,0 \text{ cm}^3$  dalam labu ukur.

(a) Hitung konsentrasi larutan ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) dengan jumlah angka penting yang tepat.

(b) Neraca memiliki ketidakpastian  $\pm 0,001 \text{ g}$  dan labu ukur  $\pm 0,15 \text{ cm}^3$ . Hitung persentase ketidakpastian konsentrasi.

(c) Jelaskan mengapa natrium hidroksida padat tidak cocok dipakai sebagai zat baku primer.

**Kunci/rubrik:** (a)  $n = 2,650/105,99 = 0,02500 \text{ mol}$  [1];  $c = 0,02500/0,2500 = 0,1000 \text{ mol dm}^{-3}$  (4 angka penting) [1]

(b) % ketidakpastian massa =  $0,001/2,650 \times 100 = 0,038\%$  [1]; % ketidakpastian volume =  $0,15/250,0 \times 100 = 0,060\%$  [1]; konsentrasi (hasil bagi) = jumlah keduanya =  $0,098\% \approx 0,1\%$  [1]

(c) NaOH padat higroskopis (menyerap uap air) [1] dan bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  udara membentuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  [1], sehingga massa yang ditimbang tidak sama dengan massa NaOH murni.

**Pembahasan:** Pada perkalian dan pembagian, persentase ketidakpastian dijumlahkan. Zat baku primer harus murni, stabil di udara, tidak higroskopis, dan sebaiknya bermassa molar besar agar galat penimbangan relatif kecil. Larutan NaOH biasanya dibakukan dengan titrasi terhadap baku primer seperti asam oksalat atau kalium hidrogen ftalat (Bab 27).

## 19. Lv 5 • IB DP • Isian • Fraksi mol ke molalitas • gaya IB • 23-5-03

Larutan etanol dalam air memiliki fraksi mol etanol  $0,100$ . Hitung molalitas etanol dalam larutan itu ( $\text{mol kg}^{-1}$ ). ( $M_r \text{ air} = 18,02$ )

Jawaban: .....  $\text{mol kg}^{-1}$

**Kunci:  $6,17 \text{ mol kg}^{-1}$**

**Pembahasan:** Ambil total  $1,000 \text{ mol}$ : etanol  $0,100 \text{ mol}$ , air  $0,900 \text{ mol}$ .

Massa air =  $0,900 \times 18,02 = 16,22 \text{ g} = 0,01622 \text{ kg}$ .

$m = 0,100/0,01622 = 6,17 \text{ mol kg}^{-1}$ .

Fraksi mol dan molalitas sama-sama tidak memakai volume, jadi konversinya tidak membutuhkan massa jenis.

Pada 25 °C, air yang bersentuhan dengan udara (tekanan parsial  $O_2 = 0,21$  atm) melarutkan 8,4 mg  $O_2$  per  $dm^3$ . Menurut hukum Henry, berapa kelarutan  $O_2$  bila air bersentuhan dengan oksigen murni bertekanan 1,00 atm pada suhu yang sama?

- A. 40 mg  $dm^{-3}$  C. 1,8 mg  $dm^{-3}$   
B. 8,4 mg  $dm^{-3}$  D. 84 mg  $dm^{-3}$

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Hukum Henry:  $C = k_H P$ , jadi  $C_2 = C_1 \times \frac{P_2}{P_1} = 8,4 \times \frac{1,00}{0,21} = 40 \text{ mg } dm^{-3}$ .

Pengecoh 1,8 mg  $dm^{-3}$  muncul bila perbandingan tekanan dibalik; 8,4 mg  $dm^{-3}$  mengabaikan pengaruh tekanan.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHo

Sebanyak 200 mL larutan NaCl 0,30 M dicampur dengan 300 mL larutan  $CaCl_2$  0,20 M. Anggap volume campuran 500 mL. Konsentrasi ion  $Cl^-$  dalam campuran adalah ...

- A. 0,24 M C. 0,36 M  
B. 0,50 M D. 0,70 M

**Kunci: C**

**Pembahasan:** mol  $Cl^-$  dari NaCl =  $0,200 \times 0,30 = 0,060$  mol.

mol  $Cl^-$  dari  $CaCl_2$  =  $0,300 \times 0,20 \times 2 = 0,120$  mol (setiap  $CaCl_2$  memberi dua  $Cl^-$ ).

$[Cl^-] = 0,180/0,500 = 0,36 \text{ M}$ .

Pengecoh 0,24 M lupa faktor 2; 0,50 M dan 0,70 M menjumlahkan konsentrasi begitu saja tanpa memperhitungkan pengenceran oleh larutan lain.

Kelarutan  $CuSO_4$  (dihitung sebagai garam anhidrat) adalah 55,0 g per 100 g air pada 80 °C dan 20,7 g per 100 g air pada 20 °C. Sebanyak 155,0 g larutan jenuh  $CuSO_4$  pada 80 °C didinginkan sampai 20 °C. Kristal yang memisah adalah terusi,  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ . Hitung massa kristal yang terbentuk (g). ( $M_r$ :  $CuSO_4 = 159,5$ ;  $H_2O = 18$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 60,8 g**

**Pembahasan:** Misalkan terbentuk x g  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$  ( $M_r = 249,5$ ). Kristal itu membawa  $\frac{159,5}{249,5}x = 0,6393x$  g  $CuSO_4$  dan  $\frac{90}{249,5}x = 0,3607x$  g air.

Larutan sisa harus jenuh pada 20 °C:

$$\frac{55,0 - 0,6393x}{100 - 0,3607x} = 0,207$$

$$55,0 - 0,6393x = 20,7 - 0,0747x \rightarrow 34,3 = 0,5646x \rightarrow x = 60,8 \text{ g}.$$

Jawaban naif  $55,0 - 20,7 = 34,3$  g keliru karena lupa bahwa kristal hidrat juga 'mencuri' air dari larutan, sehingga lebih banyak garam ikut mengkristal.

- (a) Tunjukkan bahwa molalitas  $m$  suatu larutan dapat dihitung dari molaritas  $M$ , massa jenis larutan  $\rho$  (g/mL), dan massa molar zat terlarut  $M_r$  dengan rumus  $m = \frac{1000 M}{1000\rho - M M_r}$ .
- (b) Asam sulfat pekat berkadar 98,0% massa dan bermassa jenis 1,84 g/mL. Hitung molaritas dan molalitasnya. ( $M_r$   $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98,08$ )
- (c) Jelaskan mengapa molalitas asam pekat ini jauh lebih besar daripada molaritasnya, padahal untuk larutan encer dalam air keduanya hampir sama.

**Kunci/rubrik:** (a) Ambil 1 L = 1.000 mL larutan: massa larutan =  $1000\rho$  g [1]; massa zat terlarut =  $M \cdot M_r$  g [1];

massa pelarut =  $(1000\rho - M M_r)/1000$  kg, sehingga  $m = M \div \frac{1000\rho - M M_r}{1000}$  [1]

(b)  $M = \frac{1000 \times 1,84 \times 0,980}{98,08} = 18,4$  M [1];  $m = \frac{1000 \times 18,38}{1840 - 18,38 \times 98,08} \approx 5,0 \times 10^2$  mol/kg (cara lain: 98,0 g asam = 0,999 mol dalam 2,0 g air  $\rightarrow \pm 500$  mol/kg) [2]

(c) Pada asam 98%, hampir seluruh massa adalah zat terlarut; pelarutnya hanya  $\pm 2\%$  ( $\pm 37$  g air per liter), sehingga pembagi molalitas sangat kecil [1]. Pada larutan encer, 1 L larutan berisi hampir 1 kg air sehingga  $m \approx M$  [1].

**Pembahasan:** Hitungan ini sensitif terhadap pembulatan:  $1840 - 18,385 \times 98,08 = 1840 - 1803,2 = 36,8$  g air per liter. Membulatkan  $M$  terlalu awal membuat hasil melenceng jauh, jadi simpan semua angka di kalkulator. Cara 'ambil 100 g larutan' lebih stabil:  $98,0/98,08 = 0,9992$  mol dalam 0,00200 kg air = 499,6 mol/kg.

Minuman bersoda dibotolkan pada 25 °C dengan tekanan  $\text{CO}_2$  4,0 atm. Tetapan Henry  $\text{CO}_2$  pada 25 °C adalah  $0,034 \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ . Setelah botol berisi 330 mL minuman dibuka dan dibiarkan sampai setimbang dengan udara (tekanan parsial  $\text{CO}_2 \approx 4 \times 10^{-4} \text{ atm}$ ), berapa mL gas  $\text{CO}_2$  yang keluar dari minuman bila diukur pada 25 °C dan 1 atm (volume molar 24,5 L/mol)? Abaikan  $\text{CO}_2$  di ruang kosong botol.

Jawaban: ..... mL

**Kunci: 1.099 mL**

**Pembahasan:** Sebelum:  $C_1 = 0,034 \times 4,0 = 0,136 \text{ mol/L}$ .

Sesudah:  $C_2 = 0,034 \times 4 \times 10^{-4} = 1,4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  (praktis nol).

$\text{CO}_2$  yang lepas:  $(0,136 - 0,000014) \times 0,330 = 0,0449 \text{ mol}$ .

Volume:  $0,0449 \times 24,5 = 1,10 \text{ L} \approx 1.100 \text{ mL}$ , lebih dari tiga kali volume minumannya! Itulah sebabnya soda yang dibiarkan terbuka menjadi 'kempes'.

## 24 Sifat Koligatif Larutan

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pengertian sifat koligatif • 24-1-01

Sifat koligatif larutan bergantung pada ...

- A. jenis zat terlarut, misalnya gula atau garam
- B. warna dan bau zat terlarut
- C. jumlah partikel zat terlarut dalam pelarut
- D. bentuk wadah larutan

#### Kunci: C

**Pembahasan:** Sifat koligatif hanya "menghitung kepala": banyaknya partikel (molekul atau ion) zat terlarut. Jenis, warna, dan bau zat tidak berpengaruh. Contoh: larutan urea 1 molal dan larutan gula 1 molal sama-sama membeku pada  $-1,86\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Penurunan titik beku • 24-1-02

Penjual es puter menaburkan garam kasar pada es batu di sekeliling tabung adonan. Apa tujuannya?

- A. Agar es puter terasa asin
- B. Agar campuran es dan garam menjadi jauh lebih dingin daripada  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- C. Agar es batu tidak cepat mencair
- D. Agar adonan cepat mendidih

#### Kunci: B

**Pembahasan:** Garam menurunkan titik beku air lelehan. Es di sekitarnya mencair dan menyerap kalor dari sekeliling, termasuk dari adonan, sehingga suhu campuran turun sampai  $\pm -10\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau lebih rendah. Es justru mencair lebih cepat. Garam tidak masuk ke adonan karena adonan berada di dalam tabung tertutup.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Osmosis dalam pengawetan • 24-1-03

Ikan yang ditimbun garam lama-kelamaan menjadi kering dan awet. Peristiwa utama yang terjadi adalah ...

- A. garam menguapkan air seperti api memanaskan ikan
- B. garam bereaksi dengan air dan mengubahnya menjadi zat padat
- C. garam masuk ke sel dan mendorong daging ikan keluar
- D. air keluar dari sel-sel ikan melalui membran sel menuju lingkungan yang lebih pekat (osmosis)

#### Kunci: D

**Pembahasan:** Lingkungan di luar sel ikan sangat pekat (hipertonik). Air berpindah dari dalam sel ke luar melalui membran sel; inilah osmosis. Bakteri pembusuk yang hinggap juga kehilangan air sehingga tidak bisa berkembang biak.

4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Osmosis • 24-1-04

Dalam peristiwa osmosis, zat yang bergerak menembus membran semipermeabel adalah ...

- A. pelarut (air), dari larutan encer ke larutan pekat
- B. zat terlarut, dari larutan pekat ke larutan encer
- C. pelarut (air), dari larutan pekat ke larutan encer
- D. zat terlarut dan pelarut dalam jumlah sama

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Membran semipermeabel hanya dapat dilewati pelarut. Air bergerak dari larutan encer ke larutan pekat. Perpindahan zat terlarut dari daerah pekat ke daerah encer disebut difusi, bukan osmosis.

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Penurunan titik beku • 24-2-01

Larutan urea dalam air memiliki molalitas 0,5 mol/kg. Hitung penurunan titik bekunya. ( $K_f$  air = 1,86 °C·kg/mol)

Jawaban: ..... °C

**Kunci: 0,93 °C**

**Pembahasan:** Urea adalah nonelektrolit ( $i = 1$ ).

$$\Delta T_f = K_f \cdot m = 1,86 \times 0,5 = 0,93 \text{ °C.}$$

Larutan membeku pada -0,93 °C.

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Kenaikan titik didih • 24-2-02

Hitung titik didih larutan glukosa 1 molal dalam air pada tekanan 1 atm. ( $K_b$  air = 0,52 °C·kg/mol)

Jawaban: ..... °C

**Kunci: 100,52 °C**

**Pembahasan:**  $\Delta T_b = K_b \cdot m = 0,52 \times 1 = 0,52 \text{ °C.}$

$$T_b = 100 + 0,52 = 100,52 \text{ °C.}$$

Perhatikan: yang ditanyakan titik didih larutan, bukan kenaikannya.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Jumlah partikel elektrolit • 24-2-03

Larutan-larutan berikut sama-sama 0,1 mol/kg dalam air. Manakah yang titik bekunya paling rendah?

- |                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| A. $C_6H_{12}O_6$ (glukosa) | C. NaCl      |
| B. $AlCl_3$                 | D. $K_2SO_4$ |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Titik beku paling rendah berarti  $\Delta T_f$  paling besar, yaitu partikel paling banyak. Glukosa  $i = 1$ ; NaCl  $i = 2$ ;  $K_2SO_4$   $i = 3$ ;  $AlCl_3 \rightarrow Al^{3+} + 3 Cl^-$  memberi  $i = 4$ .

$$\Delta T_f(AlCl_3) = 1,86 \times 0,1 \times 4 = 0,744 \text{ °C, sehingga membeku pada } -0,744 \text{ °C.}$$

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Faktor van 't Hoff • 24-2-04

Kalsium klorida,  $\text{CaCl}_2$ , terionisasi sempurna di dalam air. Berapa faktor van 't Hoff  $i$ -nya?

Jawaban: .....

**Kunci: 3**

**Pembahasan:**  $\text{CaCl}_2 \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$ : satu satuan menghasilkan  $n = 3$  ion.  
Terionisasi sempurna ( $\alpha = 1$ ):  $i = 1 + (3 - 1)(1) = 3$ .

**Lv 3 • Pejuang SMA • TKA/UTBK**

9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum Raoult • 24-3-01

Sebanyak 18 g glukosa ( $M_r = 180$ ) dilarutkan dalam 90 g air ( $M_r = 18$ ) pada  $30^\circ\text{C}$ . Tekanan uap air murni pada suhu itu 31,8 mmHg. Hitung tekanan uap larutan.

Jawaban: ..... mmHg

**Kunci: 31,18 mmHg**

**Pembahasan:**  $n_t = 18/180 = 0,1$  mol;  $n_p = 90/18 = 5$  mol.  
 $X_p = \frac{5}{5,1} = 0,9804$ ,  
 $P = X_p \cdot P^\circ = 0,9804 \times 31,8 = 31,18$  mmHg (turun 0,62 mmHg).

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Menentukan  $M_r$  • 24-3-02

Sebanyak 3,0 g zat nonelektrolit dilarutkan dalam 100 g air. Larutan membeku pada  $-0,93^\circ\text{C}$ . Hitung  $M_r$  zat itu. ( $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 60**

**Pembahasan:**  $\Delta T_f = 0 - (-0,93) = 0,93^\circ\text{C}$ .  
 $M_r = \frac{K_f \cdot g \cdot 1000}{\Delta T_f \cdot p} = \frac{1,86 \times 3,0 \times 1000}{0,93 \times 100} = 60$ .  
Kemungkinan zat itu urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .

11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Tekanan osmotik • 24-3-03

Hitung tekanan osmotik larutan NaCl 0,1 M pada  $27^\circ\text{C}$ . Anggap NaCl terionisasi sempurna. ( $R = 0,082$  L·atm/(mol·K))

Jawaban: ..... atm

**Kunci: 4,92 atm**

**Pembahasan:**  $T = 27 + 273 = 300$  K;  $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ , jadi  $i = 2$ .  
 $\pi = MRTi = 0,1 \times 0,082 \times 300 \times 2 = 4,92$  atm.

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Derajat ionisasi • 24-3-04

Larutan elektrolit biner AB 0,2 molal dalam air membeku pada  $-0,6696\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Derajat ionisasi elektrolit itu adalah ... ( $K_f$  air =  $1,86\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ )

- A. 0,2  
B. 0,5  
C. 0,8  
D. 1,0

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $i = \frac{\Delta T_f}{K_f m} = \frac{0,6696}{1,86 \times 0,2} = 1,8.$

Elektrolit biner:  $n = 2$ , sehingga  $1,8 = 1 + (2 - 1)\alpha \rightarrow \alpha = 0,8.$

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Campuran es dan garam • gaya IGCSE • 24-4-01

Ice cubes are sprinkled with salt and the temperature of the mixture falls to  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Which statement best **explains** this? (Mengapa suhunya turun?)

- A. Salt is colder than ice, so it cools the mixture.  
B. Salt reacts with water in a strongly exothermic reaction.  
C. Salt raises the boiling point of water.  
D. Salt lowers the freezing point, so the ice melts and absorbs heat (kalor lebur) from the mixture.

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Air garam membeku di bawah  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jadi es yang bersentuhan dengan air garam mencair. Pencairan membutuhkan kalor lebur ( $334\text{ J/g}$ ) yang diambil dari campuran itu sendiri, sehingga suhunya turun. Melarutkan NaCl justru sedikit endoterm, bukan eksoterm.

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Osmosis pada kentang • gaya IGCSE • 24-4-02

Seorang siswa memotong silinder kentang yang sama besar, menimbangnnya, lalu merendamnya selama 1 jam dalam larutan sukrosa berbagai konsentrasi. Hasilnya:

| Konsentrasi sukrosa ( $\text{mol/dm}^3$ ) | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Perubahan massa (%)                       | +12 | +4  | -3  | -9  | -14 |

- (a) **Deskripsikan** hubungan antara konsentrasi sukrosa dan perubahan massa.  
(b) **Perkirakan** konsentrasi sukrosa yang isotonik dengan cairan sel kentang.  
(c) **Jelaskan**, dengan istilah molekul air, mengapa massa kentang bertambah dalam air murni.  
(d) **Sarankan** dua variabel yang harus dijaga tetap.

**Kunci/rubrik:** (a) Makin tinggi konsentrasi sukrosa, perubahan massa makin kecil, lalu menjadi negatif (massa berkurang) [1].

(b) Perubahan massa nol terletak di antara 0,2 dan 0,4  $\text{mol/dm}^3$ ; interpolasi:  $0,2 + 0,2 \times 4/7 \approx 0,31\text{ mol/dm}^3$  (terima 0,28-0,34) [2].

(c) Air murni lebih encer daripada cairan sel [1]; molekul air bergerak masuk ke sel melalui membran sel yang semipermeabel (osmosis), sehingga massa bertambah [1].

(d) Dua dari: ukuran atau luas permukaan silinder, jenis kentang, lama perendaman, suhu, volume larutan, cara mengeringkan sebelum ditimbang [2].

**Pembahasan:** Titik isotonik dibaca dari perpotongan grafik dengan garis perubahan massa nol. Memakai persen perubahan massa membuat silinder yang massa awalnya sedikit berbeda tetap dapat dibandingkan secara adil.

15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Cairan pendingin radiator • gaya IGCSE • 24-4-03

**Hitung** massa etilen glikol,  $C_2H_6O_2$  ( $M_r = 62$ ), yang harus dilarutkan dalam 2,0 kg air agar larutan baru membeku pada  $-10,0\text{ }^\circ\text{C}$ . ( $K_f$  air =  $1,86\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 666,7 g**

**Pembahasan:**  $m = \Delta T_f / K_f = 10,0 / 1,86 = 5,38\text{ mol/kg}$ .

mol etilen glikol =  $5,38 \times 2,0 = 10,75\text{ mol}$ .

massa =  $10,75 \times 62 = 667\text{ g}$  ( $\pm 0,67\text{ kg}$ ).

Larutan yang sama mendidih pada  $\pm 102,8\text{ }^\circ\text{C}$ , sehingga juga melindungi mesin dari air yang mendidih.

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Larutan hipertonik • gaya IGCSE • 24-4-04

Sel darah merah dimasukkan ke dalam larutan NaCl 3%. Apa yang akan teramati di bawah mikroskop?

- A. Sel mengerut (krenasi) karena air keluar dari sel
- B. Sel membengkak lalu pecah (hemolisis)
- C. Sel tetap normal karena larutannya isotonik
- D. Sel menyerap NaCl sampai kadarnya sama tanpa berubah bentuk

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Larutan NaCl 3% jauh lebih pekat daripada cairan sel (yang isotonik dengan NaCl  $\pm 0,9\%$ ): larutan ini hipertonik. Air keluar dari sel melalui osmosis, dan sel mengerut (krenasi).

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Menentukan  $M_r$  dengan osmometri • gaya IB • 24-5-01

Sebanyak 0,500 g protein P dilarutkan dalam air hingga volume larutan  $50,0\text{ cm}^3$  pada  $25,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Tekanan osmotik larutan 2,45 mmHg. ( $760\text{ mmHg} = 1\text{ atm}$ ;  $R = 0,0821\text{ dm}^3\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ )

(a) Hitung massa molar P.

(b) Hitung penurunan titik beku larutan yang sama (anggap molalitas  $\approx$  molaritas;  $K_f = 1,86\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ ).

Jelaskan mengapa osmometri lebih cocok daripada krioskopi untuk zat ini.

(c) Tekanan osmotik diukur dengan ketidakpastian  $\pm 0,05\text{ mmHg}$ . Hitung ketidakpastian persen massa molar, dengan menganggap ketidakpastian lain dapat diabaikan.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\pi = 2,45/760 = 3,22 \times 10^{-3}\text{ atm}$  [1];  $M = \pi/RT = 3,22 \times 10^{-3}/(0,0821 \times 298,15) = 1,32 \times 10^{-4}\text{ mol/dm}^3$  [1];  $n = 1,32 \times 10^{-4} \times 0,0500 = 6,58 \times 10^{-6}\text{ mol}$ , massa molar =  $0,500/6,58 \times 10^{-6} = 7,6 \times 10^4\text{ g/mol}$  [1].

(b)  $\Delta T_f = 1,86 \times 1,32 \times 10^{-4} = 2,4 \times 10^{-4}\text{ K}$  [1]; terlalu kecil untuk diukur termometer laboratorium, sedangkan 2,45 mmHg (setara  $\pm 3,3\text{ cm}$  kolom air) mudah diukur [1].

(c)  $0,05/2,45 \times 100\% = 2,0\%$ , jadi massa molar =  $(7,6 \pm 0,2) \times 10^4\text{ g/mol}$  [1].

**Pembahasan:** Karena  $M_r$  ditentukan dari  $M_r = \frac{m}{\pi V/RT}$ , massa molar berbanding terbalik dengan  $\pi$ , sehingga ketidakpastian persen keduanya sama. Untuk zat bermassa molar besar, jumlah mol partikelnya sangat kecil; hanya tekanan osmotik yang cukup peka untuk mendeteksinya.

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Faktor van 't Hoff eksperimen • gaya IB • 24-5-02

Tekanan osmotik larutan  $\text{MgCl}_2$   $0,0100 \text{ mol/dm}^3$  pada  $298 \text{ K}$  adalah  $0,660 \text{ atm}$ . Hitung faktor van 't Hoff eksperimen,  $i$ . ( $R = 0,082 \text{ dm}^3 \cdot \text{atm}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 2,7**

**Pembahasan:**  $i = \frac{\pi}{MRT} = \frac{0,660}{0,0100 \times 0,082 \times 298} = 2,70$ .

Nilai ideal untuk  $\text{MgCl}_2$  adalah 3. Nilai terukur lebih kecil karena sebagian ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Cl}^-$  membentuk pasangan ion. Derajat ionisasi semuanya  $\alpha = (2,70 - 1)/2 = 0,85$ .

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Membandingkan sifat koligatif • gaya IB • 24-5-03

Manakah pasangan larutan berair  $0,10 \text{ mol/kg}$  yang titik bekunya hampir sama?

A. glukosa dan  $\text{NaCl}$

C. urea dan glukosa

B.  $\text{NaCl}$  dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

D.  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{KCl}$

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Urea dan glukosa sama-sama nonelektrolit ( $i = 1$ ), sehingga konsentrasi partikelnya sama,  $0,10 \text{ mol/kg}$ , dan  $\Delta T_f = 0,186 \text{ K}$ . Pasangan lain berbeda  $i$ : glukosa 1,  $\text{NaCl}$  2,  $\text{KCl}$  2,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  3,  $\text{CaCl}_2$  3.

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Hukum Raoult • gaya IB • 24-5-04

Berapa gram urea ( $M_r = 60$ ) yang harus dilarutkan dalam  $180 \text{ g}$  air agar tekanan uap air turun  $2,0\%$ ?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 12,24 g**

**Pembahasan:**  $\Delta P/P^\circ = X_t = 0,020$ ;  $n_p = 180/18 = 10 \text{ mol}$ .

$\frac{n_t}{n_t + 10} = 0,020 \rightarrow n_t = \frac{0,020 \times 10}{0,980} = 0,204 \text{ mol}$ .

massa urea =  $0,204 \times 60 = 12,2 \text{ g}$ .

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/IChO

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Asosiasi (dimerisasi) • gaya olimpiade • 24-6-01

Sebanyak  $1,20 \text{ g}$  asam asetat ( $M_r = 60$ ) dilarutkan dalam  $100 \text{ g}$  benzena. Titik beku larutan turun  $0,64 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dalam benzena, sebagian asam asetat membentuk dimer:  $2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons (\text{CH}_3\text{COOH})_2$ . Berapa persen molekul asam asetat yang berada dalam bentuk dimer? ( $K_f$  benzena =  $5,12 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}$ )

Jawaban: ..... %

**Kunci: 75 %**

**Pembahasan:** Molalitas nominal =  $(1,20/60)/0,100 = 0,200 \text{ mol/kg} \rightarrow \Delta T_f$  tanpa dimer =  $5,12 \times 0,200 = 1,024 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
 $i = 0,64/1,024 = 0,625$ .

Partikel:  $(1 - \beta) \text{ monomer} + \beta/2 \text{ dimer} = 1 - \beta/2 = 0,625 \rightarrow \beta = 0,75$ .

Jadi 75% molekul asam asetat berpasangan sebagai dimer (dihubungkan dua ikatan hidrogen).  $M_r$  yang "terlihat" =  $60/0,625 = 96$ .

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Analisis campuran • gaya olimpiade • 24-6-02

Campuran glukosa ( $M_r = 180$ ) dan sukrosa ( $M_r = 342$ ) bermassa total 10,0 g dilarutkan dalam 100 g air. Larutan membeku pada  $-0,744\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hitung massa glukosa dalam campuran. ( $K_f$  air =  $1,86\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 4,09 g**

**Pembahasan:** Total mol =  $(0,744/1,86) \times 0,100\text{ kg} = 0,0400\text{ mol}$ .

$$\frac{x}{180} + \frac{10,0 - x}{342} = 0,0400.$$

$$x \left( \frac{1}{180} - \frac{1}{342} \right) = 0,0400 - 0,02924 = 0,01076 \rightarrow x = \frac{0,01076}{0,002632} = 4,09\text{ g}.$$

Glukosa 4,09 g dan sukrosa 5,91 g. Cek:  $0,02272 + 0,01728 = 0,0400\text{ mol}$  ✓

23. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Titik eutektik dan larutan tak ideal • gaya olimpiade • 24-6-03

Tukang es puter mencampur es batu dengan garam dapur berlebih. Suhu campuran tidak pernah turun di bawah  $\pm 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , berapa pun garam yang ditambahkan.

(a) Jelaskan mengapa ada batas suhu terendah ini.

(b) Pada batas itu, kadar NaCl dalam air garam 23,3% massa. Hitung titik beku yang diramalkan rumus ideal  $\Delta T_f = K_f m i$  ( $i = 2$ ;  $K_f = 1,86\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ ;  $M_r$  NaCl = 58,5), bandingkan dengan  $-21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan jelaskan selisihnya pada tingkat partikel.

(c) Larutan  $\text{CaCl}_2$  baru mencapai batas serupa pada  $\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berikan dua alasan mengapa  $\text{CaCl}_2$  jauh lebih efektif daripada NaCl.

**Kunci/rubrik:** (a) Saat garam terus ditambahkan, air lelehan menjadi jenuh. Pada  $-21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan 23,3% NaCl, air garam berada dalam kesetimbangan dengan es dan kristal garam ( $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) sekaligus: titik eutektik [1]. Garam tambahan tidak larut lagi, sehingga konsentrasi partikel, dan karena itu titik beku, tidak dapat turun lebih jauh [1].  
(b) Dalam 100 g larutan: 23,3 g NaCl = 0,398 mol dalam 76,7 g air  $\rightarrow m = 5,19\text{ mol/kg}$  [1];  $\Delta T_f = 1,86 \times 5,19 \times 2 = 19,3\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow$  titik beku ramalan  $-19,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1]. Nilai nyata lebih rendah ( $-21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) karena larutan pekat tidak ideal: ion-ion terhidrasi mengikat banyak molekul air sehingga air "bebas" lebih sedikit dan konsentrasi efektif partikel lebih besar [1].  
(c)  $\text{CaCl}_2$  menghasilkan 3 ion per satuan rumus ( $i \approx 3$ ) [1], dan kelarutannya sangat tinggi sehingga konsentrasi partikel sebelum jenuh jauh lebih besar [1].

**Pembahasan:** Titik eutektik adalah ujung kurva titik beku pada diagram fasa air-garam. Rumus koligatif sederhana hanya berlaku untuk larutan encer; pada konsentrasi di atas  $\pm 1\text{ mol/kg}$  diperlukan koreksi (koefisien osmotik atau koefisien aktivitas).

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian rumus/nama • Menebak rumus molekul • gaya olimpiade • 24-6-04

Senyawa X mengandung 40,0% C, 6,7% H, dan 53,3% O (massa). Larutan 1,80 g X dalam 50,0 g air membeku pada  $-0,372\text{ }^{\circ}\text{C}$ . X adalah nonelektrolit. Tuliskan rumus molekul X. (Ar C = 12, H = 1, O = 16;  $K_f$  air =  $1,86\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ )

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

**Pembahasan:** Rumus empiris: C  $40,0/12 = 3,33$ ; H  $6,7/1 = 6,7$ ; O  $53,3/16 = 3,33 \rightarrow 1 : 2 : 1 \rightarrow \text{CH}_2\text{O}$  ( $M_r$  empiris 30).

$$M_r = \frac{1,86 \times 1,80 \times 1000}{0,372 \times 50,0} = 180.$$

$180/30 = 6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ : glukosa, fruktosa, atau heksosa lain.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Jenis campuran • 25-1-01

Manakah di antara campuran berikut yang termasuk koloid?

- |             |                                     |
|-------------|-------------------------------------|
| A. Air gula | C. Air garam                        |
| B. Susu     | D. Air kapur sirih yang baru diaduk |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Susu adalah koloid (emulsi); butir lemak dan misel protein berukuran sekitar 1–1000 nm tersebar dalam air. Air gula dan air garam adalah larutan (partikel < 1 nm), sedangkan air kapur sirih yang baru diaduk adalah suspensi yang lama-lama mengendap.

2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Ukuran partikel • 25-1-02

Ukuran partikel terdispersi dalam koloid berada pada rentang ...

- |                       |              |
|-----------------------|--------------|
| A. kurang dari 1 nm   | C. 1–1000 nm |
| B. lebih dari 1000 nm | D. 1–1000 mm |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Larutan < 1 nm, koloid 1–1000 nm ( $10^{-9}$ – $10^{-6}$  m), suspensi > 1000 nm. Ukuran 1–1000 mm sebesar kerikil sampai batu!

3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Efek Tyndall • 25-1-03

Berkas cahaya matahari tampak jelas ketika menembus kabut di hutan pinus. Peristiwa ini disebut ...

- |                 |              |
|-----------------|--------------|
| A. efek Tyndall | C. adsorpsi  |
| B. gerak Brown  | D. koagulasi |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Efek Tyndall adalah penghamburan cahaya oleh partikel koloid sehingga jalannya berkas tampak dari samping. Kabut adalah koloid (aerosol cair). Gerak Brown adalah gerak zig-zag partikel, adsorpsi adalah penyerapan di permukaan, dan koagulasi adalah penggumpalan.

4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Jenis koloid • 25-1-04

Busa sabun terdiri atas gelembung gas yang tersebar dalam cairan. Jenis koloid busa sabun adalah ...

- |                 |         |
|-----------------|---------|
| A. aerosol cair | C. sol  |
| B. emulsi       | D. buih |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Gas (fase terdispersi) dalam cair (medium) disebut **buih**. Aerosol bermedium gas, emulsi adalah cair dalam cair, dan sol adalah padat dalam cair.

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Satuan ukuran partikel • 25-2-01

Sebutir partikel asap berdiameter  $2,5 \times 10^{-7}$  m. Nyatakan diameternya dalam nanometer ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ).

Jawaban: ..... nm

**Kunci: 250 nm**

**Pembahasan:**  $d = \frac{2,5 \times 10^{-7} \text{ m}}{10^{-9} \text{ m/nm}} = 2,5 \times 10^2 = 250 \text{ nm}$ .

Nilai ini berada di rentang 1-1000 nm, jadi asap termasuk koloid (aerosol padat).

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Jenis koloid • 25-2-02

Mayones dibuat dengan mengocok minyak goreng ke dalam cuka dan kuning telur. Minyak (cair) tersebar dalam cuka (cair). Tuliskan nama jenis koloidnya.

Jawaban: .....

**Kunci: emulsi / emulsi cair**

**Pembahasan:** Cair dalam cair = **emulsi**. Kuning telur mengandung lesitin yang berperan sebagai pengemulsi: satu ujung molekulnya suka air, ujung lain suka minyak, sehingga butir minyak tetap tersebar.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Koagulasi • 25-2-03

Air sungai keruh mengandung koloid lempung yang bermuatan negatif. Ion manakah yang paling efektif menggumpalkannya?

A.  $\text{Na}^+$ C.  $\text{Al}^{3+}$ B.  $\text{Cl}^-$ D.  $\text{Ca}^{2+}$ 

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Menurut aturan Hardy-Schulze, yang menggumpalkan adalah ion yang muatannya **berlawanan** dengan koloid (di sini kation), dan makin besar muatannya makin kuat.  $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$ . Ion  $\text{Cl}^-$  bermuatan sejenis dengan koloid sehingga hanya penonton. Itulah sebabnya PDAM memakai tawas yang berisi  $\text{Al}^{3+}$ .

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Dosis tawas • 25-2-04

Tandon rumah berisi 500 L air sumur keruh. Dosis tawas terbaik adalah 20 ppm (20 mg tawas per liter air). Berapa gram tawas yang diperlukan?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 10 g**

**Pembahasan:**  $m = 20 \text{ mg/L} \times 500 \text{ L} = 10.000 \text{ mg}$ .

$10.000 \text{ mg} \div 1000 = 10 \text{ g}$ , kira-kira satu sendok makan tawas bubuk.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Pembuatan koloid • 25-3-01

Larutan  $\text{FeCl}_3$  ditetaskan ke dalam air mendidih sehingga terbentuk sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  berwarna merah coklat. Cara pembuatan koloid ini termasuk ...

- A. dispersi mekanik
- B. kondensasi melalui reaksi hidrolisis
- C. peptisasi
- D. busur Bredig

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Reaksinya  $\text{FeCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{HCl}$ : garam bereaksi dengan air (hidrolisis). Ion-ion kecil bergabung menjadi partikel berukuran koloid, jadi ini cara **kondensasi**. Dispersi mekanik, peptisasi, dan busur Bredig memecah partikel besar.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Pembuatan koloid • 25-3-02

Kelompok cara pembuatan koloid yang **semuanya** termasuk cara dispersi adalah ...

- A. hidrolisis, reaksi redoks, dekomposisi rangkap
- B. penggantian pelarut, penggilingan, hidrolisis
- C. peptisasi, reaksi redoks, homogenisasi
- D. busur Bredig, peptisasi, penggilingan

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Cara dispersi memecah partikel besar menjadi berukuran koloid: mekanik (penggilingan), peptisasi, busur Bredig, dan homogenisasi. Hidrolisis, reaksi redoks, dekomposisi rangkap, dan penggantian pelarut adalah cara kondensasi.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Aturan Hardy-Schulze • 25-3-03

Suatu sol bermuatan negatif mulai menggumpal bila konsentrasi  $\text{Na}^+$  mencapai 52 mmol/L. Menurut aturan Hardy-Schulze (daya koagulasi sebanding  $z^6$ ), perkirakan konsentrasi  $\text{Al}^{3+}$  (mmol/L) yang sudah cukup untuk menggumpalkan sol itu.

Jawaban: ..... mmol/L

**Kunci: 0,0713 mmol/L**

**Pembahasan:** Daya ion  $\text{Al}^{3+}$  relatif terhadap  $\text{Na}^+$ :  $3^6/1^6 = 729$ .

$$c_{\text{Al}^{3+}} \approx 52/729 = 0,0713 \text{ mmol/L.}$$

Hanya sekitar 0,07 mmol/L,  $\pm 700$  kali lebih encer daripada  $\text{Na}^+$ . Percobaan nyata biasanya memberi rasio beberapa ratus, jadi aturan  $z^6$  adalah perkiraan orde besar.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Dialisis • 25-3-04

Pada mesin cuci darah (hemodialisis), darah mengalir di satu sisi membran semipermeabel dan cairan dialisat di sisi lainnya. Zat yang dapat menembus membran dan terbuang adalah ...

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| A. urea dan ion-ion berlebih | C. protein albumin          |
| B. sel darah merah           | D. keping darah (trombosit) |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Pori membran hanya dilewati partikel kecil berukuran larutan, seperti urea, kreatinin, dan ion. Protein (berukuran koloid) serta sel darah (lebih besar lagi) tertahan. Inilah prinsip **dialisis**.

13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Koloid vs suspensi • gaya IGCSE • 25-4-01

Which statement correctly distinguishes a **colloid** from a **suspension**? (Pernyataan mana yang benar?)

- A. Colloid particles are larger than suspension particles.
- B. Colloid particles pass through filter paper and do not settle on standing.
- C. Only suspensions scatter a beam of light.
- D. A colloid is always transparent.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Partikel koloid (1–1000 nm) lolos kertas saring dan tidak mengendap karena terus ditabrak molekul medium (gerak Brown). Partikel suspensi lebih besar, tertahan di kertas saring, dan mengendap. Koloid justru menghamburkan cahaya (efek Tyndall), dan banyak koloid keruh, misalnya susu.

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Mengidentifikasi campuran • gaya IGCSE • 25-4-02

Seorang siswa menguji tiga cairan, P, Q, dan R. Hasilnya:

- P: jernih, berkas senter tidak tampak, tidak mengendap, lolos kertas saring.
- Q: putih keruh, berkas senter tampak jelas, tidak mengendap setelah 1 jam, lolos kertas saring.
- R: cokelat keruh, butiran mengendap setelah 10 menit, ada sisa di kertas saring.

(a) **Deduksikan** jenis campuran P, Q, dan R. [3]

(b) **Jelaskan**, pada tingkat partikel, mengapa berkas cahaya tampak di Q tetapi tidak di P. [2]

(c) **Sarankan** satu cara untuk memisahkan ion-ion terlarut dari partikel Q tanpa menggumpalkan Q. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) P larutan [1]; Q koloid [1]; R suspensi [1]

(b) partikel Q berukuran 1–1000 nm, sebanding dengan panjang gelombang cahaya, sehingga menghamburkan cahaya ke samping [1]; partikel P berupa ion/molekul ( $< 1$  nm) yang terlalu kecil sehingga hamburannya dapat diabaikan [1]

(c) dialisis: masukkan Q ke kantong membran semipermeabel yang dicelupkan dalam air mengalir; ion menembus membran, partikel koloid tertahan [1]

**Pembahasan:** Tiga uji kilat membedakan ketiga jenis campuran: **sorot** (Tyndall), **diamkan** (mengendap?), dan **saring** (tertahan?). Penyaringan biasa tidak dapat memisahkan ion dari koloid karena keduanya lolos; yang dapat memisahkan adalah membran semipermeabel (dialisis).

15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Dosis tawas • gaya IGCSE • 25-4-03

Sebuah instalasi air minum mengolah  $2,4 \text{ juta dm}^3$  air sungai per hari dengan dosis aluminium sulfat  $25 \text{ mg/dm}^3$ . **Hitung** massa aluminium sulfat yang dipakai setiap hari, dalam kg.

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 60 kg**

**Pembahasan:**  $m = 25 \text{ mg/dm}^3 \times 2,4 \times 10^6 \text{ dm}^3 = 6,0 \times 10^7 \text{ mg}$ .  
 $6,0 \times 10^7 \text{ mg} \div 10^6 = 60 \text{ kg}$  setiap hari.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Mol ion dalam tawas • gaya IGCSE • 25-4-04

Aluminium sulfat larut sempurna dalam air:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \longrightarrow 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{SO}_4^{2-}$ . **Hitung** jumlah mol ion  $\text{Al}^{3+}$  yang dihasilkan oleh 3,42 g aluminium sulfat. (Ar Al = 27, S = 32, O = 16)

Jawaban: ..... mol

**Kunci: 0,02 mol**

**Pembahasan:**  $M_r = 2(27) + 3[32 + 4(16)] = 54 + 288 = 342$ .

$n_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 3,42/342 = 0,0100 \text{ mol}$ .

$n_{\text{Al}^{3+}} = 2 \times 0,0100 = 0,0200 \text{ mol}$ .

Lv 5 • IB DP • gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Sol besi(III) hidroksida • gaya IB • 25-5-01

Sol besi(III) hidroksida dibuat dengan meneteskan larutan  $\text{FeCl}_3$  pekat ke dalam air mendidih.

- Tuliskan persamaan reaksi setara pembentukan sol itu. [1]
- Partikel sol bermuatan positif. Jelaskan asal muatan tersebut. [2]
- Larutan KCl,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{K}_3\text{PO}_4$  berkonsentrasi sama ditambahkan ke tiga contoh sol. Ramalkan urutan daya koagulasinya dan jelaskan. [2]
- Mengapa sol hasil pembuatan sebaiknya didialisis sebentar, tetapi tidak terlalu lama? [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{FeCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{HCl}$  [1]

(b) permukaan partikel  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  mengadsorpsi ion sejenis yang berlebih, yaitu  $\text{Fe}^{3+}$  [1]; lapisan ion positif ini membuat partikel bermuatan positif sehingga saling tolak dan stabil [1]

(c)  $\text{K}_3\text{PO}_4 > \text{K}_2\text{SO}_4 > \text{KCl}$  [1]; ion penggumpal adalah anion (lawan muatan sol), dan  $\text{PO}_4^{3-}$  bermuatan paling besar sesuai aturan Hardy-Schulze [1]

(d) dialisis membuang HCl dan elektrolit berlebih yang dapat menggumpalkan sol [1]; bila terlalu lama, ion penstabil di permukaan ikut hilang sehingga muatan partikel berkurang dan sol justru menggumpal [1]

**Pembahasan:** Kation  $\text{K}^+$  sama pada ketiga garam dan bermuatan sejenis dengan sol, jadi tidak berperan. Yang menentukan adalah anion:  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $z = 3$ )  $>$   $\text{SO}_4^{2-}$  ( $z = 2$ )  $>$   $\text{Cl}^-$  ( $z = 1$ ). Sol liofob seperti  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  butuh sedikit elektrolit sebagai sumber muatannya; terlalu banyak elektrolit menggumpalkan, terlalu sedikit membuatnya tak bermuatan.

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Hamburan cahaya • gaya IB • 25-5-02

Untuk partikel yang jauh lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya, intensitas hamburan sebanding dengan  $1/\lambda^4$ . Berapa kali lebih kuat cahaya laser hijau ( $\lambda = 532 \text{ nm}$ ) dihamburkan dibandingkan cahaya laser merah ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ )?

Jawaban: ..... kali

**Kunci: 2,23 kali**

**Pembahasan:**  $\frac{I_{\text{hijau}}}{I_{\text{merah}}} = \left( \frac{\lambda_{\text{merah}}}{\lambda_{\text{hijau}}} \right)^4 = \left( \frac{650}{532} \right)^4 = 1,222^4 \approx 2,23$ .

Itulah sebabnya berkas laser hijau tampak lebih terang di kabut, dan langit tampak biru: cahaya berpanjang gelombang pendek dihamburkan lebih kuat.

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Luas permukaan koloid • gaya IB • 25-5-03

Partikel silika koloid berbentuk bola dengan diameter 20 nm dan massa jenis 2,20 g/cm<sup>3</sup>. Hitung luas permukaan total 1,00 g partikel itu dalam m<sup>2</sup>. (Untuk bola, luas permukaan per massa =  $6/(\rho d)$ .)

Jawaban: ..... m<sup>2</sup>

**Kunci: 136,4 m<sup>2</sup>**

**Pembahasan:** Satu bola: luas  $4\pi r^2$ , massa  $\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$ , jadi luas/massa =  $\frac{3}{\rho r} = \frac{6}{\rho d}$ .

$\rho = 2,20 \times 10^6 \text{ g/m}^3$ ;  $d = 2,0 \times 10^{-8} \text{ m}$ .

$A = \frac{6}{2,20 \times 10^6 \times 2,0 \times 10^{-8}} = \frac{6}{0,044} \approx 136 \text{ m}^2 \text{ per gram, sekitar satu setengah lapangan bulu tangkis! Luas sebesar ini menjelaskan daya adsorpsi koloid.}$

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Liofil dan liofob • gaya IB • 25-5-04

Manakah yang termasuk koloid liofil?

- A. sol emas
- B. sol As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>
- C. sol belerang
- D. gelatin dalam air

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Gelatin (protein) menarik dan menyerap air sehingga membentuk lapisan solvasi tebal: koloid liofil (hidrofil). Sol emas, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, dan belerang adalah koloid liofob yang stabil hanya karena muatan listrik, sehingga mudah digumpalkan sedikit elektrolit.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Gerak Brown dan difusi • gaya olimpiade • 25-6-01

Partikel koloid bulat berjari-jari 50 nm bergerak Brown di air 25 °C ( $\eta = 8,9 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ). Koefisien difusinya

$D = \frac{k_B T}{6\pi\eta r}$  dengan  $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ , dan perpindahan akar rata-rata kuadrat pada satu arah setelah waktu  $t$  adalah  $\sqrt{2Dt}$ . Hitung perpindahan itu setelah 60 s, dalam  $\mu\text{m}$ .

Jawaban: .....  $\mu\text{m}$

**Kunci: 24,3  $\mu\text{m}$**

**Pembahasan:**  $k_B T = 1,38 \times 10^{-23} \times 298 = 4,11 \times 10^{-21} \text{ J}$ .

$6\pi\eta r = 6\pi \times 8,9 \times 10^{-4} \times 5,0 \times 10^{-8} = 8,39 \times 10^{-10} \text{ kg/s}$ .

$D = 4,11 \times 10^{-21} / 8,39 \times 10^{-10} = 4,90 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$\sqrt{2Dt} = \sqrt{2 \times 4,90 \times 10^{-12} \times 60} = 2,43 \times 10^{-5} \text{ m} \approx 24 \mu\text{m}$ .

Dalam satu menit partikel berdiameter 0,1  $\mu\text{m}$  berkelana sekitar 240 kali diameternya sendiri, jauh lebih cepat daripada ia mengendap. Inilah sebabnya koloid stabil.

Konsentrasi koagulasi kritis (mmol/L garam) beberapa elektrolit terhadap dua sol, X dan Y, diukur sebagai berikut:

NaCl: X 50, Y 9,5 • Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: X 24, Y 0,20 • CaCl<sub>2</sub>: X 0,70, Y 4,6 • Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: X 16, Y 0,030 • AlCl<sub>3</sub>: X 0,090, Y 3,1.

(a) Tentukan tanda muatan sol X dan sol Y. Berikan bukti dari data.

(b) Mengapa konsentrasi kritis Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap sol X kira-kira setengah dari NaCl?

(c) Hitung rasio konsentrasi kritis NaCl : AlCl<sub>3</sub> untuk sol X dan bandingkan dengan ramalan aturan  $z^6$ . Jelaskan selisihnya.

(d) Salah satu sol adalah Fe(OH)<sub>3</sub>, yang lain As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. Tentukan mana yang mana, dan ramalkan apa yang terjadi bila keduanya dicampur dalam jumlah setara.

**Kunci/rubrik:** (a) X negatif: konsentrasi kritis turun tajam dengan kation bermuatan tinggi (Ca<sup>2+</sup> 0,70; Al<sup>3+</sup> 0,090) tetapi hampir tidak dipengaruhi anion bermuatan tinggi [1]. Y positif: konsentrasi kritis turun tajam dengan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (0,20) dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (0,030), sedangkan CaCl<sub>2</sub> dan AlCl<sub>3</sub> mirip NaCl [1].

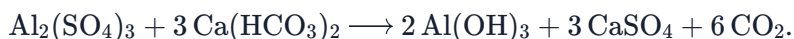
(b) Satu satuan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memberi 2 ion Na<sup>+</sup>, jadi [Na<sup>+</sup>] = 2 × 24 = 48 mmol/L ≈ 50 mmol/L seperti pada NaCl; anion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> bermuatan sejenis dengan sol X sehingga tidak berperan [2]. (Pola sama terlihat pada Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: 3 × 16 = 48.)

(c) 50/0,090 ≈ 556, sedangkan 3<sup>6</sup> = 729 [1]; orde besarnya sama. Aturan  $z^6$  diturunkan untuk potensial permukaan tinggi dan ion ideal; adsorpsi spesifik serta hidrolisis Al<sup>3+</sup> membuat rasio nyata berbeda [1].

(d) X = As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (negatif, mengadsorpsi HS<sup>-</sup>), Y = Fe(OH)<sub>3</sub> (positif, mengadsorpsi Fe<sup>3+</sup>) [1]. Bila dicampur, muatan berlawanan saling menetralkan sehingga keduanya menggumpal bersama (koagulasi timbal balik) [1].

**Pembahasan:** Kunci analisisnya: lihat ion mana yang membuat konsentrasi kritis anjlok. Untuk Y, CaCl<sub>2</sub> (4,6) dan AlCl<sub>3</sub> (3,1) memberi [Cl<sup>-</sup>] = 9,2 dan 9,3 mmol/L, hampir sama dengan NaCl (9,5): kation sama sekali tidak penting bagi sol positif. Rasio NaCl : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk Y = 9,5/0,20 ≈ 48 dan NaCl : Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ≈ 320, juga lebih kecil daripada ramalan 64 dan 729.

Di bak koagulasi, aluminium sulfat bereaksi dengan alkalinitas air:



Sebanyak 1.000 L air diberi dosis 34,2 mg/L Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (Mr 342). Hitung massa flok Al(OH)<sub>3</sub> (Mr 78) yang terbentuk, dalam gram, bila reaksi sempurna.

Jawaban: ..... g

**Kunci: 15,6 g**

**Pembahasan:** Massa Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> = 34,2 mg/L × 1.000 L = 34.200 mg = 34,2 g.

$n = 34,2/342 = 0,100$  mol.

$n_{\text{Al}(\text{OH})_3} = 2 \times 0,100 = 0,200$  mol →  $m = 0,200 \times 78 = 15,6$  g.

Sekaligus terbentuk 0,600 mol CO<sub>2</sub> dan terpakai 0,300 mol Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>: bila alkalinitas air kurang, pH turun dan PDAM perlu menambahkan kapur.

Inti hidrokarbon misel natrium lauril sulfat (SDS, bahan busa pada sampo) dimodelkan sebagai bola yang jari-jarinya sama dengan panjang rantai  $C_{12}$  yang terentang penuh, yaitu 1,67 nm. Volume satu rantai  $C_{12}$  adalah  $0,350 \text{ nm}^3$ . Perkirakan bilangan agregasi maksimum, yaitu jumlah molekul SDS dalam satu misel bulat.

Jawaban: ..... molekul

**Kunci: 55,7 molekul**

**Pembahasan:**  $V_{\text{inti}} = \frac{4}{3}\pi(1,67)^3 = \frac{4}{3}\pi \times 4,66 = 19,5 \text{ nm}^3$ .

$N = 19,5/0,350 \approx 56$  molekul.

Hasil percobaan sekitar 60, jadi model sederhana ini sudah dekat. Inti tidak bisa lebih besar daripada panjang rantai, sebab tidak boleh ada "lubang" di tengah misel; kepala sulfat yang bermuatan negatif berada di permukaan sehingga misel bermuatan dan saling tolak.

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Indikator alami • 26-1-01

Laras meneteskan air kunyit ke dalam air sabun. Warna yang terlihat adalah ...

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| A. kuning cerah      | C. biru           |
| B. merah kecokelatan | D. tidak berwarna |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Air sabun bersifat basa ( $\text{pH} \pm 9-10$ ). Kurkumin dalam kunyit berubah dari kuning menjadi merah kecokelatan pada pH di atas  $\pm 8$ . Di dalam cuka yang asam, kunyit tetap kuning.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Sifat basa • 26-1-02

Manakah bahan dapur berikut yang bersifat **basa**?

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| A. Cuka dapur      | C. Air kapur sirih |
| B. Air jeruk nipis | D. Minuman bersoda |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Kapur sirih adalah kalsium hidroksida,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , basa yang airnya ber-pH  $\pm 12,5$ . Cuka (asam asetat), jeruk nipis (asam sitrat), dan minuman bersoda (asam fosfat dan asam karbonat) bersifat asam.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Skala pH • 26-1-03

Pada  $25^\circ\text{C}$ , larutan yang ber-pH 3 bersifat ...

- |               |              |
|---------------|--------------|
| A. netral     | C. basa kuat |
| B. basa lemah | D. asam      |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Pada  $25^\circ\text{C}$ , pH kurang dari 7 berarti asam, pH 7 netral, dan pH lebih dari 7 basa. pH 3 berarti  $[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ M}$ , sepuluh ribu kali lebih besar daripada di air murni.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Isian • pH dan pOH • 26-1-04

Pada  $25^\circ\text{C}$ , sebuah larutan mempunyai pH 4. Berapakah pOH-nya?

Jawaban: .....

**Kunci: 10**

**Pembahasan:** Pada  $25^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ .  
 $\text{pOH} = 14 - 4 = 10$ .

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • pH asam kuat • 26-2-01

Hitung pH larutan HCl 0,01 M.

Jawaban: .....

**Kunci: 2****Pembahasan:** HCl asam kuat bervalensi 1, jadi  $[H^+] = 0,01 = 10^{-2}$  M. $pH = -\log 10^{-2} = 2$ .

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • pH basa kuat • 26-2-02

Hitung pH larutan NaOH 0,001 M pada 25 °C.

Jawaban: .....

**Kunci: 11****Pembahasan:** NaOH basa kuat:  $[OH^-] = 10^{-3}$  M, sehingga  $pOH = 3$ . $pH = 14 - 3 = 11$ .

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Pasangan konjugat • 26-2-03

Basa konjugat dari ion hidrogen karbonat,  $HCO_3^-$ , adalah ...A.  $CO_3^{2-}$ C.  $CO_2$ B.  $H_2CO_3$ D.  $OH^-$ **Kunci: A****Pembahasan:** Basa konjugat = asam yang sudah kehilangan **satu**  $H^+$ :  $HCO_3^- \longrightarrow H^+ + CO_3^{2-}$ . Pilihan  $H_2CO_3$  justru asam konjugat dari  $HCO_3^-$  (bila ia menerima  $H^+$ ).

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Pasangan konjugat • 26-2-04

Tuliskan rumus asam konjugat dari amonia,  $NH_3$ .

Jawaban: .....

**Kunci:  $NH_4^+$** **Pembahasan:** Asam konjugat = basa yang sudah menerima satu  $H^+$ :  $NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$  (ion amonium).

Muatannya naik satu, dari 0 menjadi +1.

**Lv 3 • Pejuang SMA • TKA/UTBK**

9. Lv 3 • Pejuang • Isian • pH asam lemah • 26-3-01

Hitung pH larutan asam asetat 0,1 M ( $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ ).

Jawaban: .....

**Kunci: 2,87****Pembahasan:**  $[H^+] = \sqrt{1,8 \times 10^{-5} \times 0,1} = \sqrt{1,8 \times 10^{-6}} = 1,34 \times 10^{-3}$  M. $pH = -\log(1,34 \times 10^{-3}) = 2,87$ .Cek:  $\alpha = 1,34\% < 5\%$ , jadi pendekatan akar sah. HCl 0,1 M ber-pH 1, jauh lebih asam.

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • pH basa lemah • 26-3-02

Sebuah pembersih kaca mengandung amonia 0,2 M ( $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ ). Hitung pH-nya pada 25 °C.

Jawaban: .....

**Kunci: 11,28**

**Pembahasan:**  $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b C} = \sqrt{1,8 \times 10^{-5} \times 0,2} = \sqrt{3,6 \times 10^{-6}} = 1,90 \times 10^{-3} \text{ M}$ .

pOH = 2,72.

pH = 14 - 2,72 = 11,28.

11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Menentukan  $K_a$  • 26-3-03

Larutan asam lemah HA 0,05 M mempunyai pH 3,0. Hitung  $K_a$  asam tersebut. Tulis dalam notasi ilmiah, misalnya 3e-6.

Jawaban: .....

**Kunci:  $2 \times 10^{-5}$**

**Pembahasan:**  $[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ M} = [\text{A}^-]$ .

$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \approx \frac{(10^{-3})^2}{0,05} = 2,0 \times 10^{-5}$ .

Lebih teliti:  $[\text{HA}] = 0,05 - 0,001 = 0,049$ , sehingga  $K_a = 2,04 \times 10^{-5}$ . Derajat ionisasinya  $0,001/0,05 = 2\%$ , mirip asam asetat.

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Pengenceran • 26-3-04

Sebanyak 10 mL larutan HCl ber-pH 2 diencerkan dengan air sampai volumenya 1 L. pH larutan sekarang adalah ...

A. 2

C. 4

B. 3

D. 7

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Volume naik dari 10 mL menjadi 1.000 mL (100 kali), jadi  $[\text{H}^+]$  turun 100 kali: dari  $10^{-2} \text{ M}$  menjadi  $10^{-4} \text{ M}$ .

pH = 4. Pengenceran asam membuat pH naik, tetapi tidak pernah melewati 7.

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Pembuatan garam • gaya IGCSE • 26-4-01

Seorang siswa ingin membuat kristal tembaga(II) sulfat (*copper(II) sulfate*) yang murni dan kering. Metode manakah yang paling tepat?

A. Masukkan logam tembaga ke asam sulfat encer, lalu uapkan larutannya sampai kering.

B. Campurkan larutan tembaga(II) klorida dengan larutan natrium sulfat, lalu saring endapannya.

C. Tambahkan asam sulfat berlebih ke tembaga(II) oksida, lalu uapkan larutannya sampai kering.

D. Tambahkan tembaga(II) oksida berlebih ke asam sulfat encer hangat, saring, panaskan filtrat sampai titik kristalisasi, lalu dinginkan.

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Tembaga(II) sulfat larut dalam air, dan CuO adalah basa yang tidak larut, jadi dipakai metode padatan berlebih → saring → kristalkan.

A salah: tembaga tidak bereaksi dengan asam sulfat encer. B salah: kedua hasilnya larut, tidak ada endapan. C salah: asam berlebih tertinggal sebagai pengotor, dan menguapkan sampai kering merusak kristal hidrat.

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Sifat basa dan uji gas • gaya IGCSE • 26-4-02

Larutan X mengubah kertas lakmus merah menjadi biru. Ketika X dipanaskan bersama padatan amonium klorida, keluar gas berbau menyengat.

- Nyatakan** apakah X bersifat asam, netral, atau basa. [1]
- Sarankan** nilai pH yang mungkin untuk X. [1]
- Nyatakan** nama gas yang keluar dan **jelaskan** cara mengujinya. [2]
- Tuliskan persamaan ion bersih untuk netralisasi X oleh asam klorida. [1]

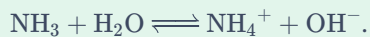
**Kunci/rubrik:** (a) Basa (alkali). [1]

(b) Nilai apa pun di atas 7; untuk alkali kuat seperti NaOH sekitar 13–14. [1]

(c) Amonia,  $\text{NH}_3$  [1]; gas ini mengubah kertas lakmus merah yang **basah** menjadi biru. [1]

(d)  $\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{l})$  [1]

**Pembahasan:** Basa kuat mengusir amonia dari garam amonium, misalnya  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Kertas lakmus harus basah karena amonia baru menunjukkan sifat basanya setelah larut dalam air:



15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Stoikiometri netralisasi • gaya IGCSE • 26-4-03

Magnesium oksida dipakai sebagai obat maag. **Hitung** massa  $\text{MgO}$  yang tepat menetralkan  $50,0 \text{ cm}^3$  asam klorida  $2,00 \text{ mol/dm}^3$ . Persamaannya  $\text{MgO} + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . (Ar Mg = 24, O = 16)

Jawaban: ..... g

**Kunci:** 2 g

**Pembahasan:**  $\text{mol HCl} = 0,0500 \text{ dm}^3 \times 2,00 \text{ mol/dm}^3 = 0,100 \text{ mol}$ .

$\text{mol MgO} = \frac{1}{2} \times 0,100 = 0,0500 \text{ mol}$ .

$\text{Mr MgO} = 24 + 16 = 40$ , jadi massa =  $0,0500 \times 40 = 2,0 \text{ g}$ .

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Asam kuat dan asam lemah • gaya IGCSE • 26-4-04

Larutan asam etanoat (asam asetat) dan asam klorida masing-masing  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  dengan volume yang sama. Pernyataan manakah yang **benar**?

- Kedua larutan mempunyai pH yang sama.
- Asam klorida mempunyai pH lebih rendah karena terionisasi sempurna.
- Asam etanoat bereaksi lebih cepat dengan pita magnesium.
- Asam klorida membutuhkan lebih banyak NaOH untuk dinetralkan.

**Kunci:** B

**Pembahasan:** HCl terionisasi sempurna sehingga  $[\text{H}^+]$ -nya lebih besar (pH 1 lawan  $\pm 2,9$ ) dan bereaksi lebih cepat dengan Mg. Namun jumlah mol asamnya sama, sehingga keduanya membutuhkan NaOH yang **sama banyak**: asam lemah terus melepas  $\text{H}^+$  selama dinetralkan.

17. Lv 5 • IB DP • Isian • pH dari pK<sub>a</sub> • gaya IB • 26-5-01

Hitung pH larutan asam metanoat (asam format) 0,0100 mol dm<sup>-3</sup>. Diketahui pK<sub>a</sub> = 3,75. Anggap derajat ionisasinya kecil.

Jawaban: .....

**Kunci: 2,88**

**Pembahasan:**  $K_a = 10^{-3,75} = 1,78 \times 10^{-4}$ .

$[H^+] = \sqrt{1,78 \times 10^{-4} \times 0,0100} = 1,33 \times 10^{-3}$  M, pH = 2,88.

Catatan:  $\alpha \approx 13\%$ , jadi pendekatan ini kurang tepat. Dengan rumus kuadrat diperoleh  $[H^+] = 1,25 \times 10^{-3}$  M dan pH 2,90.

18. Lv 5 • IB DP • Uraian • K<sub>w</sub> dan suhu • gaya IB • 26-5-02

Pada 50 °C,  $K_w = 5,48 \times 10^{-14}$ .

(a) Hitung pH air murni pada 50 °C. [2]

(b) Apakah air murni pada 50 °C bersifat asam? Jelaskan. [2]

(c) Deduksikan apakah swaionisasi air,  $2 H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ , bersifat eksoterm atau endoterm. [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $[H^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{5,48 \times 10^{-14}} = 2,34 \times 10^{-7}$  M [1]; pH = 6,63 [1].

(b) Tidak; air murni tetap **netral** [1] karena  $[H^+] = [OH^-]$ ; hanya nilai pH netralnya yang bergeser dari 7 [1].

(c) Endoterm [1]:  $K_w$  membesar ketika suhu naik (dari  $1,0 \times 10^{-14}$  pada 25 °C), artinya kesetimbangan bergeser ke kanan saat dipanaskan; menurut asas Le Chatelier, kenaikan suhu menguntungkan arah endoterm [1].

**Pembahasan:** Kesalahan yang sering muncul: menganggap pH 6,63 berarti asam. Definisi netral adalah  $[H^+] = [OH^-]$ , bukan pH = 7. Nilai pH = 7 hanya berlaku pada 25 °C.

## 19. Lv 5 • IB DP • Isian • Campuran asam kuat dan basa kuat • gaya IB • 26-5-03

Sebanyak 25,0 cm<sup>3</sup> HCl 0,200 mol dm<sup>-3</sup> dicampur dengan 20,0 cm<sup>3</sup> NaOH 0,150 mol dm<sup>-3</sup>. Hitung pH larutan campuran.

Jawaban: .....

**Kunci: 1,35**

**Pembahasan:**  $n(H^+) = 0,0250 \times 0,200 = 5,00 \times 10^{-3}$  mol;  $n(OH^-) = 0,0200 \times 0,150 = 3,00 \times 10^{-3}$  mol.

Sisa  $H^+ = 2,00 \times 10^{-3}$  mol dalam 45,0 cm<sup>3</sup>:  $[H^+] = 2,00 \times 10^{-3} / 0,0450 = 0,0444$  M.

pH =  $-\log 0,0444 = 1,35$ .

## 20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Teori Lewis • gaya IB • 26-5-04

Spesi manakah yang dapat bertindak sebagai asam Lewis tetapi **tidak** dapat bertindak sebagai asam Brønsted-Lowry?

A. BF<sub>3</sub>

C. H<sub>2</sub>O

B. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

D. HCl

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Asam Brønsted-Lowry harus punya H<sup>+</sup> yang dapat dilepas. BF<sub>3</sub> tidak punya atom H, tetapi atom B-nya hanya dikelilingi 6 elektron sehingga dapat menerima pasangan elektron (asam Lewis), misalnya dari NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, H<sub>2</sub>O, dan HCl semuanya donor proton.

## 21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Asam kuat sangat encer • gaya olimpiade • 26-6-01

Hitung pH larutan HCl  $1,0 \times 10^{-7}$  M pada 25 °C. Perhitungkan ion  $H^+$  yang berasal dari swaionisasi air.

Jawaban: .....

**Kunci: 6,79**

**Pembahasan:** Misalkan  $[H^+] = x$ . Neraca muatan:  $x = 1,0 \times 10^{-7} + \frac{1,0 \times 10^{-14}}{x}$ .

$$x^2 - 10^{-7}x - 10^{-14} = 0 \Rightarrow x = \frac{10^{-7} + \sqrt{10^{-14} + 4 \times 10^{-14}}}{2} = 1,62 \times 10^{-7} \text{ M.}$$

pH = 6,79. Jawaban "7,00" keliru karena mengabaikan  $H^+$  dari air; jawaban itu juga akan menyiratkan bahwa menambah asam tidak mengubah pH air.

## 22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Asam diprotik • gaya olimpiade • 26-6-02

Hitung pH larutan  $H_2SO_4$  0,010 M. Ionisasi pertama dianggap sempurna, sedangkan untuk  $HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$ ,  $K_{a2} = 1,2 \times 10^{-2}$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 1,84**

**Pembahasan:**  $K_{a2} = \frac{(0,010 + x)x}{0,010 - x} = 0,012$ .

$$x^2 + 0,022x - 1,2 \times 10^{-4} = 0 \Rightarrow x = 4,52 \times 10^{-3} \text{ M.}$$

$[H^+] = 0,0145$  M, pH = 1,84.

Bandingkan: bila kedua  $H^+$  dianggap lepas sempurna, pH = 1,70; bila hanya  $H^+$  pertama, pH = 2,00. Jawaban sebenarnya di antara keduanya.

## 23. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Identifikasi larutan • gaya olimpiade • 26-6-03

Lima botol tanpa label, A-E, masing-masing berisi larutan 0,10 M dari salah satu zat berikut: HCl,  $CH_3COOH$ , NaCl,  $NH_3$ , NaOH. Data pH (25 °C): A = 11,1; B = 1,0; C = 13,0; D = 2,9; E = 7,0. ( $K_a$  asam asetat =  $K_b$  amonia =  $1,8 \times 10^{-5}$ )

(a) Tentukan isi setiap botol; tunjukkan perhitungan untuk D dan A.

(b) 50 mL B dicampur dengan 50 mL C, dan 50 mL D dicampur dengan 50 mL A, semuanya dari suhu awal yang sama. Campuran mana yang suhunya naik lebih tinggi? Jelaskan.

(c) Lampu uji elektrolit dicelupkan bergantian ke kelima larutan. Urutkan nyala lampunya dari paling terang dan jelaskan.

**Kunci/rubrik:** (a) B = HCl (pH =  $-\log 0,10 = 1,0$ ); C = NaOH (pOH 1,0  $\rightarrow$  pH 13,0); E = NaCl (netral) [2]. D =  $CH_3COOH$ :  $[H^+] = \sqrt{1,8 \times 10^{-6}} = 1,34 \times 10^{-3} \rightarrow$  pH 2,87  $\approx$  2,9 [1]. A =  $NH_3$ :  $[OH^-] = 1,34 \times 10^{-3} \rightarrow$  pOH 2,87  $\rightarrow$  pH 11,13  $\approx$  11,1 [1].

(b) Campuran B + C [1]. HCl dan NaOH sudah terionisasi sempurna, jadi seluruh kalor reaksi  $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$  ( $\pm 57$  kJ/mol) dilepaskan. Pada D + A, sebagian energi terpakai untuk mengionisasi asam lemah dan basa lemah (proses endoterm), sehingga kalor bersihnya lebih kecil [2].

(c) HCl > NaOH > NaCl (terang; elektrolit kuat) >  $CH_3COOH \approx NH_3$  (redup; hanya  $\pm 1,3\%$  terionisasi) [2]. HCl paling terang karena ion  $H^+$  bergerak paling lincah (melompat lewat ikatan hidrogen antarmolekul air), disusul  $OH^-$  [1].

**Pembahasan:** Kunci strategi: pH 1,0 dan 13,0 cocok persis dengan elektrolit kuat 0,10 M; pH 2,9 dan 11,1 terlalu "lemah" untuk zat kuat 0,10 M, jadi pasti asam lemah dan basa lemah dengan K yang sama, sehingga simetris terhadap pH 7. Data ini juga menunjukkan mengapa kalor netralisasi asam lemah lebih kecil daripada 57 kJ/mol.

Asam lemah HA 0,10 M terionisasi 1,3%. Berapa persen HA yang terionisasi bila larutan diencerkan menjadi 0,0010 M? Gunakan rumus kuadrat, bukan pendekatan akar.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 12,26 %**

**Pembahasan:**  $K_a = \frac{0,10 \times 0,013^2}{0,987} = 1,71 \times 10^{-5}$ .

Untuk C = 0,0010 M:  $0,0010 \alpha^2 + 1,71 \times 10^{-5} \alpha - 1,71 \times 10^{-5} = 0$ .

$\alpha = \frac{-1,71 \times 10^{-5} + \sqrt{(1,71 \times 10^{-5})^2 + 4(0,0010)(1,71 \times 10^{-5})}}{2(0,0010)} = 0,123$ , yaitu  $\pm 12,3\%$ .

Pendekatan  $\sqrt{K_a/C}$  memberi 13,1%, meleset  $\pm 7\%$ . Pengenceran 100 kali menaikkan  $\alpha$  hampir 10 kali lipat.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Alat titrasi • 27-1-01

Alat kaca berskala dengan keran di bagian bawah, dipakai untuk meneteskan titran sekaligus mengukur volumenya, adalah ...

- A. gelas kimia
- B. buret
- C. labu Erlenmeyer
- D. corong

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Buret (biasanya 50 mL, skala 0,1 mL) meneteskan titran dan mengukur volumenya. Erlenmeyer adalah wadah titrat, sedangkan corong hanya dipakai untuk mengisi buret lalu diangkat.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Titik akhir • 27-1-02

Cuka yang diberi beberapa tetes fenolftalein dititrasi dengan NaOH. Titik akhir titrasi ditandai oleh ...

- A. munculnya gelembung gas
- B. larutan menjadi keruh
- C. larutan berubah menjadi kuning
- D. munculnya warna merah muda pucat pertama yang tidak hilang saat digoyang

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Fenolftalein tak berwarna dalam suasana asam dan merah muda bila pH di atas  $\pm 8,2$ . Begitu asam asetat habis, satu tetes NaOH berlebih membuat warna merah muda pucat yang bertahan: itulah titik akhir.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Larutan penyangga • 27-1-03

Larutan penyangga adalah larutan yang ...

- A. pH-nya hampir tidak berubah bila ditambah sedikit asam, sedikit basa, atau diencerkan
- B. pH-nya selalu tepat 7
- C. hanya berisi asam kuat dan air
- D. berubah warna bila ditambah asam

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Penyangga (bufer) mempertahankan pH dengan menangkap  $H^+$  atau  $OH^-$  yang datang. pH penyangga tidak harus 7: penyangga asetat ber-pH sekitar 4,7 dan penyangga amonia sekitar 9,3.

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Penyangga darah • 27-1-04

pH darah manusia yang sehat dijaga oleh penyangga pada rentang ...

- A. 1,5–3,5
- B. 6,0–6,5
- C. 7,35–7,45
- D. 8,5–9,0

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Darah sedikit basa, pH 7,35–7,45. Di bawahnya disebut asidosis, di atasnya alkalosis. Penyangga utamanya adalah pasangan asam karbonat-bikarbonat. (pH 1,5–3,5 adalah pH cairan lambung.)

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Rumus titrasi • 27-2-01

Sebanyak 25,0 mL larutan HCl dititrasi dengan NaOH 0,10 M. Titik akhir tercapai setelah 20,0 mL NaOH. Berapa molaritas HCl?

Jawaban: ..... M

**Kunci: 0,08 M**

**Pembahasan:** HCl dan NaOH sama-sama bervalensi 1.

$$M_a \times 25,0 = 0,10 \times 20,0 = 2,0 \text{ mmol.}$$

$$M_a = 2,0/25,0 = 0,080 \text{ M.}$$

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Hidrolisis • 27-2-02

Larutan natrium asetat bersifat basa karena salah satu ionnya bereaksi dengan air dan menghasilkan OH<sup>-</sup>. Tuliskan rumus ion tersebut.

Jawaban: .....

**Kunci: CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>**

**Pembahasan:** Ion asetat berasal dari asam lemah sehingga terhidrolisis:

CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O ⇌ CH<sub>3</sub>COOH + OH<sup>-</sup>. Ion Na<sup>+</sup> berasal dari basa kuat NaOH sehingga tidak bereaksi dengan air.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • pH penyangga • 27-2-03

Larutan penyangga berisi CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M dan CH<sub>3</sub>COONa 0,1 M. Jika K<sub>a</sub> asam asetat = 1,8 × 10<sup>-5</sup>, berapa pH larutan itu?

Jawaban: .....

**Kunci: 4,74**

**Pembahasan:** Konsentrasi asam dan basa konjugat sama, jadi log([A<sup>-</sup>]/[HA]) = log 1 = 0.

$$\text{pH} = \text{p}K_a = -\log(1,8 \times 10^{-5}) = 4,74.$$

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Pemilihan indikator • 27-2-04

Indikator yang paling cocok untuk menitrasi cuka (asam asetat) dengan larutan NaOH adalah ...

A. metil jingga (trayek 3,1–4,4)

C. bromtimol biru (trayek 6,0–7,6)

B. metil merah (trayek 4,4–6,2)

D. fenolftalein (trayek 8,2–10,0)

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Titik ekuivalen asam lemah + basa kuat ber-pH sekitar 8,7 dan lonjakan pH-nya kira-kira dari 7 sampai 11. Hanya trayek fenolftalein yang terletak di bagian tegak itu. Metil jingga akan berubah warna terlalu awal, ketika baru sekitar sepertiga asam yang bereaksi.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Kadar cuka • 27-3-01

Sebanyak 10,0 mL cuka diencerkan dengan air sampai 100,0 mL. Lalu 25,00 mL larutan encer itu dititrasi dengan NaOH 0,100 M dan memerlukan 20,80 mL. Hitung kadar asam asetat ( $M_r = 60$ ) dalam cuka asli, dalam % b/v (gram per 100 mL).

Jawaban: ..... %

**Kunci: 4,99 %**

**Pembahasan:** mol NaOH =  $0,100 \times 20,80 = 2,08$  mmol = mol asam asetat dalam 25,00 mL.

Molaritas cuka encer =  $2,08/25,00 = 0,0832$  M; cuka asli ( $\times 10$ ) = 0,832 M.

Massa per liter =  $0,832 \times 60 = 49,9$  g/L = 4,99 g per 100 mL.

Kadar  $\approx 5,0\%$ : khas cuka makan siap pakai.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • pH garam • 27-3-02

Hitung pH larutan natrium asetat 0,10 M. ( $K_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 1,8 \times 10^{-5}$ ,  $K_w = 10^{-14}$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 8,87**

**Pembahasan:**  $K_h = K_w/K_a = 10^{-14}/1,8 \times 10^{-5} = 5,56 \times 10^{-10}$ .

$[\text{OH}^-] = \sqrt{5,56 \times 10^{-10} \times 0,10} = 7,45 \times 10^{-6}$  M  $\rightarrow$  pOH = 5,13.

pH =  $14 - 5,13 = 8,87$  (basa, sesuai dugaan).

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Penyangga tidak langsung • 27-3-03

Sebanyak 100 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,10 M dicampur dengan 25 mL NaOH 0,10 M. Hitung pH campuran. ( $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 4,27**

**Pembahasan:** Mula-mula:  $\text{CH}_3\text{COOH}$  10 mmol, NaOH 2,5 mmol.

Setelah reaksi:  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sisa 7,5 mmol,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  terbentuk 2,5 mmol  $\rightarrow$  penyangga.

pH =  $4,74 + \log(2,5/7,5) = 4,74 - 0,48 = 4,27$ .

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • pH titik ekuivalen • 27-3-04

Larutan amonia dititrasi dengan HCl. pH larutan di titik ekuivalen ...

- A. tepat 7, karena asam dan basa sudah setara
- B. lebih dari 7, karena amonia bersifat basa
- C. kurang dari 7, karena ion  $\text{NH}_4^+$  yang terbentuk memberikan  $\text{H}^+$  kepada air
- D. bergantung pada indikator yang dipakai

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Di titik ekuivalen, semua  $\text{NH}_3$  telah menjadi  $\text{NH}_4^+$ . Ion ini asam konjugat dari basa lemah dan terhidrolisis:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ . Untuk larutan 0,1 M, pH-nya sekitar 5,3. Indikator tidak mengubah pH titik ekuivalen; indikator hanya menandai titik akhir.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Isian • Data titrasi konkordan • gaya IGCSE • 27-4-01

A student titrates  $25.0 \text{ cm}^3$  of sodium hydroxide solution with hydrochloric acid of concentration  $0.100 \text{ mol/dm}^3$ . The titres are: rough  $21.0 \text{ cm}^3$ ;  $20.30 \text{ cm}^3$ ;  $20.20 \text{ cm}^3$ ;  $20.25 \text{ cm}^3$ . **Hitung** konsentrasi NaOH ( $\text{mol/dm}^3$ ) memakai rata-rata ketiga titre yang konkordan.

Jawaban: .....  $\text{mol/dm}^3$

**Kunci:  $0.081 \text{ mol/dm}^3$**

**Pembahasan:** Rata-rata titre konkordan =  $(20.30 + 20.20 + 20.25)/3 = 20.25 \text{ cm}^3$ .

$\text{mol HCl} = 0.100 \times 20.25/1000 = 2.025 \times 10^{-3} \text{ mol} = \text{mol NaOH}$  (perbandingan 1 : 1).

$[\text{NaOH}] = 2.025 \times 10^{-3} / 0.0250 = 0.0810 \text{ mol/dm}^3$ .

## 14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Membuat garam dengan titrasi • gaya IGCSE • 27-4-02

Natrium sulfat dapat dibuat dari larutan natrium hidroksida dan asam sulfat encer dengan metode titrasi.

- Sebutkan** alat yang dipakai untuk mengukur tepat  $25.0 \text{ cm}^3$  larutan NaOH ke dalam labu titrasi.
- Metil jingga ditambahkan ke NaOH, lalu asam diteteskan dari buret. **Nyatakan** perubahan warna di titik akhir.
- Jelaskan** mengapa titrasi diulang tanpa indikator memakai volume asam yang sama sebelum larutan diuapkan.
- Tuliskan** persamaan reaksi setara pembentukan natrium sulfat.

**Kunci/rubrik:** (a) pipet volumetrik  $25.0 \text{ cm}^3$  (dengan bola hisap) [1]

(b) kuning menjadi jingga [1]

(c) agar garam yang dihasilkan tidak tercemar zat indikator [1]; volume yang sama memastikan asam dan basa tepat bereaksi tanpa sisa [1]

(d)  $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$  [1 rumus benar, 1 setara]

**Pembahasan:** Metil jingga kuning dalam basa dan merah dalam asam; titik akhir ditandai warna jingga (peralihan).

Setelah volume asam yang tepat diketahui, titrasi diulang tanpa indikator, lalu larutan diuapkan sebagian dan didinginkan untuk mengkristalkan natrium sulfat.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Asam diprotik • gaya IGCSE • 27-4-03

Sebanyak  $20.0 \text{ cm}^3$  asam sulfat tepat dinetralkan oleh  $25.0 \text{ cm}^3$  larutan NaOH  $0.200 \text{ mol/dm}^3$ . **Hitung** konsentrasi asam sulfat dalam  $\text{mol/dm}^3$ .

Jawaban: .....  $\text{mol/dm}^3$

**Kunci:  $0.125 \text{ mol/dm}^3$**

**Pembahasan:**  $\text{mol NaOH} = 0.200 \times 0.0250 = 5.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

Perbandingan  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{NaOH} = 1 : 2 \rightarrow \text{mol H}_2\text{SO}_4 = 2.50 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 2.50 \times 10^{-3} / 0.0200 = 0.125 \text{ mol/dm}^3$ .

Seorang siswa lupa membilas buret dengan larutan NaOH, sehingga di dalam buret masih tersisa air suling ketika NaOH diisi. Bagaimana pengaruhnya terhadap konsentrasi asam yang ia hitung?

- A. Terlalu kecil, karena NaOH menjadi lebih pekat.
- B. Terlalu besar, karena NaOH terencerkan sehingga titre yang diperlukan lebih banyak.
- C. Tidak berpengaruh, karena jumlah mol NaOH yang bereaksi tetap sama.
- D. Titik akhir tidak akan pernah tercapai.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Air sisa mengencerkan NaOH, tetapi siswa tetap memakai konsentrasi 0,100 M dalam perhitungan. Volume NaOH yang dibutuhkan jadi lebih besar, sehingga  $M_a = M_b V_b / V_a$  yang dihitung terlalu besar. Karena itu buret selalu dibilas dengan larutan yang akan diisi.

**Lv 5 • IB DP gaya IB Chemistry**

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Analisis kurva titrasi asam lemah • gaya IB • 27-5-01

Sebanyak 25,00 cm<sup>3</sup> asam monoprotik lemah HA dititrasi dengan NaOH 0,100 mol dm<sup>-3</sup> sambil diukur pH-nya. Data: pH awal 2,93; volume ekuivalen 20,00 cm<sup>3</sup>; pH pada penambahan 10,00 cm<sup>3</sup> NaOH adalah 4,76.

- (a) Hitung konsentrasi awal HA.
- (b) Tentukan p*K<sub>a</sub>* dan *K<sub>a</sub>* HA dari data, beserta alasannya.
- (c) Tunjukkan bahwa pH awal konsisten dengan jawaban (a) dan (b).
- (d) Hitung pH di titik ekuivalen dan jelaskan mengapa nilainya lebih dari 7.
- (e) Sarankan indikator yang sesuai.

**Kunci/rubrik:** (a) mol NaOH = 0,100 × 0,02000 = 2,00 × 10<sup>-3</sup> mol = mol HA; [HA] = 2,00 × 10<sup>-3</sup> / 0,02500 = 0,0800 mol dm<sup>-3</sup> [2]

(b) 10,00 cm<sup>3</sup> = setengah volume ekuivalen, sehingga [HA] = [A<sup>-</sup>] dan pH = p*K<sub>a</sub>* = 4,76 [1]; *K<sub>a</sub>* = 10<sup>-4,76</sup> = 1,74 × 10<sup>-5</sup> [1]

(c) [H<sup>+</sup>] =  $\sqrt{K_a C}$  =  $\sqrt{1,74 \times 10^{-5} \times 0,0800}$  = 1,18 × 10<sup>-3</sup>; pH = 2,93 ✓ [2]

(d) [A<sup>-</sup>] = 2,00 × 10<sup>-3</sup> / 0,04500 = 0,0444 mol dm<sup>-3</sup>; *K<sub>b</sub>* = *K<sub>w</sub>* / *K<sub>a</sub>* = 5,75 × 10<sup>-10</sup>; [OH<sup>-</sup>] =  $\sqrt{K_b [A^-]}$  = 5,05 × 10<sup>-6</sup>; pOH 5,30; pH = 8,70 [2]. Lebih dari 7 karena A<sup>-</sup> adalah basa konjugat yang terhidrolisis menghasilkan OH<sup>-</sup> [1]

(e) fenolftalein (trayek 8,2–10,0 mencakup pH titik ekuivalen) [1]

**Pembahasan:** Kunci analisis kurva asam lemah: volume ekuivalen memberi konsentrasi, pH pada setengah volume ekuivalen memberi p*K<sub>a</sub>*. Perhatikan volume total di titik ekuivalen (25,00 + 20,00 = 45,00 cm<sup>3</sup>) saat menghitung [A<sup>-</sup>].

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Penyangga basa • gaya IB • 27-5-02

Satu liter larutan penyangga berisi NH<sub>3</sub> 0,100 mol dm<sup>-3</sup> dan NH<sub>4</sub>Cl 0,100 mol dm<sup>-3</sup>. Ke dalamnya ditambahkan 0,010 mol HCl gas (volume dianggap tetap). Hitung pH akhir. (*K<sub>b</sub>* NH<sub>3</sub> = 1,8 × 10<sup>-5</sup>)

Jawaban: .....

**Kunci: 9,17**

**Pembahasan:** NH<sub>3</sub> + H<sup>+</sup> → NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: NH<sub>3</sub> menjadi 0,090 mol, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> menjadi 0,110 mol.

p*K<sub>a</sub>*(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) = 14 - 4,74 = 9,26.

pH = 9,26 + log(0,090/0,110) = 9,26 - 0,09 = 9,17 (turun hanya 0,09).

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Merancang penyangga • gaya IB • 27-5-03

Berapa gram natrium asetat,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ( $M_r = 82$ ), yang harus dilarutkan ke dalam  $500 \text{ cm}^3$   $\text{CH}_3\text{COOH}$   $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$  agar diperoleh penyangga pH 5,00? Anggap volume tidak berubah. ( $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 14,76 g**

**Pembahasan:**  $\log \frac{n_{\text{A}^-}}{n_{\text{HA}}} = 5,00 - 4,74 = 0,255 \rightarrow \text{rasio} = 1,80$  (tepatnya  $10^5 \times 1,8 \times 10^{-5}$ ).

$n_{\text{HA}} = 0,200 \times 0,500 = 0,100 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{A}^-} = 0,180 \text{ mol}$ .

Massa =  $0,180 \times 82 = 14,8 \text{ g}$ .

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Titik setengah ekuivalen • gaya IB • 27-5-04

Pada titrasi asam lemah HA dengan NaOH, pernyataan yang benar tentang titik setengah ekuivalen adalah ...

- A.  $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$  sehingga  $\text{pH} = \text{p}K_a$
- B.  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  sehingga  $\text{pH} = 7$
- C. semua HA telah bereaksi dengan NaOH
- D. kapasitas penyangga paling kecil

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Saat separuh HA dinetralkan, sisa HA sama dengan  $\text{A}^-$  yang terbentuk. Dari Henderson–Hasselbalch,  $\text{pH} = \text{p}K_a + \log 1 = \text{p}K_a$ . Di titik inilah kapasitas penyangga justru paling *besar*.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Membaca kurva tanpa  $K_a$  • gaya olimpiade • 27-6-01

Larutan asam monoprotik lemah HA dititrasi dengan NaOH. Ketika tepat seperempat HA telah dinetralkan, pH larutan 4,28. Tanpa mengetahui konsentrasinya, tentukan pH ketika tiga perempat HA telah dinetralkan.

Jawaban: .....

**Kunci: 5,23**

**Pembahasan:** Pada  $\frac{1}{4}$  penetralan,  $\text{A}^- : \text{HA} = 1 : 3 \rightarrow 4,28 = \text{p}K_a + \log(1/3) \rightarrow \text{p}K_a = 4,28 + 0,477 = 4,76$ .

Pada  $\frac{3}{4}$  penetralan,  $\text{A}^- : \text{HA} = 3 : 1 \rightarrow \text{pH} = 4,76 + 0,477 = 5,23$ .

Elegan: selisihnya selalu  $2 \log 3 = 0,95$ , berapa pun konsentrasi dan  $K_a$ -nya (selama pendekatan penyangga berlaku).

22. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Titrasi dua indikator • gaya olimpiade • 27-6-02

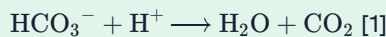
Sampel padatan berisi campuran  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{NaHCO}_3$  (serta zat lain yang inert) dilarutkan dalam air, lalu dititrasi dengan  $\text{HCl}$   $0,100$  M. Dengan fenolftalein, titik akhir pertama tercapai pada  $12,0$  mL. Kemudian metil jingga ditambahkan dan titrasi diteruskan; titik akhir kedua tercapai setelah tambahan  $30,0$  mL  $\text{HCl}$ .

(a) Tuliskan reaksi yang terjadi pada tiap tahap.

(b) Hitung massa  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $M_r = 106$ ) dan  $\text{NaHCO}_3$  ( $M_r = 84$ ) dalam sampel.

(c) Jelaskan mengapa dua indikator yang berbeda diperlukan.

**Kunci/rubrik:** (a) Tahap 1 (fenolftalein):  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HCO}_3^-$  [1]. Tahap 2 (metil jingga):



(b)  $\text{mol Na}_2\text{CO}_3 = 0,100 \times 12,0 = 1,20$  mmol  $\rightarrow 1,20 \times 106 = 127$  mg [2]. Tahap 2 menitrasi semua  $\text{HCO}_3^- = 0,100 \times 30,0 = 3,00$  mmol, termasuk  $1,20$  mmol yang berasal dari karbonat;  $\text{NaHCO}_3$  asli  $= 1,80$  mmol  $\rightarrow 1,80 \times 84 = 151$  mg [2]

(c) Titik ekuivalen pertama berisi  $\text{HCO}_3^-$  ( $\text{pH} \approx \frac{1}{2}(6,35 + 10,33) \approx 8,3$ , cocok dengan fenolftalein); titik ekuivalen kedua berisi  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{CO}_2$  ( $\text{pH} \approx 4$ , cocok dengan metil jingga) [2]

**Pembahasan:** Metode dua indikator (metode Warder) memanfaatkan dua lonjakan pH dari karbonat yang diprotik terhadap  $\text{H}^+$ . Kesalahan klasik: menganggap  $30,0$  mL seluruhnya berasal dari  $\text{NaHCO}_3$  asli. Padahal karbonat yang sudah menjadi  $\text{HCO}_3^-$  di tahap 1 ikut dititrasi lagi di tahap 2.

23. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Penyangga sangat encer • gaya olimpiade • 27-6-03

Larutan dibuat dengan  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COONa}] = 1,0 \times 10^{-4}$  M. Henderson-Hasselbalch memberi pH  $4,74$ , tetapi pH sebenarnya berbeda. Hitung pH sebenarnya dengan keseimbangan muatan. ( $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ ,  $K_w = 10^{-14}$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 4,86**

**Pembahasan:**  $C_T = 2,0 \times 10^{-4}$  M,  $[\text{Na}^+] = 1,0 \times 10^{-4}$  M. Misalkan  $[\text{H}^+] = h$  ( $\text{OH}^-$  diabaikan):

$$h + 1,0 \times 10^{-4} = \frac{2,0 \times 10^{-4} \times 1,8 \times 10^{-5}}{1,8 \times 10^{-5} + h}$$

Diubah menjadi  $h^2 + 1,18 \times 10^{-4}h - 1,8 \times 10^{-9} = 0 \rightarrow h = 1,37 \times 10^{-5}$  M  $\rightarrow \text{pH} = 4,86$ .

Di sini  $h$  tidak lagi jauh lebih kecil daripada konsentrasi HA dan  $\text{A}^-$  (sekitar 14%), sehingga ionisasi HA menggeser rasio  $\text{A}^-/\text{HA}$ : HH gagal untuk penyangga yang sangat encer.

24. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Titrasi asam poliprotik • gaya olimpiade • 27-6-04

Sebanyak  $25,0$  mL  $\text{H}_3\text{PO}_4$   $0,10$  M dititrasi dengan  $\text{NaOH}$   $0,10$  M. Perkirakan pH di titik ekuivalen pertama. ( $\text{p}K_{a1} = 2,15$ ;  $\text{p}K_{a2} = 7,20$ ;  $\text{p}K_{a3} = 12,35$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 4,68**

**Pembahasan:** Di titik ekuivalen pertama semua  $\text{H}_3\text{PO}_4$  menjadi  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , ion amfiprotik.

$$\text{pH} \approx \frac{1}{2}(\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}) = \frac{1}{2}(2,15 + 7,20) = 4,68.$$

Perhitungan lengkap dengan keseimbangan muatan (konsentrasi  $0,050$  M) memberi  $4,70$ , hampir sama. Indikator yang cocok: metil jingga atau metil merah.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Larutan jenuh • 28-1-01

Segelas air garam tidak sanggup lagi melarutkan garam yang ditambahkan; sisa garam tetap di dasar gelas walaupun diaduk lama pada suhu yang sama. Larutan seperti ini disebut larutan ...

- A. tak jenuh  
B. lewat jenuh  
C. jenuh  
D. encer

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Larutan yang sudah mencapai batas kelarutannya dan bersentuhan dengan padatan sisa disebut **larutan jenuh**. Di dalamnya, garam terus melarut dan mengendap dengan laju yang sama (kesetimbangan dinamis). Larutan lewat jenuh justru tidak punya padatan sisa dan mudah mengkristal tiba-tiba.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Kerak &amp; air sadah • 28-1-02

Di daerah berkapur seperti Gunungkidul, dasar teko sering dipenuhi kerak putih. Kerak itu terutama tersusun atas ...

- A. kalsium karbonat,  $\text{CaCO}_3$   
B. natrium klorida,  $\text{NaCl}$   
C. gula yang mengering  
D. karat besi

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Air sadah mengandung  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^-$ . Saat direbus:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .  $\text{CaCO}_3$  yang sukar larut mengendap menjadi kerak. Zat yang sama menyusun batu kapur dan stalaktit.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Garam sukar larut • 28-1-03

Manakah pernyataan yang benar tentang garam "sukar larut" seperti perak klorida ( $\text{AgCl}$ )?

- A. Sama sekali tidak ada yang larut dalam air.  
B. Akan larut banyak bila diaduk cukup lama.  
C. Hanya larut dalam minyak goreng.  
D. Larut sedikit sekali, sehingga larutannya cepat jenuh.

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Tidak ada garam yang benar-benar tidak larut.  $\text{AgCl}$  larut sekitar 1,9 mg per liter air, lalu larutannya jenuh. Mengaduk hanya mempercepat tercapainya jenuh, tidak menambah batasnya.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Stalaktit • 28-1-04

Stalaktit di Gua Gong, Pacitan, tersusun atas zat yang sama dengan batu kapur. Tuliskan rumus kimia zat itu.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{CaCO}_3$** 

**Pembahasan:** Stalaktit dan stalagmit adalah kalsium karbonat,  $\text{CaCO}_3$ , yang mengendap dari tetesan air ketika  $\text{CO}_2$  terlepas ke udara gua:  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Ungkapan Ksp • 28-2-01

Ungkapan hasil kali kelarutan yang benar untuk timbal(II) iodida,  $\text{PbI}_2$ , adalah ...

- A.  $K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]$  C.  $K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$   
 B.  $K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][2\text{I}^-]$  D.  $K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}]^2[\text{I}^-]$

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $\text{PbI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq})$ . Setiap konsentrasi dipangkatkan koefisiennya:  $K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$ . Koefisien 2 menjadi *pangkat*, bukan pengali di dalam kurung.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Ksp dari kelarutan • 28-2-02

Kelarutan barium sulfat,  $\text{BaSO}_4$ , dalam air adalah  $1,0 \times 10^{-5}$  mol/L. Hitung  $K_{sp}$   $\text{BaSO}_4$ .

Jawaban: .....

**Kunci:  $1 \times 10^{-10}$**

**Pembahasan:**  $\text{BaSO}_4 \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ;  $[\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = s$ .  
 $K_{sp} = s^2 = (1,0 \times 10^{-5})^2 = 1,0 \times 10^{-10}$ .

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Kelarutan dari Ksp • 28-2-03

$K_{sp}$  perak bromida,  $\text{AgBr}$ , adalah  $4,9 \times 10^{-13}$ . Hitung kelarutan  $\text{AgBr}$  dalam mol/L.

Jawaban: ..... mol/L

**Kunci:  $7 \times 10^{-7}$  mol/L**

**Pembahasan:** Tipe AB:  $K_{sp} = s^2$ .  
 $s = \sqrt{4,9 \times 10^{-13}} = \sqrt{49 \times 10^{-14}} = 7,0 \times 10^{-7}$  mol/L.  
 Trik: ubah dulu menjadi pangkat 10 genap supaya akarnya mudah.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Membandingkan kelarutan • 28-2-04

Diketahui  $K_{sp}$   $\text{AgCl} = 1,8 \times 10^{-10}$ ,  $\text{AgBr} = 5,0 \times 10^{-13}$ , dan  $\text{AgI} = 8,5 \times 10^{-17}$ . Urutan kelarutan molar dari yang terbesar adalah ...

- A.  $\text{AgI} > \text{AgBr} > \text{AgCl}$   
 B.  $\text{AgCl} > \text{AgBr} > \text{AgI}$   
 C.  $\text{AgBr} > \text{AgCl} > \text{AgI}$   
 D. ketiganya sama karena sama-sama garam perak

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Ketiganya bertipe sama (AB,  $s = \sqrt{K_{sp}}$ ), jadi  $K_{sp}$  boleh dibandingkan langsung: makin besar  $K_{sp}$ , makin besar  $s$ . Urutannya  $\text{AgCl}$  ( $1,3 \times 10^{-5}$ )  $>$   $\text{AgBr}$  ( $7,1 \times 10^{-7}$ )  $>$   $\text{AgI}$  ( $9,2 \times 10^{-9}$ ). Perbandingan langsung seperti ini **tidak** sah untuk tipe rumus yang berbeda.

9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Ksp dan pH • 28-3-01

$K_{sp}$  magnesium hidroksida,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , adalah  $5,6 \times 10^{-12}$ . Hitung pH larutan jenuh  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  pada 25 °C.

Jawaban: .....

**Kunci: 10,35**

**Pembahasan:**  $K_{sp} = s(2s)^2 = 4s^3 \rightarrow s = \sqrt[3]{1,4 \times 10^{-12}} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ M}$ .

$[\text{OH}^-] = 2s = 2,24 \times 10^{-4} \text{ M} \rightarrow \text{pOH} = 3,65$ .

$\text{pH} = 14 - 3,65 = \mathbf{10,35}$ . Basa, tetapi tidak sekuat soda api karena sukar larut.

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Ksp garam AB<sub>2</sub> • 28-3-02

Kelarutan kalsium fluorida,  $\text{CaF}_2$ , dalam air pada 25 °C adalah  $2,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ . Hitung  $K_{sp}$   $\text{CaF}_2$ .

Jawaban: .....

**Kunci:  $3,2 \times 10^{-11}$**

**Pembahasan:**  $[\text{Ca}^{2+}] = s, [\text{F}^-] = 2s$ .

$K_{sp} = s(2s)^2 = 4s^3 = 4(2,0 \times 10^{-4})^3 = 4(8,0 \times 10^{-12}) = 3,2 \times 10^{-11}$ .

Kesalahan umum: menulis  $s \cdot 2s = 2s^2$  (lupa mengkuadratkan).

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Memprediksi endapan • 28-3-03

Sebanyak 100 mL  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0,002 M dicampur dengan 100 mL KI 0,002 M.  $K_{sp} \text{PbI}_2 = 9,8 \times 10^{-9}$ . Apa yang terjadi?

- A. Mengendap kuning karena  $Q_{sp} = 1,0 \times 10^{-6} > K_{sp}$
- B. Mengendap kuning karena konsentrasi kedua larutan sama
- C. Tepat jenuh karena  $Q_{sp} = K_{sp}$
- D. Tidak mengendap karena  $Q_{sp} = 1,0 \times 10^{-9} < K_{sp}$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Setelah dicampur:  $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{I}^-] = 0,002 \times 100/200 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ M}$ .

$Q_{sp} = (1,0 \times 10^{-3})(1,0 \times 10^{-3})^2 = 1,0 \times 10^{-9}$ .

$1,0 \times 10^{-9} < 9,8 \times 10^{-9}$ : larutan belum jenuh, **tidak ada endapan**. Pilihan A muncul bila lupa mengkuadratkan  $[\text{I}^-]$ .

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Efek ion senama • 28-3-04

Hitung kelarutan  $\text{AgCl}$  (mol/L) dalam larutan  $\text{NaCl}$  0,010 M.  $K_{sp} \text{AgCl} = 1,8 \times 10^{-10}$ .

Jawaban: ..... mol/L

**Kunci:  $1,8 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$**

**Pembahasan:**  $K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = s(0,010 + s) \approx s(0,010)$ .

$s = 1,8 \times 10^{-10}/0,010 = 1,8 \times 10^{-8} \text{ M}$ .

Bandingkan dengan air murni ( $1,3 \times 10^{-5} \text{ M}$ ):  $\pm 750$  kali lebih kecil. Pendekatan sah karena  $s \ll 0,010$ .

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Uji ion klorida • gaya IGCSE • 28-4-01

Seorang siswa ingin membuktikan bahwa air sumur mengandung ion klorida.

- Jelaskan** uji yang dilakukan: pereaksi yang ditambahkan dan hasil positifnya.
- Tuliskan** persamaan ion bersih reaksi tersebut, lengkap dengan lambang wujud.
- Jelaskan** mengapa sampel diasamkan lebih dulu dengan asam nitrat encer.
- Sarankan** mengapa asam klorida tidak boleh dipakai untuk mengasamkan sampel.

**Kunci/rubrik:** (a) Tambahkan asam nitrat encer, lalu larutan perak nitrat [1]; terbentuk endapan putih [1].

(b)  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$  [1 persamaan, 1 lambang wujud]

(c) Untuk menyingkirkan ion karbonat (dan ion lain) yang juga membentuk endapan dengan perak, sehingga hasilnya tidak menipu [1].

(d) Asam klorida sendiri mengandung  $\text{Cl}^-$ , jadi endapan putih pasti terbentuk walaupun sampel tidak mengandung klorida (positif palsu) [1].

**Pembahasan:** Logika uji ion: pereaksi harus *hanya* bereaksi dengan ion yang dicari. Untuk uji sulfat, alasan yang sama membuat kita mengasamkan dengan HCl lalu memakai  $\text{BaCl}_2$ : asam menyingkirkan karbonat, dan  $\text{Cl}^-$  tidak mengganggu karena  $\text{BaCl}_2$  larut.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji ion sulfat • gaya IGCSE • 28-4-02

Larutan X diasamkan dengan asam klorida encer, lalu ditambah larutan barium klorida. Terbentuk endapan putih. Larutan X mengandung ion ...

- |             |            |
|-------------|------------|
| A. karbonat | C. klorida |
| B. sulfat   | D. nitrat  |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Endapan putih  $\text{BaSO}_4$ :  $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s})$ . Karbonat tidak mungkin, karena asam klorida sudah mengubahnya menjadi  $\text{CO}_2$ . Klorida tidak mengendap dengan  $\text{Ba}^{2+}$ , dan semua nitrat larut.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Massa endapan • gaya IGCSE • 28-4-03

Sebanyak  $50,0 \text{ cm}^3$  larutan  $\text{BaCl}_2$   $0,100 \text{ mol/dm}^3$  dicampur dengan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  berlebih. **Hitung** massa endapan  $\text{BaSO}_4$  yang terbentuk. ( $M_r \text{ BaSO}_4 = 233$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 1,165 g**

**Pembahasan:**  $\text{mol Ba}^{2+} = 0,0500 \text{ dm}^3 \times 0,100 \text{ mol/dm}^3 = 0,00500 \text{ mol}$ .

Perbandingan  $\text{Ba}^{2+} : \text{BaSO}_4 = 1 : 1 \rightarrow 0,00500 \text{ mol BaSO}_4$ .

massa =  $0,00500 \times 233 = 1,17 \text{ g}$  (3 angka penting).

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Membuat garam tak larut • gaya IGCSE • 28-4-04

Siswa ingin membuat timbal(II) iodida padat yang murni dan kering dari larutan timbal(II) nitrat dan kalium iodida. Urutan langkah yang paling tepat adalah ...

- A. campur kedua larutan, saring, cuci endapan dengan air suling, keringkan endapan
- B. campur kedua larutan, lalu uapkan semua airnya sampai kering
- C. campur kedua larutan, saring, lalu buang endapannya dan kristalkan filtratnya
- D. titrasi kedua larutan dengan indikator, lalu kristalkan larutannya

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Garam tak larut dibuat dengan **pengendapan**. Endapan disaring, dicuci dengan air suling untuk membuang ion penonton ( $K^+$ ,  $NO_3^-$ ), lalu dikeringkan. Menguapkan semua air akan mencampur  $PbI_2$  dengan  $KNO_3$ . Senyawa timbal beracun, jadi percobaan ini hanya dengan pengawasan guru.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Penentuan  $K_{sp}$  & ketidakpastian • gaya IB • 28-5-01

Untuk menentukan  $K_{sp}$  timbal(II) klorida,  $25,00 \pm 0,06 \text{ cm}^3$  larutan jenuh  $PbCl_2$  pada  $25^\circ C$  diuapkan sampai kering. Massa residu  $PbCl_2 = 0,110 \pm 0,001 \text{ g}$ . ( $M_r PbCl_2 = 278,1$ )

- (a) Hitung kelarutan molar  $PbCl_2$ .
- (b) Hitung  $K_{sp}$   $PbCl_2$ .
- (c) Hitung persentase ketidakpastian  $K_{sp}$ .
- (d) Pelarutan  $PbCl_2$  bersifat endoterm. Ramalkan dan jelaskan perubahan  $K_{sp}$  bila percobaan dilakukan pada  $60^\circ C$ .

**Kunci/rubrik:** (a)  $n = 0,110/278,1 = 3,96 \times 10^{-4} \text{ mol}$ ;  $s = 3,96 \times 10^{-4}/0,02500 = 1,58 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$  [2]

(b)  $K_{sp} = 4s^3 = 4(1,58 \times 10^{-2})^3 = 1,58 \times 10^{-5}$  [2]

(c) % ketidakpastian  $s = 0,001/0,110 + 0,06/25,00 = 0,91\% + 0,24\% = 1,15\%$  [1];  $K_{sp} \propto s^3$ , jadi  $3 \times 1,15\% \approx 3,4\%$  [1]

(d)  $K_{sp}$  naik [1]: untuk reaksi endoterm, kenaikan suhu menggeser kesetimbangan  $PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2Cl^-$  ke kanan (Le Chatelier), sehingga lebih banyak ion terlarut [1].

**Pembahasan:** Nilai  $(1,58 \pm 0,05) \times 10^{-5}$  dekat dengan nilai buku data ( $\pm 1,7 \times 10^{-5}$ ). Ingat aturan ketidakpastian: pada perkalian/pembagian, ketidakpastian *relatif* dijumlahkan; pada pangkat  $n$ , ketidakpastian relatif dikalikan  $n$ .

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Ion senama tipe AB<sub>2</sub> • gaya IB • 28-5-02

Hitung kelarutan  $CaF_2$  ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) dalam larutan NaF  $0,050 \text{ mol dm}^{-3}$ .  $K_{sp} CaF_2 = 3,9 \times 10^{-11}$ .

Jawaban: .....  $\text{mol/dm}^3$

**Kunci:**  $1,56 \times 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$

**Pembahasan:**  $K_{sp} = [Ca^{2+}][F^-]^2 = s(0,050)^2$ .

$s = 3,9 \times 10^{-11}/2,5 \times 10^{-3} = 1,56 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$ .

Di air murni  $s = 2,1 \times 10^{-4}$ : turun  $\pm 14.000$  kali. Cek pendekatan:  $2s = 3 \times 10^{-8} \ll 0,050$  ✓

Perubahan manakah yang **menaikkan** kelarutan  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  dalam air pada suhu tetap?

- A. menambahkan sedikit asam klorida encer
- B. menambahkan larutan natrium karbonat
- C. menambahkan larutan kalsium klorida
- D. menambahkan lebih banyak  $\text{CaCO}_3$  padat

**Kunci: A**

**Pembahasan:**  $\text{H}^+$  bereaksi dengan  $\text{CO}_3^{2-}$  (menjadi  $\text{HCO}_3^-$  atau  $\text{CO}_2$ ), sehingga  $[\text{CO}_3^{2-}]$  turun,  $Q_{sp} < K_{sp}$ , dan lebih banyak  $\text{CaCO}_3$  larut.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{CaCl}_2$  memberi ion senama (kelarutan turun). Menambah padatan tidak mengubah konsentrasi larutan jenuh.

Air limbah mengandung  $\text{Fe}^{3+}$   $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$ . Basa ditambahkan perlahan. Pada pH berapa  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  mulai mengendap?  $K_{sp} \text{Fe}(\text{OH})_3 = 2,8 \times 10^{-39}$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 1,82**

**Pembahasan:**  $[\text{OH}^-]^3 = 2,8 \times 10^{-39} / 0,010 = 2,8 \times 10^{-37} \rightarrow [\text{OH}^-] = 6,5 \times 10^{-13} \text{ M}$ .  
 $\text{pOH} = 12,18 \rightarrow \text{pH} = \mathbf{1,82}$ .

Bahkan larutan yang masih sangat asam sudah mengendapkan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Itu sebabnya air sumur kaya besi menjadi kuning kecokelatan begitu teroksidasi udara.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/IChO

Larutan mengandung  $\text{Cl}^-$   $0,10 \text{ M}$  dan  $\text{I}^-$   $0,10 \text{ M}$ . Larutan  $\text{AgNO}_3$  pekat ditambahkan tetes demi tetes (abaikan perubahan volume). Tepat ketika  $\text{AgCl}$  mulai mengendap, berapa persen  $\text{I}^-$  mula-mula yang masih tersisa di larutan? ( $K_{sp} \text{AgCl} = 1,8 \times 10^{-10}$ ;  $\text{AgI} = 8,5 \times 10^{-17}$ )

Jawaban: ..... %

**Kunci:  $4,72 \times 10^{-5} \%$**

**Pembahasan:**  $\text{AgI}$  mengendap lebih dulu.  $\text{AgCl}$  mulai mengendap saat  $[\text{Ag}^+] = 1,8 \times 10^{-10} / 0,10 = 1,8 \times 10^{-9} \text{ M}$ .  
 Pada saat itu  $[\text{I}^-] = 8,5 \times 10^{-17} / 1,8 \times 10^{-9} = 4,7 \times 10^{-8} \text{ M}$ .  
 Persen tersisa =  $4,7 \times 10^{-8} / 0,10 \times 100\% = 4,7 \times 10^{-5} \%$ .  
 Pemisahan hampir sempurna (99,99995%  $\text{I}^-$  sudah mengendap): rasio  $K_{sp}$  yang sangat besar membuat pengendapan selektif sangat efektif.

Endapan AgCl larut dalam amonia encer, sedangkan AgI hampir tidak. Diketahui  $K_{sp}$  AgCl =  $1,8 \times 10^{-10}$ ,  $K_{sp}$  AgI =  $8,5 \times 10^{-17}$ , dan tetapan pembentukan  $K_f$   $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = 1,6 \times 10^7$ .

- (a) Tuliskan persamaan pelarutan AgCl dalam amonia dan nyatakan tetapan kesetimbangannya dalam  $K_{sp}$  dan  $K_f$ .  
 (b) Hitung kelarutan AgCl dalam  $\text{NH}_3$  1,0 M.  
 (c) Hitung kelarutan AgI dalam  $\text{NH}_3$  1,0 M, lalu rancang cara memisahkan campuran endapan AgCl dan AgI.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{AgCl(s)} + 2\text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$  [1];  $K = K_{sp}K_f = 1,8 \times 10^{-10} \times 1,6 \times 10^7 = 2,9 \times 10^{-3}$  [1]

(b)  $\frac{s^2}{(1,0 - 2s)^2} = 2,9 \times 10^{-3}$  [1]  $\rightarrow \frac{s}{1,0 - 2s} = 0,054$  [1]  $\rightarrow s = 0,048$  M [1]

(c)  $K = 8,5 \times 10^{-17} \times 1,6 \times 10^7 = 1,4 \times 10^{-9}$ ;  $s \approx \sqrt{1,4 \times 10^{-9}} = 3,7 \times 10^{-5}$  M ( $\pm 1,300$  kali lebih kecil) [2]. Kocok campuran endapan dengan amonia encer berlebih, lalu saring: AgCl larut sebagai  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , AgI tertinggal di kertas saring; asamkan filtrat dengan  $\text{HNO}_3$  untuk mengendapkan AgCl kembali [2].

**Pembahasan:** Strategi umum: jumlahkan reaksi pelarutan dan pembentukan kompleks; tetapan totalnya adalah hasil kali. Pengasaman filtrat mengubah  $\text{NH}_3$  menjadi  $\text{NH}_4^+$ , kompleks terurai, dan  $Q_{sp}$  AgCl kembali melampaui  $K_{sp}$ . Inilah cara klasik membedakan halida di laboratorium analisis kualitatif.

Air laut mengandung  $\text{Mg}^{2+}$  sekitar 0,053 M dan  $\text{Ca}^{2+}$  sekitar 0,010 M. Untuk memperoleh magnesium, ke air laut ditambahkan kapur tohor sehingga pH naik. Pada pH berapa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  mulai mengendap? ( $K_{sp}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 5,6 \times 10^{-12}$ ;  $K_{sp}$   $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 5,0 \times 10^{-6}$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 9,01**

**Pembahasan:**  $[\text{OH}^-] = \sqrt{5,6 \times 10^{-12}/0,053} = 1,03 \times 10^{-5}$  M  $\rightarrow \text{pOH} = 4,99 \rightarrow \text{pH} = 9,01$ .

Pada pH 11 ( $[\text{OH}^-] = 10^{-3}$ ):  $[\text{Mg}^{2+}]$  sisa =  $5,6 \times 10^{-12}/10^{-6} = 5,6 \times 10^{-6}$  M, jadi 99,99% Mg sudah mengendap, sedangkan  $Q_{sp}$   $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0,010 \times (10^{-3})^2 = 10^{-8} < 5,0 \times 10^{-6}$ : kalsium tidak ikut mengendap. Pemisahan selektif yang rapi! Air laut sendiri (pH  $\pm 8,1$ ) belum mengendapkan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

Serbuk putih X larut dalam air menghasilkan larutan tak berwarna. Pengamatan:

- (1) Dengan asam nitrat encer lalu perak nitrat: endapan putih yang larut dalam amonia encer.
  - (2) Dengan NaOH sedikit demi sedikit: endapan putih yang larut kembali dalam NaOH berlebih.
  - (3) Dengan larutan amonia berlebih: endapan putih yang *tidak* larut.
  - (4) Uji nyala: tidak ada warna khas.
- (a) Tentukan X dan jelaskan peran setiap pengamatan.
  - (b) Tuliskan persamaan ion bersih untuk pembentukan endapan pada (2) dan pelarutannya dalam NaOH berlebih.
  - (c) Jelaskan mengapa endapan pada (2) larut dalam NaOH berlebih tetapi endapan pada (3) tidak larut dalam amonia berlebih, padahal keduanya basa.

**Kunci/rubrik:** (a) X = aluminium klorida,  $\text{AlCl}_3$  [1]. (1) endapan putih  $\text{AgCl}$  yang larut dalam  $\text{NH}_3 \rightarrow$  anion  $\text{Cl}^-$  [1]; (2) hidroksida putih amfoter  $\rightarrow \text{Al}^{3+}$  atau  $\text{Zn}^{2+}$  [1]; (3) tidak larut dalam  $\text{NH}_3$  berlebih  $\rightarrow$  bukan  $\text{Zn}^{2+}$  (yang membentuk  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ), jadi  $\text{Al}^{3+}$  [1]; (4) tidak ada warna nyala  $\rightarrow$  bukan logam alkali/alkali tanah yang khas [0,5].  
 (b)  $\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$  [1];  $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_4]^- (\text{aq})$  [1]  
 (c) Pelarutan dalam NaOH butuh  $[\text{OH}^-]$  tinggi untuk membentuk aluminat; amonia adalah basa lemah sehingga  $[\text{OH}^-]$ -nya terlalu rendah [1], dan  $\text{Al}^{3+}$  tidak membentuk kompleks amina yang stabil dengan  $\text{NH}_3$  (berbeda dengan  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ) [1].

**Pembahasan:** Kunci penalaran: bandingkan perilaku endapan dalam pereaksi **berlebih**. NaOH berlebih menguji sifat amfoter (Al, Zn, Pb), sedangkan  $\text{NH}_3$  berlebih menguji pembentukan kompleks amina (Zn, Cu, Ag). Kombinasi keduanya memisahkan  $\text{Al}^{3+}$  dari  $\text{Zn}^{2+}$ .

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Konsep oksidasi • 29-1-01

Ketika pagar besi berkarat, besi mengalami ...

- A. reduksi, karena melepas oksigen
- B. oksidasi, karena bergabung dengan oksigen
- C. penguapan, karena besi berubah wujud
- D. netralisasi, karena besi bereaksi dengan asam

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Karat terbentuk ketika besi bergabung dengan oksigen (dan air). Menurut definisi lama, mengikat oksigen = oksidasi. Menurut definisi elektron, atom Fe melepas elektron menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ . Karena itu karat lebih berat daripada besi asalnya.

2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Definisi elektron • 29-1-02

Menurut definisi elektron, oksidasi adalah ...

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| A. penerimaan elektron | C. pelepasan elektron      |
| B. pelepasan proton    | D. penerimaan oksigen saja |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Oksidasi = pelepasan elektron (biloks naik); reduksi = penerimaan elektron (biloks turun). Ingat jembatan keledai OPER-REBUT: Oksidasi mengOper, Reduksi meRebut.

3. Lv 1 • Pemula • Isian • Biloks unsur bebas • 29-1-03

Berapa bilangan oksidasi atom O dalam gas oksigen,  $\text{O}_2$ ?

Jawaban: .....

**Kunci: 0**

**Pembahasan:** Atom dalam unsur bebas ( $\text{O}_2$ , Fe,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{S}_8$ ) selalu berbiloks 0, karena kedua atom O sama-sama rakus elektron sehingga tidak ada yang 'menang'. Biloks -2 hanya berlaku untuk O di dalam senyawa.

4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Antioksidan • 29-1-04

Irisan apel lama-lama menjadi cokelat. Cara paling sederhana untuk memperlambatnya adalah ...

- A. mengolesinya dengan perasan jeruk nipis
- B. menaburkan gula pasir
- C. menjemurnya di bawah matahari
- D. memotongnya menjadi lebih tipis

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Jeruk nipis mengandung vitamin C (antioksidan, reduktor yang rela dioksidasi lebih dulu) dan asam yang memperlambat kerja enzim pencokelat. Menjemur dan memotong lebih tipis justru memperluas kontak dengan oksigen dan mempercepat pencokelatan.

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Biloks dalam senyawa • 29-2-01

Tentukan bilangan oksidasi Mn dalam kalium permanganat,  $\text{KMnO}_4$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 7****Pembahasan:** K (golongan 1) = +1, O = -2, jumlah biloks senyawa netral = 0.

$$(+1) + x + 4(-2) = 0 \rightarrow x = +7.$$

Ini biloks tertinggi Mn, sehingga  $\text{KMnO}_4$  hanya bisa tereduksi: oksidator kuat.

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Biloks dalam ion • 29-2-02

Tentukan bilangan oksidasi N dalam ion amonium,  $\text{NH}_4^+$ . (Jawaban boleh negatif.)

Jawaban: .....

**Kunci: -3****Pembahasan:** Jumlah biloks dalam ion = muatan ion.

$$x + 4(+1) = +1 \rightarrow x = -3.$$

Nitrogen di pupuk amonium berada di anak tangga biloks terbawahnya.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Oksidator dan reduktor • 29-2-03

Pada reaksi  $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ , zat yang bertindak sebagai reduktor adalah ...A.  $\text{CuO}$ C.  $\text{H}_2\text{O}$ B.  $\text{Cu}$ D.  $\text{H}_2$ **Kunci: D****Pembahasan:** Biloks H naik dari 0 (dalam  $\text{H}_2$ ) menjadi +1 (dalam  $\text{H}_2\text{O}$ ):  $\text{H}_2$  teroksidasi, jadi ia reduktor. Biloks Cu turun dari +2 ke 0:  $\text{CuO}$  tereduksi, jadi oksidator. Cu dan  $\text{H}_2\text{O}$  adalah hasil reaksi, bukan pereaksi.

8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Mengenali reaksi redoks • 29-2-04

Manakah yang merupakan reaksi redoks?

A.  $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ C.  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$ B.  $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ D.  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ **Kunci: A****Pembahasan:** Pada pilihan A, Mg naik dari 0 ke +2 dan H turun dari +1 ke 0: ada biloks yang berubah. Pilihan B (netralisasi), C (pengendapan), dan D (penguraian karbonat) tidak mengubah biloks unsur mana pun.

9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Biloks dalam ion poliatom • 29-3-01

Tentukan bilangan oksidasi Cr dalam ion dikromat,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 6**

$$2x + 7(-2) = -2 \rightarrow 2x = 12 \rightarrow x = +6.$$

Jebakan umum: menjawab +12 (itu jumlah biloks kedua atom Cr) atau +7 (lupa muatan ion).

10. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Disproporsionasi • 29-3-02

Pemutih pakaian dibuat lewat reaksi  $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ . Tuliskan rumus kimia zat **hasil oksidasi**.

Jawaban: .....

**Kunci:** NaClO

**Pembahasan:** Biloks Cl: 0 dalam  $\text{Cl}_2$ , -1 dalam NaCl, +1 dalam NaClO.

Cl yang naik menjadi +1 teroksidasi, jadi hasil oksidasinya NaClO (ion  $\text{ClO}^-$ ). NaCl adalah hasil reduksi. Karena satu unsur mengalami keduanya, reaksi ini disebut disproporsionasi.

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Metode setengah reaksi • 29-3-03

Setarakan reaksi berikut (suasana asam):



Koefisien  $\text{H}^+$  pada persamaan setara (koefisien bulat terkecil) adalah ...

- |      |       |
|------|-------|
| A. 4 | C. 8  |
| B. 5 | D. 16 |

**Kunci:** C

**Pembahasan:** Reduksi:  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ . Oksidasi:  $\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ , dikali 5.  
Hasil:



Koefisien  $\text{H}^+$  = 8. Cek muatan: kiri  $-1 + 10 + 8 = +17$ , kanan  $+2 + 15 = +17$  ✓.

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Elektron yang dipindahkan • 29-3-04

Pada alat uji alkohol napas, ion dikromat  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (jingga) berubah menjadi ion  $\text{Cr}^{3+}$  (hijau). Berapa mol elektron yang diterima oleh 1 mol ion dikromat?

Jawaban: ..... mol

**Kunci:** 6 mol

**Pembahasan:** Biloks Cr turun dari +6 ke +3 (3 elektron per atom). Satu ion dikromat berisi 2 atom Cr, jadi menerima  $2 \times 3 = 6$  elektron.

Setengah reaksinya:  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ .

**Lv 4 • IGCSE** gaya Cambridge IGCSE

13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Setengah reaksi • gaya IGCSE • 29-4-01

Which half-equation shows **reduction**? (Setengah reaksi mana yang merupakan reduksi?)

- |                                                                 |                                                             |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| A. $\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ | C. $2\text{I}^- \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$   |
| B. $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-$     | D. $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ |

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Reduction is gain of electrons: elektron berada di ruas kiri (diterima). Hanya  $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-$  yang menerima elektron; biloks Cl turun dari 0 ke -1. Tiga lainnya melepas elektron (oksidasi).

14. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Logam dan ion logam • gaya IGCSE • 29-4-02

Sepotong seng dicelupkan ke dalam larutan tembaga(II) sulfat yang biru.

- Nyatakan** dua perubahan yang dapat diamati.
- Tuliskan** persamaan ion untuk reaksi tersebut.
- Jelaskan**, dengan istilah elektron, mengapa seng disebut reduktor.
- Sarankan** satu logam yang *tidak* bereaksi dengan larutan tembaga(II) sulfat, beri alasannya.

**Kunci/rubrik:** (a) Lapisan cokelat kemerahan (tembaga) terbentuk pada seng [1]; warna biru larutan memudar (seng terkikis) [1].

(b)  $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$  [1]

(c) Seng melepas dua elektron,  $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  [1], dan elektron itu diterima ion  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga  $\text{Cu}^{2+}$  tereduksi; zat yang mereduksi zat lain adalah reduktor [1].

(d) Perak (atau emas) [1], karena kurang reaktif daripada tembaga sehingga tidak dapat memberikan elektron kepada  $\text{Cu}^{2+}$  [1].

**Pembahasan:** Ion sulfat adalah ion penonton, sehingga tidak ditulis dalam persamaan ion. Warna biru berasal dari ion  $\text{Cu}^{2+}$  terhidrasi; ion  $\text{Zn}^{2+}$  tak berwarna.

15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Titrasi permanganat • gaya IGCSE • 29-4-03

Iron(II) ions are titrated with acidified potassium manganate(VII):



Sebanyak 25,0 cm<sup>3</sup> larutan  $\text{Fe}^{2+}$  tepat bereaksi dengan 20,0 cm<sup>3</sup>  $\text{KMnO}_4$  0,0200 mol/dm<sup>3</sup>. **Hitung** konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  dalam mol/dm<sup>3</sup>.

Jawaban: ..... mol/dm<sup>3</sup>

**Kunci:** 0,08 mol/dm<sup>3</sup>

**Pembahasan:**  $\text{mol MnO}_4^- = 0,0200 \times 0,0200 \text{ dm}^3 = 4,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ .

$\text{mol Fe}^{2+} = 5 \times 4,00 \times 10^{-4} = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$c = 2,00 \times 10^{-3} / 0,0250 = 0,0800 \text{ mol/dm}^3$ .

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji dikromat • gaya IGCSE • 29-4-04

Larutan kalium dikromat(VI) yang diasamkan ditambahkan ke cairan tak berwarna X, lalu dihangatkan. Warna berubah dari jingga menjadi hijau. Apa yang dapat **dideduksi** tentang X?

- X adalah oksidator (oxidising agent)
- X adalah asam kuat
- X mengandung ion kromium
- X adalah reduktor (reducing agent), misalnya etanol

**Kunci:** D

**Pembahasan:** Jingga ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , Cr +6) menjadi hijau ( $\text{Cr}^{3+}$ , Cr +3): dikromat tereduksi. Berarti X memberikan elektron, jadi X adalah reduktor. Etanol, misalnya, teroksidasi menjadi asam asetat. Inilah dasar uji alkohol napas klasik.

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Penyetaraan suasana basa • gaya IB • 29-5-01

Permanganat mengoksidasi ion sulfat dalam suasana basa, menghasilkan  $\text{MnO}_2$  dan ion sulfat.

(a) Tuliskan setengah reaksi reduksi  $\text{MnO}_4^-$  menjadi  $\text{MnO}_2$  dalam suasana basa.

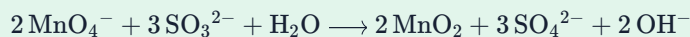
(b) Tuliskan setengah reaksi oksidasi  $\text{SO}_3^{2-}$  menjadi  $\text{SO}_4^{2-}$  dalam suasana basa.

(c) Gabungkan menjadi persamaan ion setara dan identifikasi oksidatornya beserta perubahan biloksnya.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$  [2]

(b)  $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$  [2]

(c) (a)  $\times 2$  + (b)  $\times 3$ , coret  $6\text{e}^-$ ,  $3\text{H}_2\text{O}$ , dan  $6\text{OH}^-$ :



[1]; oksidator  $\text{MnO}_4^-$ , Mn turun dari +7 ke +4 [1].

**Pembahasan:** Cek muatan (c): kiri  $-2 - 6 = -8$ , kanan  $-6 - 2 = -8$  ✓. Pada (b), cara asamnya

$\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ ; menambahkan  $2\text{OH}^-$  di kedua ruas mengubah  $2\text{H}^+$  menjadi  $2\text{H}_2\text{O}$ , lalu satu  $\text{H}_2\text{O}$  dicoret.

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • Iodometri • gaya IB • 29-5-02

Sebanyak  $10,00 \text{ cm}^3$  pemutih diencerkan menjadi  $100,0 \text{ cm}^3$ . Sebanyak  $25,00 \text{ cm}^3$  larutan encer ditambah KI berlebih dan asam; iodine yang terbentuk memerlukan  $33,6 \text{ cm}^3 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ .



Hitung konsentrasi NaOCl dalam pemutih **asli** dalam  $\text{g dm}^{-3}$ . ( $M_r \text{ NaOCl} = 74,5$ )

Jawaban: .....  $\text{g/dm}^3$

**Kunci:**  $50,1 \text{ g/dm}^3$

**Pembahasan:**  $\text{mol S}_2\text{O}_3^{2-} = 0,0336 \times 0,100 = 3,36 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$\text{mol I}_2 = \text{mol OCl}^- = 1,68 \times 10^{-3} \text{ mol}$  dalam  $25,00 \text{ cm}^3$  larutan encer.

Dalam  $100,0 \text{ cm}^3$ :  $6,72 \times 10^{-3} \text{ mol}$ , berasal dari  $10,00 \text{ cm}^3$  pemutih  $\rightarrow c = 0,672 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Massa:  $0,672 \times 74,5 = 50,1 \text{ g dm}^{-3}$  (sekitar 5% m/v, sesuai label pemutih).

## 19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Oksidator sekaligus reduktor • gaya IB • 29-5-03

Spesi manakah yang dapat bertindak sebagai oksidator **maupun** reduktor?

A.  $\text{F}_2$

C. Na

B.  $\text{H}_2\text{O}_2$

D.  $\text{MnO}_4^-$

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Biloks O dalam  $\text{H}_2\text{O}_2$  adalah  $-1$ , di tengah antara  $0$  ( $\text{O}_2$ ) dan  $-2$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ), sehingga bisa naik (reduktor) atau turun (oksidator).  $\text{F}_2$  hanya bisa turun, Na hanya bisa naik, dan Mn  $+7$  dalam  $\text{MnO}_4^-$  sudah di biloks tertinggi sehingga hanya bisa turun.

Ion tetratrat,  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ , terbentuk dalam titrasi iodometri. Berapa bilangan oksidasi **rata-rata** belerang dalam ion ini?

Jawaban: .....

**Kunci: 2,5**

**Pembahasan:**  $4x + 6(-2) = -2 \rightarrow 4x = 10 \rightarrow x = +2,5$ .

Biloks pecahan menandakan rata-rata. Strukturnya  $\text{O}_3\text{S}-\text{S}-\text{S}-\text{SO}_3$ : dua S ujung bernilai +5 dan dua S tengah bernilai 0; rata-ratanya  $(5 + 5 + 0 + 0)/4 = 2,5$ .

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHO

Mineral kalkosit,  $\text{Cu}_2\text{S}$ , dilarutkan dalam asam nitrat sehingga tembaga menjadi  $\text{Cu}^{2+}$ , belerang menjadi  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan nitrat tereduksi menjadi NO. Berapa elektron yang dilepas oleh **satu** satuan rumus  $\text{Cu}_2\text{S}$ ?

Jawaban: .....  $\text{e}^-$

**Kunci: 10  $\text{e}^-$**

**Pembahasan:** Dalam  $\text{Cu}_2\text{S}$ : Cu = +1, S = -2.

Cu: +1  $\rightarrow$  +2, dua atom: 2 elektron.

S: -2  $\rightarrow$  +6: 8 elektron.

Total 10 elektron per  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Karena NO menerima 3 elektron, perbandingan  $\text{Cu}_2\text{S} : \text{NO} = 3 : 10$ .

Setarakan dengan metode setengah reaksi (suasana asam):



Tunjukkan setiap setengah reaksi, periksa kesetaraan muatan, lalu tentukan berapa mol NO yang terbentuk dari 1,0 mol  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

**Kunci/rubrik:** Oksidasi:  $\text{Cu}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 10\text{e}^-$  [2]

Reduksi:  $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$  [1]

KPK 30: oksidasi  $\times 3$ , reduksi  $\times 10$ , lalu coret  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}^+$  [1]:



[1]

Muatan: kiri  $-10 + 16 = +6$ ; kanan  $+12 - 6 = +6$   $\checkmark$  [1]

mol NO =  $10/3 \times 1,0 \approx 3,3$  mol [1]

**Pembahasan:** Trik olimpiade: perlakukan  $\text{Cu}_2\text{S}$  sebagai satu 'paket' reduktor yang melepas 10 elektron. Setelah dijumlahkan:  $12\text{H}_2\text{O}$  kiri dan  $20\text{H}_2\text{O}$  kanan menyisakan  $8\text{H}_2\text{O}$  kanan;  $40\text{H}^+$  kiri dan  $24\text{H}^+$  kanan menyisakan  $16\text{H}^+$  kiri.

Untuk memeriksa garam beryodium, 20,0 g garam dilarutkan, ditambah KI berlebih dan asam, lalu iodine yang terbentuk dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,00500 M sebanyak 7,20 mL.



Hitung kadar  $\text{KIO}_3$  dalam garam (mg per kg garam). ( $M_r \text{ KIO}_3 = 214$ )

Jawaban: ..... mg/kg

**Kunci: 64,2 mg/kg**

**Pembahasan:**  $\text{mol S}_2\text{O}_3^{2-} = 0,00720 \times 0,00500 = 3,60 \times 10^{-5} \text{ mol}$ .

$\text{mol I}_2 = 1,80 \times 10^{-5} \text{ mol}$ ;  $\text{mol IO}_3^- = 1,80 \times 10^{-5} / 3 = 6,00 \times 10^{-6} \text{ mol}$ .

Massa  $\text{KIO}_3 = 6,00 \times 10^{-6} \times 214 = 1,284 \times 10^{-3} \text{ g} = 1,284 \text{ mg}$  dalam 0,0200 kg.

Kadar =  $1,284 / 0,0200 = 64,2 \text{ mg/kg}$ . Reaksi pertama adalah komproporsionasi: I (+5) dan I (-1) bertemu di I (0).

Garam kalium A berwarna ungu tua dan mengandung 24,7% K (massa). Garam natrium B tak berwarna, hanya tersusun atas Na, C, dan O, dengan kadar Na 34,3%. Dalam asam sulfat encer hangat, larutan A kehilangan warna ketika ditambah B, sambil melepaskan gas yang mengeruhkan air kapur. Diketahui 0,316 g A tepat bereaksi dengan 0,670 g B.

(a) Identifikasi A dan B dengan menunjukkan perhitungannya.

(b) Tuliskan persamaan ion setara reaksi A dan B.

(c) Tunjukkan bahwa data massa konsisten dengan persamaanmu. (Ar K = 39, Mn = 55, O = 16, Na = 23, C = 12)

**Kunci/rubrik:** (a) A: jika satu K per satuan rumus,  $M_r = 39 / 0,247 \approx 158 = \text{KMnO}_4$  (ungu, permanganat) [2]. B: jika dua Na,  $M_r = 46 / 0,343 \approx 134 = \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , natrium oksalat; gas yang mengeruhkan air kapur adalah  $\text{CO}_2$  [2].

(b)  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$  [2]

(c)  $\text{mol A} = 0,316 / 158 = 2,00 \times 10^{-3}$ ;  $\text{mol B} = 0,670 / 134 = 5,00 \times 10^{-3}$ ; perbandingan 2 : 5 sesuai persamaan [2].

**Pembahasan:** Cek alternatif: satu Na dalam B memberi  $M_r \approx 67$ , yang tidak cocok dengan senyawa Na-C-O yang stabil; dua Na memberi 134 =  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ✓. Mn turun dari +7 ke +2 ( $5e^-$ ), C naik dari +3 ke +4 (2 atom:  $2e^-$ ); KPK 10 memberi perbandingan 2 : 5. Reaksi inilah yang dipakai untuk menstandarkan larutan  $\text{KMnO}_4$ .

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Sel volta • 30-1-01

Sel volta (sel galvanik), seperti baterai senter, mengubah ...

- A. energi listrik menjadi energi kimia
- B. energi kimia menjadi energi listrik
- C. energi panas menjadi energi listrik
- D. energi cahaya menjadi energi kimia

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Di sel volta, reaksi redoks yang **spontan** mendorong elektron mengalir lewat kawat, jadi energi kimia berubah menjadi energi listrik. Kebalikannya (listrik → kimia) terjadi di sel elektrolisis (Bab 31), misalnya saat aki diisi ulang.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Anode dan katode • 30-1-02

Pada sel volta, oksidasi terjadi di ... dan elektrode itu merupakan kutub ...

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| A. katode, positif | C. anode, negatif |
| B. katode, negatif | D. anode, positif |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Ingat **KRAO**: Katode–Reduksi, Anode–Oksidasi. Di sel volta berlaku **KPAN**: Katode Positif, Anode Negatif. Anode bermuatan negatif karena elektron hasil oksidasi menumpuk di sana sebelum mengalir ke kawat.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Baterai buah • 30-1-03

Bima menancapkan paku galvanis (paku berlapis seng) dan kawat tembaga ke jeruk nipis, lalu menghubungkannya ke LED. Zat yang melepas elektron adalah ...

- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| A. seng pada lapisan paku | C. sari jeruk nipis |
| B. tembaga pada kawat     | D. kaki LED         |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Seng ( $E^\circ = -0,76 \text{ V}$ ) jauh lebih mudah teroksidasi daripada tembaga, sehingga seng menjadi anode:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ . Elektron mengalir lewat kawat ke tembaga; di sana ion  $\text{H}^+$  dari sari jeruk menangkapnya. Sari jeruk hanya berperan sebagai elektrolit dan penyedia  $\text{H}^+$ .

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian • Aki • 30-1-04

Aki motor bertegangan 12 V tersusun atas beberapa sel timbal–asam bertegangan 2 V yang dirangkai seri. Berapa jumlah selnya?

Jawaban: ..... sel

**Kunci: 6 sel**

**Pembahasan:** Pada rangkaian seri, tegangan setiap sel dijumlahkan:  $n \times 2 \text{ V} = 12 \text{ V}$ , sehingga  $n = 12/2 = 6$  sel. Itu sebabnya aki 12 V punya enam lubang tutup sel.

5. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Jembatan garam • 30-2-01

Fungsi jembatan garam pada sel Daniell adalah ...

- A. mengalirkan elektron dari anode ke katode
- B. menambah tegangan sel
- C. menjadi tempat terjadinya reduksi
- D. menjaga kenetralan muatan kedua larutan dengan mengalirkan ion

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Saat sel bekerja, gelas anode bertambah ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan gelas katode kehilangan ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Jembatan garam mengirim anion (mis.  $\text{NO}_3^-$ ) ke gelas anode dan kation (mis.  $\text{K}^+$ ) ke gelas katode sehingga kedua larutan tetap netral dan arus tidak berhenti. Elektron **tidak** lewat jembatan garam; elektron hanya mengalir di kawat.

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Potensial sel standar • 30-2-02

Hitung  $E_{\text{sel}}^\circ$  (V) untuk sel volta magnesium-tembaga. ( $E^\circ: \text{Mg}^{2+}/\text{Mg} = -2,37 \text{ V}$ ;  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu} = +0,34 \text{ V}$ )

Jawaban: ..... V

**Kunci: 2,71 V****Pembahasan:** Katode =  $E^\circ$  lebih besar (tembaga), anode = magnesium.

$$E_{\text{sel}}^\circ = E_{\text{katode}}^\circ - E_{\text{anode}}^\circ = 0,34 - (-2,37) = 2,71 \text{ V.}$$

Hasilnya positif, jadi reaksi  $\text{Mg} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}$  spontan.

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Deret volta • 30-2-03

Berdasarkan deret volta (... Zn Fe Ni Sn Pb (H) Cu Ag ...), reaksi manakah yang dapat berlangsung spontan?

- A.  $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$
- B.  $\text{Cu} + \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{Zn}$
- C.  $2 \text{Ag} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}$
- D.  $\text{Cu} + \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{Fe}$

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Logam di **kiri** deret volta dapat mendesak ion logam di kanannya. Fe berada di kiri Cu, sehingga besi mampu mereduksi  $\text{Cu}^{2+}$ ; paku besi berlapis tembaga. Tiga pilihan lain mencoba membuat logam kanan mendesak ion logam kiri, jadi tidak berlangsung.

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Reduksi di katode • 30-2-04

Sel volta tersusun dari elektrode nikel dalam larutan  $\text{NiSO}_4$  dan elektrode perak dalam larutan  $\text{AgNO}_3$ .Tuliskan rumus ion yang **tereduksi** di katode. (Contoh cara menulis:  $\text{Fe}^{2+}$ )

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{Ag}^+$** 

**Pembahasan:**  $E^\circ \text{Ag}^+/\text{Ag} = +0,80 \text{ V}$  lebih besar daripada  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni} = -0,25 \text{ V}$ , sehingga perak menjadi katode. Di sana ion  $\text{Ag}^+$  menangkap elektron:  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ . Nikel menjadi anode dan teroksidasi.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Potensial sel standar • 30-3-01

Hitung  $E_{sel}^{\circ}$  (V) untuk sel  $\text{Al(s)} \mid \text{Al}^{3+}(\text{aq}) \parallel \text{Ag}^{+}(\text{aq}) \mid \text{Ag(s)}$ . ( $E^{\circ}$ :  $\text{Al}^{3+}/\text{Al} = -1,66 \text{ V}$ ;  $\text{Ag}^{+}/\text{Ag} = +0,80 \text{ V}$ )

Jawaban: ..... V

**Kunci: 2,46 V**

**Pembahasan:** Anode (kiri):  $\text{Al} \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^{-}$ ; katode (kanan):  $3 \text{Ag}^{+} + 3 \text{e}^{-} \longrightarrow 3 \text{Ag}$ .

Reaksi sel:  $\text{Al} + 3 \text{Ag}^{+} \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{Ag}$ .

$E_{sel}^{\circ} = 0,80 - (-1,66) = 2,46 \text{ V}$ .

Potensial elektrode adalah besaran intensif, jadi tidak dikali koefisien. Jawaban 4,06 V ( $0,80 \times 3 + 1,66$ ) adalah jebakan klasik.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Notasi sel • 30-3-02

Diketahui notasi sel  $\text{Fe(s)} \mid \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Pb(s)}$  dengan  $E^{\circ} \text{Fe}^{2+}/\text{Fe} = -0,44 \text{ V}$  dan  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb} = -0,13 \text{ V}$ . Pernyataan yang benar adalah ...

- A. besi bertindak sebagai katode
- B. elektron mengalir dari Pb ke Fe melalui kawat
- C.  $E_{sel}^{\circ} = -0,31 \text{ V}$  sehingga reaksinya tidak spontan
- D. massa elektrode timbal bertambah

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Dalam notasi sel, kiri = anode (Fe teroksidasi) dan kanan = katode ( $\text{Pb}^{2+}$  tereduksi menjadi Pb yang menempel, sehingga massa elektrode timbal **bertambah**).

$E_{sel}^{\circ} = -0,13 - (-0,44) = +0,31 \text{ V}$ , positif dan spontan. Elektron mengalir dari Fe (anode) ke Pb (katode).

11. Lv 3 • Pejuang • Isian •  $\Delta G^{\circ}$  dari  $E^{\circ}$  • 30-3-03

Hitung  $\Delta G^{\circ}$  (kJ) untuk reaksi sel Daniell  $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$  dengan  $E_{sel}^{\circ} = 1,10 \text{ V}$ . ( $F = 96.485 \text{ C/mol}$ )

Jawaban: ..... kJ

**Kunci: -212,3 kJ**

**Pembahasan:** Setiap atom Zn melepas 2 elektron, jadi  $n = 2$ .

$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ} = -2 \times 96.485 \times 1,10 = -212.267 \text{ J} \approx -212,3 \text{ kJ}$ .

Tanda negatif cocok dengan  $E_{sel}^{\circ}$  positif: reaksi spontan.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Kekuatan reduktor • 30-3-04

Data  $E^{\circ}$ :  $\text{Mg}^{2+}/\text{Mg} -2,37 \text{ V}$ ;  $\text{Al}^{3+}/\text{Al} -1,66 \text{ V}$ ;  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn} -0,76 \text{ V}$ ;  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe} -0,44 \text{ V}$ ;  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni} -0,25 \text{ V}$ ;  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu} +0,34 \text{ V}$ . Logam yang dapat mereduksi ion  $\text{Ni}^{2+}$  tetapi **tidak** dapat mereduksi ion  $\text{Zn}^{2+}$  adalah ...

- A. Mg
- B. Fe
- C. Cu
- D. Al

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Logam X mereduksi  $\text{Ni}^{2+}$  bila  $E_X^{\circ} < -0,25 \text{ V}$ , dan tidak mereduksi  $\text{Zn}^{2+}$  bila  $E_X^{\circ} > -0,76 \text{ V}$ . Hanya Fe ( $-0,44 \text{ V}$ ) yang berada di antara keduanya. Mg dan Al mereduksi keduanya; Cu tidak mereduksi keduanya.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Sel sederhana (data) • gaya IGCSE • 30-4-01

Laras membuat sel sederhana: sebatang logam dan sebatang tembaga dicelup ke larutan garam dapur lalu dihubungkan ke voltmeter. Tabel berikut berisi tegangan ideal sel tersebut: magnesium–tembaga 2,7 V; seng–tembaga 1,1 V; besi–tembaga 0,8 V; logam X–tembaga 0,5 V.

- Nyatakan** elektrode negatif pada sel seng–tembaga. [1]
- Deduksikan** urutan kereaktifan Mg, Zn, Fe, X, dan Cu, dari yang paling reaktif. [2]
- Jelaskan** mengapa sel magnesium–tembaga memberi tegangan terbesar. [2]
- Sarankan** tegangan sel magnesium–seng, lalu **nyatakan** elektrode negatifnya. [2]

**Kunci/rubrik:** (a) Seng [1]: logam yang lebih reaktif melepas elektron sehingga menjadi elektrode negatif (anode).  
 (b)  $Mg > Zn > Fe > X > Cu$  [1 untuk urutan Mg, Zn, Fe; 1 untuk X di antara Fe dan Cu].  
 (c) Selisih kereaktifan Mg dan Cu paling besar [1]; Mg paling mudah melepas elektron, sehingga dorongan elektron (beda potensial) paling besar [1].  
 (d)  $\pm 2,7 - 1,1 = 1,6$  V [1]; magnesium adalah elektrode negatif [1].

**Pembahasan:** Pada sel sederhana, makin jauh jarak kedua logam di deret kereaktifan, makin besar tegangannya. Karena semua sel memakai tembaga sebagai pasangan, tegangan sel X–Cu menunjukkan posisi X: 0,5 V lebih kecil daripada Fe–Cu, jadi X kurang reaktif daripada Fe tetapi lebih reaktif daripada Cu. Untuk Mg–Zn:  $E \approx 2,7 - 1,1 = 1,6$  V (sama dengan selisih  $E^\circ$ :  $-0,76 - (-2,37) = 1,61$  V). Mg lebih reaktif, jadi Mg menjadi elektrode negatif.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Sel bahan bakar • gaya IGCSE • 30-4-02

Sel bahan bakar hidrogen pada sebuah bus menghasilkan listrik dari reaksi  $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ . **Hitung** massa air (g) yang dihasilkan bila 0,50 mol  $H_2$  bereaksi. ( $M_r$   $H_2O = 18$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 9 g**

**Pembahasan:** Perbandingan mol  $H_2 : H_2O = 2 : 2 = 1 : 1$ , jadi 0,50 mol  $H_2$  menghasilkan 0,50 mol  $H_2O$ .  
 Massa air =  $0,50 \times 18 = 9,0$  g. Satu-satunya hasil buang sel ini adalah air.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Aki • gaya IGCSE • 30-4-03

Saat aki motor dipakai (melepas muatan), massa jenis cairan elektrolitnya ...

- naik, karena air menguap dari aki
- turun, karena asam sulfat terpakai menjadi  $PbSO_4$  dan air
- tetap, karena elektrolit tidak ikut bereaksi
- naik, karena  $PbSO_4$  larut ke dalam elektrolit

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Reaksi pengosongan aki:  $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$ . Asam sulfat (pekat dan berat) terpakai, sedangkan air bertambah, sehingga massa jenis elektrolit turun (dari  $\pm 1,28$  g/cm<sup>3</sup> mendekati  $\pm 1,1$  g/cm<sup>3</sup>).  $PbSO_4$  sukar larut dan menempel di lempeng.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Energi paket baterai • gaya IGCSE • 30-4-04

Paket baterai sebuah motor listrik tersusun atas 20 kelompok sel yang dirangkai seri. Setiap kelompok berisi 10 sel litium-ion (3,6 V; 2,5 Ah) yang dirangkai paralel. **Hitung** energi yang tersimpan dalam paket itu (kWh). (Energi = tegangan × kapasitas)

Jawaban: ..... kWh

**Kunci: 1,8 kWh**

**Pembahasan:** Tegangan paket (20 kelompok seri):  $20 \times 3,6 = 72 \text{ V}$ .

Kapasitas paket (10 sel paralel per kelompok):  $10 \times 2,5 = 25 \text{ Ah}$ .

Energi =  $72 \text{ V} \times 25 \text{ Ah} = 1.800 \text{ Wh} = 1,8 \text{ kWh}$ , kira-kira cukup untuk menempuh 50–70 km dengan motor listrik.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Isian • Persamaan Nernst • gaya IB • 30-5-01

Hitung potensial sel (V) pada 298 K untuk  $\text{Zn(s)} \mid \text{Zn}^{2+}(0,010 \text{ M}) \parallel \text{Cu}^{2+}(1,0 \text{ M}) \mid \text{Cu(s)}$ , bila  $E_{\text{sel}}^{\circ} = 1,10 \text{ V}$ .

Jawaban: ..... V

**Kunci: 1,159 V**

**Pembahasan:** Reaksi sel  $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ ,  $n = 2$ .

$$Q = \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} = \frac{0,010}{1,0} = 0,010, \log Q = -2.$$

$$E = 1,10 - \frac{0,0592}{2}(-2) = 1,10 + 0,059 = 1,159 \text{ V}.$$

Tegangan naik karena hasil reaksi ( $\text{Zn}^{2+}$ ) sedikit, sesuai prinsip Le Chatelier.

18. Lv 5 • IB DP • Uraian • Sel bahan bakar • gaya IB • 30-5-02

Sebuah sel bahan bakar hidrogen bermembran penghantar proton bekerja pada 298 K.

(a) Tuliskan setengah reaksi di anode dan di katode. [2]

(b) Dengan  $E^{\circ} \text{O}_2/\text{H}_2\text{O} = +1,23 \text{ V}$ , hitung  $\Delta G^{\circ}$  untuk  $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . [2]

(c)  $\Delta H^{\circ}$  reaksi tersebut  $-572 \text{ kJ}$ . Hitung efisiensi maksimum teoretis sel,  $\Delta G^{\circ}/\Delta H^{\circ}$ . [1]

(d) Sarankan dua alasan mengapa tegangan sel yang sedang bekerja hanya  $\pm 0,7 \text{ V}$ . [2]

**Kunci/rubrik:** (a) Anode:  $\text{H}_2 \longrightarrow 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-}$  [1]; katode:  $\text{O}_2 + 4 \text{H}^{+} + 4 \text{e}^{-} \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  [1].

(b)  $n = 4$  [1];  $\Delta G^{\circ} = -4 \times 96.485 \times 1,23 = -4,75 \times 10^5 \text{ J} = -475 \text{ kJ}$  [1].

(c)  $475/572 = 0,83$ , jadi efisiensi maksimum  $\pm 83\%$  [1].

(d) Dua dari: hambatan dalam membran dan elektrode; reaksi elektrode yang lambat (overpotensial, terutama reduksi  $\text{O}_2$ ); tekanan atau konsentrasi gas tidak standar; suhu bukan 298 K; sebagian gas bocor menembus membran [2].

**Pembahasan:** Pada (b), persamaan untuk 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$  memindahkan 4 mol elektron. Hasil  $-475 \text{ kJ}$  berarti  $-237 \text{ kJ}$  per mol air, sama dengan  $\Delta G_f^{\circ}$  air cair, cek kewajaran yang bagus.

Pada (c), mesin bakar dibatasi siklus panas (Carnot) dengan efisiensi praktis 25–40%, sedangkan sel bahan bakar dibatasi  $\Delta G/\Delta H$ , jauh lebih tinggi.

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Tetapan kesetimbangan dari  $E^\circ$  • gaya IB • 30-5-03

Untuk reaksi  $\text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)}$ ,  $E_{\text{sel}}^\circ = 0,46\text{ V}$ . Hitung  $\log K$  pada 298 K.

Jawaban: .....

**Kunci: 15,55**

**Pembahasan:**  $n = 2$  (setiap Cu melepas 2 elektron untuk 2 ion  $\text{Ag}^+$ ).

$$\log K = \frac{nE^\circ}{0,0592} = \frac{2 \times 0,46}{0,0592} = 15,5, \text{ jadi } K \approx 3,6 \times 10^{15}.$$

$K$  yang sangat besar menjelaskan mengapa "pohon perak" tumbuh sampai hampir semua  $\text{Ag}^+$  habis.

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Tanda  $E^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$ , dan  $K$  • gaya IB • 30-5-04

Untuk sebuah reaksi redoks dengan  $E_{\text{sel}}^\circ > 0$ , pasangan pernyataan yang benar adalah ...

- A.  $\Delta G^\circ > 0$  dan  $K > 1$
- B.  $\Delta G^\circ < 0$  dan  $K < 1$
- C.  $\Delta G^\circ < 0$  dan  $K > 1$
- D.  $\Delta G^\circ > 0$  dan  $K < 1$

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $\Delta G^\circ = -nFE^\circ$ : bila  $E^\circ > 0$ , maka  $\Delta G^\circ < 0$ . Lalu  $\Delta G^\circ = -RT \ln K < 0$  berarti  $\ln K > 0$ , jadi  $K > 1$ . Ketiganya adalah tiga cara mengatakan "reaksi spontan ke kanan".

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Menggabungkan setengah reaksi • gaya olimpiade • 30-6-01

Diketahui  $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$ ,  $E^\circ = +0,77\text{ V}$  dan  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}$ ,  $E^\circ = -0,44\text{ V}$ . Hitung  $E^\circ$  (V) untuk setengah reaksi  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}$ .

Jawaban: ..... V

**Kunci: -0,0367 V**

**Pembahasan:** Jumlahkan energinya, bukan potensialnya:

$$\Delta G_3^\circ = \Delta G_1^\circ + \Delta G_2^\circ$$

$$-3FE_3^\circ = -1F(0,77) - 2F(-0,44)$$

$$E_3^\circ = \frac{0,77 - 0,88}{3} = -0,037\text{ V}.$$

Menjumlahkan langsung ( $0,77 - 0,44 = 0,33\text{ V}$ ) keliru karena jumlah elektron setiap setengah reaksi berbeda.

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Ksp dari potensial elektrode • gaya olimpiade • 30-6-02

Diketahui  $\text{AgCl(s)} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag(s)} + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ,  $E^\circ = +0,222\text{ V}$  dan  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag(s)}$ ,  $E^\circ = +0,800\text{ V}$ . Hitung  $K_{\text{sp}}$  AgCl pada 298 K.

Jawaban: .....

**Kunci:  $1,7 \times 10^{-10}$**

**Pembahasan:** Reaksi pelarutan  $\text{AgCl(s)} \longrightarrow \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$  = reduksi AgCl (katode) + oksidasi Ag (anode, kebalikan reduksi  $\text{Ag}^+$ ).

$$E^\circ = 0,222 - 0,800 = -0,578\text{ V}, n = 1.$$

$$\log K_{\text{sp}} = \frac{nE^\circ}{0,0592} = \frac{-0,578}{0,0592} = -9,77.$$

$K_{\text{sp}} = 10^{-9,77} \approx 1,7 \times 10^{-10}$ , cocok dengan nilai tabel (Bab 28). Potensial sel adalah cara elegan mengukur kelarutan yang terlalu kecil untuk ditimbang.

Kimo merakit sel  $\text{Pt} \mid \text{H}_2(1 \text{ bar}) \mid \text{H}^+(x \text{ M}) \parallel \text{H}^+(1,0 \text{ M}) \mid \text{H}_2(1 \text{ bar}) \mid \text{Pt}$  dan voltmeter membaca  $E_{\text{sel}} = +0,236 \text{ V}$  pada  $25^\circ\text{C}$ .

- Tentukan elektrode yang menjadi anode dan jelaskan arah aliran elektron. [2]
- Hitung pH larutan kiri. [2]
- Jelaskan mengapa pH-meter bekerja dengan prinsip yang sama, dan berapa perubahan tegangan untuk setiap satu satuan pH. [2]
- Bila larutan kiri diganti cuka dengan pH  $\pm 2,9$ , ramalkan  $E_{\text{sel}}$ . [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Anode = elektrode kiri, yang larutannya lebih encer [1]. Di sana  $\text{H}_2 \longrightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$  sehingga  $[\text{H}^+]$  encer bertambah; elektron mengalir lewat kawat dari kiri ke kanan, tempat  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$  [1].

(b) Reaksi total  $2 \text{H}^+(1 \text{ M}) \rightarrow 2 \text{H}^+(x \text{ M})$ ,  $E^\circ = 0$ ,  $Q = x^2$ ;  $E = -\frac{0,0592}{2} \log x^2 = -0,0592 \log x = 0,0592 \text{ pH}$  [1];  $\text{pH} = 0,236/0,0592 = 3,99 \approx 4,0$  [1].

(c) Tegangan sel konsentrasi sebanding dengan selisih pH:  $\pm 59 \text{ mV}$  untuk setiap satuan pH pada  $25^\circ\text{C}$  [1]. pH-meter mengukur tegangan elektrode kaca (peka  $\text{H}^+$ ) terhadap elektrode pembanding lalu mengubahnya menjadi angka pH [1].

(d)  $E \approx 0,0592 \times 2,9 \approx 0,17 \text{ V}$  [1].

**Pembahasan:** Sel konsentrasi tidak punya  $E^\circ$ ; seluruh tegangannya berasal dari suku Nernst. Elektron selalu mengalir sedemikian rupa sehingga kedua konsentrasi menjadi sama: larutan encer (anode) makin pekat, larutan pekat (katode) makin encer. Cek kewajaran: makin asam larutan kiri (pH kecil), makin kecil  $E$ , dan pada pH 0 tegangannya nol.

Sebuah aki motor  $12 \text{ V}$  (6 sel timbal-asam dirangkai seri) melepas muatan  $5,0 \text{ Ah}$  sampai kosong. Hitung massa total timbal (g) di anode keenam sel yang berubah menjadi  $\text{PbSO}_4$ . ( $F = 96.485 \text{ C/mol}$ ;  $A_r \text{ Pb} = 207,2$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 116 g**

**Pembahasan:** Muatan:  $Q = 5,0 \text{ A} \times 3.600 \text{ s} = 18.000 \text{ C}$ , jadi mol elektron =  $18.000/96.485 = 0,1866 \text{ mol}$ .

Anode:  $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^-$ , sehingga mol Pb per sel =  $0,1866/2 = 0,0933 \text{ mol} = 19,3 \text{ g}$ .

Kunci olimpiadanya: pada rangkaian seri, muatan yang sama melewati **setiap** sel, jadi keenam sel masing-masing bereaksi sebanyak itu.

Total =  $6 \times 19,3 = 116 \text{ g}$  timbal. Itu baru yang bereaksi; aki sungguhan memuat timbal jauh lebih banyak agar tetap kuat dan tahan lama.

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Sel elektrolisis • 31-1-01

Pada sel elektrolisis terjadi perubahan energi ...

- A. kimia menjadi listrik
- B. listrik menjadi kimia
- C. panas menjadi listrik
- D. cahaya menjadi kimia

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Sel elektrolisis memakai listrik dari luar (baterai atau sumber arus) untuk memaksa reaksi yang tidak spontan. Jadi energi listrik diubah menjadi energi kimia. Perubahan kimia → listrik terjadi pada sel volta (baterai).

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Syarat perkaratan • 31-1-02

Paku besi paling mudah berkarat bila berada di tempat yang mengandung ...

- A. air saja
- B. oksigen saja
- C. air dan oksigen sekaligus
- D. minyak dan oksigen

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Karat terbentuk lewat sel volta mini yang butuh **air** (sebagai elektrolit) dan **oksigen** (direduksi di katode) sekaligus. Tanpa salah satunya, perkaratan hampir berhenti. Minyak justru menghalangi air dan oksigen.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Penyepuhan • 31-1-03

Laras ingin menyepuh cincin kuningan dengan perak. Cincin itu harus dipasang sebagai ...

- A. katode, disambung ke kutub negatif
- B. anode, disambung ke kutub positif
- C. anode, disambung ke kutub negatif
- D. jembatan garam di antara kedua elektrode

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Ion  $\text{Ag}^+$  harus **direduksi** menjadi logam perak di permukaan cincin:  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ . Reduksi terjadi di katode, yang pada sel elektrolisis disambung ke kutub negatif. Logam perak penyepuh dipasang sebagai anode.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pencegahan korosi • 31-1-04

Balok seng dibaut ke lambung kapal baja agar baja tidak berkarat. Cara ini disebut ...

- A. pengecatan
- B. pelumasan
- C. penyepuhan emas
- D. proteksi katodik dengan anode korban

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Seng lebih reaktif daripada besi, jadi seng yang teroksidasi (berkorban) dan melepas elektron ke baja. Baja menjadi katode sehingga terlindung. Cara ini disebut proteksi katodik dengan anode korban.

**Lv 2 • Penjelajah SMP (Fase D)**

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Muatan listrik • 31-2-01

Arus 2 A dialirkan selama 10 menit. Berapa coulomb muatan listrik yang mengalir?

Jawaban: ..... C

**Kunci: 1.200 C****Pembahasan:** Ubah waktu ke detik: 10 menit = 600 s.

$$Q = I \times t = 2 \times 600 = 1.200 \text{ C.}$$

6. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Elektrolisis leburan • 31-2-02

Hasil di katode pada elektrolisis lelehan NaCl dengan elektrode karbon adalah ...

- A. gas klorin  
B. gas hidrogen  
C. logam natrium  
D. gas oksigen

**Kunci: C****Pembahasan:** Lelehan NaCl tidak berisi air, jadi tidak ada persaingan. Di katode,  $\text{Na}^+$  direduksi:  $\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$ . Gas klorin terbentuk di anode. Gas hidrogen hanya terbentuk bila ada air (larutan).

7. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Elektrolisis air garam • 31-2-03

Tuliskan rumus kimia gas yang terbentuk di **anode** pada elektrolisis larutan NaCl pekat dengan elektrode karbon.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{Cl}_2$** **Pembahasan:** Pada larutan pekat, ion  $\text{Cl}^-$  dioksidasi di anode:  $2 \text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$ . Di katode terbentuk  $\text{H}_2$ , dan larutannya menjadi NaOH.

8. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Elektrolisis air • 31-2-04

Elektrolisis larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  menghasilkan 30 mL gas hidrogen di katode. Berapa mL gas oksigen yang terbentuk di anode pada suhu dan tekanan yang sama?

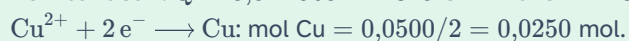
Jawaban: ..... mL

**Kunci: 15 mL****Pembahasan:** Yang terurai sebenarnya adalah air:  $2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ . Perbandingan volume  $\text{H}_2 : \text{O}_2 = 2 : 1$ , jadi  $V_{\text{O}_2} = 30/2 = 15 \text{ mL}$ .**Lv 3 • Pejuang SMA • TKA/UTBK**

9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum Faraday • 31-3-01

Arus 5,0 A dialirkan selama 965 detik ke larutan  $\text{CuSO}_4$ . Berapa gram tembaga yang mengendap di katode? (Ar Cu = 63,5; F = 96.500 C/mol)

Jawaban: ..... g

**Kunci: 1,59 g****Pembahasan:**  $Q = 5,0 \times 965 = 4.825 \text{ C} \rightarrow \text{mol e}^- = 4.825/96.500 = 0,0500 \text{ mol}$ .

$$\text{Massa} = 0,0250 \times 63,5 = 1,59 \text{ g}$$

10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Volume gas elektrolisis • 31-3-02

Larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dielektrolisis dengan elektrode karbon memakai arus 1,93 A selama 50 menit. Berapa liter gas oksigen (STP) yang terbentuk di anode? ( $F = 96.500 \text{ C/mol}$ )

Jawaban: ..... L

**Kunci: 0,336 L**

**Pembahasan:**  $Q = 1,93 \times 3.000 = 5.790 \text{ C} \rightarrow \text{mol } e^- = 5.790/96.500 = 0,0600 \text{ mol}$ .

$2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 e^-$ :  $\text{mol } \text{O}_2 = 0,0600/4 = 0,0150 \text{ mol}$ .

$V = 0,0150 \times 22,4 = 0,336 \text{ L}$  (336 mL). Di katode terbentuk dua kali lipatannya, 672 mL  $\text{H}_2$ .

11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Elektrolisis  $\text{CuSO}_4$  • 31-3-03

Larutan  $\text{CuSO}_4$  dielektrolisis dengan elektrode karbon selama beberapa jam, ditetesi indikator universal. Apa yang teramati pada larutan?

- A. Biru makin pekat dan larutan menjadi basa.
- B. Biru memudar dan larutan menjadi asam.
- C. Biru tetap dan larutan tetap netral.
- D. Larutan berubah hijau dan menjadi basa.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Katode:  $\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}$ , jadi ion biru  $\text{Cu}^{2+}$  berkurang dan warnanya memudar.

Anode (inert, ion  $\text{SO}_4^{2-}$  tidak teroksidasi):  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 e^-$ . Ion  $\text{H}^+$  membuat larutan menjadi asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), indikator universal menjadi merah. Bila elektrodanya tembaga, birunya tetap.

12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum Faraday II • 31-3-04

Dua sel dirangkai seri: sel I berisi larutan  $\text{AgNO}_3$ , sel II berisi larutan  $\text{CuSO}_4$ . Setelah arus dialirkan, katode sel I bertambah 2,16 g perak. Berapa gram tembaga yang mengendap di sel II? ( $\text{Ar Ag} = 108$ ,  $\text{Cu} = 63,5$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 0,635 g**

**Pembahasan:**  $\text{Mol Ag} = 2,16/108 = 0,0200 \text{ mol} = \text{mol } e^-$  (karena  $\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$ ).

Sel II:  $\text{mol Cu} = 0,0200/2 = 0,0100 \text{ mol} \rightarrow 0,0100 \times 63,5 = 0,635 \text{ g}$ .

Cara Hukum Faraday II:  $\frac{m_{\text{Cu}}}{63,5/2} = \frac{2,16}{108/1}$ .

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Elektrolisis air garam • gaya IGCSE • 31-4-01

Larutan natrium klorida pekat (*concentrated aqueous sodium chloride*) dielektrolisis dengan elektrode inert.

- Nyatakan** produk di anode dan di katode. [2]
- Tuliskan** persamaan setengah reaksi di katode. [1]
- Jelaskan** mengapa larutan di sekitar katode menjadi basa. [2]
- Jelaskan** uji untuk gas yang terbentuk di anode beserta hasilnya. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Anode: klorin,  $\text{Cl}_2$  [1]; katode: hidrogen,  $\text{H}_2$  [1].

(b)  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$  (atau  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ ) [1].

(c) Air/ion  $\text{H}^+$  direduksi menjadi  $\text{H}_2$  sehingga ion  $\text{OH}^-$  tertinggal/terbentuk [1]; ion  $\text{Na}^+$  tidak direduksi sehingga larutan berisi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , yaitu  $\text{NaOH}$  [1].

(d) Kertas lakmus biru basah menjadi merah lalu putih (warnanya dipudarkan/*bleached*) [1].

**Pembahasan:** Natrium sangat reaktif sehingga  $\text{Na}^+$  tidak direduksi dalam larutan; yang direduksi adalah air. Pada larutan pekat,  $\text{Cl}^-$  yang dioksidasi di anode. Uji hidrogen: nyala bidai berbunyi "pop". Uji klorin: memudarkan lakmus basah. Reaksi total:  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ , dasar industri klor-alkali.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Volume gas hasil elektrolisis • gaya IGCSE • 31-4-02

**Hitung** volume gas hidrogen (dalam  $\text{cm}^3$ , pada suhu kamar; 1 mol gas =  $24\text{ dm}^3$ ) yang terbentuk bila arus 0,50 A dialirkan selama 1.930 s melalui asam sulfat encer. ( $F = 96.500\text{ C/mol}$ )

Jawaban: .....  $\text{cm}^3$

**Kunci:** 120  $\text{cm}^3$

**Pembahasan:**  $Q = 0,50 \times 1.930 = 965\text{ C} \rightarrow \text{mol e}^- = 965/96.500 = 0,0100\text{ mol}$ .

$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ :  $\text{mol H}_2 = 0,00500\text{ mol}$ .

$V = 0,00500 \times 24.000 = 120\text{ cm}^3$ .

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Produk di anode • gaya IGCSE • 31-4-03

Elektrolit manakah yang menghasilkan **oksigen** di anode bila dielektrolisis dengan elektrode inert?

- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| A. lelehan timbal(II) bromida | C. larutan kalium iodida pekat |
| B. asam klorida pekat         | D. asam sulfat encer           |

**Kunci:** D

**Pembahasan:** Ion  $\text{SO}_4^{2-}$  tidak teroksidasi, jadi air yang dioksidasi:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ . Pilihan lain mengandung ion halida yang menghasilkan halogen:  $\text{Br}_2$  dari lelehan  $\text{PbBr}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  dari  $\text{HCl}$  pekat, dan  $\text{I}_2$  dari  $\text{KI}$  pekat.

Pernyataan yang benar tentang pemurnian tembaga secara elektrolisis adalah ...

- A. Anode tembaga kotor berkurang massanya, dan lumpur anodenya mengandung perak dan emas.
- B. Katode dibuat dari tembaga kotor agar pengotornya larut.
- C. Gas oksigen terbentuk di anode sehingga konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  turun drastis.
- D. Ion seng dari pengotor ikut mengendap di katode bersama tembaga.

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Tembaga kotor dipasang sebagai anode dan larut:  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ . Tembaga murni mengendap di katode, sehingga kadar  $\text{Cu}^{2+}$  relatif tetap dan tidak ada gas. Logam yang kurang reaktif (Ag, Au) tidak larut dan jatuh sebagai lumpur anode. Logam yang lebih reaktif (Zn, Fe) larut tetapi tetap tinggal di larutan karena lebih sulit direduksi daripada  $\text{Cu}^{2+}$ .

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

Aluminium diproduksi dengan elektrolisis alumina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , yang dilarutkan dalam kriolit cair.

- (a) Jelaskan mengapa alumina dilarutkan dalam kriolit, bukan dielektrolisis sebagai lelehan murni. [2]
- (b) Tuliskan setengah reaksi di katode dan di anode. [2]
- (c) Jelaskan mengapa anode karbon harus diganti secara berkala. [1]
- (d) Sebuah sel bekerja dengan arus 150 kA selama 24,0 jam pada efisiensi arus 95,0%. Hitung massa aluminium yang dihasilkan dalam ton. (Ar Al = 26,98; F = 96.485 C/mol) [3]

**Kunci/rubrik:** (a) Titik leleh  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sangat tinggi ( $\pm 2.070^\circ\text{C}$ ) [1]; larutannya dalam kriolit cair dapat dielektrolisis pada  $\pm 960^\circ\text{C}$  sehingga menghemat energi dan biaya, sementara ion-ionnya tetap bebas bergerak [1].

(b) Katode:  $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$  [1]; anode:  $2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^-$  (atau  $\text{C} + 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{e}^-$ ) [1].

(c) Oksigen yang terbentuk bereaksi dengan karbon panas menjadi  $\text{CO}_2$  (dan CO), sehingga anode terbakar habis [1].

(d)  $Q = 1,50 \times 10^5 \times 86.400 = 1,296 \times 10^{10}$  C [1]; mol Al teoretis =  $Q/3F = 4,48 \times 10^4$  mol [1]; massa =  $4,48 \times 10^4 \times 26,98 \times 0,950 = 1,15 \times 10^6$  g = 1,15 ton [1].

**Pembahasan:** Bagian (d) memakai jembatan Faraday: muatan  $\rightarrow$  mol elektron ( $\div F$ )  $\rightarrow$  mol Al ( $\div 3$ )  $\rightarrow$  massa ( $\times$  Ar), lalu dikali efisiensi arus. Cek kewajaran: sel modern  $\pm 300$  kA menghasilkan  $\pm 2,3$  ton per hari, jadi 1,15 ton untuk 150 kA masuk akal.

Arus 1,50 A dialirkan selama 30,0 menit melalui larutan garam logam M yang berisi ion  $\text{M}^{2+}$ . Massa katode bertambah 0,821 g. Hitung massa molar M (g/mol). (F = 96.485 C/mol)

Jawaban: ..... g/mol

**Kunci: 58,7 g/mol**

**Pembahasan:**  $Q = 1,50 \times 1.800 = 2.700$  C  $\rightarrow$  mol  $\text{e}^- = 2.700/96.485 = 0,02798$  mol.

mol M =  $0,02798/2 = 0,01399$  mol.

$M = 0,821/0,01399 = 58,7$  g/mol  $\rightarrow$  logam **nikel** (Ar 58,69), cocok dengan penyepuhan nikel dari  $\text{NiSO}_4$ .

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Menentukan tetapan Faraday • gaya IB • 31-5-03

Dalam percobaan menentukan tetapan Faraday, arus tetap 0,500 A dialirkan selama 32,2 menit melalui larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan elektrode tembaga. Massa katode bertambah 0,318 g. Hitung nilai  $F$  (C/mol) dari data ini. (Ar Cu = 63,55)

Jawaban: ..... C/mol

**Kunci: 96.500 C/mol**

**Pembahasan:**  $Q = 0,500 \times 32,2 \times 60 = 966 \text{ C}$ .

$\text{mol Cu} = 0,318/63,55 = 5,004 \times 10^{-3} \text{ mol} \rightarrow \text{mol e}^- = 1,001 \times 10^{-2} \text{ mol}$ .

$F = 966/1,001 \times 10^{-2} = 9,65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ . Galatnya terhadap nilai literatur (96.485) hanya  $\pm 0,04\%$ . Sumber galat nyata: katode kurang kering saat ditimbang, endapan rontok, atau arus tidak benar-benar tetap.

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Overpotensial • gaya IB • 31-5-04

Mengapa elektrolisis larutan NaCl pekat menghasilkan  $\text{Cl}_2$  di anode, padahal  $E^\circ$  reduksi  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  (+1,23 V) lebih kecil daripada  $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$  (+1,36 V)?

- A. Ion  $\text{Cl}^-$  lebih mudah direduksi daripada air.
- B. Pembentukan  $\text{O}_2$  memiliki overpotensial besar, dan konsentrasi  $\text{Cl}^-$  tinggi.
- C. Molekul air sama sekali tidak dapat dioksidasi di anode inert.
- D. Ion  $\text{Na}^+$  mengkatalisis oksidasi  $\text{Cl}^-$  di permukaan anode.

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Berdasarkan  $E^\circ$  saja, air seharusnya lebih mudah dioksidasi. Namun pembentukan  $\text{O}_2$  di permukaan elektrode lambat dan butuh tegangan tambahan (overpotensial) yang besar, sedangkan overpotensial  $\text{Cl}_2$  kecil. Konsentrasi  $\text{Cl}^-$  yang tinggi juga menurunkan potensial oksidasinya (persamaan Nernst). Pilihan A keliru karena di anode terjadi oksidasi, bukan reduksi.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • pH setelah elektrolisis • gaya olimpiade • 31-6-01

Sebanyak 500 mL larutan  $\text{CuSO}_4$  0,100 M dielektrolisis dengan elektrode platina memakai arus 2,00 A selama 1,00 jam. Anggap volume larutan tetap dan semua ion  $\text{H}^+$  yang terbentuk bebas (abaikan pembentukan  $\text{HSO}_4^-$ ). Hitung pH larutan akhir. ( $F = 96.485 \text{ C/mol}$ )

Jawaban: .....

**Kunci: 0,83**

**Pembahasan:**  $\text{mol e}^- = 2,00 \times 3.600/96.485 = 0,0746 \text{ mol}$ .

$\text{Cu}^{2+}$  tersedia 0,0500 mol, butuh 0,100 mol  $\text{e}^-$  untuk habis. Karena  $0,0746 < 0,100$ , semua elektron dipakai untuk  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  (tidak ada  $\text{H}_2$  di katode).

Anode:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ , jadi  $\text{mol H}^+ = \text{mol e}^- = 0,0746 \text{ mol}$ .

$[\text{H}^+] = 0,0746/0,500 = 0,149 \text{ M} \rightarrow \text{pH} = -\log 0,149 = 0,83$ .

Seandainya  $\text{Cu}^{2+}$  habis lebih dulu, katode mulai menghasilkan  $\text{H}_2$  dan pH berhenti turun, karena  $\text{H}^+$  yang terbentuk di anode diimbangi  $\text{OH}^-$  di katode.

Pada sel Hall-Hérault, gas yang keluar dari anode berisi 80% CO<sub>2</sub> dan 20% CO (persen mol). Hitung massa karbon anode (dalam kg) yang habis untuk setiap 1,00 ton aluminium. (Ar Al = 27, C = 12)

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 370 kg**

**Pembahasan:** Dari Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: setiap 2 Al melepas 3 O, jadi 1,5 mol O per mol Al.

Rata-rata atom O per atom C dalam gas anode:  $0,80 \times 2 + 0,20 \times 1 = 1,8$ .

mol C per mol Al =  $1,5/1,8 = 0,833$ .

mol Al dalam 1 ton =  $10^6/27 = 3,70 \times 10^4$  mol  $\rightarrow$  mol C =  $3,09 \times 10^4$  mol  $\rightarrow$  massa =  $3,09 \times 10^4 \times 12 = 3,70 \times 10^5$  g  $\approx$  **370 kg**.

Cek: bila gasnya murni CO<sub>2</sub>, hanya 333 kg; adanya CO membuat karbon lebih boros. Pabrik nyata memakai  $\pm 400$ –450 kg karbon per ton Al karena ada juga pembakaran oleh udara.

Diketahui  $E^\circ$ :  $\text{Mg}^{2+}/\text{Mg} = -2,37$  V;  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn} = -0,76$  V;  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe} = -0,44$  V;  $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn} = -0,14$  V.

(a) Jelaskan mengapa kaleng baja berlapis timah yang tergores justru berkarat lebih cepat daripada baja tanpa lapisan. [2]

(b) Jelaskan mengapa baja berlapis seng tetap terlindung walaupun tergores. [2]

(c) Sebuah anode korban seng pada lambung kapal mengalirkan arus rata-rata 0,500 A. Hitung massa seng (kg) yang habis dalam satu tahun (365 hari). (Ar Zn = 65;  $F = 96.500$  C/mol) [3]

(d) Untuk kapal yang berlayar di sungai air tawar, anode korban magnesium lebih disukai daripada seng.

Sarankan alasannya. [1]

**Kunci/rubrik:** (a)  $E^\circ$  Sn lebih positif daripada Fe, sehingga di goresan Fe menjadi anode dan Sn menjadi katode yang luas [1]; besi teroksidasi terpusat di goresan kecil, sehingga lubang terbentuk lebih cepat daripada tanpa lapisan [1].

(b) Zn lebih mudah teroksidasi ( $E^\circ$  lebih negatif), sehingga Zn menjadi anode korban:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$  [1]; besi di goresan menjadi katode tempat O<sub>2</sub> direduksi, jadi besi tidak teroksidasi [1].

(c)  $t = 365 \times 86.400 = 3,154 \times 10^7$  s,  $Q = 1,577 \times 10^7$  C [1]; mol Zn =  $Q/2F = 81,7$  mol [1]; massa =  $81,7 \times 65 = 5,31 \times 10^3$  g  $\approx$  5,3 kg [1].

(d) Air tawar berion sedikit sehingga hambatannya besar; Mg memberi beda potensial terhadap baja jauh lebih besar ( $\pm 1,9$  V lawan  $\pm 0,3$  V untuk Zn), sehingga arus pelindung tetap cukup [1].

**Pembahasan:** Inti soal ini adalah "siapa yang menjadi anode": logam dengan  $E^\circ$  lebih negatif selalu teroksidasi lebih dulu. Lapisan timah hanya penghalang; begitu terbuka, ia mempercepat korosi (katode besar, anode kecil). Lapisan seng adalah penghalang sekaligus pengorban. Bagian (c) memakai hukum Faraday pada korosi: arus korosi 0,5 A saja sudah memakan lebih dari 5 kg seng per tahun.

Larutan berisi 0,0100 mol  $\text{AgNO}_3$  dan 0,0100 mol  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  dielektrolisis dengan elektrode platina memakai arus tetap 0,965 A. Berapa menit dibutuhkan sampai semua ion logam tepat habis mengendap? ( $F = 96.500 \text{ C/mol}$ )

Jawaban: ..... menit

**Kunci: 50 menit**

**Pembahasan:**  $\text{Ag}^+$  lebih mudah direduksi ( $E^\circ$  lebih positif), jadi perak mengendap lebih dulu: butuh 0,0100 mol  $e^-$ . Kemudian tembaga:  $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$  butuh  $2 \times 0,0100 = 0,0200 \text{ mol } e^-$ .

Total 0,0300 mol  $e^- \rightarrow Q = 0,0300 \times 96.500 = 2.895 \text{ C} \rightarrow t = 2.895/0,965 = 3.000 \text{ s} = \mathbf{50 \text{ menit}}$ .

Perak habis pada menit ke-16,7; setelah menit ke-50 katode mulai menghasilkan gas  $\text{H}_2$ . Inilah prinsip pemisahan logam secara elektrolisis bertahap.

## 32 Hidrokarbon & Minyak Bumi

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pengertian hidrokarbon • 32-1-01

Hidrokarbon adalah senyawa yang **hanya** tersusun atas unsur ...

- A. karbon dan oksigen
- B. karbon dan hidrogen
- C. hidrogen dan oksigen
- D. karbon, hidrogen, dan oksigen

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Sesuai namanya, hidro (hidrogen) + karbon: hidrokarbon hanya mengandung C dan H, misalnya metana  $\text{CH}_4$  dan propana  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Senyawa yang juga mengandung O (misalnya gula atau alkohol) bukan hidrokarbon.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Kekhasan atom karbon • 32-1-02

Atom karbon dapat membentuk rantai yang sangat panjang karena ...

- A. karbon adalah logam yang mudah menghantarkan listrik
- B. karbon selalu bermuatan positif
- C. karbon hanya punya satu elektron valensi
- D. karbon punya 4 elektron valensi dan dapat berikatan kovalen kuat dengan sesama atom karbon

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Karbon (konfigurasi 2, 4) membentuk 4 ikatan kovalen, dan ikatan C-C sangat kuat ( $\pm 348 \text{ kJ/mol}$ ). Karena itu karbon bisa bergandengan dengan karbon lain membentuk rantai, cabang, dan cincin. Karbon bukan logam dan tidak bermuatan.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Rumus alkana • 32-1-03

Propana, gas di dalam tabung LPG, adalah alkana dengan 3 atom karbon. Tuliskan rumus molekulnya.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{C}_3\text{H}_8$**

**Pembahasan:** Rumus umum alkana  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Untuk  $n = 3$ : jumlah H =  $2(3) + 2 = 8$ , sehingga rumusnya  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

#### 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Fraksi minyak bumi • 32-1-04

Gas di dalam tabung LPG 3 kg berasal dari fraksi minyak bumi berupa ...

- A. propana dan butana ( $\text{C}_3\text{--C}_4$ )
- B. bensin ( $\text{C}_5\text{--C}_{10}$ )
- C. solar ( $\text{C}_{15}\text{--C}_{20}$ )
- D. aspal (lebih dari  $\text{C}_{35}$ )

**Kunci: A**

**Pembahasan:** LPG (*liquefied petroleum gas*) adalah fraksi gas kilang berantai pendek, terutama propana dan butana, yang dicairkan dengan tekanan supaya muat dalam tabung kecil.

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Mr alkana • 32-2-01

Hitung  $M_r$  heptana,  $C_7H_{16}$ . (Ar C = 12, H = 1)

Jawaban: .....

**Kunci: 100****Pembahasan:**  $M_r = 7(12) + 16(1) = 84 + 16 = 100$ .Cek dengan rumus cepat alkana:  $M_r = 14n + 2 = 14(7) + 2 = 100$  ✓

6. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Tata nama alkana • 32-2-02

Tuliskan nama IUPAC senyawa  $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 2-metilbutana****Pembahasan:** Rantai terpanjang berisi 4 C → induk butana.

Nomori dari ujung yang paling dekat dengan cabang: metil berada di C-2 (dari ujung lain C-3, lebih besar).

Nama: **2-metilbutana** (nama lazimnya isopentana,  $C_5H_{12}$ ).

7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Membaca data titik didih • 32-2-03

Titik didih beberapa alkana: pentana 36 °C, heksana 69 °C, heptana 98 °C, dan oktana 126 °C. Pada suhu 50 °C dan tekanan 1 atm, alkana manakah yang berwujud gas?

A. heksana

C. pentana

B. heptana

D. oktana

**Kunci: C****Pembahasan:** Zat berwujud gas bila suhu di atas titik didihnya. Hanya pentana yang titik didihnya (36 °C) di bawah 50 °C. Heksana, heptana, dan oktana masih cair pada 50 °C.

8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Isomer cis-trans • 32-2-04

Manakah senyawa yang memiliki isomer cis-trans?

A. 1-butena,  $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ C. 2-metilpropena,  $(CH_3)_2C=CH_2$ B. etena,  $CH_2=CH_2$ D. 2-butena,  $CH_3-CH=CH-CH_3$ **Kunci: D****Pembahasan:** Syarat isomer cis-trans: setiap C pada ikatan rangkap mengikat dua gugus yang berbeda.2-butena: setiap C=C mengikat H dan  $CH_3$  → punya cis dan trans.Pada 1-butena, etena, dan 2-metilpropena ada C ikatan rangkap yang mengikat dua gugus sama (dua H atau dua  $CH_3$ ), jadi tidak punya isomer cis-trans.

9. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Tata nama: rantai terpanjang • 32-3-01

Seorang siswa menamai senyawa  $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{—CH}_2\text{—CH}_3$  sebagai 2-etilbutana. Tuliskan nama IUPAC yang benar.

Jawaban: .....

**Kunci:** 3-metilpentana

**Pembahasan:** Tulis lengkap:  $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{CH}_2\text{—CH}_3)\text{—CH}_2\text{—CH}_3$ . Rantai terpanjang melewati gugus etil:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3$  berisi 5 C → pentana.

Gugus  $\text{CH}_3$  yang tersisa menempel di C-3 (dari ujung mana pun).

Nama benar: **3-metilpentana**. Tanda bahaya: nama dengan "2-etil" selalu berarti rantai belum terpanjang.

10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Jumlah isomer • 32-3-02

Berapa jumlah isomer struktur heksana,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ?

A. 3

C. 5

B. 4

D. 6

**Kunci:** C

**Pembahasan:** Rantai 6 C: heksana.

Rantai 5 C + 1 metil: 2-metilpentana dan 3-metilpentana.

Rantai 4 C + 2 metil: 2,2-dimetilbutana dan 2,3-dimetilbutana.

Total **5 isomer**. ("4-metilpentana" dan "2-etilbutana" bukan isomer baru, melainkan nama keliru untuk 2-metilpentana dan 3-metilpentana.)

11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Stoikiometri pembakaran • 32-3-03

Sebanyak 11 g gas propana,  $\text{C}_3\text{H}_8$ , dibakar sempurna. Berapa liter gas oksigen (STP) yang dibutuhkan? (Ar C = 12, H = 1)

Jawaban: ..... L

**Kunci:** 28 L

**Pembahasan:**  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \longrightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$  (cek:  $x + y/4 = 3 + 2 = 5$ ).

$n_{\text{C}_3\text{H}_8} = 11/44 = 0,25 \text{ mol}$ .

$n_{\text{O}_2} = 5 \times 0,25 = 1,25 \text{ mol}$ .

$V = 1,25 \times 22,4 = 28 \text{ L}$ .

12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Adisi dan aturan Markovnikov • 32-3-04

Propena,  $\text{CH}_2=\text{CH—CH}_3$ , direaksikan dengan HBr. Produk utama reaksi adisi ini adalah ...

A. 2-bromopropana

C. 1,2-dibromopropana

B. 1-bromopropana

D. propana

**Kunci:** A

**Pembahasan:** Aturan Markovnikov: H menempel pada C ikatan rangkap yang sudah mengikat lebih banyak H (C-1,  $\text{CH}_2=$ ), sedangkan Br menempel pada C-2.

$\text{CH}_2=\text{CH—CH}_3 + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3\text{—CHBr—CH}_3$ , yaitu **2-bromopropana**. 1,2-dibromopropana terbentuk dari adisi  $\text{Br}_2$ , bukan HBr.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Distilasi bertingkat dan perengkahan • gaya IGCSE • 32-4-01

Minyak bumi (*petroleum*) dipisahkan menjadi fraksi-fraksi di menara distilasi bertingkat.

- Nyatakan** sifat fisik yang menjadi dasar pemisahan fraksi. [1]
- Jelaskan** mengapa gas kilang keluar dari puncak menara, sedangkan solar keluar di dekat dasar. [2]
- Sebutkan** fraksi yang dipakai sebagai bahan bakar pesawat jet. [1]
- Permintaan bensin lebih besar daripada jumlahnya dalam minyak mentah. **Sarankan** nama proses yang dipakai kilang untuk menambah bensin, dan tentukan rumus zat X pada persamaan  $C_{14}H_{30} \rightarrow C_8H_{18} + X$ . [2]

**Kunci/rubrik:** (a) Titik didih (rentang titik didih) [1]

(b) Suhu menara makin ke atas makin rendah [1]; gas kilang berantai pendek dengan gaya antarmolekul lemah sehingga titik didihnya rendah dan tetap berupa gas sampai puncak, sedangkan solar berantai panjang, titik didihnya tinggi, sehingga sudah mengembun di bagian bawah yang panas [1]

(c) Kerosin/avtur [1]

(d) Perengkahan (*cracking*) [1];  $X = C_6H_{12}$ , sebuah alkena (heksena) [1]

**Pembahasan:** Pada (d), hitung sisa atom:  $C\ 14 - 8 = 6$ ,  $H\ 30 - 18 = 12 \rightarrow C_6H_{12}$ . Perengkahan alkana selalu menghasilkan alkana yang lebih pendek ditambah alkena, karena jumlah H tidak cukup untuk dua alkana.

14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Massa  $CO_2$  dari pembakaran • gaya IGCSE • 32-4-02

Calculate the mass of carbon dioxide formed. Sebanyak 3,0 kg butana dibakar sempurna:

$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$ . **Hitung** massa  $CO_2$  yang terbentuk dalam kg. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: ..... kg

**Kunci:** 9,1 kg

**Pembahasan:**  $M_r\ C_4H_{10} = 58$ ;  $n = 3000/58 = 51,7\ \text{mol}$ .

$n_{CO_2} = 4 \times 51,7 = 206,9\ \text{mol}$ .

$m = 206,9 \times 44 = 9.103\ \text{g} \approx 9,10\ \text{kg}$ .

Massa  $CO_2$  tiga kali massa butana, karena setiap atom C mengambil dua atom O dari udara.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji air brom • gaya IGCSE • 32-4-03

Laras menguji dua cairan tak berwarna, P dan Q, dengan air brom di tempat gelap. P mengubah warna air brom dari jingga menjadi tak berwarna, sedangkan Q tidak. **Deduksikan** identitas P dan Q.

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| A. P heksana, Q heksena | C. P dan Q sama-sama alkana |
| B. P heksena, Q heksana | D. P dan Q sama-sama alkena |

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Alkena (heksena) punya ikatan  $C=C$  yang mengalami adisi bromin, sehingga warna jingga  $Br_2$  hilang. Alkana (heksana) tidak bereaksi dengan air brom dalam gelap, sehingga warnanya tetap jingga.

16. Lv 4 • IGCSE • Isian rumus/nama • Rumus molekul dari  $M_r$  • gaya IGCSE • 32-4-04

An alkane has a relative molecular mass of 86. **Deduksikan** rumus molekul alkana tersebut. (Ar C = 12, H = 1)

Jawaban: .....

**Kunci:**  $C_6H_{14}$

**Pembahasan:** Alkana  $C_nH_{2n+2}$  punya  $M_r = 12n + 2n + 2 = 14n + 2$ .

$14n + 2 = 86 \rightarrow n = 6$ .

Rumus molekul  $C_6H_{14}$  (heksana atau salah satu isomernya).

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Isomer pentana dan gaya antarmolekul • gaya IB • 32-5-01

Pentana,  $C_5H_{12}$ , memiliki tiga isomer struktur.

(a) Tuliskan rumus struktur singkat dan nama IUPAC ketiga isomer itu. [3]

(b) Titik didih ketiganya adalah 36 °C, 28 °C, dan 9,5 °C. Pasangkan setiap nilai dengan isomernya dan jelaskan urutannya berdasarkan gaya antarmolekul. [3]

(c) Tentukan isomer yang memiliki atom C kuartern, dan berapa jenis atom H yang tidak setara di dalamnya. [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ , pentana [1];  $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$ , 2-metilbutana [1];  $C(CH_3)_4$ , 2,2-dimetilpropana [1]

(b) pentana 36 °C, 2-metilbutana 28 °C, 2,2-dimetilpropana 9,5 °C [1]; ketiganya nonpolar dengan jumlah elektron sama sehingga hanya gaya London yang berperan [1]; makin bercabang, molekul makin bulat, luas bidang sentuh antarmolekul makin kecil, gaya London makin lemah, titik didih makin rendah [1]

(c) 2,2-dimetilpropana (C pusat mengikat 4 C) [1]; hanya 1 jenis H, karena keempat gugus  $CH_3$  setara [1]

**Pembahasan:** Kata kunci IB: *surface area of contact* dan *London (dispersion) forces*. Jangan menyebut "ikatan putus" saat mendidih: yang diatasi adalah gaya antarmolekul. Bagian (c) menjelaskan mengapa neopentana hanya memberi satu produk monoklorinasi.

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • Bilangan oktan campuran • gaya IB • 32-5-02

Berapa liter bensin oktan 98 yang harus dicampur dengan 30 L bensin oktan 90 agar diperoleh campuran beroktan 92? Anggap bilangan oktan bercampur secara linear menurut volume.

Jawaban: ..... L

**Kunci: 10 L**

**Pembahasan:**  $\frac{30(90) + V(98)}{30 + V} = 92$

$$2700 + 98V = 2760 + 92V$$

$$6V = 60 \rightarrow V = 10 \text{ L}$$

$$\text{Cek: } (2700 + 980)/40 = 92 \checkmark$$

## 19. Lv 5 • IB DP • Isian • Energi stabilisasi benzena • gaya IB • 32-5-03

Entalpi hidrogenasi sikloheksena,  $C_6H_{10} + H_2 \rightarrow C_6H_{12}$ , adalah -120 kJ/mol, sedangkan benzena,

$C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow C_6H_{12}$ , -208 kJ/mol. Hitung energi stabilisasi (delokalisasi) benzena dibandingkan struktur Kekulé hipotetis yang memiliki tiga ikatan C=C terpisah.

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: 152 kJ/mol**

**Pembahasan:** Perkiraan untuk tiga C=C terpisah:  $3 \times (-120) = -360 \text{ kJ/mol}$ .

Nilai nyata benzena: -208 kJ/mol.

Benzena melepas kalor  $360 - 208 = 152 \text{ kJ/mol}$  lebih sedikit, artinya benzena 152 kJ/mol lebih stabil daripada struktur Kekulé. Inilah bukti energi delokalisasi elektron  $\pi$ .

Tuliskan nama IUPAC senyawa  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ .

Jawaban: .....

**Kunci:** 3-etil-4-metilheksana

**Pembahasan:** Rantai terpanjang 6 C (heksana), dengan cabang metil dan etil.

Dari kiri: metil di C-3, etil di C-4. Dari kanan: etil di C-3, metil di C-4. Keduanya {3, 4}.

Aturan pemutus: cabang yang disebut lebih dulu menurut abjad (etil) mendapat nomor lebih kecil.

Nama: **3-etil-4-metilheksana**.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

Pembakaran sempurna 0,84 g hidrokarbon X menghasilkan 2,64 g  $\text{CO}_2$  dan 1,08 g  $\text{H}_2\text{O}$ . Spektrometri massa memberi  $M_r$  X = 84. X tidak menghilangkan warna air brom dalam gelap. Bila X direaksikan dengan klorin di bawah cahaya, hanya terbentuk **satu** senyawa monoklorinasi  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{Cl}$ . (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

(a) Tentukan rumus empiris dan rumus molekul X. [3]

(b) Hitung derajat ketidakjenuhan X dan jelaskan artinya bersama hasil uji air brom. [2]

(c) Tentukan struktur dan nama X. Jelaskan mengapa metilsiklopentana ditolak. [3]

**Kunci/rubrik:** (a) mol C =  $2,64/44 = 0,0600 \rightarrow 0,720$  g; mol H =  $2 \times 1,08/18 = 0,120 \rightarrow 0,120$  g [1];  $0,720 + 0,120 = 0,840$  g, jadi tidak ada O; C : H = 1 : 2  $\rightarrow$  rumus empiris  $\text{CH}_2$  [1];  $84/14 = 6 \rightarrow$  rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  [1]

(b) DBE =  $(2 \cdot 6 + 2 - 12)/2 = 1 \rightarrow$  satu ikatan  $\pi$  atau satu cincin [1]; tidak bereaksi dengan air brom  $\rightarrow$  tidak ada  $\text{C}=\text{C}$ , jadi X punya satu cincin (sikloalkana) [1]

(c) Satu produk monoklorinasi  $\rightarrow$  semua 12 atom H setara  $\rightarrow$  cincin enam karbon tanpa cabang: **sikloheksana** [2]; metilsiklopentana punya 4 jenis H (pada  $\text{CH}_3$ , C-1, C-2, C-3) sehingga memberi 4 produk monoklorinasi [1]

**Pembahasan:** Strategi detektif: rumus dari analisis pembakaran  $\rightarrow$  DBE  $\rightarrow$  uji kimia (air brom)  $\rightarrow$  simetri dari jumlah produk substitusi. Sikloalkana  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  adalah isomer fungsi alkena; uji air brom memisahkan keduanya.

Berapa jumlah isomer struktur  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$  yang dapat terbentuk dari monoklorinasi 2-metilbutana dengan klorin di bawah cahaya? (Abaikan isomer optik.)

A. 3

C. 5

B. 4

D. 6

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Kelompokkan atom H yang setara pada  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ :

- H pada dua  $\text{CH}_3$  yang menempel di C-2 (setara)  $\rightarrow$  1-kloro-2-metilbutana
- H pada C-2 (tersier)  $\rightarrow$  2-kloro-2-metilbutana
- H pada C-3  $\rightarrow$  2-kloro-3-metilbutana
- H pada C-4  $\rightarrow$  1-kloro-3-metilbutana

Total **4** isomer struktur.

Pada 25 °C, laju relatif penggantian satu atom H primer dan satu atom H sekunder oleh radikal klorin adalah 1 : 3,8. Perkirakan persentase 2-kloropropana dalam campuran hasil monoklorinasi propana.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 55,9 %**

**Pembahasan:** Propana  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$  punya 6 H primer dan 2 H sekunder.

Bobot 1-kloropropana:  $6 \times 1 = 6$ . Bobot 2-kloropropana:  $2 \times 3,8 = 7,6$ .

% 2-kloropropana =  $7,6 / (6 + 7,6) \times 100\% = 55,9\%$ .

Walaupun H sekunder hanya sepertiga dari semua H, produknya lebih banyak karena radikal sekunder lebih stabil.

Senyawa Y adalah salah satu isomer  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  yang menghasilkan hanya **satu** senyawa monoklorinasi.

(a) Tentukan struktur dan nama IUPAC Y. [2]

(b) Tentukan jumlah atom C primer dan C kuarternern dalam Y. [1]

(c) Titik didih Y (106 °C) lebih rendah daripada n-oktana (126 °C), tetapi titik lelehnya jauh lebih tinggi (101 °C, sedangkan n-oktana –57 °C), sehingga Y berwujud padat pada suhu kamar. Jelaskan kedua fakta itu. [3]

**Kunci/rubrik:** (a) Semua 18 atom H harus setara → enam gugus  $\text{CH}_3$  yang identik:  $(\text{CH}_3)_3\text{C—C}(\text{CH}_3)_3$  [1], 2,2,3,3-tetrametilbutana [1]

(b) 6 C primer dan 2 C kuarternern [1]

(c) Titik didih: Y kompak dan hampir bulat, luas bidang sentuh antarmolekul kecil sehingga gaya London lebih lemah daripada pada n-oktana yang memanjang [1,5]; titik leleh: Y sangat simetris sehingga tersusun rapat dan teratur dalam kisi kristal, butuh energi besar untuk merusak kisinya [1,5]

**Pembahasan:** Titik didih ditentukan gaya antarmolekul dalam cairan (luas bidang sentuh), sedangkan titik leleh juga dipengaruhi seberapa rapi molekul dapat dikemas dalam kristal. Molekul bulat-simetris mendidih rendah tetapi meleleh tinggi; contoh lain adalah neopentana yang meleleh pada –16 °C, jauh di atas n-pentana (–130 °C).

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Gugus fungsi • 33-1-01

Gugus -OH yang terikat pada atom karbon jenuh, seperti pada etanol, disebut gugus ...

- |              |             |
|--------------|-------------|
| A. karboksil | C. karbonil |
| B. hidroksil | D. amino    |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** -OH pada alkohol disebut gugus **hidroksil**. Karboksil adalah -COOH (asam karboksilat), karbonil adalah C=O (aldehida dan keton), dan amino adalah -NH<sub>2</sub> (amina).

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Ester dan aroma • 33-1-02

Aroma pisang pada esens kue berasal dari isoamil asetat. Senyawa ini termasuk golongan ...

- |                     |          |
|---------------------|----------|
| A. alkohol          | C. ester |
| B. asam karboksilat | D. eter  |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Nama yang berakhiran **-asetat** (atau -oat) dengan nama alkil di depannya, seperti isoamil asetat, adalah **ester**: hasil reaksi alkohol (isoamil alkohol) dengan asam karboksilat (asam asetat). Ester-ester kecil memberi aroma buah.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Formalin • 33-1-03

Bahan berikut **dilarang** dipakai sebagai pengawet tahu dan ikan basah karena beracun dan dapat memicu kanker, yaitu ...

- |                |               |
|----------------|---------------|
| A. garam dapur | C. gula pasir |
| B. cuka dapur  | D. formalin   |

**Kunci: D**

**Pembahasan: Formalin** adalah larutan formaldehida (metanal, sebuah aldehida) dalam air. Ia dipakai untuk mengawetkan spesimen biologi, tetapi dilarang untuk makanan karena beracun dan karsinogen. Garam, cuka, dan gula adalah pengawet pangan tradisional yang aman dalam jumlah wajar.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Tata nama asam karboksilat • 33-1-04

Cuka dapur mengandung asam asetat, CH<sub>3</sub>COOH. Tuliskan nama IUPAC asam ini.

Jawaban: .....

**Kunci: asam etanoat / etanoat**

**Pembahasan:** Asam asetat punya 2 atom C (dari etana), dan asam karboksilat diberi nama **asam alkanooat**. Jadi nama IUPAC-nya **asam etanoat**. Nama "asetat" berasal dari bahasa Latin *acetum* = cuka.

5. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Tata nama alkohol • 33-2-01

Tuliskan nama IUPAC senyawa  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 1-propanol / propan-1-ol / 1 propanol / propanol-1**

**Pembahasan:** Rantai induk 3 atom C (propana) dengan -OH di ujung. Penomoran dimulai dari ujung yang paling dekat dengan -OH, sehingga -OH di C-1. Akhiran -a diganti -ol: **1-propanol** (IUPAC terbaru: propan-1-ol). Isomer posisinya, 2-propanol, adalah alkohol pembersih.

6. Lv 2 · Penjelajah · Pilihan ganda · Isomer fungsi · 33-2-02

Pasangan senyawa berikut yang merupakan **isomer fungsi** adalah ...

- A. etanol dan dimetil eter  
B. etanol dan etanal  
C. propanal dan 1-propanol  
D. asam asetat dan etil asetat

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Isomer fungsi punya rumus molekul sama tetapi gugus fungsi berbeda. Etanol  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  dan dimetil eter  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  sama-sama  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  ✓.

Etanal  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ , 1-propanol  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  vs propanal  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , dan etil asetat  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  vs asam asetat  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  rumus molekulnya berbeda, jadi bukan isomer.

7. Lv 2 · Penjelajah · Isian · Mr ester · 33-2-03

Hitung  $M_r$  etil etanoat,  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ . (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci: 88**

**Pembahasan:** Hitung atomnya: C = 1 + 1 + 2 = 4; H = 3 + 5 = 8; O = 2, jadi rumus molekulnya  $C_4H_8O_2$ .

$$M_r = 4(12) + 8(1) + 2(16) = 48 + 8 + 32 = 88.$$

8. Lv 2 · Penjelajah · Pilihan ganda · Uji Tollens · 33-2-04

Zat yang menghasilkan cermin perak bila dipanaskan dengan pereaksi Tollens adalah ...

- A. propanon  
B. etanol  
C. etanal  
D. asam etanoat

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Pereaksi Tollens,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , dioksidasi oleh **aldehida**: aldehida berubah menjadi asam karboksilat (dalam bentuk ion karboksilat) dan ion perak tereduksi menjadi logam perak yang melapisi tabung. Etanal adalah aldehida ✓. Propanon (keton), etanol (alkohol), dan asam etanoat tidak memberi cermin perak.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Tata nama ester • 33-3-01

Ester beraroma nanas dibuat dari etanol dan asam butanoat. Tuliskan nama IUPAC ester tersebut.

Jawaban: .....

**Kunci: etil butanoat / etil butirat**

**Pembahasan:** Bagian dari alkohol (etanol) menjadi nama alkil: **etil**. Bagian dari asam (asam butanoat) menjadi **butanoat**. Nama ester: **etil butanoat** (nama umum: etil butirat),  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ .

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Rendemen esterifikasi • 33-3-02

Sebanyak 12 g asam asetat (Mr 60) direaksikan dengan etanol berlebih dan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Setelah dimurnikan diperoleh 13,2 g etil asetat (Mr 88). Hitung persen rendemennya.

Jawaban: ..... %

**Kunci: 75 %**

**Pembahasan:**  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$

Mol asam =  $12/60 = 0,20$  mol  $\rightarrow$  ester teoretis  $0,20$  mol  $\times 88 = 17,6$  g.

Rendemen =  $\frac{13,2}{17,6} \times 100\% = 75\%$ .

Rendemen di bawah 100% wajar karena reaksinya setimbang dan sebagian ester hilang saat pemurnian.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Titik didih dan ikatan hidrogen • 33-3-03

Butana, propanal, 1-propanol, dan asam etanoat bermassa molekul hampir sama (Mr 58–60). Urutan titik didihnya dari yang **terendah** adalah ...

- A. asam etanoat < 1-propanol < propanal < butana
- B. butana < propanal < 1-propanol < asam etanoat
- C. butana < 1-propanol < propanal < asam etanoat
- D. propanal < butana < asam etanoat < 1-propanol

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Butana nonpolar, hanya gaya London ( $-0,5$  °C). Propanal punya C=O polar  $\rightarrow$  tambahan gaya dipol-dipol (48 °C). 1-Propanol punya O–H  $\rightarrow$  ikatan hidrogen (97 °C). Asam etanoat punya C=O dan O–H sehingga dua molekulnya berpasangan dengan dua ikatan hidrogen (dimer) (118 °C).

Urutan: butana < propanal < 1-propanol < asam etanoat.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Aldehida dan keton • 33-3-04

Senyawa X berumus  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  tidak memberi cermin perak dengan pereaksi Tollens dan tidak mengubah warna Fehling. X dapat dibuat dengan mengoksidasi 2-propanol. Tuliskan rumus struktur ringkas X.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$**

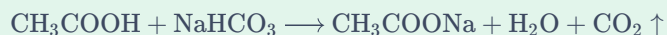
**Pembahasan:**  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  dengan satu C=O bisa propanal (aldehida) atau propanon (keton). Tollens dan Fehling negatif  $\rightarrow$  bukan aldehida  $\rightarrow$  keton. Oksidasi alkohol sekunder 2-propanol,  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ , memang menghasilkan keton: **propanon**,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  (aseton).

13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Uji asam karboksilat • gaya IGCSE • 33-4-01

**Describe** (jelaskan) satu uji kimia untuk membedakan larutan asam etanoat dari larutan etanol. Nyatakan pereaksinya, pengamatan untuk **masing-masing** zat, dan tuliskan persamaan reaksi untuk zat yang bereaksi.

**Kunci/rubrik:** Pereaksi: natrium karbonat atau natrium hidrogenkarbonat (soda kue) [1]. Asam etanoat: berbuih (effervescence); gasnya mengeruhkan air kapur [1]. Etanol: tidak ada perubahan / tidak berbuih [1]. Persamaan:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  [1]. (Jawaban lain yang diterima: indikator universal — asam etanoat jingga/merah, pH  $\pm 3$ , etanol hijau, pH 7; atau pita magnesium — asam etanoat menghasilkan gas  $\text{H}_2$  yang meletup dengan nyala, etanol tidak bereaksi.)

**Pembahasan:** Asam etanoat punya gugus karboksil  $-\text{COOH}$  yang melepas  $\text{H}^+$ , sehingga bereaksi dengan karbonat menghasilkan gas  $\text{CO}_2$ :



Gugus  $-\text{OH}$  etanol tidak melepas  $\text{H}^+$  secara berarti di dalam air, jadi tidak ada gelembung. Uji gas:  $\text{CO}_2$  mengeruhkan air kapur,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Stoikiometri esterifikasi • gaya IGCSE • 33-4-02

**Calculate** (hitung) massa maksimum etil etanoat (Mr 88) yang dapat dibuat dari 4,6 g etanol (Mr 46) dengan asam etanoat berlebih.

Jawaban: ..... g

**Kunci: 8,8 g**

**Pembahasan:** Mol etanol =  $4,6/46 = 0,10$  mol.

Perbandingan etanol : ester = 1 : 1, jadi ester maksimum 0,10 mol.

Massa =  $0,10 \times 88 = 8,8$  g. Ini massa teoretis; massa nyata lebih kecil karena reaksinya setimbang.

15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Deret homolog • gaya IGCSE • 33-4-03

Deret homolog manakah yang mempunyai rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ ?

- A. alkanol  
B. alkanal

- C. alkana  
D. asam alkanoat

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Alkanol  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ , alkanal  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ , alkana  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . **Asam alkanoat**  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ , misalnya asam etanoat  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  ( $n = 2$ ). Ester juga berumus umum sama (isomer fungsi), tetapi tidak ada di pilihan.

16. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Oksidasi alkohol • gaya IGCSE • 33-4-04

Etanol dipanaskan dengan larutan kalium dikromat(VI) yang diasamkan, dengan refluks. Perubahan warna larutan dan produk organik utamanya adalah ...

- A. jingga menjadi hijau; asam etanoat  
B. hijau menjadi jingga; etanal  
C. jingga menjadi hijau; etena  
D. ungu menjadi tak berwarna; asam etanoat

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Ion dikromat  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (jingga) tereduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  (hijau). Dengan refluks, etanol (alkohol primer) teroksidasi sempurna: etanol  $\rightarrow$  etanal  $\rightarrow$  **asam etanoat**. Ungu menjadi tak berwarna adalah ciri kalium manganat(VII), dan etena terbentuk lewat dehidrasi, bukan oksidasi.

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Kesetimbangan esterifikasi • gaya IB • 33-5-01

- (a) Tuliskan persamaan reaksi asam etanoat dengan etanol yang dikatalisis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, dan nyatakan **dua** peran asam sulfat pekat.
- (b) Pada suhu tertentu  $K_c = 4,0$ . Sebanyak 1,00 mol asam etanoat dan 1,00 mol etanol dicampur dalam wadah tertutup. Hitung jumlah mol etil etanoat saat setimbang.
- (c) Sarankan dua cara meningkatkan rendemen ester dan jelaskan dengan asas Le Chatelier.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$  [1]; katalis: mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi [1]; penyerap air: menarik air sehingga kesetimbangan bergeser ke kanan [1].

(b) Misal  $x$  mol ester:  $K_c = x^2 / (1-x)^2 = 4,0$  (volume saling mencoret karena jumlah mol kedua ruas sama) [1]  $\rightarrow x/(1-x) = 2 \rightarrow x = 0,667$  mol [1].

(c) Memakai salah satu pereaksi berlebih, misalnya etanol [1]; mengeluarkan air (atau ester) dari campuran, misalnya dengan penyerap air atau distilasi [1]; kedua cara mengurangi gangguan sehingga sistem menggeser kesetimbangan ke kanan, membentuk lebih banyak ester [1].

**Pembahasan:** (b) Tabel ICE (mol): awal asam 1, alkohol 1, ester 0, air 0; berubah  $-x$ ,  $-x$ ,  $+x$ ,  $+x$ .

$$K_c = \frac{x \cdot x}{(1-x)(1-x)} = 4 \Rightarrow \frac{x}{1-x} = 2 \Rightarrow x = \frac{2}{3} \approx 0,667 \text{ mol.}$$

Jadi meskipun dikatalisis, rendemen maksimum hanya  $\pm 67\%$ . Katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan, tetapi tidak mengubah posisi kesetimbangan; yang mengubahnya adalah penyerapan air dan pereaksi berlebih.

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • Kesetimbangan esterifikasi • gaya IB • 33-5-02

Untuk esterifikasi asam etanoat dengan etanol,  $K_c = 4,0$ . Sebanyak 1,0 mol asam etanoat dicampur dengan 3,0 mol etanol. Hitung jumlah mol etil etanoat pada kesetimbangan.

Jawaban: ..... mol

**Kunci: 0,903 mol**

**Pembahasan:**  $\frac{x^2}{(1-x)(3-x)} = 4 \Rightarrow x^2 = 4(3-4x+x^2) \Rightarrow 3x^2 - 16x + 12 = 0.$

$$x = \frac{16 \pm \sqrt{256 - 144}}{6} = \frac{16 \pm 10,58}{6}. \text{ Akar } 4,43 \text{ mol mustahil (melebihi 1 mol asam), jadi } x = 0,903 \text{ mol.}$$

Bandingkan dengan 0,667 mol pada perbandingan 1 : 1: etanol berlebih menaikkan rendemen dari 67% menjadi 90% (asas Le Chatelier).

## 19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Spektrum IR dan uji karbonil • gaya IB • 33-5-03

Spektrum IR senyawa Y ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ) menunjukkan serapan tajam dan kuat di  $1715 \text{ cm}^{-1}$ , tetapi tidak ada pita lebar di  $3200\text{--}3600 \text{ cm}^{-1}$ . Y juga tidak memberi cermin perak dengan pereaksi Tollens. Y adalah ...

- A. propanal  
B. propanon  
C. 2-propen-1-ol  
D. metoksietena

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Serapan  $1715 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan  $\text{C=O}$ , sehingga 2-propen-1-ol (punya O-H, pita lebar) dan metoksietena (eter tanpa  $\text{C=O}$ ) gugur. Dari propanal dan propanon, hanya aldehida (propanal) yang memberi cermin perak. Jadi Y = **propanon** (aseton).

Tuliskan nama IUPAC ester beraroma pisang dengan rumus  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 3-metilbutil etanoat / 3-metilbutil asetat / isoamil asetat / isopentil asetat**

**Pembahasan:** Bagian asam:  $\text{CH}_3\text{CO}- \rightarrow$  **etanoat**. Bagian alkil:  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ , rantai terpanjang 4 C (butil) yang dinomori dari C yang terikat pada O, dengan cabang metil di C-3  $\rightarrow$  **3-metilbutil**.

Nama: **3-metilbutil etanoat** (nama umum isoamil asetat),  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ , Mr 130.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

Senyawa A ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ) berbau buah. Hidrolisis A dengan larutan NaOH lalu pengasaman menghasilkan B dan C. B ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ) membuat larutan  $\text{NaHCO}_3$  berbuih. C ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) memberi endapan kuning dengan  $\text{I}_2/\text{NaOH}$  dan mengubah dikromat asam menjadi hijau.

(a) Tentukan struktur dan nama A, B, dan C.

(b) Tuliskan tiga isomer A lain yang juga ester, beserta namanya.

(c) Senyawa D juga  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  tetapi membuat  $\text{NaHCO}_3$  berbuih. Tuliskan dua kemungkinan struktur D dan namanya.

**Kunci/rubrik:** (a) B = asam etanoat,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (asam karboksilat: melepas  $\text{CO}_2$  dengan  $\text{NaHCO}_3$ ) [1]; C = etanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  (iodoform positif karena punya  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})-$ ; alkohol primer teroksidasi dikromat) [1]; A = ester keduanya: etil etanoat,  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$  [1].

(b) metil propanoat,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$  [1]; propil metanoat,  $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  [1]; isopropil metanoat (1-metiletil metanoat),  $\text{HCOOCH}(\text{CH}_3)_2$  [1].

(c) asam butanoat,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  [1]; asam 2-metilpropanoat,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$  [1].

**Pembahasan:** Rumus  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ : asam karboksilat atau ester. Bau buah dan dapat dihidrolisis  $\rightarrow$  ester. Hidrolisis basa (saponifikasi):  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; pengasaman mengubah  $\text{CH}_3\text{COONa}$  menjadi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (B).

$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  bisa etanol atau dimetil eter; uji iodoform dan dikromat positif hanya cocok untuk etanol.

Total isomer ester  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  ada empat (etil etanoat, metil propanoat, propil metanoat, isopropil metanoat) dan isomer asamnya dua. Teknik "pecah ester menjadi asam + alkohol" adalah kunci soal penentuan struktur ester.

Minyak kelapa dianggap trilaurin murni,  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOC}\text{C}_{11}\text{H}_{23})_3$  (Mr 638). Berapa gram NaOH (Mr 40) yang dibutuhkan untuk menyabunkan sempurna 100 g minyak tersebut?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 18,8 g**

**Pembahasan:**  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOC}\text{C}_{11}\text{H}_{23})_3 + 3 \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 + 3 \text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COONa}$

Mol trilaurin =  $100/638 = 0,157 \text{ mol} \rightarrow \text{NaOH} = 3 \times 0,157 = 0,470 \text{ mol}$ .

Massa NaOH =  $0,470 \times 40 = 18,8 \text{ g}$ .

Industri sabun memakai angka penyabunan (mg KOH per gram lemak): untuk trilaurin  $3 \times 56 \times 1000/638 \approx 263$ , dekat dengan nilai minyak kelapa ( $\pm 250$ –265). Itulah sebabnya minyak kelapa "rakus" basa: asam lemaknya pendek sehingga jumlah gugus ester per gram banyak.

Sebuah ester jenuh rantai terbuka berumus  $C_nH_{2n}O_2$  mengandung 27,6% massa oksigen. Tentukan n (jumlah atom C). (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: .....

**Kunci: 6**

**Pembahasan:**  $\%O = \frac{32}{14n + 32} \times 100\% = 27,6\%$ .

$$14n + 32 = \frac{32}{0,276} = 115,9 \Rightarrow 14n = 83,9 \Rightarrow n = 5,99 \approx 6.$$

Rumusnya  $C_6H_{12}O_2$  (Mr 116), misalnya etil butanoat yang beraroma nanas. Cek:  $32/116 = 27,6\%$  ✓.

Empat senyawa P, Q, R, dan S sama-sama berumus  $C_4H_8O$ .

- P berantai lurus dan memberi cermin perak dengan Tollens.
- Q tidak bereaksi dengan Tollens, menunjukkan serapan IR kuat di  $1715\text{ cm}^{-1}$ , dan memberi endapan kuning dengan  $I_2/NaOH$ .
- R tidak punya serapan  $C=O$ , menunjukkan pita IR lebar di  $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ , menghilangkan warna air brom, memberi endapan kuning dengan  $I_2/NaOH$ , dan mempunyai satu atom C kiral.
- S tidak bereaksi dengan Tollens, air brom, maupun logam natrium, dan hanya punya dua jenis lingkungan atom H; S adalah pelarut umum di laboratorium.

(a) Hitung derajat ketidakjenuhan  $C_4H_8O$  dan jelaskan artinya. (b) Tentukan struktur dan nama P, Q, R, dan S. (c) Titik didih Q  $80^\circ\text{C}$ , sedangkan R  $\pm 97^\circ\text{C}$ . Jelaskan perbedaannya.

**Kunci/rubrik:** (a) Derajat ketidakjenuhan =  $(2 \cdot 4 + 2 - 8)/2 = 1$ : molekul punya tepat satu ikatan rangkap ( $C=O$  atau  $C=C$ ) atau satu cincin [1].

(b) P: butanal,  $CH_3CH_2CH_2CHO$  (aldehida rantai lurus) [1]. Q: butanon,  $CH_3COCH_2CH_3$  (keton dengan gugus  $CH_3CO-$  → iodoform +) [1]. R: 3-buten-2-ol (but-3-en-2-ol),  $CH_2=CH-CH(OH)-CH_3$ : O-H (pita lebar),  $C=C$  (air brom),  $CH_3CH(OH)-$  (iodoform +), C-2 kiral [2]. S: tetrahidrofuran (oksolana), eter siklik lima anggota; tidak punya O-H,  $C=O$ , maupun  $C=C$ , sehingga ketidakjenuhannya berupa cincin; dua jenis H ( $CH_2$  dekat O dan  $CH_2$  jauh dari O) [1].

(c) R punya gugus O-H sehingga membentuk ikatan hidrogen antarmolekul; Q hanya punya gaya dipol-dipol dan London, sehingga titik didih R lebih tinggi [1].

**Pembahasan:** Langkah kunci: (1) hitung derajat ketidakjenuhan = 1, jadi setiap isomer hanya punya satu "tempat" rangkap atau cincin; (2) Tollens + → aldehida; IR  $1715$  tanpa O-H → keton; iodoform + → ada  $CH_3CO-$  atau  $CH_3CH(OH)-$ ; air brom →  $C=C$ ; tidak bereaksi dengan Na → tanpa O-H; (3) susun struktur yang memenuhi semua syarat.

Untuk R: rangka 4 C dengan  $C=C$  dan  $CH_3CH(OH)-$  hanya bisa  $CH_2=CH-CH(OH)-CH_3$ , dan C-2-nya mengikat empat gugus berbeda (H, OH,  $CH_3$ ,  $CH=CH_2$ ) sehingga kiral ✓.

Untuk S: tanpa rangkap dan tanpa O-H, satu-satunya pilihan adalah cincin eter. Tetrahidrofuran yang simetris hanya punya dua jenis H; eter siklik lain (misalnya 2-metiloksetana) punya lebih banyak jenis H.

## 34 Reaksi & Mekanisme Organik

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Jenis reaksi organik • 34-1-01

Etena bereaksi dengan gas hidrogen (katalis nikel) menjadi etana:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_3$ . Jenis reaksi ini adalah ...

- A. substitusi
- B. adisi
- C. eliminasi
- D. kondensasi

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Ikatan rangkap C=C terbuka dan dua atom H **bergabung** tanpa ada zat lain yang lepas: dua molekul menjadi satu. Itulah **adisi** (tepatnya hidrogenasi), reaksi yang dipakai untuk membuat margarin dari minyak nabati.

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Uji air brom • 34-1-02

Air brom berwarna jingga-cokelat dikocok dengan suatu cairan di tempat gelap. Warnanya langsung hilang. Cairan itu pasti mengandung ...

- A. gugus OH
- B. atom klorin
- C. ikatan rangkap C=C
- D. ion logam

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Brom mengalami **adisi** pada ikatan rangkap C=C sehingga warnanya hilang:  $\text{C}=\text{C} + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{CBr}-\text{CBr}$ . Uji dilakukan di tempat gelap supaya alkana tidak ikut bereaksi lewat substitusi radikal yang dipicu cahaya.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Panah lengkung • 34-1-03

Dalam gambar mekanisme reaksi, panah lengkung berkepala penuh ( $\curvearrowright$ ) menunjukkan perpindahan ...

- A. sepasang elektron
- B. satu atom H
- C. satu proton
- D. inti atom karbon

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Panah lengkung selalu menggambarkan gerak **elektron**: kepala penuh = sepasang elektron, kepala separuh (kail) = satu elektron. Atom ikut berpindah hanya karena ikatannya berubah. Menganggap panah sebagai gerak atom adalah miskonsepsi yang sering muncul.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Adisi brom • 34-1-04

Etena,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , bereaksi dengan brom,  $\text{Br}_2$ , membentuk 1,2-dibromoetana. Tuliskan rumus molekul produk tersebut.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$

**Pembahasan:** Pada adisi, semua atom kedua pereaksi bergabung:  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ . Rumus strukturnya  $\text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$ : satu Br menempel pada tiap karbon bekas ikatan rangkap.

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Ekonomi atom • 34-2-01

Etanol industri dibuat lewat hidrasi etena:  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Hitung ekonomi atom reaksi ini (dalam %). (Ar H = 1, C = 12, O = 16)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 100 %**

**Pembahasan:** Mr etanol =  $2(12) + 6(1) + 16 = 46$ .

Jumlah Mr pereaksi = Mr etena + Mr air =  $28 + 18 = 46$ .

EA =  $46/46 \times 100\% = 100\%$ . Semua atom pereaksi masuk ke produk: ciri khas reaksi adisi.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Ekonomi atom • 34-2-02

Klorometana dibuat dari metana:  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ . Hitung ekonomi atom untuk produk klorometana (dalam %). (Ar H = 1, C = 12, Cl = 35,5)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 58 %**

**Pembahasan:** Mr  $\text{CH}_3\text{Cl} = 12 + 3 + 35,5 = 50,5$ .

Jumlah Mr pereaksi =  $16 + 71 = 87$ .

EA =  $50,5/87 \times 100\% \approx 58,0\%$ . Sisanya (42%) menjadi HCl sebagai produk samping. Reaksi substitusi selalu punya produk samping.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Aturan Markovnikov • 34-2-03

Gas HBr direaksikan dengan propena,  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ . Produk utamanya adalah ...

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| A. 1-bromopropana     | C. propana        |
| B. 1,2-dibromopropana | D. 2-bromopropana |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Menurut aturan Markovnikov, H masuk ke karbon yang sudah punya lebih banyak H (C1), sehingga Br menempel di C2. Alasannya: jalur ini melewati karbokation sekunder yang lebih stabil daripada karbokation primer. Produk utama: **2-bromopropana**,  $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$ .

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Oksidasi alkohol • 34-2-04

Alkohol manakah yang **tidak** dapat dioksidasi oleh kalium dikromat(VI) yang diasamkan (warna tetap jingga)?

- |               |                       |
|---------------|-----------------------|
| A. etanol     | C. metanol            |
| B. 2-propanol | D. 2-metil-2-propanol |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Oksidasi alkohol membutuhkan atom H pada karbon pembawa OH. 2-Metil-2-propanol,  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ , adalah alkohol **tersier**: karbon pembawa OH tidak mengikat H, jadi tidak teroksidasi. Etanol dan metanol (primer) serta 2-propanol (sekunder) teroksidasi dan mengubah warna menjadi hijau.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • SN1 dan SN2 • 34-3-01

Pada reaksi 2-bromo-2-metilpropana dengan  $\text{OH}^-$ , laju reaksi menjadi dua kali bila konsentrasi haloalkana digandakan, tetapi **tidak berubah** bila konsentrasi  $\text{OH}^-$  digandakan. Kesimpulan yang tepat adalah ...

- A. SN2, karena substratnya tersier
- B. E2, karena  $\text{OH}^-$  adalah basa kuat
- C. SN1, karena  $\text{OH}^-$  tidak terlibat dalam tahap penentu laju
- D. reaksi berorde dua terhadap  $\text{OH}^-$

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Data memberi laju =  $k[\text{RBr}]$ : orde 1 terhadap haloalkana, orde 0 terhadap  $\text{OH}^-$ .

Artinya tahap paling lambat hanya melibatkan haloalkana: ikatan C-Br putus membentuk karbokation tersier.  $\text{OH}^-$  baru bereaksi di tahap cepat. Ini mekanisme **SN1**, khas haloalkana tersier.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum laju SN2 • 34-3-02

Reaksi bromoetana dengan ion sianida berlangsung melalui SN2. Bila konsentrasi bromoetana dijadikan 2 kali dan konsentrasi  $\text{CN}^-$  dijadikan 3 kali semula, laju reaksi menjadi berapa kali semula?

Jawaban: ..... kali

**Kunci: 6 kali**

**Pembahasan:** SN2:  $r = k[\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}][\text{CN}^-]$ , orde 1 terhadap masing-masing.

$$r_2/r_1 = 2^1 \times 3^1 = 6.$$

Laju menjadi **6 kali**. Seandainya mekanismenya SN1, laju hanya menjadi 2 kali.

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Oksidasi alkohol • 34-3-03

2-Propanol,  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ , dipanaskan dengan kalium dikromat(VI) dalam asam sulfat encer. Tuliskan nama IUPAC hasil oksidasinya.

Jawaban: .....

**Kunci:** propanon ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )

**Pembahasan:** Karbon pembawa OH mengikat 1 atom H, jadi 2-propanol adalah alkohol sekunder. Alkohol sekunder dioksidasi menjadi **keton**:  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3 + [\text{O}] \rightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Nama IUPAC-nya **propanon** (aseton), pelarut penghapus cat kuku.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Substitusi radikal • 34-3-04

Propana,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ , diklorinasi dengan sinar UV menghasilkan campuran 1-kloropropana dan 2-kloropropana. Reaktivitas satu atom H sekunder 3,8 kali reaktivitas satu atom H primer. Berapa persen 2-kloropropana dalam campuran monoklorida?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 55,9 %**

**Pembahasan:** Propana punya 6 H primer (dua gugus  $\text{CH}_3$ ) dan 2 H sekunder (gugus  $\text{CH}_2$ ).

Bobot primer =  $6 \times 1 = 6$ ; bobot sekunder =  $2 \times 3,8 = 7,6$ .

% 2-kloropropana =  $7,6 / (6 + 7,6) \times 100\% \approx \mathbf{55,9\%}$ . Walaupun H sekunder lebih sedikit, reaktivitasnya yang tinggi membuatnya produk utama (hasil percobaan  $\pm 55\%$ ).

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Reaksi etena • gaya IGCSE • 34-4-01

Etena (*ethene*) adalah bahan baku penting di industri petrokimia.

- Nyatakan** pereaksi dan kondisi untuk mengubah etena menjadi etanol dalam industri. [2]
- Jelaskan** bagaimana air brom dapat dipakai untuk membedakan etana dan etena. [2]
- Tuliskan** rumus struktur produk reaksi etena dengan brom, lalu **nyatakan** jenis reaksinya. [2]
- Sarankan** mengapa pembuatan etanol dari etena dikatakan memiliki ekonomi atom 100%. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) uap air (*steam*) [1]; katalis asam fosfat(V), suhu  $\pm 300^\circ\text{C}$ , tekanan  $\pm 60\text{--}70\text{ atm}$  [1]

(b) tambahkan beberapa tetes air brom ke masing-masing gas/larutan (di tempat gelap) [1]; etena: jingga-cokelat menjadi tak berwarna, etana: tetap jingga-cokelat [1]

(c)  $\text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$  (1,2-dibromoetana) [1]; adisi (elektrofilik) [1]

(d) hanya ada satu produk; semua atom pereaksi berakhir di etanol, tanpa produk samping [1]

**Pembahasan:** Kata kunci yang dicari pemeriksa: *steam*, katalis asam fosfat, kondisi suhu dan tekanan; perubahan warna lengkap "dari ... menjadi ..."; dan istilah **adisi**. Jangan menulis "bening" untuk air brom yang pudar; tuliskan "tak berwarna" (*colourless*).

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Jenis reaksi organik • gaya IGCSE • 34-4-02

Manakah persamaan berikut yang merupakan reaksi **substitusi**?



**Kunci: A**

**Pembahasan:** Pada pilihan A, satu atom H pada etana **diganti** atom Cl (dengan sinar UV), dan HCl terbentuk sebagai produk samping. Pilihan B dan D adalah adisi (ikatan rangkap terbuka), sedangkan C adalah eliminasi (dehidrasi, air lepas dan ikatan rangkap terbentuk).

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Fermentasi • gaya IGCSE • 34-4-03

Etanol untuk cairan pembersih tangan dapat dibuat dengan fermentasi glukosa:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$ . **Hitung** massa etanol maksimum yang dihasilkan dari 90 g glukosa. (Mr glukosa = 180; etanol = 46)

Jawaban: ..... g

**Kunci: 46 g**

**Pembahasan:** mol glukosa =  $90/180 = 0,50\text{ mol}$ .

Perbandingan mol glukosa : etanol = 1 : 2, jadi mol etanol = 1,0 mol.

massa etanol =  $1,0 \times 46 = \mathbf{46\text{ g}}$ . Dalam praktik hasilnya lebih rendah karena ragi juga memakai sebagian gula untuk tumbuh.

Etanol dipanaskan dengan **refluks** bersama kalium dikromat(VI) berlebih yang diasamkan. Pengamatan dan produk organik yang benar adalah ...

- A. jingga menjadi hijau; asam etanoat
- B. hijau menjadi jingga; asam etanoat
- C. jingga menjadi hijau; etena
- D. ungu menjadi tak berwarna; etanal

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Ion dikromat  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (jingga) direduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  (hijau). Dengan refluks dan oksidator berlebih, etanal yang terbentuk tidak sempat lolos dan teroksidasi lanjut menjadi **asam etanoat**. Etanal hanya didapat bila langsung didistilasi; perubahan ungu menjadi tak berwarna adalah ciri kalium manganat(VII).

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

2-Bromo-2-metilpropana,  $(\text{CH}_3)_3\text{CBr}$ , bereaksi dengan larutan natrium hidroksida encer.

- (a) **Gambarkan** mekanisme reaksi ini dengan panah lengkung, termasuk zat antaranya. [3]
- (b) **Tuliskan** persamaan laju reaksi dan nyatakan tahap penentu lajunya. [2]
- (c) **Jelaskan** mengapa substrat ini tidak bereaksi melalui mekanisme  $\text{S}_\text{N}2$ . [2]
- (d) Substratnya diganti dengan (*R*)-3-bromo-3-metilheksana yang aktif optik. **Ramalkan** aktivitas optik produknya dan **jelaskan**. [2]

**Kunci/rubrik:** (a) panah dari ikatan C–Br ke atom Br, membentuk karbokation  $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$  dan  $\text{Br}^-$  [1]; karbokation tersier ditunjukkan sebagai zat antara [1]; panah dari pasangan elektron bebas O pada  $\text{OH}^-$  ke  $\text{C}^+$ , membentuk  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$  [1]

(b) laju =  $k[(\text{CH}_3)_3\text{CBr}]$  [1]; tahap 1 (pemutusan heterolitik C–Br) adalah tahap lambat [1]

(c) sisi belakang karbon terhalang tiga gugus metil (halangan sterik) [1]; karbokation tersier relatif stabil karena efek induktif/hiperkonjugasi tiga gugus alkil [1]

(d) produk praktis tidak aktif optik (campuran rasemat) [1]; karbokation datar ( $\text{sp}^2$ ) diserang dari kedua sisi dengan peluang sama sehingga kedua enantiomer terbentuk 50 : 50 [1]

**Pembahasan:** Pada (a), dua panah penting: ekor panah pertama di **ikatan** C–Br (bukan di atom Br), dan ekor panah kedua di **pasangan bebas** O (bukan di muatan  $-$ ). Pada (d), istilah kunci: karbokation **datar**, serangan dari **dua sisi**, **rasemat**. Dalam percobaan nyata sering didapat sedikit kelebihan inversi karena ion  $\text{Br}^-$  yang baru lepas masih menghalangi satu sisi.

2-Bromobutana dipanaskan dengan kalium hidroksida dalam **etanol**. Produk organik utamanya adalah ...

- |              |               |
|--------------|---------------|
| A. but-1-ena | C. butan-2-ol |
| B. but-2-ena | D. butanon    |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** KOH dalam etanol dan panas mendorong **eliminasi** ( $\text{E}_2$ ), bukan substitusi. H dapat direbut dari C1 (menghasilkan but-1-ena) atau dari C3 (menghasilkan but-2-ena). Menurut aturan **Zaitsev**, alkena yang lebih tersubstitusi lebih stabil dan menjadi produk utama: **but-2-ena** ( $\pm 80\%$ , sebagian besar isomer *trans*). Butan-2-ol adalah produk substitusi dengan KOH dalam air.

19. Lv 5 • IB DP • Isian • Kinetika substitusi nukleofilik • gaya IB • 34-5-03

Data laju awal reaksi  $\text{RBr} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{ROH} + \text{Br}^-$  pada 25 °C:

Percobaan 1:  $[\text{RBr}] = 0,10 \text{ mol/L}$ ;  $[\text{OH}^-] = 0,10 \text{ mol/L}$ ; laju =  $2,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Percobaan 2:  $[\text{RBr}] = 0,20 \text{ mol/L}$ ;  $[\text{OH}^-] = 0,10 \text{ mol/L}$ ; laju =  $4,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Percobaan 3:  $[\text{RBr}] = 0,10 \text{ mol/L}$ ;  $[\text{OH}^-] = 0,20 \text{ mol/L}$ ; laju =  $4,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Hitung tetapan laju  $k$  (dalam  $\text{L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ).

Jawaban: .....  $\text{L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

**Kunci:**  $0,02 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

**Pembahasan:** Percobaan 1→2:  $[\text{RBr}] \times 2$ , laju  $\times 2 \rightarrow$  orde 1 terhadap RBr.

Percobaan 1→3:  $[\text{OH}^-] \times 2$ , laju  $\times 2 \rightarrow$  orde 1 terhadap  $\text{OH}^-$ .

Laju =  $k[\text{RBr}][\text{OH}^-]$  (orde total 2: ciri **SN2**, kemungkinan haloalkana primer).

$$k = \frac{2,0 \times 10^{-4}}{0,10 \times 0,10} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1} = \mathbf{0,020}.$$

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Substitusi elektrofilik aromatik • gaya IB • 34-5-04

Benzena dinitrasi dengan campuran asam nitrat pekat dan asam sulfat pekat. Spesi yang berperan sebagai elektrofil adalah ...

A.  $\text{NO}_3^-$

C.  $\text{NO}_2^+$

B.  $\text{HNO}_3$

D.  $\text{HSO}_4^-$

**Kunci:** C

**Pembahasan:** Asam sulfat memprotonasi asam nitrat lalu melepas air:

$\text{HNO}_3 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NO}_2^+ + \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{HSO}_4^-$ . Ion **nitronium**  $\text{NO}_2^+$  yang miskin elektron diserang elektron  $\pi$  cincin benzena.  $\text{HSO}_4^-$  berperan sebagai basa yang merebut  $\text{H}^+$  pada tahap akhir agar cincin aromatik pulih.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICHo

21. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Penentuan struktur • gaya olimpiade • 34-6-01

Senyawa A ( $\text{C}_4\text{H}_8$ ) langsung memudahkan air brom dalam gelap. Hidrogenasi A ( $\text{H}_2$ , Ni) menghasilkan 2-metilpropana. A bereaksi dengan HBr membentuk B ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}$ ) sebagai produk utama. B dipanaskan dengan NaOH encer menghasilkan C ( $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ) yang **tidak** mengubah warna larutan kalium dikromat(VI) yang diasamkan. Tentukan struktur dan nama A, B, dan C, serta jelaskan penalaranmu.

**Kunci/rubrik:** A memudahkan air brom  $\rightarrow$  mengandung  $\text{C}=\text{C}$  (alkena  $\text{C}_4\text{H}_8$ ) [1]. Hidrogenasi memberi 2-metilpropana  $\rightarrow$  kerangka karbon bercabang, sehingga A = **2-metilpropena**,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$  (but-1-ena dan but-2-ena akan menghasilkan butana) [2]. Adisi HBr mengikuti Markovnikov lewat karbokation tersier  $\rightarrow$  B = **2-bromo-2-metilpropana**,  $(\text{CH}_3)_3\text{CBr}$  [2]. Hidrolisis ( $\text{SN1}$ )  $\rightarrow$  C = **2-metil-2-propanol**,  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$  [1]; C alkohol tersier sehingga tidak dioksidasi dikromat, sesuai data [1].

**Pembahasan:** Strategi olimpiade: kumpulkan petunjuk satu per satu. Uji brom  $\rightarrow$  ada  $\text{C}=\text{C}$ . Produk hidrogenasi  $\rightarrow$  kerangka karbon. Aturan Markovnikov  $\rightarrow$  posisi Br. Uji dikromat negatif  $\rightarrow$  alkohol tersier, yang sekaligus **mengonfirmasi** posisi Br pada karbon tersier. Semua petunjuk harus konsisten; bila ada satu yang bertentangan, periksa ulang strukturnya.

22. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Selektivitas substitusi radikal • gaya olimpiade • 34-6-02

2-Metilbutana,  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ , diklorinasi dengan sinar UV pada 25 °C. Reaktivitas relatif satu atom H primer : sekunder : tersier = 1 : 3,8 : 5,0. Berapa persen 2-kloro-2-metilbutana dalam campuran monoklorida yang terbentuk?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 23,1 %**

**Pembahasan:** Atom H pada 2-metilbutana: primer 9 (tiga gugus  $\text{CH}_3$ ), sekunder 2 (gugus  $\text{CH}_2$ ), tersier 1 (gugus CH).

Cek:  $9 + 2 + 1 = 12$  = jumlah H pada  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .

Bobot: primer  $9 \times 1 = 9$ ; sekunder  $2 \times 3,8 = 7,6$ ; tersier  $1 \times 5,0 = 5,0$ ; total 21,6.

% 2-kloro-2-metilbutana (Cl pada C tersier) =  $5,0/21,6 \times 100\% \approx 23,1\%$ .

Catatan: monoklorida primer terbagi menjadi dua isomer (1-kloro-2-metilbutana dari 6 H dan 1-kloro-3-metilbutana dari 3 H), sehingga total ada 4 isomer struktur.

23. Lv 6 • Olimpiade • Uraian • Merancang sintesis • gaya olimpiade • 34-6-03

Rancang sintesis etil etanoat,  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ , dengan etena sebagai **satu-satunya** sumber karbon (pereaksi anorganik dan katalis boleh dipilih bebas). Untuk setiap tahap, tuliskan persamaan reaksi, pereaksi dan kondisi, serta jenis reaksinya. Jelaskan juga cara memaksimalkan hasil pada tahap terakhir.

**Kunci/rubrik:** Tahap 1:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; uap air,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\pm 300^\circ\text{C}$ , 60–70 atm; adisi (hidrasi) [2]

Tahap 2: sebagian etanol dioksidasi:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 [\text{O}] \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  berlebih +  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , refluks; oksidasi [2]

Tahap 3:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat sebagai katalis, dipanaskan; kondensasi (esterifikasi) [2]

Memaksimalkan hasil: reaksi tahap 3 setimbang; pakai salah satu pereaksi berlebih (etanol murah) atau keluarkan air/ester saat terbentuk (Le Chatelier);  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat juga menyerap air [2]

**Pembahasan:** Kerja mundur (retrosintesis): ester  $\leftarrow$  asam karboksilat + alkohol; asam  $\leftarrow$  oksidasi alkohol primer; alkohol  $\leftarrow$  hidrasi alkena. Karena etena adalah satu-satunya sumber karbon, kedua "separuh" ester (asam etanoat dan etanol) harus berasal dari etanol yang sama. Inilah peta sintesis yang bisa kamu telusuri di Lab Mini "Peta Sintesis".

24. Lv 6 • Olimpiade • Pilihan ganda • Stereokimia  $\text{S}_\text{N}2$  • gaya olimpiade • 34-6-04

(R)-2-Bromobutana direaksikan dengan NaOH dalam pelarut aseton pada suhu rendah, dan reaksinya berlangsung sepenuhnya melalui  $\text{S}_\text{N}2$ . Produk alkoholnya adalah ...

A. (R)-butan-2-ol

C. campuran rasemat butan-2-ol

B. (S)-butan-2-ol

D. but-2-ena tanpa alkohol

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $\text{S}_\text{N}2$  berlangsung dengan **inversi** konfigurasi (serangan dari belakang). Urutan prioritas CIP tidak berubah: OH menggantikan Br di peringkat pertama, lalu  $\text{C}_2\text{H}_5 > \text{CH}_3 > \text{H}$ . Karena susunan ruangnya terbalik dengan urutan prioritas yang sama, deskriptornya berubah dari R menjadi S. Hati-hati: inversi tidak *selalu* berarti R menjadi S; bila urutan prioritas ikut berubah, labelnya bisa tetap.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Monomer dan polimer • 35-1-01

Kata *polimer* berasal dari bahasa Yunani *poly* (banyak) dan *meros* (bagian). Polimer adalah ...

- A. molekul kecil yang mudah menguap
- B. molekul raksasa yang tersusun dari banyak unit kecil (monomer) yang terikat berulang-ulang
- C. campuran beberapa jenis plastik yang dilelehkan bersama
- D. senyawa yang selalu dibuat dari minyak bumi

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Polimer adalah makromolekul yang tersusun atas ribuan monomer yang berikatan kovalen membentuk rantai. Polimer tidak selalu berasal dari minyak bumi: pati, selulosa, protein, dan karet alam adalah polimer alam.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Polimer alam dan sintetis • 35-1-02

Manakah yang termasuk polimer alam?

- A. Polietilena pada kantong plastik
- B. PVC pada pipa air
- C. Selulosa pada kapas dan kertas
- D. Polistirena pada gabus putih kemasan

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Selulosa dibuat oleh tumbuhan dari ribuan unit glukosa, jadi termasuk polimer alam. Polietilena, PVC, dan polistirena adalah polimer sintetis buatan pabrik.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Kode daur ulang • 35-1-03

Di dasar sebuah botol air minum tertera segitiga panah dengan angka 1. Botol itu terbuat dari ...

- |                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| A. PET (polietilena tereftalat) | C. PS (polistirena)   |
| B. PVC (polivinil klorida)      | D. PP (polipropilena) |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Kode 1 = PET, plastik bening dan ringan untuk botol minuman. PET termasuk yang paling mudah didaur ulang, misalnya menjadi serat poliester untuk kain. (Kode 3 = PVC, 5 = PP, 6 = PS.)

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Karet alam • 35-1-04

Getah pohon karet (lateks) dari kebun di Sumatra dan Kalimantan mengandung polimer karet alam. Monomer karet alam adalah ...

- |            |             |
|------------|-------------|
| A. etena   | C. stirena  |
| B. glukosa | D. isoprena |

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Karet alam adalah cis-poliisoprena: polimer dari isoprena (2-metilbuta-1,3-diena),  $C_5H_8$ . Etena adalah monomer polietilena, glukosa monomer pati dan selulosa, stirena monomer polistirena.

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Massa molekul polimer • 35-2-01

Satu rantai polietilena tersusun atas 2.000 unit etena ( $C_2H_4$ ). Hitung  $M_r$  rantai tersebut. (Ar C = 12, H = 1)

Jawaban: ..... g/mol

**Kunci:** 56.000 g/mol

**Pembahasan:**  $M_r$  etena =  $2(12) + 4(1) = 28$ .

Polimerisasi adisi tidak melepaskan atom apa pun, sehingga  $M = n \times M_{\text{monomer}} = 2.000 \times 28 = 56.000$  g/mol.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Monomer dari unit ulang • 35-2-02

Polistirena (gabus putih kemasan) memiliki unit ulang  $-\text{[CH}_2-\text{CH(C}_6\text{H}_5\text{)]}-$ . Tuliskan rumus molekul monomernya.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $C_8H_8$

**Pembahasan:** Ambil dua atom C rantai utama, lalu pasang kembali ikatan rangkapnya:  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$  (stirena).

Hitung atom: C =  $1 + 1 + 6 = 8$ ; H =  $2 + 1 + 5 = 8$ . Rumus molekulnya  $C_8H_8$ .

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Jenis polimerisasi • 35-2-03

Reaksi asam adipat dengan heksana-1,6-diamina membentuk nilon-6,6. Reaksi ini tergolong ...

- A. adisi, karena kedua monomer memiliki ikatan rangkap C=C
- B. adisi, karena semua atom monomer masuk ke dalam polimer
- C. kondensasi, karena hanya satu jenis monomer yang bereaksi
- D. kondensasi, karena setiap ikatan baru yang terbentuk melepaskan satu molekul air

**Kunci:** D

**Pembahasan:** Gugus  $-\text{COOH}$  dari asam adipat bereaksi dengan gugus  $-\text{NH}_2$  dari diamina membentuk ikatan amida  $-\text{CO}-\text{NH}-$  dan melepaskan  $\text{H}_2\text{O}$ . Itulah ciri polimerisasi kondensasi. Kedua monomer tidak punya ikatan C=C, dan monomernya dua jenis.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Termoplastik dan termoset • 35-2-04

Botol PET bekas dapat dilelehkan dan dibentuk menjadi serat kain, sedangkan pegangan panci dari bakelit tidak bisa dilelehkan ulang. Berturut-turut, PET dan bakelit adalah ...

- A. termoplastik dan termoset
- B. termoset dan termoplastik
- C. elastomer dan termoplastik
- D. termoset dan elastomer

**Kunci:** A

**Pembahasan:** PET adalah **termoplastik**: rantainya hanya ditahan gaya antarmolekul, sehingga melunak bila dipanaskan. Bakelit adalah **termoset**: rantainya terkunci oleh jaringan ikatan silang kovalen, sehingga tidak meleleh, melainkan hangus.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Derajat polimerisasi • 35-3-01

Sampel polistirena memiliki  $M_r$  rata-rata 312.000. Hitung derajat polimerisasinya. (Ar C = 12, H = 1)

Jawaban: .....

**Kunci: 3.000**

**Pembahasan:**  $M_r$  stirena =  $8(12) + 8(1) = 104$ .

$$n = \frac{312.000}{104} = 3.000 \text{ unit ulang.}$$

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Massa polimer kondensasi • 35-3-02

Satu rantai nilon-6,6 terbentuk dari 150 molekul asam adipat ( $M_r$  146) dan 150 molekul heksana-1,6-diamina ( $M_r$  116). Hitung  $M_r$  rantai tersebut. ( $M_r$  air = 18)

Jawaban: ..... g/mol

**Kunci: 33.918 g/mol**

**Pembahasan:** Jumlah ikatan amida =  $300 - 1 = 299$ , jadi lepas 299 molekul air.

$$M = 150(146 + 116) - 299(18) = 39.300 - 5.382 = 33.918.$$

Cek:  $150 \text{ unit ulang} \times 226 + 18 \text{ (gugus ujung H dan OH)} = 33.918 \checkmark$

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Polimerisasi adisi • 35-3-03

Manakah pernyataan yang BENAR tentang polimerisasi etena menjadi polietilena?

- A. Setiap ikatan baru melepaskan satu molekul  $H_2$
- B. Ikatan rangkap C=C terbuka menjadi ikatan tunggal, sehingga massa polimer sama dengan jumlah massa monomernya
- C. Polietilena masih memiliki banyak ikatan rangkap sehingga menghilangkan warna air brom
- D. Unit ulangnya ditulis  $-\text{[CH}_2=\text{CH}_2]-$

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Pada polimerisasi adisi, ikatan  $\pi$  dari C=C dipakai untuk menyambung monomer; tidak ada atom yang lepas. Polietilena tidak lagi memiliki C=C, sehingga tidak menghilangkan warna air brom, dan unit ulangnya  $-\text{[CH}_2-\text{CH}_2]-$  (ikatan tunggal).

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian rumus/nama • Unit ulang nilon-6 • 35-3-04

Nilon-6 untuk jaring ikan memiliki unit ulang  $-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-$ . Tuliskan rumus molekul unit ulang tersebut (urutan C, H, N, O).

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$**

**Pembahasan:** C:  $5 + 1 = 6$ ; H:  $1 + 5(2) = 11$ ; N: 1; O: 1. Rumusnya  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$  ( $M_r$  113).

Rumus ini persis sama dengan kaprolaktam, monomer nilon-6: saat cincin kaprolaktam dibuka, tidak ada atom yang lepas.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Poli(propena) • gaya IGCSE • 35-4-01

Poly(propene) is used to make food containers and raffia string (tali rafia).

- Nyatakan** (state) the structural formula of the monomer, propene.
- Gambarkan** (draw) one repeat unit of poly(propene) and name the type of polymerisation.
- Jelaskan** (explain) why poly(propene) is described as non-biodegradable.
- Sarankan** (suggest) one environmental problem caused by burning poly(propene) waste in the open air.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$  [1]

(b)  $-\text{[CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)]-$  dengan ikatan terbuka di kedua ujung dan gugus  $\text{CH}_3$  sebagai cabang [1]; polimerisasi adisi [1]

(c) mikroorganisme tidak memiliki enzim yang dapat memutus ikatan C-C dan C-H yang kuat dan nonpolar, sehingga polimer tidak diuraikan secara alami [1]

(d) pembakaran tidak sempurna menghasilkan karbon monoksida yang beracun dan jelaga (partikulat); pembakaran sempurna pun menambah  $\text{CO}_2$ , gas rumah kaca [1]

**Pembahasan:** Ciri unit ulang polimer adisi: dua atom C rantai utama, ikatan tunggal di antaranya, dan ikatan terbuka di kedua ujung yang menembus kurung. Kesalahan yang sering terjadi adalah tetap menulis ikatan rangkap atau meletakkan  $\text{CH}_3$  di rantai utama.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Poliamida • gaya IGCSE • 35-4-02

Which pair of monomers can react to form a polyamide (poliamida)?

- $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$  dan  $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$
- $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$
- $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$  dan  $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  dan  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Poliamida memerlukan gugus amina dan gugus asam karboksilat agar terbentuk ikatan amida  $-\text{CO}-\text{NH}-$ : pasangan C menghasilkan nilon-6,6. Pasangan A menghasilkan poliester (PET), pasangan B kopolimer adisi, dan pasangan D polisakarida.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Pembakaran polimer • gaya IGCSE • 35-4-03

Poli(etena) terbakar sempurna menurut persamaan  $(\text{C}_2\text{H}_4)_n + 3n \text{O}_2 \longrightarrow 2n \text{CO}_2 + 2n \text{H}_2\text{O}$ . **Hitung** volume  $\text{CO}_2$  pada suhu dan tekanan kamar (1 mol gas =  $24 \text{ dm}^3$ ) dari pembakaran sempurna 14 g poli(etena). (Ar C = 12, H = 1)

Jawaban: .....  $\text{dm}^3$

**Kunci: 24  $\text{dm}^3$**

**Pembahasan:** mol unit  $\text{C}_2\text{H}_4 = 14/28 = 0,50 \text{ mol}$ .

mol  $\text{CO}_2 = 2 \times 0,50 = 1,0 \text{ mol}$ .

$V = 1,0 \times 24 = 24 \text{ dm}^3$ . Nilai  $n$  tidak perlu diketahui karena perbandingannya per unit ulang.

A student shakes ethene gas and poly(ethene) powder separately with bromine water (air brom, jingga). Which observation is correct?

- A. Etena menghilangkan warna air brom; poli(etena) tidak
- B. Keduanya menghilangkan warna air brom
- C. Poli(etena) menghilangkan warna air brom; etena tidak
- D. Tidak ada yang mengubah warna air brom

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Etena memiliki ikatan C=C yang mengalami adisi brom, sehingga warna jingga hilang. Pada poli(etena), semua ikatan C=C sudah terpakai saat polimerisasi, jadi tidak ada reaksi dan warna jingga tetap.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

Poli(etilena tereftalat), PET, dibuat dari asam benzena-1,4-dikarboksilat (asam tereftalat,  $M_r = 166$ ) dan etana-1,2-diol (etilen glikol,  $M_r = 62$ ).

- (a) Turunkan (deduce) struktur unit ulang PET dan nyatakan nama gugus fungsi yang terbentuk.
- (b) Hitung massa air yang dilepaskan ketika 1,00 kg PET terbentuk. Anggap rantainya sangat panjang.
- (c) Botol PET dapat dihidrolisis oleh larutan NaOH panas, sedangkan poli(etena) tidak. Jelaskan perbedaan ini berdasarkan struktur kedua polimer, lalu kaitkan dengan daur ulang kimia.

**Kunci/rubrik:** (a)  $-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$  ( $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$ ,  $M_r$  192) [1]; gugus ester [1]

(b) mol unit ulang =  $1000/192 = 5,21$  mol [1]; setiap unit ulang melepas 2 molekul air  $\rightarrow 10,4$  mol [1]; massa air =  $10,4 \times 18 = 188$  g [1]

(c) PET mengandung ikatan ester yang polar; atom C karbonil bermuatan parsial positif sehingga diserang ion  $\text{OH}^-$  (hidrolisis basa) [1]; poli(etena) hanya memiliki ikatan C–C dan C–H yang nonpolar tanpa gugus fungsi [1]; hidrolisis PET mengembalikan monomernya (ion tereftalat dan etilen glikol) yang dapat dipolimerkan ulang, yaitu daur ulang kimia [1]

**Pembahasan:** Untuk rantai sangat panjang,  $2n - 1 \approx 2n$ . Cek massa:  $192 + 2(18) = 228 = 166 + 62$  ✓. Jadi  $\pm 188$  g air keluar untuk setiap kilogram PET, kira-kira segelas besar.

Ekonomi atom adalah persentase massa pereaksi yang menjadi produk yang diinginkan. Hitung ekonomi atom pembuatan nilon-6,6 dari asam adipat ( $M_r$  146) dan heksana-1,6-diamina ( $M_r$  116). Anggap rantainya sangat panjang. ( $M_r$  air = 18)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 86,26 %**

**Pembahasan:** Per unit ulang; pereaksi  $146 + 116 = 262$  g menghasilkan 226 g polimer dan 36 g air.

$$\text{Ekonomi atom} = \frac{226}{262} \times 100\% = 86,3\%.$$

Bandingkan dengan polimerisasi adisi (misalnya polietilena) yang ekonomi atomnya 100%.

Polipropilena isotaktik (semua gugus  $-\text{CH}_3$  pada sisi yang sama) memiliki titik leleh ( $\pm 165^\circ\text{C}$ ) dan kekuatan yang jauh lebih tinggi daripada polipropilena ataktik (gugus  $-\text{CH}_3$  acak), padahal rumus unit ulangnya sama. Penjelasan terbaik adalah ...

- A. rantai isotaktik memiliki lebih banyak atom karbon per unit ulang
- B. susunan gugus metil yang teratur membuat rantai dapat tersusun rapat dan membentuk daerah kristal, sehingga gaya London antarrantai lebih besar
- C. rantai isotaktik saling terhubung oleh ikatan silang kovalen
- D. polipropilena ataktik mengandung ikatan rangkap sisa

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Keduanya terdiri atas unit  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$  tanpa ikatan silang. Bedanya hanya keteraturan ruang gugus metil. Rantai isotaktik dapat tersusun rapat (kristalin) sehingga luas kontak dan gaya London antarrantai besar; rantai ataktik tidak dapat berkemas rapi sehingga lunak dan lengket.

Sebuah sampel polimer berisi 2,0 mol rantai bermassa molar 20.000 g/mol dan 1,0 mol rantai bermassa molar 80.000 g/mol. Hitung massa molar rata-rata jumlah,  $\bar{M}_n$ .

Jawaban: ..... g/mol

**Kunci: 40.000 g/mol**

**Pembahasan:**  $\bar{M}_n = \frac{2,0(20.000) + 1,0(80.000)}{3,0} = \frac{120.000}{3,0} = 40.000 \text{ g/mol}$ .

Sebagai perbandingan, rata-rata massa  $\bar{M}_w = \frac{2(20.000)^2 + 1(80.000)^2}{120.000} = 60.000 \text{ g/mol}$ , sehingga dispersitas  $\bar{D} = 60.000/40.000 = 1,5$ .

Kopolimer etena–vinil klorida mengandung 25,0% massa klorin. Hitung persen mol unit vinil klorida dalam kopolimer tersebut. (Ar C = 12, H = 1, Cl = 35,5)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 26,05 %**

**Pembahasan:** Untuk 1 mol unit: massa Cl = 35,5x; massa total = 28 + 34,5x.

$$\frac{35,5x}{28 + 34,5x} = 0,250 \Rightarrow 35,5x = 7,00 + 8,625x \Rightarrow x = \frac{7,00}{26,875} = 0,2605.$$

Jadi  $\pm 26,0\%$  mol unit vinil klorida.

Cek dengan cara lain: PVC murni berisi 56,8% Cl, sehingga fraksi massa unit vinil klorida dalam kopolimer =  $25,0/56,8 = 44\%$ . Karena unit vinil klorida (62,5) jauh lebih berat daripada unit etena (28), fraksi molnya lebih kecil, yaitu  $\pm 26\%$ .

Polimer X dipakai untuk sedotan "ramah lingkungan". Hidrolisis sempurna X menghasilkan hanya satu senyawa Y,  $C_3H_6O_3$ . Senyawa Y: (i) bereaksi dengan  $NaHCO_3$  menghasilkan gas yang mengeruhkan air kapur; (ii) bereaksi dengan logam Na menghasilkan gas  $H_2$  lebih banyak daripada asam propanoat dengan jumlah mol sama; (iii) bersifat optis aktif; (iv) dapat dibuat dengan fermentasi pati singkong oleh bakteri.

- Tentukan struktur Y beserta nama IUPAC-nya.
- Gambarkan unit ulang X, nyatakan jenis polimerisasinya dan gugus fungsi penghubungnya.
- Hitung massa X maksimum yang dapat dibuat dari 1,00 kg Y (anggap rantainya sangat panjang).
- Mengapa X tergolong bioplastik, tetapi sedotan X yang dibuang ke laut dapat bertahan bertahun-tahun?

**Kunci/rubrik:** (a) (i) → ada gugus  $-COOH$ ; (ii) → selain  $-COOH$  ada gugus  $-OH$  lain; (iii) → ada C kiral dengan empat gugus berbeda.  $Y = CH_3-CH(OH)-COOH$ , asam 2-hidroksipropanoat (asam laktat) [2]

(b)  $-[O-CH(CH_3)-CO]-$  [1]; polimerisasi kondensasi, setiap ikatan melepas  $H_2O$ , dengan ikatan ester [1]

(c) unit ulang  $C_3H_4O_2 = 72$  g/mol; dari 90 g Y diperoleh 72 g X, jadi 1,00 kg Y →  $1000 \times 72/90 = 800$  g X [2]

(d) bahan bakunya terbarukan (pati atau gula) dan ikatan esternya dapat dihidrolisis mikroba [1]; tetapi penguraian cepat memerlukan kondisi kompos industri ( $\pm 58^\circ C$ , lembap); di air laut yang dingin hidrolisisnya sangat lambat [1]

**Pembahasan:** X adalah PLA, poli(asam laktat). Di industri PLA biasanya dibuat lewat dimer siklik laktida yang dibuka cincinnya, tetapi unit ulangnya sama dengan hasil kondensasi asam laktat. Pelajaran pentingnya: label "biodegradable" selalu bergantung pada kondisi tempat plastik itu dibuang.

Karet alam (poliisoprena, unit  $C_5H_8$ ) divulkanisasi dengan 3,2 g belerang untuk setiap 100 g karet. Anggap semua belerang membentuk jembatan disulfida  $-S-S-$  antarrantai. Rata-rata ada berapa unit isoprena untuk setiap satu ikatan silang? (Ar C = 12, H = 1, S = 32)

Jawaban: ..... unit

**Kunci: 29,41 unit**

**Pembahasan:** mol unit isoprena =  $100/68 = 1,471$  mol.

mol atom S =  $3,2/32 = 0,100$  mol → jembatan disulfida = 0,0500 mol.

Unit per ikatan silang =  $1,471/0,0500 \approx 29,4$ .

Rata-rata satu ikatan silang untuk setiap  $\pm 29$  unit isoprena ( $\pm 118$  atom C rantai utama): cukup jarang sehingga karet tetap elastis. Pada kenyataannya banyak jembatan berupa polisulfida ( $-S_x-$ ), sehingga jumlah ikatan silang lebih sedikit lagi.

Polimer adisi Z hanya mengandung C, H, dan N. Pembakaran sempurna 1,06 g Z menghasilkan 2,64 g  $\text{CO}_2$  dan 0,54 g  $\text{H}_2\text{O}$ ; nitrogennya berubah menjadi  $\text{N}_2$ . Monomer Z bermassa molar 53 g/mol dan memiliki satu ikatan rangkap  $\text{C}=\text{C}$ .

- Tentukan rumus empiris Z.
- Gambarkan struktur monomer dan unit ulang Z, lalu beri nama monomernya.
- Serat Z dipanaskan perlahan di udara ( $\pm 250^\circ\text{C}$ ), lalu di atas  $1.000^\circ\text{C}$  dalam gas inert untuk membuat serat karbon. Jelaskan mengapa tahap kedua harus tanpa oksigen dan unsur apa yang dilepaskan.
- Hitung massa serat karbon maksimum dari 1,00 kg Z, bila semua karbon tertahan dan serat berupa karbon murni. (Ar C = 12, H = 1, N = 14, O = 16)

**Kunci/rubrik:** (a) C:  $2,64/44 = 0,0600$  mol (0,720 g); H:  $2 \times 0,54/18 = 0,0600$  mol (0,060 g); N:  $1,06 - 0,720 - 0,060 = 0,280$  g =  $0,0200$  mol  $\rightarrow \text{C} : \text{H} : \text{N} = 3 : 3 : 1 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_3\text{N}$  [2]

(b)  $M_r$  empiris = 53 =  $M_r$  monomer, jadi monomernya  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ , akrilonitril (propenenitril) [1]; unit ulang  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-$ , poliakrilonitril (PAN) [1]

(c) tanpa oksigen agar karbon tidak terbakar menjadi  $\text{CO}_2$  [1]; atom H dan N dilepaskan (sebagai  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCN}$ , dan  $\text{N}_2$ ) sehingga tersisa lembaran karbon mirip grafit [1]

(d) % C dalam Z =  $36/53 = 67,9\%$   $\rightarrow$  maksimum 679 g serat karbon [1]

**Pembahasan:** PAN juga dipakai sebagai serat "akrilik" pada sweter. Dalam praktik, rendemen serat karbon hanya  $\pm 50\%$  massa PAN karena sebagian karbon ikut lepas bersama gas. Soal ini menggabungkan analisis pembakaran (Bab 17), polimerisasi adisi, dan kimia material.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Golongan karbohidrat • 36-1-01

Pati (amilum) yang terdapat dalam nasi dan singkong termasuk golongan ...

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| A. monosakarida | C. polisakarida |
| B. disakarida   | D. protein      |

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Pati tersusun dari ratusan sampai ribuan unit  $\alpha$ -glukosa yang dihubungkan ikatan glikosidik, jadi termasuk **polisakarida** ("poli" = banyak). Monosakarida hanya satu unit (glukosa), disakarida dua unit (gula pasir).

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Uji zat makanan • 36-1-02

Bima meneteskan larutan iodin pada irisan singkong mentah. Warnanya berubah dari kuning-cokelat menjadi biru-hitam. Zat apa yang terbukti ada di dalam singkong?

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| A. Protein       | C. Lemak          |
| B. Amilum (pati) | D. Gula pereduksi |

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Iodin membentuk kompleks **biru-hitam** dengan amilum (ion poliiiodida masuk ke dalam heliks amilosa). Protein diuji dengan biuret (ungu), gula pereduksi dengan Benedict (merah bata), lemak dengan noda kertas.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Protein • 36-1-03

Unit penyusun (monomer) protein adalah ...

- |               |               |
|---------------|---------------|
| A. asam amino | C. asam lemak |
| B. glukosa    | D. nukleotida |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Protein adalah rantai panjang **asam amino** yang dihubungkan ikatan peptida. Glukosa adalah monomer pati dan selulosa, nukleotida adalah monomer DNA/RNA, sedangkan asam lemak adalah penyusun trigliserida (bukan polimer).

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian • Pasangan basa DNA • 36-1-04

Berapa jumlah ikatan hidrogen yang menghubungkan satu pasangan basa guanin-sitosin (G-C) dalam DNA?

Jawaban: .....

**Kunci: 3**

**Pembahasan:** Pasangan G-C dihubungkan **tiga** ikatan hidrogen, sedangkan pasangan A-T hanya dua. Karena itu DNA yang kaya G-C lebih sukar dipisahkan untainya.

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Energi makanan • 36-2-01

Sebungkus biskuit mengandung 20 g karbohidrat, 3 g protein, dan 8 g lemak. Hitung energinya (kkal) dengan angka Atwater: karbohidrat 4 kkal/g, protein 4 kkal/g, lemak 9 kkal/g.

Jawaban: ..... kkal

**Kunci: 164 kkal**

**Pembahasan:** Karbohidrat:  $20 \times 4 = 80$  kkal.

Protein:  $3 \times 4 = 12$  kkal.

Lemak:  $8 \times 9 = 72$  kkal.

Total =  $80 + 12 + 72 = 164$  kkal. Perhatikan: 8 g lemak menyumbang hampir sebanyak 20 g karbohidrat.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Ikatan peptida • 36-2-02

Sepuluh asam amino bergabung membentuk satu rantai polipeptida lurus. Berapa molekul air yang dilepaskan?

Jawaban: ..... molekul

**Kunci: 9 molekul**

**Pembahasan:** Setiap ikatan peptida terbentuk melalui kondensasi yang melepas satu molekul air. Rantai lurus berisi  $n$  asam amino punya  $n - 1$  ikatan peptida, jadi  $10 - 1 = 9$  molekul air dilepaskan (seperti 10 manik kalung yang butuh 9 sambungan).

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Gula pereduksi • 36-2-03

Larutan gula pasir ditetesi pereaksi Benedict, lalu dipanaskan dalam penangas air selama 5 menit. Warna yang teramati adalah ...

- A. merah bata, karena gula pasir terasa manis
- B. tetap biru, karena sukrosa bukan gula pereduksi
- C. ungu, karena sukrosa mengandung ikatan peptida
- D. biru-hitam, karena sukrosa adalah amilum

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Gula pasir adalah sukrosa. Ikatan glikosidiknya mengunci C1 glukosa dan C2 fruktosa, sehingga tidak ada gugus aldehida bebas untuk mereduksi  $\text{Cu}^{2+}$ . Warna Benedict **tetap biru**. Rasa manis tidak menentukan sifat pereduksi.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Rumus karbohidrat • 36-2-04

Tuliskan rumus molekul glukosa (gula darah).

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$**

**Pembahasan:** Glukosa adalah monosakarida enam karbon:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (Mr 180). Fruktosa dan galaktosa punya rumus molekul yang sama tetapi susunan atomnya berbeda (isomer).

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Massa peptida • 36-3-01

Hitung Mr tripeptida Gly-Ala-Gly. (Mr glisin = 75, alanin = 89, air = 18)

Jawaban: .....

**Kunci: 203**

**Pembahasan:** Jumlah massa asam amino:  $75 + 89 + 75 = 239$ .

Dua ikatan peptida melepas 2 molekul air:  $2 \times 18 = 36$ .

Mr tripeptida =  $239 - 36 = 203$ . Cek: rumusnya  $C_7H_{13}N_3O_4 = 84 + 13 + 42 + 64 = 203$  ✓

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Fermentasi • 36-3-02

Pada pembuatan tape, khamir mengubah 36 g glukosa seluruhnya menjadi etanol dan karbon dioksida:

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ . Hitung massa etanol yang terbentuk. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: ..... g

**Kunci: 18,4 g**

**Pembahasan:** Mr glukosa = 180; mol glukosa =  $36/180 = 0,20$  mol.

Mol etanol =  $2 \times 0,20 = 0,40$  mol.

Mr  $C_2H_5OH = 46$ ; massa etanol =  $0,40 \times 46 = 18,4$  g.

Cek kekekalan massa:  $CO_2 = 0,40 \times 44 = 17,6$  g;  $18,4 + 17,6 = 36$  g ✓

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Aturan Chargaff • 36-3-03

Suatu DNA beruntai ganda mengandung 22% sitosin (dari seluruh basa). Persentase adenin dalam DNA itu adalah ...

A. 22%

C. 44%

B. 56%

D. 28%

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Aturan Chargaff: %C = %G = 22%, sehingga G + C = 44%.

Sisanya A + T =  $100\% - 44\% = 56\%$ , dan karena %A = %T, maka A =  $56\%/2 = 28\%$ .

Cek cepat: %A + %G =  $28\% + 22\% = 50\%$  ✓

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Enzim dan suhu • 36-3-04

Laju reaksi amilase meningkat dari 20 °C sampai sekitar 37 °C, lalu turun tajam di atas 45 °C. Penjelasan yang paling tepat untuk penurunan itu adalah ...

A. enzim mati seperti sel yang kepanasan

B. substrat (pati) menguap pada suhu tinggi

C. semua ikatan peptida enzim terhidrolisis menjadi asam amino bebas

D. struktur tersier enzim rusak (denaturasi) sehingga bentuk situs aktif berubah

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Panas memutus ikatan hidrogen dan interaksi lain yang menjaga lipatan enzim. Bentuk situs aktif berubah sehingga substrat tidak bisa terikat: **denaturasi**. Enzim bukan makhluk hidup, jadi tidak "mati"; ikatan peptidanya (struktur primer) juga tetap utuh.

13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji makanan • gaya IGCSE • 36-4-01

Which test result shows that a food sample contains **protein**?

- A. Iodine solution turns blue-black.
- B. Benedict's solution gives a brick-red precipitate on heating.
- C. Biuret reagent turns violet (purple).
- D. Ethanol gives a cloudy white emulsion.

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Uji biuret: ion  $\text{Cu}^{2+}$  dalam larutan basa membentuk kompleks ungu dengan ikatan peptida protein. Iodin menguji amilum, Benedict menguji gula pereduksi, dan uji emulsi etanol menguji lemak.

14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Hidrolisis pati • gaya IGCSE • 36-4-02

Pati dihidrolisis sempurna menjadi glukosa:  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . **Hitung** massa glukosa yang diperoleh dari 81 g pati. (Mr satu unit  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = 162$ ; glukosa = 180)

Jawaban: ..... g

**Kunci: 90 g**

**Pembahasan:** Mol unit glukosa dalam pati =  $81/162 = 0,50$  mol.

Setiap unit menjadi satu molekul glukosa:  $0,50 \text{ mol} \times 180 = 90 \text{ g}$ .

Massanya bertambah 9 g karena setiap unit mengikat satu molekul air ( $0,50 \text{ mol} \times 18 = 9 \text{ g}$ ).

15. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Percobaan enzim • gaya IGCSE • 36-4-03

Laras menguji kerja amilase pada larutan pati di lima suhu. Ia mencatat waktu sampai campuran tidak lagi memberi warna biru-hitam dengan iodin: 20 °C: 300 s; 30 °C: 150 s; 40 °C: 75 s; 50 °C: 120 s; 60 °C: warna biru-hitam tidak pernah hilang.

- (a) **Hitung** laju relatif ( $1000/t$ ) pada 30 °C dan 40 °C. [2]
- (b) **Nyatakan** perkiraan suhu optimum amilase ini. [1]
- (c) **Jelaskan** hasil pada 60 °C. [2]
- (d) **Sarankan** dua variabel yang harus dikontrol. [2]

**Kunci/rubrik:** (a) 30 °C:  $1000/150 = 6,7 \text{ s}^{-1}$ ; 40 °C:  $1000/75 = 13,3 \text{ s}^{-1}$  [1 + 1].

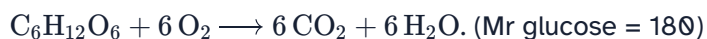
(b) Sekitar 40 °C (antara 30 °C dan 50 °C) [1].

(c) Pada 60 °C amilase terdenaturasi: interaksi yang menjaga struktur tersiernya putus dan bentuk situs aktif berubah, sehingga pati tidak dapat terikat [1]; pati tidak terhidrolisis dan tetap memberi warna biru-hitam dengan iodin [1].

(d) Dua dari: volume dan konsentrasi larutan pati; volume dan konsentrasi amilase; pH (pakai larutan penyangga); jumlah tetes iodin; selang waktu pengambilan sampel [2].

**Pembahasan:** Laju berbanding terbalik dengan waktu, jadi laju tertinggi pada waktu terpendek (40 °C). Di atas optimum laju turun karena denaturasi, bukan karena enzim "mati". Kata kunci yang dicari pemeriksa: *active site changes shape, substrate no longer fits, denatured*.

**Calculate** the volume of carbon dioxide, in  $\text{dm}^3$  at room temperature and pressure (1 mol of gas =  $24 \text{ dm}^3$ ), produced when 9,0 g of glucose undergoes complete aerobic respiration:



Jawaban: .....  $\text{dm}^3$

**Kunci: 7,2  $\text{dm}^3$**

**Pembahasan:** Mol glukosa =  $9,0/180 = 0,050 \text{ mol}$ .

Mol  $\text{CO}_2 = 6 \times 0,050 = 0,30 \text{ mol}$ .

Volume =  $0,30 \times 24 = 7,2 \text{ dm}^3$ .

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

- (a) Tuliskan persamaan reaksi penyabunan tripalmitin,  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOC}\text{C}_{15}\text{H}_{31})_3$ , dengan larutan NaOH. [2]  
 (b) Triolein (Mr = 885) adalah trigliserida dengan tiga ikatan rangkap  $\text{C}=\text{C}$ . Bilangan iodin didefinisikan sebagai massa  $\text{I}_2$  (gram) yang bereaksi dengan 100 g lemak. Hitung bilangan iodin triolein. (Mr  $\text{I}_2 = 253,8$ ) [2]  
 (c) Jelaskan pada tingkat molekul mengapa triolein cair pada suhu kamar, sedangkan tristearin (tanpa ikatan rangkap) padat. [3]

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOC}\text{C}_{15}\text{H}_{31})_3 + 3 \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 + 3 \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$  [1 rumus zat benar, 1 koefisien setara].

(b) 1 mol triolein mengadisi 3 mol  $\text{I}_2$ . 100 g triolein =  $100/885 = 0,113 \text{ mol} \rightarrow 0,339 \text{ mol } \text{I}_2 \times 253,8 = 86,0 \text{ g}$ . Bilangan iodin  $\approx 86$  [2].

(c) Ikatan rangkap cis membuat rantai triolein bengkok [1]; rantai tidak dapat tersusun rapat sehingga luas kontak dan gaya London antarmolekul lebih lemah [1]; energi yang dibutuhkan untuk memisahkan molekul kecil sehingga titik lelehnya rendah. Rantai tristearin lurus, tersusun rapat, gaya London kuat, titik leleh tinggi [1].

**Pembahasan:** Bilangan iodin dipakai industri untuk mengukur ketidakjenuhan minyak: minyak kelapa  $\pm 7-10$  (sangat jenuh), minyak sawit  $\pm 50-55$ , minyak kedelai  $\pm 130$ . Makin tinggi bilangan iodin, makin banyak ikatan  $\text{C}=\text{C}$  dan makin cair minyaknya.

Pembakaran sempurna 1,00 g glukosa dalam kalorimeter bom melepaskan 15,6 kJ kalor. Hitung perubahan entalpi pembakaran glukosa,  $\Delta_c H$ , dalam kJ/mol (sertakan tandanya). (Mr glukosa = 180)

Jawaban: ..... kJ/mol

**Kunci: -2.808 kJ/mol**

**Pembahasan:** Kalor per mol =  $15,6 \text{ kJ/g} \times 180 \text{ g/mol} = 2808 \text{ kJ/mol}$ .

Reaksi eksoterm, jadi  $\Delta_c H \approx -2808 \text{ kJ/mol}$  (nilai buku data  $\pm -2803 \text{ kJ/mol}$ ).

Catatan: kalorimeter bom mengukur  $\Delta U$ . Pada  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 6 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  jumlah mol gas tetap ( $6 \rightarrow 6$ ), sehingga  $\Delta H \approx \Delta U$ .

19. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Struktur protein • gaya IB • 36-5-03

Tingkat struktur protein yang terutama dijaga oleh ikatan hidrogen antara gugus C=O dan N-H pada tulang punggung polipeptida, sehingga membentuk heliks- $\alpha$  dan lembaran- $\beta$ , adalah struktur ...

- A. sekunder  
B. primer  
C. tersier  
D. kuarterner

**Kunci: A**

**Pembahasan: Sekunder:** pola berulang heliks- $\alpha$  dan lembaran- $\beta$  yang dijaga ikatan hidrogen antar-tulang punggung. Primer = urutan asam amino (ikatan peptida); tersier = lipatan 3D akibat interaksi gugus R (termasuk jembatan disulfida); kuarterner = gabungan beberapa rantai.

20. Lv 5 • IB DP • Isian • Kinetika enzim • gaya IB • 36-5-04

Suatu enzim memiliki  $K_M = 2,0$  mmol/L dan  $V_{\max} = 50$   $\mu$ mol/menit. Hitung laju awal reaksi saat konsentrasi substrat 6,0 mmol/L. Gunakan  $v = \frac{V_{\max}[S]}{K_M + [S]}$ .

Jawaban: .....  $\mu$ mol/menit

**Kunci: 37,5  $\mu$ mol/menit**

**Pembahasan:**  $v = \frac{50 \times 6,0}{2,0 + 6,0} = \frac{300}{8,0} = 37,5$   $\mu$ mol/menit.

Artinya 75% situs aktif sedang sibuk. Untuk mencapai 90%  $V_{\max}$  dibutuhkan  $[S] = 9K_M = 18$  mmol/L: kurva makin landai saat mendekati jenuh.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Panjang oligopeptida • gaya olimpiade • 36-6-01

Hidrolisis sempurna 3,60 g suatu oligopeptida linear yang hanya tersusun atas glisin (Mr glisin = 75, air = 18) menghasilkan 4,50 g glisin. Berapa jumlah residu glisin dalam satu molekul oligopeptida itu?

Jawaban: .....

**Kunci: 6**

**Pembahasan:** Mr oligopeptida =  $75n - 18(n - 1) = 57n + 18$ . Satu mol peptida menghasilkan  $n$  mol glisin ( $75n$  gram).

Perbandingan massa:  $\frac{4,50}{3,60} = 1,25 = \frac{75n}{57n + 18}$ .

$71,25n + 22,5 = 75n \Rightarrow 3,75n = 22,5 \Rightarrow n = 6$ .

Cek: Mr heksaglisin =  $57(6) + 18 = 360$ ;  $3,60$  g =  $0,0100$  mol  $\rightarrow 0,0600$  mol glisin  $\times 75 = 4,50$  g ✓

Disakarida X ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) tidak memberikan endapan merah bata dengan pereaksi Benedict. Hidrolisis X dengan asam encer menghasilkan dua monosakarida berbeda, A dan B, dengan jumlah mol sama; keduanya memberi endapan merah bata. A adalah aldohexosa yang juga merupakan gula darah, sedangkan B adalah ketohexosa.

- Tentukan X, A, dan B.
- Jelaskan mengapa X bukan gula pereduksi, padahal A dan B gula pereduksi.
- Berapa gram total gula pereduksi yang dihasilkan dari hidrolisis sempurna 3,42 g X?
- Ramalkan hasil uji Benedict untuk maltosa dan jelaskan.

**Kunci/rubrik:** (a) X = sukrosa, A = glukosa, B = fruktosa [3].

(b) Ikatan glikosidik sukrosa menghubungkan C1 glukosa (karbon anomerik aldosa) dengan C2 fruktosa (karbon anomerik ketosa). Kedua karbon anomerik terkunci sebagai asetal; tidak ada hemiasetal yang dapat membuka menjadi gugus karbonil bebas, sehingga  $Cu^{2+}$  tidak tereduksi [2].

(c)  $3,42/342 = 0,0100$  mol X  $\rightarrow 0,0100$  mol glukosa +  $0,0100$  mol fruktosa =  $0,0200$  mol  $\times 180 = 3,60$  g [2].

(d) Maltosa positif (merah bata): ikatan  $\alpha(1\rightarrow4)$  hanya memakai C1 glukosa pertama, sedangkan C1 glukosa kedua tetap berupa hemiasetal bebas yang dapat membuka menjadi aldehida [2].

**Pembahasan:** Kuncinya adalah karbon anomerik. Disakarida bersifat pereduksi bila sedikitnya satu karbon anomeriknya bebas (maltosa, laktosa). Campuran glukosa + fruktosa hasil hidrolisis sukrosa disebut gula invert, yang lebih manis daripada sukrosa dan banyak dipakai dalam sirup.

Sepotong DNA beruntai ganda terdiri atas 1.000 pasang basa dan memiliki total 2.600 ikatan hidrogen antarbasanya. Berapa persen (dari seluruh basa) guanin dalam potongan DNA itu?

Jawaban: ..... %

**Kunci: 30 %**

**Pembahasan:** Pasangan G-C punya 3 ikatan H, A-T punya 2:  $3x + 2(1000 - x) = 2600 \Rightarrow x = 600$  pasang G-C.

Jumlah basa = 2000, guanin = 600  $\rightarrow 600/2000 \times 100\% = 30\%$ .

Cek Chargaff: C = 30%, A = T = 20%; A + G = 50% ✓

Sel khamir (ragi) dapat hidup dengan atau tanpa oksigen. Data: respirasi aerob

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \longrightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta G^\circ \approx -2870 \text{ kJ/mol}$ , menghasilkan  $\pm 30$  ATP per glukosa; fermentasi alkohol  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$ ,  $\Delta G^\circ \approx -235 \text{ kJ/mol}$ , menghasilkan 2 ATP per glukosa; sintesis ATP dari ADP membutuhkan  $\pm 30,5 \text{ kJ/mol}$ .

- Hitung efisiensi penyimpanan energi (%) kedua jalur.
- Berapa kali lebih banyak glukosa yang harus difermentasi agar khamir memperoleh jumlah ATP yang sama dengan respirasi aerob?
- Pembuat tapai menutup rapat wadahnya. Jelaskan mengapa tapai yang disimpan terlalu lama menjadi kurang manis dan makin beralkohol.
- Hitung volume  $\text{CO}_2$  (24 L/mol) dari fermentasi 90 g glukosa.

**Kunci/rubrik:** (a) Aerob:  $30 \times 30,5/2870 \times 100\% \approx 31,9\%$  [1]; fermentasi:  $2 \times 30,5/235 \times 100\% \approx 26,0\%$  [1].

(b)  $30/2 = 15$  kali [1].

(c) Wadah tertutup  $\rightarrow$  oksigen habis  $\rightarrow$  khamir hanya memperoleh 2 ATP per glukosa sehingga harus memecah sangat banyak glukosa [1]; glukosa (sumber rasa manis) terus berkurang sementara etanol dan  $\text{CO}_2$  menumpuk [1]; bila ada udara masuk, bakteri dapat mengoksidasi sebagian etanol menjadi asam asetat sehingga tapai juga menjadi masam [1].

(d)  $90/180 = 0,50$  mol glukosa  $\rightarrow 1,0$  mol  $\text{CO}_2 \rightarrow 24 \text{ L}$  [1].

**Pembahasan:** Efisiensi per molekul glukosa sebenarnya tidak jauh berbeda; yang sangat berbeda adalah jumlah ATP per glukosa (30 lawan 2). Itulah sebabnya organisme aerob bisa tumbuh jauh lebih besar dan aktif, sedangkan fermentasi "boros glukosa" tetapi menghasilkan produk yang kita sukai: tapai, tuak, roti yang mengembang.

### Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

#### 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Jenis radiasi • 37-1-01

Partikel alfa ( $\alpha$ ) yang dipancarkan inti radioaktif sebenarnya adalah ...

- A. inti atom hidrogen (1 proton)
- B. inti atom helium (2 proton + 2 neutron)
- C. elektron berkecepatan tinggi
- D. gelombang elektromagnetik berenergi tinggi

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Partikel  $\alpha$  adalah inti helium-4,  ${}^4_2\text{He}$ : 2 proton dan 2 neutron, bermuatan +2. Elektron berkecepatan tinggi adalah  $\beta^-$ , sedangkan gelombang elektromagnetik berenergi tinggi adalah sinar  $\gamma$ .

#### 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Daya tembus radiasi • 37-1-02

Jenis radiasi yang sudah terhenti oleh selembar kertas adalah ...

- A. sinar gamma ( $\gamma$ )
- B. partikel beta ( $\beta$ )
- C. partikel alfa ( $\alpha$ )
- D. sinar-X

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Partikel  $\alpha$  besar dan bermuatan +2, sehingga cepat kehilangan energi saat menabrak atom-atom. Ia terhenti oleh kertas atau lapisan kulit mati. Partikel  $\beta$  perlu aluminium beberapa milimeter, sedangkan  $\gamma$  dan sinar-X baru melemah oleh timbal atau beton tebal.

#### 3. Lv 1 • Pemula • Isian • Waktu paruh • 37-1-03

Sebuah zat radioaktif bermassa 80 g memiliki waktu paruh 2 hari. Berapa gram zat itu yang masih tersisa setelah 2 hari?

Jawaban: ..... g

**Kunci: 40 g**

**Pembahasan:** 2 hari = tepat 1 waktu paruh, jadi yang tersisa separuhnya:  $80 \div 2 = 40$  g. Sisanya, 40 g, sudah berubah menjadi inti lain.

#### 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Sumber radiasi • 37-1-04

Sebagian besar radiasi yang diterima rata-rata orang setiap tahun berasal dari ...

- A. ponsel dan wifi
- B. pembangkit listrik tenaga nuklir
- C. foto rontgen gigi
- D. alam: gas radon, sinar kosmik, tanah, dan makanan

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Dosis radiasi alam rata-rata dunia sekitar 2,4 mSv per tahun, hampir separuhnya dari gas radon yang keluar dari tanah dan batuan. Ponsel dan wifi memancarkan gelombang radio yang tidak mengionkan, jadi bukan radiasi nuklir.

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Persamaan inti • 37-2-01

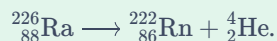
Lengkapi persamaan peluruhan alfa berikut:  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \longrightarrow \text{X} + {}^4_2\text{He}$ . Tuliskan lambang unsur X.

Jawaban: .....

**Kunci:**  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$

**Pembahasan:** Neraca nomor massa:  $226 = A + 4$ , jadi  $A = 222$ .

Neraca nomor atom:  $88 = Z + 2$ , jadi  $Z = 86$ , yaitu radon.



## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Peluruhan beta • 37-2-02

Karbon-14,  ${}^{14}_6\text{C}$ , meluruh dengan memancarkan partikel  $\beta^-$ . Berapa nomor atom inti hasilnya?

Jawaban: .....

**Kunci:** 7

**Pembahasan:** Pada  $\beta^-$  sebuah neutron berubah menjadi proton, jadi Z naik 1 dan A tetap:  ${}^{14}_6\text{C} \longrightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$ . Nomor atomnya 7 (nitrogen).

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Waktu paruh • 37-2-03

Sebuah rumah sakit menerima 100 mg iodin-131 (waktu paruh 8,0 hari). Berapa mg iodin-131 yang tersisa setelah 24 hari?

Jawaban: ..... mg

**Kunci:** 12,5 mg

**Pembahasan:** Banyaknya waktu paruh:  $24/8,0 = 3$ .

$100 \rightarrow 50 \rightarrow 25 \rightarrow 12,5$  mg, atau  $100 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 12,5$  mg.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Pita kestabilan • 37-2-04

Sebuah inti terletak jauh di atas pita kestabilan (kelebihan neutron). Cara meluruh yang paling mungkin adalah ...

- A.  $\beta^-$ : sebuah neutron berubah menjadi proton
- B.  $\alpha$ : membuang 2 proton dan 2 neutron
- C.  $\beta^+$ : sebuah proton berubah menjadi neutron
- D. tangkap elektron: inti menelan elektron kulit K

**Kunci:** A

**Pembahasan:** Inti yang kelebihan neutron perlu menurunkan rasio n/p. Peluruhan  $\beta^-$  mengubah satu neutron menjadi proton ( $N - 1, Z + 1$ ), sehingga inti bergerak turun mendekati pita.  $\beta^+$  dan tangkap elektron justru dipakai inti yang kekurangan neutron, sedangkan  $\alpha$  terutama untuk inti yang sangat berat.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Penanggalan karbon-14 • 37-3-01

Sepotong arang dari situs purbakala mengandung karbon-14 sebanyak 12,5% dibandingkan kayu yang masih hidup. Perkirakan umur arang itu. (Waktu paruh C-14 = 5.730 tahun)

Jawaban: ..... tahun

**Kunci: 17.190 tahun**

**Pembahasan:**  $12,5\% = \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$ , jadi sudah lewat 3 waktu paruh.

Umur =  $3 \times 5.730 = 17.190$  tahun.

Cek: masih di bawah batas  $\pm 50.000$  tahun, jadi C-14 adalah jam yang tepat.

## 10. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Deret radioaktif • 37-3-02

Deret torium berawal dari  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  dan berakhir pada  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$  yang stabil. Banyaknya partikel  $\alpha$  dan  $\beta^-$  yang dipancarkan adalah ...

A. 4  $\alpha$  dan 6  $\beta^-$

C. 8  $\alpha$  dan 4  $\beta^-$

B. 6  $\alpha$  dan 2  $\beta^-$

D. 6  $\alpha$  dan 4  $\beta^-$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Jumlah  $\alpha = (232 - 208) \div 4 = 6$ .

Enam  $\alpha$  menurunkan Z sebesar 12:  $90 - 12 = 78$ .

Agar Z menjadi 82, perlu  $82 - 78 = 4$  kali  $\beta^-$ .

Jawaban: 6  $\alpha$  dan 4  $\beta^-$ .

## 11. Lv 3 • Pejuang • Isian • Radioisotop medis • 37-3-03

Seorang pasien harus menerima 250 MBq teknesium-99m tepat pukul 12.00. Sediaan diukur dan disiapkan pukul 07.00. Berapa aktivitas sediaan saat disiapkan? (Waktu paruh Tc-99m = 6,0 jam)

Jawaban: ..... MBq

**Kunci: 445 MBq**

**Pembahasan:** Selang waktu 07.00–12.00 = 5 jam =  $\frac{5}{6}$  waktu paruh.

$250 = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{5/6}$  sehingga  $A_0 = 250 \times 2^{5/6} = 250 \times 1,78 = 445$  MBq.

Cek: kurang dari 500 MBq (satu waktu paruh penuh), masuk akal.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian • Defek massa • 37-3-04

Reaksi fusi  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  diteliti sebagai sumber energi masa depan. Massa:  ${}^2_1\text{H} = 2,0141$  u;  ${}^3_1\text{H} = 3,0160$  u;  ${}^4_2\text{He} = 4,0026$  u;  ${}^1_0\text{n} = 1,0087$  u. Hitung energi yang dilepas setiap reaksi dalam MeV. (1 u setara 931,5 MeV)

Jawaban: ..... MeV

**Kunci: 17,5 MeV**

**Pembahasan:** Massa pereaksi =  $2,0141 + 3,0160 = 5,0301$  u.

Massa hasil =  $4,0026 + 1,0087 = 5,0113$  u.

$\Delta m = 0,0188$  u, jadi  $E = 0,0188 \times 931,5 \approx 17,5$  MeV per reaksi.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Memilih radioisotop • gaya IGCSE • 37-4-01

Sebuah perunut akan dimasukkan ke pipa air yang tertanam 1 m di bawah tanah untuk menemukan kebocoran. Radiasinya dideteksi dari permukaan tanah. **Sarankan** radioisotop yang paling tepat.

- A. pemancar  $\gamma$  dengan waktu paruh sekitar 15 jam
- B. pemancar  $\alpha$  dengan waktu paruh sekitar 5 tahun
- C. pemancar  $\beta$  dengan waktu paruh sekitar 5.000 tahun
- D. pemancar  $\gamma$  dengan waktu paruh sekitar 30 tahun

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Radiasi harus menembus 1 m tanah, jadi harus  $\gamma$  ( $\alpha$  dan  $\beta$  tertahan tanah). Waktu paruhnya cukup panjang untuk pengukuran beberapa jam, tetapi cukup pendek agar air minum tidak tercemar lama. Pemancar  $\gamma$  30 tahun akan bertahan terlalu lama. Contoh nyatanya natrium-24 (15 jam).

## 14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Waktu paruh dari data • gaya IGCSE • 37-4-02

Laju cacah sebuah sampel (setelah dikurangi radiasi latar) diukur setiap 10 menit:

0 menit: 800; 10 menit: 566; 20 menit: 400; 30 menit: 283; 40 menit: 200 cacah per menit.

**Deduksikan** waktu paruh sampel itu.

Jawaban: ..... menit

**Kunci: 20 menit**

**Pembahasan:** Laju cacah turun dari 800 menjadi 400 (separuh) dalam 20 menit, lalu dari 400 menjadi 200 dalam 20 menit berikutnya.

Waktu paruh = **20 menit**. (Data 566 dan 283 ada di tengah-tengah karena  $800 \times (\frac{1}{2})^{0,5} = 566$ .)

## 15. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Radioisotop untuk diagnosis • gaya IGCSE • 37-4-03

Teknesium-99m memancarkan sinar  $\gamma$  dan mempunyai waktu paruh 6,0 jam. Isotop ini disuntikkan ke pasien untuk memotret tulang.

- (a) **Nyatakan** arti waktu paruh. [1]
- (b) **Jelaskan** dua alasan teknesium-99m cocok untuk diagnosis. [2]
- (c) **Hitung** bagian aktivitas yang tersisa di tubuh setelah 24 jam (abaikan pembuangan oleh tubuh). [1]
- (d) **Sarankan** mengapa pemancar  $\alpha$  tidak dipakai untuk memotret organ. [1]

**Kunci/rubrik:** (a) Waktu yang dibutuhkan sampai separuh inti radioaktif dalam sampel meluruh (aktivitas turun menjadi separuhnya). [1]

(b) Dua dari: sinar  $\gamma$  menembus keluar tubuh sehingga dapat dideteksi kamera di luar tubuh; waktu paruh 6 jam cukup lama untuk pemeriksaan tetapi cepat hilang sehingga dosis pasien kecil;  $\gamma$  tidak banyak mengionkan jaringan; mudah dibuat dari generator molibdenum-99 di rumah sakit. [2]

(c) 24 jam = 4 waktu paruh, sisa  $(\frac{1}{2})^4 = \frac{1}{16}$  atau 6,25%. [1]

(d) Partikel  $\alpha$  tidak dapat keluar dari tubuh untuk dideteksi, dan daya ionisasinya yang besar merusak sel di sekitarnya. [1]

**Pembahasan:** Pola soal: kaitkan jenis radiasi dengan daya tembus (harus keluar tubuh  $\rightarrow \gamma$ ) dan waktu paruh dengan keselamatan (cukup lama untuk diukur, cukup singkat agar cepat hilang).

16. Lv 4 • IGCSE • Isian rumus/nama • Radioaktivitas buatan • gaya IGCSE • 37-4-04

Pada 1934, Irène Joliot-Curie dan Frédéric Joliot menembaki aluminium dengan partikel alfa dan membuat inti radioaktif buatan pertama:  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \longrightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + \text{X}$ . **Identify** (kenali) partikel X. Tuliskan namanya atau lambangnya.

Jawaban: .....

**Kunci:**  ${}_0^1\text{n}$

**Pembahasan:** Nomor massa:  $27 + 4 = 30 + A$ , jadi  $A = 1$ .

Nomor atom:  $13 + 2 = 15 + Z$ , jadi  $Z = 0$ .

Partikel bermassa 1 tanpa muatan adalah neutron,  ${}_0^1\text{n}$ . Fosfor-30 yang terbentuk meluruh  $\beta^+$  menjadi silikon-30.

**Lv 5 • IB DP** gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Isian • Tetapan peluruhan • gaya IB • 37-5-01

Kobalt-60 mempunyai waktu paruh 5,27 tahun. Hitung tetapan peluruhannya,  $\lambda$ , dalam tahun<sup>-1</sup>.

Jawaban: ..... tahun<sup>-1</sup>

**Kunci:** 0,1315 tahun<sup>-1</sup>

**Pembahasan:**  $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{5,27 \text{ tahun}} = 0,132 \text{ tahun}^{-1}$ .

Artinya, sekitar 13% inti kobalt-60 meluruh setiap tahun (untuk selang waktu yang pendek).

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Penanggalan karbon-14 • gaya IB • 37-5-02

Karbon dari kayu sebuah perahu kuno menunjukkan aktivitas 9,2 peluruhan per menit per gram karbon, sedangkan kayu hidup menunjukkan 14,0. Hitung umur kayu itu. ( $T_{1/2}$  C-14 = 5.730 tahun)

Jawaban: ..... tahun

**Kunci:** 3.471 tahun

**Pembahasan:**  $\lambda = \ln 2 / 5.730 = 1,210 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1}$ .

$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A} = \frac{\ln(14,0/9,2)}{1,210 \times 10^{-4}} = \frac{0,4199}{1,210 \times 10^{-4}} \approx 3.470 \text{ tahun}$ .

Cek kewajaran:  $9,2/14,0 = 66\%$  tersisa, kurang dari satu waktu paruh, jadi umurnya di bawah 5.730 tahun ✓.

Ketidakpastian pengukuran aktivitas biasanya membuat umurnya ditulis ±beberapa puluh tahun.

19. Lv 5 • IB DP • Uraian • Energi fisi • gaya IB • 37-5-03

Salah satu reaksi fisi di reaktor:  ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \longrightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + x {}_0^1\text{n}$ .

Massa:  ${}^{235}\text{U} = 235,0439 \text{ u}$ ;  ${}^{144}\text{Ba} = 143,9230 \text{ u}$ ;  ${}^{89}\text{Kr} = 88,9176 \text{ u}$ ;  ${}_0^1\text{n} = 1,0087 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u}$  setara  $931,5 \text{ MeV}$ ;  $1 \text{ MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J}$ .

- Tentukan  $x$  dan tunjukkan bahwa nomor atom setara. [2]
- Hitung energi yang dilepas per fisi dalam MeV. [2]
- Hitung energi yang dilepas bila  $1,00 \text{ kg}$  U-235 mengalami fisi seperti ini, lalu bandingkan dengan pembakaran batu bara ( $\pm 30 \text{ MJ}$  per kg). [3]
- Jelaskan peran batang kendali dan moderator dalam reaktor. [2]

**Kunci/rubrik:** (a) Nomor massa:  $1 + 235 = 144 + 89 + x \rightarrow x = 3$  [1]. Nomor atom:  $0 + 92 = 56 + 36 + 0$  ✓ [1].

(b) Massa pereaksi =  $1,0087 + 235,0439 = 236,0526 \text{ u}$ ; massa hasil =  $143,9230 + 88,9176 + 3(1,0087) = 235,8667 \text{ u}$ ;  $\Delta m = 0,1859 \text{ u}$  [1];  $E = 0,1859 \times 931,5 = 173 \text{ MeV}$  [1].

(c) Jumlah inti =  $\frac{1000}{235,0} \times 6,022 \times 10^{23} = 2,56 \times 10^{24}$  [1]; energi =  $2,56 \times 10^{24} \times 173 \times 1,602 \times 10^{-13} = 7,1 \times 10^{13} \text{ J}$  [1]; setara  $7,1 \times 10^{13} / 3,0 \times 10^7 \approx 2,4 \times 10^6 \text{ kg}$  batu bara, sekitar dua juta kali lebih besar per kilogram [1].

(d) Batang kendali (boron/kadmium) menyerap neutron sehingga rata-rata tiap fisi memicu tepat satu fisi baru,  $k = 1$  [1]; moderator (air/grafit) memperlambat neutron agar lebih mudah ditangkap U-235 [1].

**Pembahasan:** Catatan:  $173 \text{ MeV}$  adalah energi yang langsung terlepas pada saat pembelahan. Pecahan Ba-144 dan Kr-89 masih radioaktif dan melepas energi tambahan saat meluruh, sehingga total per fisi sekitar  $200 \text{ MeV}$ .

20. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Pita kestabilan • gaya IB • 37-5-04

Karbon-11 (waktu paruh  $20$  menit) dipakai pada pemindaian PET. Inti  ${}_{6}^{11}\text{C}$  mempunyai rasio  $n/p = 5/6$ , di bawah pita kestabilan. Cara peluruhan dan inti hasilnya adalah ...

- $\beta^-$ , menghasilkan  ${}_{7}^{11}\text{N}$
- $\beta^+$ , menghasilkan  ${}_{5}^{11}\text{B}$
- $\alpha$ , menghasilkan  ${}_{4}^7\text{Be}$
- $\gamma$ , menghasilkan  ${}_{6}^{11}\text{C}$  yang lebih stabil

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $n/p = 5/6 < 1$  berarti kekurangan neutron. Inti menaikkan  $n/p$  dengan mengubah proton menjadi neutron:  ${}_{6}^{11}\text{C} \longrightarrow {}_{5}^{11}\text{B} + {}_{+1}^0\text{e}$ . Boron-11 ( $5 \text{ p}$ ,  $6 \text{ n}$ ) stabil. Positron yang dipancarkan musnah bersama elektron menjadi dua sinar  $\gamma$  yang ditangkap kamera PET.

Lv 6 • Olimpiade • gaya OSN Kimia/ICHO

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Penanggalan uranium-timbal • gaya olimpiade • 37-6-01

Sebuah kristal zirkon mengandung atom  ${}^{206}\text{Pb}$  dan  ${}^{238}\text{U}$  dengan perbandingan jumlah atom  ${}^{206}\text{Pb} : {}^{238}\text{U} = 0,25$ . Zirkon tidak menyerap timbal saat mengkristal, jadi anggap semua  ${}^{206}\text{Pb}$  berasal dari peluruhan  ${}^{238}\text{U}$  (anggota deret yang lain berumur pendek). Hitung umur zirkon dalam miliar tahun. ( $T_{1/2} \text{ U-238} = 4,47$  miliar tahun)

Jawaban: ..... miliar tahun

**Kunci: 1,44 miliar tahun**

**Pembahasan:** Misal U sekarang =  $1$ , maka Pb =  $0,25$  dan U awal =  $1,25$ .

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{1,25} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}} \rightarrow t = T_{1/2} \times \frac{\ln 1,25}{\ln 2} = 4,47 \times 0,3219 = 1,44 \text{ miliar tahun.}$$

Trik: zirkon memang menolak timbal ketika mengkristal, tetapi menerima uranium. Karena itu kristal zirkon menjadi "jam" paling andal untuk batuan tua.

Sebuah lapisan abu gunung api yang mengapit fosil dianalisis (data rekaan). Perbandingan jumlah atom  $^{40}\text{Ar} : ^{40}\text{K}$  di mineralnya =  $9,4 \times 10^{-5}$ . Kalium-40 ( $T_{1/2} = 1,25 \times 10^9$  tahun) meluruh 89,3% menjadi  $^{40}\text{Ca}$  ( $\beta^-$ ) dan 10,7% menjadi  $^{40}\text{Ar}$  (tangkap elektron).

(a) Jelaskan mengapa "jam" argon dianggap mulai dari nol saat letusan.

(b) Turunkan rumus umur  $t = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \left( 1 + \frac{1}{0,107} \cdot \frac{^{40}\text{Ar}}{^{40}\text{K}} \right)$ .

(c) Hitung umur abu itu.

(d) Mengapa cabang  $\beta^-$  menuju  $^{40}\text{Ca}$  tidak dipakai untuk menanggali?

(e) Mengapa fosil yang diapit abu ini tidak dapat ditanggali dengan karbon-14?

**Kunci/rubrik:** (a) Argon adalah gas mulia. Saat abu masih berupa lelehan panas, argon yang terbentuk sebelumnya lepas ke udara. Setelah mineral mengeras, argon hasil peluruhan baru terperangkap di kisi kristal, sehingga  $^{40}\text{Ar}$  yang terukur hanya berasal dari peluruhan setelah letusan. [2]

(b) K sekarang  $K = K_0 e^{-\lambda t}$ , jadi K yang sudah meluruh =  $K_0 - K = K(e^{\lambda t} - 1)$  [1]. Hanya 10,7% menjadi argon:  $\text{Ar} = 0,107 K(e^{\lambda t} - 1)$  [1]. Maka  $e^{\lambda t} = 1 + \frac{\text{Ar}}{0,107 K}$  dan  $t = \frac{1}{\lambda} \ln(\dots)$  dengan  $\frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$  [1].

(c)  $\frac{9,4 \times 10^{-5}}{0,107} = 8,79 \times 10^{-4}$ ;  $\ln(1,000879) = 8,78 \times 10^{-4}$  [1];  $t = \frac{1,25 \times 10^9}{0,693} \times 8,78 \times 10^{-4} \approx 1,58 \times 10^6$  tahun, yaitu sekitar 1,6 juta tahun [1].

(d) Kalsium-40 adalah isotop kalsium yang paling melimpah dan sudah banyak terdapat di batuan sejak awal, sehingga tambahan dari peluruhan tidak bisa dibedakan dari kalsium asal. [1]

(e) Umur  $\pm 1,6$  juta tahun setara  $\pm 280$  waktu paruh C-14; sisa C-14 praktis nol (batas ukur  $\pm 50.000$  tahun). [1]

**Pembahasan:** Inilah prinsip penanggalan situs seperti Sangiran: fosil tidak ditanggali langsung, tetapi "diapit" oleh umur lapisan abu di bawah dan di atasnya. Metode argon-argon modern memperbaiki ketelitiannya dengan menyinari sampel di reaktor nuklir agar sebagian  $^{39}\text{K}$  menjadi  $^{39}\text{Ar}$ .

Sebuah kapsul terapi berisi iodin-131 dengan aktivitas 3,7 GBq ( $3,7 \times 10^9$  Bq). Hitung massa iodin-131 di dalam kapsul dalam mikrogram. ( $T_{1/2} = 8,0$  hari; massa molar 131 g/mol;  $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ )

Jawaban: .....  $\mu\text{g}$

**Kunci: 0,8  $\mu\text{g}$**

**Pembahasan:**  $\lambda = \frac{0,693}{8,0 \times 86.400 \text{ s}} = 1,00 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ .

$N = A/\lambda = 3,7 \times 10^9 / 1,00 \times 10^{-6} = 3,69 \times 10^{15}$  inti.

$m = \frac{3,69 \times 10^{15}}{6,022 \times 10^{23}} \times 131 = 8,0 \times 10^{-7} \text{ g} = \mathbf{0,80 \mu\text{g}}$ .

Makna: kurang dari sejuta gram, tetapi miliaran peluruhan per detik. Inilah mengapa radioisotop berwaktu paruh pendek sangat "aktif" walau jumlahnya mungil.

Sebuah sampel berisi dua radioisotop: P (waktu paruh 2 jam) dan Q (waktu paruh 6 jam). Mula-mula aktivitas keduanya sama. Setelah berapa jam aktivitas Q tepat 8 kali aktivitas P?

Jawaban: ..... jam

**Kunci: 9 jam**

**Pembahasan:**  $\frac{A_Q}{A_P} = \frac{A_0(\frac{1}{2})^{t/6}}{A_0(\frac{1}{2})^{t/2}} = 2^{t/2-t/6} = 2^{t/3}$ .

$2^{t/3} = 8 = 2^3 \rightarrow t/3 = 3 \rightarrow \mathbf{t = 9 \text{ jam.}}$

Cek: setelah 9 jam P sudah lewat 4,5 waktu paruh (sisa  $2^{-4,5}$ ), Q lewat 1,5 waktu paruh (sisa  $2^{-1,5}$ ); perbandingannya  $2^3 = 8$  ✓.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Hujan asam • 38-1-01

Gas berikut yang menjadi penyebab utama hujan asam adalah ...

- A. oksigen,  $O_2$  C. belerang dioksida,  $SO_2$   
B. nitrogen,  $N_2$  D. argon, Ar

**Kunci: C**

**Pembahasan:**  $SO_2$  dari batu bara, minyak bersulfur, dan gunung api teroksidasi menjadi  $SO_3$ , lalu larut dalam air hujan menjadi asam sulfat  $H_2SO_4$ . Oksigen, nitrogen, dan argon adalah penyusun alami udara yang tidak membentuk asam kuat.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • pH hujan alami • 38-1-02

Air hujan alami yang tidak tercemar bersifat sedikit asam. pH-nya sekitar ...

- A. 7,0 C. 9,0  
B. 5,6 D. 2,0

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Air hujan melarutkan  $CO_2$  dari udara membentuk asam karbonat yang lemah:  
 $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ . Hasilnya pH  $\pm 5,6$ . Hujan baru disebut hujan asam bila pH-nya kurang dari 5,6.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Pengolahan air • 38-1-03

Di instalasi PDAM, tahap yang bertugas membunuh kuman di dalam air adalah ...

- A. desinfeksi dengan klorin C. sedimentasi  
B. koagulasi dengan tawas D. flokulasi

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Klorin (atau kaporit) membentuk asam hipoklorit,  $HOCl$ , yang membunuh bakteri. Tawas (koagulasi) dan flokulasi menggumpalkan partikel, sedangkan sedimentasi mengendapkan gumpalan itu. Ketiganya menurunkan kekeruhan, bukan terutama membunuh kuman.

## 4. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Lapisan ozon • 38-1-04

Zat yang merusak lapisan ozon dan dulu banyak dipakai sebagai pendingin kulkas serta pendorong semprotan adalah ...

- A. karbon dioksida C. uap air  
B. metana D. CFC (freon)

**Kunci: D**

**Pembahasan:** CFC (klorofluorokarbon) sangat stabil sehingga naik sampai ke stratosfer. Di sana sinar UV memutus ikatan  $C-Cl$  dan melepaskan atom klorin yang menguraikan ozon secara berantai. Pemakaiannya dihentikan melalui Protokol Montreal (1987).

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Jejak karbon • 38-2-01

Motor Bima menghabiskan 5 L bensin dalam seminggu. Setiap liter bensin yang terbakar menghasilkan  $\pm 2,3$  kg  $\text{CO}_2$ . Berapa kg  $\text{CO}_2$  yang dilepaskan motor itu dalam seminggu?

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 11,5 kg**

**Pembahasan:**  $m_{\text{CO}_2} = 5 \text{ L} \times 2,3 \text{ kg/L} = 11,5 \text{ kg}$ .

Dalam setahun (52 minggu) jumlahnya  $\pm 600$  kg, kira-kira seberat delapan karung beras besar.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Jejak karbon • 38-2-02

Keluarga Laras memakai 2 tabung LPG 3 kg setiap bulan. Setiap kilogram LPG yang dibakar menghasilkan  $\pm 3,0$  kg  $\text{CO}_2$ . Berapa kg  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan per bulan dari memasak?

Jawaban: ..... kg

**Kunci: 18 kg**

**Pembahasan:** Massa LPG =  $2 \times 3 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$ .

$m_{\text{CO}_2} = 6 \times 3,0 = 18 \text{ kg}$  per bulan.

$\text{CO}_2$  lebih berat daripada LPG-nya karena setiap atom C mengikat dua atom O dari udara.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • ISPU • 38-2-03

Aplikasi kualitas udara menunjukkan ISPU suatu kota sebesar 165. Kategori udara kota itu adalah ...

A. Baik

C. Tidak Sehat

B. Sedang

D. Berbahaya

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Kategori ISPU: 0–50 Baik, 51–100 Sedang, 101–200 Tidak Sehat, 201–300 Sangat Tidak Sehat,  $\geq 301$  Berbahaya. Nilai 165 berada di rentang 101–200, jadi Tidak Sehat: anak-anak, lansia, dan penderita asma sebaiknya mengurangi kegiatan di luar.

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Hujan asam • 38-2-04

Tuliskan rumus kimia asam yang terbentuk ketika belerang trioksida,  $\text{SO}_3$ , larut dalam air hujan.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{H}_2\text{SO}_4$**

**Pembahasan:**  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ . Asam sulfat adalah asam kuat, penyebab utama hujan asam di sekitar kawasan yang membakar batu bara.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Ekonomi atom • 38-3-01

Etanol dibuat melalui fermentasi glukosa (seperti pada tapai):  $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ . Hitung ekonomi atom reaksi ini bila produk yang diinginkan adalah etanol. (Ar C = 12, H = 1, O = 16)

Jawaban: ..... %

**Kunci: 51,1 %**

**Pembahasan:** Mr glukosa =  $6(12) + 12(1) + 6(16) = 180$ .

Mr etanol =  $2(12) + 6(1) + 16 = 46$ ; produk diinginkan =  $2 \times 46 = 92$ .

% EA =  $92/180 \times 100\% = 51,1\%$ .

Sisanya (88 g per 180 g) lepas sebagai  $CO_2$ .

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Konversi kadar gas • 38-3-02

Kadar  $SO_2$  di udara dekat sebuah pembangkit listrik 0,05 ppm (volume). Hitung kadarnya dalam  $\mu g/m^3$  pada 25 °C dan 1 atm. (Volume molar = 24,45 L/mol; Mr  $SO_2 = 64$ )

Jawaban: .....  $\mu g/m^3$

**Kunci: 130,9  $\mu g/m^3$**

**Pembahasan:** 0,05 ppm = 0,05 mL  $SO_2$  per  $m^3 = 5 \times 10^{-5}$  L.

$n = 5 \times 10^{-5} / 24,45 = 2,045 \times 10^{-6}$  mol.

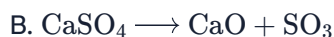
$m = 2,045 \times 10^{-6} \times 64 = 1,309 \times 10^{-4}$  g = 130,9  $\mu g$ .

Jadi kadarnya  $\pm 131 \mu g/m^3$ .

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Kesadahan • 38-3-03

Air sumur di daerah karst Gunung Sewu meninggalkan kerak putih di dasar ketel setelah dididihkan.

Persamaan reaksi yang tepat untuk pembentukan kerak itu adalah ...



**Kunci: A**

**Pembahasan:** Kalsium hidrogen karbonat terlarut terurai saat dipanaskan menjadi kalsium karbonat yang tidak larut (kerak), air, dan gas  $CO_2$ . Pilihan D adalah reaksi kebalikannya, yaitu cara batu kapur larut ke dalam air tanah. Garam sulfat dan klorida (kesadahan tetap) tidak terurai pada suhu air mendidih.

## 12. Lv 3 • Pejuang • Isian • BOD • 38-3-04

Sebanyak 10 mL limbah cair pabrik tahu diencerkan menjadi 300 mL dengan air jenuh oksigen. Oksigen terlarut (DO) awal 8,4 mg/L. Setelah diinkubasi 5 hari pada 20 °C dalam gelap, DO tinggal 3,6 mg/L. Hitung  $BOD_5$  limbah tersebut (mg/L).

Jawaban: ..... mg/L

**Kunci: 144 mg/L**

**Pembahasan:** Oksigen yang dipakai mikroba =  $8,4 - 3,6 = 4,8$  mg/L (dalam botol berisi campuran).

Faktor pengenceran =  $300/10 = 30$ .

$BOD_5 = 4,8 \times 30 = 144$  mg/L, jauh di atas batas air sungai kelas I (2 mg/L).

## 13. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Hujan asam dan marmer • gaya IGCSE • 38-4-01

Acid rain damages buildings made of marble (calcium carbonate).

- (a) **Nyatakan** (state) nama gas dari mesin kendaraan yang membentuk asam nitrat di dalam hujan.  
 (b) **Tuliskan** persamaan setara reaksi marmer dengan asam sulfat, lengkap dengan lambang wujud.  
 (c) **Jelaskan** mengapa gas nitrogen dan oksigen dari udara dapat bereaksi di dalam mesin, padahal di udara biasa tidak.  
 (d) **Sarankan** satu cara mengurangi emisi  $\text{SO}_2$  dari pembangkit listrik tenaga batu bara.

**Kunci/rubrik:** (a) nitrogen dioksida,  $\text{NO}_2$  (atau oksida nitrogen,  $\text{NO}_x$ ) [1]

(b)  $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$  [1 rumus benar, 1 setara + wujud]

(c) suhu di ruang bakar mesin sangat tinggi [1], sehingga ikatan rangkap tiga  $\text{N}\equiv\text{N}$  yang sangat kuat dapat putus / energi aktivasi terlampaui [1]

(d) salah satu: memasang scrubber (desulfurisasi gas buang) dengan kapur/batu kapur; memakai batu bara rendah sulfur; menghilangkan belerang sebelum pembakaran; beralih ke energi terbarukan [1]

**Pembahasan:**  $\text{CaSO}_4$  sedikit larut, sehingga permukaan marmer menjadi rapuh dan berkerak. Pada scrubber,  $2\text{CaCO}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$ ; belerang ditangkap sebagai gipsum.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Isian • Kesadahan • gaya IGCSE • 38-4-02

Hasil analisis air sumur menunjukkan kadar ion  $\text{Ca}^{2+}$  0,0024 mol/L (anggap tidak ada  $\text{Mg}^{2+}$ ). **Hitung** kesadahan air itu dalam mg/L  $\text{CaCO}_3$ . (Mr  $\text{CaCO}_3 = 100$ )

Jawaban: ..... mg/L

**Kunci:** 240 mg/L

**Pembahasan:** 0,0024 mol/L  $\text{Ca}^{2+}$  setara dengan 0,0024 mol/L  $\text{CaCO}_3$ .

Massa =  $0,0024 \times 100 = 0,24 \text{ g/L} = 240 \text{ mg/L}$ .

Nilai > 180 mg/L tergolong **sangat sadah**.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Gas rumah kaca • gaya IGCSE • 38-4-03

Which gas is **not** a greenhouse gas? (Gas manakah yang **bukan** gas rumah kaca?)

- A. methane (metana) C. carbon dioxide (karbon dioksida)  
 B. nitrogen (nitrogen) D. water vapour (uap air)

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Molekul  $\text{N}_2$  terdiri atas dua atom sejenis. Getarannya tidak mengubah momen dipol, sehingga tidak menyerap radiasi inframerah. Metana, karbon dioksida, dan uap air semuanya menyerap inframerah.

## 16. Lv 4 • IGCSE • Isian • Stoikiometri scrubber • gaya IGCSE • 38-4-04

Sebuah pembangkit menghasilkan 3,2 ton  $\text{SO}_2$  per hari. Gas itu diserap dengan batu kapur:

$2\text{CaCO}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$ . **Hitung** massa  $\text{CaCO}_3$  (dalam ton) yang dibutuhkan setiap hari. (Mr  $\text{SO}_2 = 64$ ,  $\text{CaCO}_3 = 100$ )

Jawaban: ..... ton

**Kunci:** 5 ton

**Pembahasan:** Mol  $\text{SO}_2 = 3,2 \times 10^6 \text{ g} / 64 = 5,0 \times 10^4 \text{ mol}$ .

Perbandingan 1 : 1, jadi mol  $\text{CaCO}_3 = 5,0 \times 10^4 \text{ mol}$ .

Massa =  $5,0 \times 10^4 \times 100 \text{ g} = 5,0 \times 10^6 \text{ g} = 5,0 \text{ ton}$ .

## 17. Lv 5 • IB DP • Uraian • Perusakan ozon • gaya IB • 38-5-01

Chlorofluorocarbons (CFCs) such as  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  deplete stratospheric ozone.

(a) Tuliskan dua persamaan tahap propagasi ketika radikal klorin menguraikan ozon, lalu tuliskan persamaan bersihnya.

(b) Jelaskan mengapa sedikit CFC dapat menguraikan ozon dalam jumlah sangat besar.

(c) Entalpi ikatan  $\text{C}-\text{Cl} = 324 \text{ kJ/mol}$  dan  $\text{C}-\text{F} = 492 \text{ kJ/mol}$ . Hitung panjang gelombang maksimum foton yang cukup untuk memutus satu ikatan  $\text{C}-\text{Cl}$ , lalu jelaskan mengapa ikatan  $\text{C}-\text{Cl}$ , bukan  $\text{C}-\text{F}$ , yang putus di stratosfer. ( $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ;  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ )

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{Cl} + \text{O}_3 \longrightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$  [1];  $\text{ClO} + \text{O} \longrightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$  [1]; bersih:  $\text{O}_3 + \text{O} \longrightarrow 2 \text{O}_2$  [1]

(b) atom Cl terbentuk kembali pada tahap kedua sehingga bertindak sebagai katalis / reaksi berantai radikal [1]; satu atom Cl dapat menguraikan puluhan ribu molekul  $\text{O}_3$  sebelum terkunci sebagai  $\text{HCl}$  atau  $\text{ClONO}_2$  [1]

(c) energi per ikatan =  $324 \text{ kJ/mol} / 6,02 \times 10^{23} = 5,38 \times 10^{-19} \text{ J}$  [1];  $\lambda = hc/E = (6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8) / (5,38 \times 10^{-19}) = 3,69 \times 10^{-7} \text{ m} \approx 369 \text{ nm}$  [1]; ikatan  $\text{C}-\text{Cl}$  lebih lemah sehingga butuh foton berenergi lebih kecil ( $\lambda$  lebih panjang);  $\text{C}-\text{F}$  butuh  $\lambda \leq \pm 243 \text{ nm}$  [1]

**Pembahasan:** Catatan: perhitungan energi ikatan memberi batas maksimum 369 nm, tetapi di kenyataan molekul CFC baru menyerap cahaya pada UV-C (di bawah  $\pm 220 \text{ nm}$ ). Sinar sependek itu tidak sampai ke troposfer karena sudah diserap  $\text{O}_2$  dan  $\text{O}_3$  di atas, sehingga CFC aman di bawah dan baru terurai setelah naik ke stratosfer.

## 18. Lv 5 • IB DP • Isian • pH hujan alami • gaya IB • 38-5-02

Pada kesetimbangan dengan udara, air hujan mengandung  $[\text{CO}_2(\text{aq})] = 1,4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ . Untuk

$\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ,  $K_a = 4,5 \times 10^{-7}$ . Abaikan ionisasi kedua dan ionisasi air. Hitung pH air hujan alami (dua desimal).

Jawaban: .....

**Kunci: 5,6**

**Pembahasan:**  $[\text{H}^+] = \sqrt{K_a C} = \sqrt{4,5 \times 10^{-7} \times 1,4 \times 10^{-5}} = \sqrt{6,3 \times 10^{-12}} = 2,51 \times 10^{-6} \text{ M}$ .

$\text{pH} = -\log(2,51 \times 10^{-6}) = 5,60$ .

Inilah asal batas 5,6 pada definisi hujan asam. Karena  $\text{CO}_2(\text{aq})$  terus diisi ulang dari udara (sistem terbuka), kadarnya tetap  $1,4 \times 10^{-5} \text{ M}$  meskipun sebagian terionisasi, sehingga  $[\text{H}^+]^2 = K_a[\text{CO}_2]$  berlaku tanpa perlu mengurangkan  $x$  dari  $C$ .

## 19. Lv 5 • IB DP • Isian • Ekonomi atom • gaya IB • 38-5-03

Proses BHC untuk membuat ibuprofen dapat diringkas sebagai:

$\text{C}_{10}\text{H}_{14} + \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3 + \text{H}_2 + \text{CO} \longrightarrow \text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2 + \text{CH}_3\text{COOH}$ . Hitung ekonomi atom untuk ibuprofen ( $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$ ). (Mr:  $\text{C}_{10}\text{H}_{14} = 134$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = 102$ ,  $\text{H}_2 = 2$ ,  $\text{CO} = 28$ ,  $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2 = 206$ )

Jawaban: ..... %

**Kunci: 77,44 %**

**Pembahasan:** Massa molar semua pereaksi =  $134 + 102 + 2 + 28 = 266$ .

% EA =  $206/266 \times 100\% = 77,4\%$ .

Cek kekekalan massa:  $206 + 60$  (asam asetat) =  $266$  ✓. Proses lama (6 tahap) hanya  $\pm 40\%$ . Bila asam asetatnya dimanfaatkan, hampir tidak ada atom yang terbuang.

Which statement best explains why  $\text{CO}_2$  absorbs infrared radiation but  $\text{N}_2$  does not?

- A.  $\text{CO}_2$  is a polar molecule.
- B.  $\text{CO}_2$  is heavier than  $\text{N}_2$ .
- C. The triple bond in  $\text{N}_2$  is too strong to vibrate.
- D. Some vibrations of  $\text{CO}_2$  (asymmetric stretch and bending) change its dipole moment.

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Serapan IR terjadi bila getaran mengubah momen dipol.  $\text{CO}_2$  nonpolar secara keseluruhan (pilihan A salah), tetapi regangan asimetris dan tekukannya membuat dipol sesaat.  $\text{N}_2$  tetap bergetar (pilihan C salah), hanya saja getarannya tidak pernah menghasilkan dipol. Massa tidak menentukan aktif-tidaknya IR.

**Lv 6 • Olimpiade** gaya OSN Kimia/ICH O

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Kolom ozon • gaya olimpiade • 38-6-01

Kolom ozon di atas sebuah kota terukur 300 DU (Dobson Unit). Satu DU setara dengan  $2,69 \times 10^{16}$  molekul  $\text{O}_3$  per  $\text{cm}^2$  permukaan Bumi. Hitung massa ozon (dalam gram) di atas setiap  $1 \text{ m}^2$  permukaan Bumi. ( $M_r \text{ O}_3 = 48$ ;  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ )

Jawaban: ..... g

**Kunci: 6,43 g**

**Pembahasan:** Molekul per  $\text{cm}^2 = 300 \times 2,69 \times 10^{16} = 8,07 \times 10^{18}$ .

Per  $\text{m}^2$ :  $\times 10^4 = 8,07 \times 10^{22}$  molekul.

mol =  $8,07 \times 10^{22} / 6,02 \times 10^{23} = 0,134$  mol.

massa =  $0,134 \times 48 = 6,43$  g.

Hanya  $\pm 6,4$  g ozon per meter persegi, setara lapisan ozon murni setebal 3 mm pada  $0^\circ\text{C}$  dan 1 atm, yang melindungi seluruh kehidupan dari UV-C!

Kesadahan air sumur di daerah kapur ditentukan dengan titrasi kompleksometri memakai EDTA ( $M^{2+} + EDTA \longrightarrow M-EDTA$ , perbandingan 1 : 1 untuk  $Ca^{2+}$  maupun  $Mg^{2+}$ ).

- 50,0 mL sampel membutuhkan 12,0 mL EDTA 0,0100 M.
- 50,0 mL sampel lain dididihkan 30 menit, disaring, diencerkan kembali menjadi 50,0 mL, lalu membutuhkan 4,0 mL EDTA yang sama.

- Hitung kesadahan total dalam mg/L  $CaCO_3$  (Mr 100).
- Hitung kesadahan tetap dan kesadahan sementara.
- Tuliskan persamaan reaksi yang menjelaskan hilangnya sebagian kesadahan saat dididihkan.
- Jelaskan mengapa sabun sulit berbusa di air ini, sedangkan deterjen sintetis tetap berbusa.

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{mol } M^{2+} = 0,0100 \times 0,0120 = 1,20 \times 10^{-4} \text{ mol dalam } 50,0 \text{ mL [1]} \rightarrow 2,40 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \rightarrow 240 \text{ mg/L } CaCO_3 \text{ [1]}$

(b) setelah dididihkan:  $0,0100 \times 0,0040 = 4,0 \times 10^{-5} \text{ mol} / 0,0500 \text{ L} = 8,0 \times 10^{-4} \text{ M} \rightarrow \text{kesadahan tetap } 80 \text{ mg/L [1]}$ ; kesadahan sementara =  $240 - 80 = 160 \text{ mg/L [1]}$

(c)  $Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$  (dan yang serupa untuk Mg) [1]

(d) ion  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  mengendapkan anion sabun (garam kalsium asam lemak tidak larut) sehingga sabun habis sebagai buih kotor [1]; garam kalsium dari deterjen sintetis (misalnya alkilbenzena sulfonat) larut, sehingga deterjen tetap bekerja [1]

**Pembahasan:** Air ini tergolong sangat sadah ( $> 180 \text{ mg/L}$ ), dan dua pertiga kesadahannya bersifat sementara. Pendidihan atau penambahan kapur secukupnya (proses kapur-soda) efektif untuk bagian sementara; untuk kesadahan tetap dibutuhkan soda abu atau resin penukar ion.

Untuk menentukan COD, 20,0 mL air limbah direfluks bersama 10,0 mL  $K_2Cr_2O_7$  0,0400 M (berlebih) dalam asam sulfat. Sisa dikromat kemudian dititrasi dengan larutan  $Fe^{2+}$  0,100 M dan membutuhkan 12,0 mL:  $Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$ . Hitung COD sampel dalam mg  $O_2$  per liter.

Jawaban: ..... mg/L

**Kunci: 480 mg/L**

**Pembahasan:** Dikromat awal =  $0,0400 \times 0,0100 = 4,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ .

Sisa dikromat =  $(0,100 \times 0,0120)/6 = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ .

Dikromat terpakai =  $2,00 \times 10^{-4} \text{ mol} \rightarrow \text{elektron} = 6 \times 2,00 \times 10^{-4} = 1,20 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

Setara  $O_2 = 1,20 \times 10^{-3} / 4 = 3,00 \times 10^{-4} \text{ mol} = 9,60 \text{ mg dalam } 20,0 \text{ mL}$ .

COD =  $9,60 \text{ mg} / 0,0200 \text{ L} = 480 \text{ mg/L}$ .

Gas X keluar dari sawah yang tergenang terus-menerus. Sebanyak 0,16 g X menempati 224 mL pada STP (22,4 L/mol). Bila dibakar sempurna, X hanya menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

- Tentukan identitas X dengan penalaranmu.
- GWP 100 tahun X ±28. Hitung emisi 1,0 ton X dalam ton CO<sub>2</sub>-ekuivalen.
- Sebuah TPA membakar gas X yang dikumpulkannya. Hitung massa CO<sub>2</sub> dari pembakaran 1,0 ton X, lalu jelaskan mengapa membakar X justru lebih baik bagi iklim daripada melepaskannya.
- Jelaskan secara kimia mengapa mengairi sawah secara berselang (basah–kering) menurunkan emisi X.

**Kunci/rubrik:** (a)  $n = 0,224/22,4 = 0,0100$  mol;  $M_r = 0,16/0,0100 = 16$  [1]; hanya mengandung C dan H,  $C_nH_{2n+2}$  dengan  $M_r 16 \rightarrow n = 1$ : X = metana, CH<sub>4</sub> [1]

(b)  $1,0 \times 28 = 28$  ton CO<sub>2</sub>e [1]

(c)  $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$ : 16 t CH<sub>4</sub> → 44 t CO<sub>2</sub>, jadi 1,0 t → 2,75 t CO<sub>2</sub> [1]; dampak pemanasan turun dari 28 menjadi 2,75 t CO<sub>2</sub>e (±10 kali lebih kecil), dan panasnya bisa dipakai sebagai energi (biogas) [1]

(d) metana dibentuk mikroba metanogen dalam kondisi tanpa oksigen (anaerob), misalnya

$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$  atau  $CO_2 + 4 H_2 \rightarrow CH_4 + 2 H_2O$  [1]; saat sawah dikeringkan, oksigen masuk ke tanah sehingga metanogen terhambat dan sebagian metana dioksidasi bakteri lain menjadi CO<sub>2</sub> [1]

**Pembahasan:** Soal ini menggabungkan penentuan  $M_r$  dari volume gas (Bab 17), stoikiometri pembakaran (Bab 18), dan konsep CO<sub>2</sub>-ekuivalen. Pelajaran pentingnya: tidak semua emisi sama bobotnya bagi iklim; mengubah CH<sub>4</sub> menjadi CO<sub>2</sub> memangkas dampaknya secara drastis.

## Lv 1 • Pemula SD-SMP awal

## 1. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Uji nyala • 39-1-01

Serbuk garam di ujung kawat bersih dimasukkan ke nyala api. Nyala berubah menjadi kuning-jingga terang. Ion apa yang pasti ada?

- A.  $K^+$  C.  $Cu^{2+}$   
B.  $Na^+$  D.  $Ca^{2+}$

**Kunci: B**

**Pembahasan:** Nyala kuning-jingga terang adalah ciri ion natrium,  $Na^+$ . Kalium memberi ungu muda (lila), tembaga hijau kebiruan, dan kalsium merah bata. Anionnya belum diketahui: bisa klorida, karbonat, sulfat, dan lain-lain.

## 2. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Uji gas • 39-1-02

Gas manakah yang membuat lidi berbara menyala kembali?

- A.  $H_2$  C.  $NH_3$   
B.  $CO_2$  D.  $O_2$

**Kunci: D**

**Pembahasan:** Oksigen membantu pembakaran, sehingga bara pada lidi menyala lagi. Hidrogen memberi letupan "pop" dengan lidi *menyala*, karbon dioksida mengeruhkan air kapur, dan amonia membirukan lakmus merah basah.

## 3. Lv 1 • Pemula • Pilihan ganda • Keselamatan analisis • 39-1-03

Bima menemukan tiga gelas berisi serbuk putih tanpa label di dapur. Langkah pertama yang paling aman untuk mengenalinya adalah ...

- A. Mengamati wujud dan warnanya, lalu menguji kelarutan dalam air bersama orang dewasa  
B. Mencicipi sedikit dengan ujung jari  
C. Menghirup baunya dalam-dalam langsung dari gelas  
D. Mencampur ketiganya supaya cepat ketahuan

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Detektif kimia tidak pernah mencicipi atau menghirup langsung zat yang belum dikenal, karena bisa saja beracun. Mencampur zat tak dikenal juga berbahaya. Mulailah dari pengamatan dan uji sederhana yang aman, bersama orang dewasa.

## 4. Lv 1 • Pemula • Isian rumus/nama • Uji gas • 39-1-04

Air kapur menjadi keruh (putih) bila dialiri gas tertentu. Tuliskan rumus kimia gas itu.

Jawaban: .....

**Kunci:  $CO_2$**

**Pembahasan:** Karbon dioksida bereaksi dengan air kapur membentuk endapan putih kalsium karbonat:  
 $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$ .

## 5. Lv 2 • Penjelajah • Pilihan ganda • Uji anion • 39-2-01

Larutan garam diasamkan dengan  $\text{HNO}_3$  encer, lalu ditetesi  $\text{AgNO}_3$ . Terbentuk endapan kuning. Anion dalam garam itu adalah ...

A.  $\text{Cl}^-$ B.  $\text{Br}^-$ C.  $\text{I}^-$ D.  $\text{SO}_4^{2-}$ **Kunci: C****Pembahasan:** Perak halida berbeda warna:  $\text{AgCl}$  putih,  $\text{AgBr}$  krem,  $\text{AgI}$  kuning. Jadi anionnya iodida:
$$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{AgI}(\text{s}).$$
 Sulfat tidak memberi endapan dengan perak nitrat encer; ia diuji dengan barium klorida.

## 6. Lv 2 • Penjelajah • Isian • Absorbans • 39-2-02

Sebuah larutan hanya meneruskan 25% cahaya yang masuk ( $T = 0,25$ ). Hitung absorbansnya.

Jawaban: .....

**Kunci: 0,602****Pembahasan:**  $A = -\log T = -\log 0,25 = 0,602$ .

Cek kewajaran: meneruskan 10% memberi  $A = 1$ , jadi meneruskan 25% (lebih banyak cahaya lolos) memberi  $A$  kurang dari 1.

## 7. Lv 2 • Penjelajah • Isian • IHD • 39-2-03

Hitung indeks kekurangan hidrogen (IHD) propena,  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

Jawaban: .....

**Kunci: 1**

$$\text{Pembahasan: IHD} = \frac{2C + 2 - H}{2} = \frac{2(3) + 2 - 6}{2} = 1.$$

Sesuai: propena punya satu ikatan rangkap  $\text{C}=\text{C}$ .

## 8. Lv 2 • Penjelajah • Isian rumus/nama • Uji kation • 39-2-04

Garam amonium dihangatkan dengan larutan  $\text{NaOH}$ . Keluar gas berbau pesing yang membirukan lakmus merah basah. Tuliskan rumus gas itu.

Jawaban: .....

**Kunci:  $\text{NH}_3$** 

**Pembahasan:** Ion amonium melepas proton kepada ion hidroksida:  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Amonia bersifat basa, sehingga lakmus merah basah menjadi biru.

## 9. Lv 3 • Pejuang • Isian • Hukum Beer-Lambert • 39-3-01

Larutan  $\text{KMnO}_4$  diukur pada 525 nm dalam kuvet 1,00 cm dan memberi absorbans 0,480. Absorptivitas molar  $\text{KMnO}_4$  pada panjang gelombang itu  $2.400 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Hitung konsentrasinya.

Jawaban: ..... mol/L

**Kunci:**  $2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

**Pembahasan:**  $c = \frac{A}{\epsilon b} = \frac{0,480}{2400 \times 1,00} = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ .

## 10. Lv 3 • Pejuang • Isian • Gravimetri • 39-3-02

Untuk menguji mutu pupuk ZA, 0,500 g pupuk dilarutkan dan semua sulfatnya diendapkan dengan  $\text{BaCl}_2$  berlebih. Endapan  $\text{BaSO}_4$  kering bermassa 0,850 g. Hitung kadar  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dalam pupuk (% massa). (Ar H 1, N 14, O 16, S 32, Ba 137)

Jawaban: ..... %

**Kunci:** 96,3 %

**Pembahasan:**  $\text{Mr BaSO}_4 = 137 + 32 + 64 = 233$ ;  $\text{mol BaSO}_4 = 0,850/233 = 3,648 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

Setiap mol  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  memberi 1 mol  $\text{BaSO}_4$ , jadi mol ZA juga  $3,648 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$\text{Mr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 2(18) + 96 = 132$ ; massa =  $3,648 \times 10^{-3} \times 132 = 0,4815 \text{ g}$ .

Kadar =  $0,4815/0,500 \times 100\% = 96,3\%$ .

## 11. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Spektrometri massa • 39-3-03

Spektrum massa senyawa Y menunjukkan dua puncak ion molekul di  $m/z$  122 dan 124 yang tingginya hampir sama. Y kemungkinan besar mengandung ...

A. satu atom klorin

C. dua atom klorin

B. satu atom brom

D. satu atom nitrogen

**Kunci:** B

**Pembahasan:** Selisih 2 satuan menandakan isotop Cl atau Br. Tinggi 1 : 1 adalah ciri brom ( $^{79}\text{Br}$  dan  $^{81}\text{Br}$  hampir sama banyak). Satu Cl memberi 3 : 1, dua Cl memberi 9 : 6 : 1. Contoh yang cocok: 2-bromopropana,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$  ( $36 + 7 + 79 = 122$ ).

## 12. Lv 3 • Pejuang • Pilihan ganda • Spektroskopi IR • 39-3-04

Senyawa dengan rumus  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  memberi pita IR sangat lebar  $2500\text{--}3300 \text{ cm}^{-1}$  dan pita tajam  $1715 \text{ cm}^{-1}$ . Senyawa itu adalah ...

A. metil metanoat,  $\text{HCOOCH}_3$

C. asam metanoat,  $\text{HCOOH}$

B. 2-hidroksietanal,  $\text{HOCH}_2\text{CHO}$

D. asam etanoat,  $\text{CH}_3\text{COOH}$

**Kunci:** D

**Pembahasan:** Pita sangat lebar  $2500\text{--}3300 \text{ cm}^{-1}$  adalah O-H asam karboksilat, dan  $1715 \text{ cm}^{-1}$  adalah C=O. Metil metanoat tidak punya O-H. 2-hidroksietanal punya O-H alkohol ( $3200\text{--}3600$ , tidak selebar itu). Asam metanoat memang asam, tetapi rumusnya  $\text{CH}_2\text{O}_2$ . Jawabannya asam etanoat.

## 13. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji kation • gaya IGCSE • 39-4-01

A solution of salt Z gives a white precipitate with aqueous sodium hydroxide; the precipitate **dissolves in excess** (larut dalam berlebih). With aqueous ammonia a white precipitate forms that **does not dissolve in excess**. **Identify** the cation in Z.

- A.  $\text{Zn}^{2+}$  C.  $\text{Al}^{3+}$   
B.  $\text{Ca}^{2+}$  D.  $\text{Fe}^{2+}$

**Kunci: C**

**Pembahasan:** Endapan putih yang larut dalam NaOH berlebih:  $\text{Al}^{3+}$  atau  $\text{Zn}^{2+}$ . Dengan amonia berlebih,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  larut, sedangkan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  tidak. Jadi kationnya  $\text{Al}^{3+}$ .  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tidak larut dalam NaOH berlebih, dan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  berwarna hijau.

## 14. Lv 4 • IGCSE • Pilihan ganda • Uji anion • gaya IGCSE • 39-4-02

**Jelaskan** mengapa larutan diasamkan dengan asam nitrat encer, bukan asam klorida, sebelum ditetesi larutan perak nitrat untuk menguji ion halida.

- A. Asam klorida menambahkan ion  $\text{Cl}^-$  yang pasti membentuk endapan putih  $\text{AgCl}$   
B. Asam nitrat mempercepat pengendapan perak halida  
C. Asam klorida bereaksi dengan perak nitrat membentuk gas klorin  
D. Asam nitrat mengubah semua halida menjadi klorida

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Uji ini mencari halida *dari sampel*. Bila diasamkan dengan HCl, ion  $\text{Cl}^-$  dari asam ikut bereaksi dengan  $\text{Ag}^+$  sehingga endapan putih selalu muncul (hasil positif palsu). Asam nitrat dipakai karena ion  $\text{NO}_3^-$  tidak mengendap dengan perak, sekaligus menghancurkan karbonat yang dapat mengganggu.

## 15. Lv 4 • IGCSE • Isian • Volumetri • gaya IGCSE • 39-4-03

25,0 cm<sup>3</sup> larutan natrium hidroksida 0,100 mol/dm<sup>3</sup> tepat dinetralkan oleh 20,0 cm<sup>3</sup> asam klorida. **Calculate** (hitung) konsentrasi asam klorida dalam mol/dm<sup>3</sup>.

Jawaban: ..... mol/dm<sup>3</sup>

**Kunci: 0,125 mol/dm<sup>3</sup>**

**Pembahasan:** Mol NaOH =  $0,100 \times 25,0/1000 = 2,50 \times 10^{-3}$  mol.

$\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  berbanding 1 : 1, jadi mol HCl =  $2,50 \times 10^{-3}$  mol.

$[\text{HCl}] = 2,50 \times 10^{-3}/(20,0/1000) = 0,125 \text{ mol/dm}^3$ .

16. Lv 4 • IGCSE • Uraian • Analisis kualitatif • gaya IGCSE • 39-4-04

Salt W gives a **lilac** flame. Its solution, acidified with dilute nitric acid, gives a **cream** precipitate with aqueous silver nitrate.

- (a) **Nyatakan** nama dan rumus W. [2]  
 (b) **Tuliskan** persamaan ion pembentukan endapan, lengkap dengan wujud zat. [2]  
 (c) **Deskripsikan** yang teramati bila amonia encer ditambahkan tetes demi tetes sampai berlebih ke larutan tembaga(II) sulfat. [2]  
 (d) **Sarankan** uji untuk membuktikan gas yang keluar ketika soda abu ditetesi asam, beserta hasilnya. [2]

**Kunci/rubrik:** (a) Kalium bromida [1], KBr [1].

(b)  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgBr}(\text{s})$ : rumus benar [1], wujud zat benar [1].

(c) Mula-mula terbentuk endapan biru muda [1]; dengan amonia berlebih endapan larut menjadi larutan biru tua pekat [1].

(d) Alirkan gas ke air kapur [1]; air kapur menjadi keruh/putih, membuktikan  $\text{CO}_2$  [1].

**Pembahasan:** Nyala lila =  $\text{K}^+$ ; endapan krem dengan perak nitrat =  $\text{Br}^-$ . Pada (c),  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  mula-mula mengendap, lalu larut membentuk ion kompleks  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  yang biru tua. Pada (d),  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ , dan  $\text{CO}_2$  mengendapkan  $\text{CaCO}_3$  dari air kapur.

Lv 5 • IB DP gaya IB Chemistry

17. Lv 5 • IB DP • Pilihan ganda • Penentuan struktur • gaya IB • 39-5-01

Senyawa Q,  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ , memberi pita IR tajam di  $1715\text{ cm}^{-1}$  dan tidak ada pita di  $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ . Spektrum  $^1\text{H}$  NMR-nya:  $\delta$  2,44 (kuartet, 2H), 2,14 (singlet, 3H), 1,06 (triplet, 3H). Q adalah ...

- A. butanal  
 B. butanon  
 C. but-3-en-2-ol  
 D. 2-metilpropanal

**Kunci: B**

**Pembahasan:**  $\text{IHD} = (2 \cdot 4 + 2 - 8)/2 = 1$ , dan pita  $1715\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan  $\text{C}=\text{O}$ ; tanpa  $\text{O}-\text{H}$  berarti bukan but-3-en-2-ol.

Aldehida (butanal, 2-metilpropanal) pasti punya sinyal  $\text{H}-\text{C}=\text{O}$  di  $\delta$  9,4–10, padahal tidak ada.

Singlet 3H di  $\delta$  2,1 =  $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})$  tanpa tetangga; kuartet 2H + triplet 3H = gugus etil yang menempel pada  $\text{C}=\text{O}$ . Jadi Q = butanon,  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$ .

18. Lv 5 • IB DP • Isian • Kurva kalibrasi • gaya IB • 39-5-02

Kurva kalibrasi kurkumin pada  $425\text{ nm}$  (kuvet  $1\text{ cm}$ ) memenuhi  $A = 0,150c$  dengan  $c$  dalam  $\text{mg/L}$ . Ekstrak jamu kunyit diencerkan 25 kali, lalu absorbansnya 0,600. Hitung konsentrasi kurkumin dalam ekstrak asli.

Jawaban: .....  $\text{mg/L}$

**Kunci: 100  $\text{mg/L}$**

**Pembahasan:** Konsentrasi larutan yang diukur:  $c = 0,600/0,150 = 4,00\text{ mg/L}$ .

Kalikan faktor pengenceran:  $4,00 \times 25 = 100\text{ mg/L}$ .

Ekstrak harus diencerkan karena absorbans larutan aslinya ( $\pm 15$ ) jauh di luar daerah linear.

19. Lv 5 • IB DP • Isian rumus/nama • Penentuan struktur • gaya IB • 39-5-03

Senyawa R:  $M^+ = 74$ . IR: pita sangat lebar 2500–3000  $\text{cm}^{-1}$  dan pita tajam 1710  $\text{cm}^{-1}$ .  $^1\text{H}$  NMR:  $\delta$  11,8 (singlet, 1H), 2,4 (kuartet, 2H), 1,2 (triplet, 3H). Tuliskan rumus struktur ringkas R.

Jawaban: .....

**Kunci:**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

**Pembahasan:** Pita IR sangat lebar +  $\text{C}=\text{O} \rightarrow$  asam karboksilat;  $\delta$  11,8 (1H) = H dari  $-\text{COOH}$ .

Kuartet 2H dan triplet 3H = gugus etil,  $\text{CH}_3\text{CH}_2^-$ .

Gabungkan:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$  (asam propanoat). Cek:  $M_r = 3(12) + 6(1) + 2(16) = 74 \checkmark$

20. Lv 5 • IB DP • Uraian • Penentuan struktur • gaya IB • 39-5-04

Tiga isomer  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  adalah propan-1-ol, propan-2-ol, dan metoksietana.

(a) Hitung IHD  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  dan nyatakan artinya. [1]

(b) Jelaskan bagaimana spektrum IR membedakan metoksietana dari kedua alkohol. [2]

(c) Ramalkan spektrum  $^1\text{H}$  NMR propan-2-ol: jumlah sinyal, perbandingan integrasi, dan pola pemecahan setiap sinyal. [3]

(d) Satu alkohol memberi puncak dasar  $m/z$  31, yang lain  $m/z$  45. Tentukan masing-masing dan tuliskan rumus ionnya. [2]

**Kunci/rubrik:** (a)  $\text{IHD} = (2 \cdot 3 + 2 - 8)/2 = 0$ : jenuh, tanpa ikatan  $\pi$  dan cincin [1].

(b) Metoksietana tidak punya O–H, jadi tidak ada pita lebar 3200–3600  $\text{cm}^{-1}$  [1]; kedua alkohol memilikinya (ketiganya punya C–O 1050–1410  $\text{cm}^{-1}$ ) [1].

(c) 3 sinyal [1]; perbandingan 6 : 1 : 1 [1];  $\text{CH}_3$  dublet, CH septet, OH singlet [1].

(d) Propan-1-ol:  $m/z$  31 =  $\text{CH}_2\text{OH}^+$  [1]; propan-2-ol:  $m/z$  45 =  $\text{CH}_3\text{CHOH}^+$  [1].

**Pembahasan:** Pada propan-2-ol, dua  $\text{CH}_3$  setara (6H) bertetangga dengan satu H  $\rightarrow$  dublet; CH bertetangga dengan 6 H  $\rightarrow$  7 puncak (septet); H pada O tidak dipecah. Pemecahan di sebelah atom O menghasilkan ion yang distabilkan oksigen: propan-1-ol kehilangan  $\text{C}_2\text{H}_5$  ( $60 - 29 = 31$ ), propan-2-ol kehilangan  $\text{CH}_3$  ( $60 - 15 = 45$ ).

Lv 6 • Olimpiade • gaya OSN Kimia/ICHO

21. Lv 6 • Olimpiade • Isian • Analisis campuran • gaya olimpiade • 39-6-01

Campuran NaCl dan KCl bermassa 1,000 g dilarutkan, lalu semua kloridanya diendapkan sebagai AgCl.

Endapan kering bermassa 2,100 g. Hitung persen massa NaCl dalam campuran. (Ar Na 23, K 39, Cl 35,5, Ag 108)

Jawaban: ..... %

**Kunci:** 33 %

**Pembahasan:** Misalkan massa NaCl =  $x$  g, KCl =  $(1,000 - x)$  g.

$$\text{Mol Cl}^- = \text{mol AgCl}: \frac{x}{58,5} + \frac{1,000 - x}{74,5} = \frac{2,100}{143,5} = 0,014634.$$

$$x \left( \frac{1}{58,5} - \frac{1}{74,5} \right) = 0,014634 - 0,013423 = 0,001211.$$

$$x = 0,001211 / 0,003671 = 0,330 \text{ g} \rightarrow \mathbf{33,0\% \text{ NaCl.}}$$

Cek kewajaran: AgCl dari 1 g NaCl murni 2,45 g, dari KCl murni 1,93 g; 2,100 g berada di antaranya, lebih dekat ke KCl.

Senyawa P hanya mengandung C, H, dan O. Pembakaran sempurna 0,880 g P menghasilkan 1,760 g CO<sub>2</sub> dan 0,720 g H<sub>2</sub>O. Spektrum massa:  $M^+ = 88$ . IR: pita kuat 1740 dan 1200 cm<sup>-1</sup>, tanpa pita lebar 2500–3600 cm<sup>-1</sup>. <sup>1</sup>H NMR: δ 3,67 (singlet, 3H), 2,32 (kuartet, 2H), 1,14 (triplet, 3H).

- Tentukan rumus empiris dan rumus molekul P. [3]
- Hitung IHD dan tafsirkan bersama data IR. [2]
- Tentukan struktur P dengan menjelaskan setiap sinyal NMR. [3]
- Jelaskan mengapa P bukan etil etanoat, padahal rumus molekulnya sama. [2]

**Kunci/rubrik:** (a) C: 1,760/44 = 0,0400 mol (0,480 g); H: 2 × 0,720/18 = 0,0800 mol (0,0800 g); O: 0,880 – 0,480 – 0,080 = 0,320 g = 0,0200 mol [1]. C : H : O = 2 : 4 : 1 → rumus empiris C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O (Mr 44) [1]; 88/44 = 2 → C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> [1].

(b) IHD = (10 – 8)/2 = 1 [1]; C=O (1740) dan C–O (1200) tanpa O–H → ester [1].

(c) Singlet 3H δ 3,67 = O–CH<sub>3</sub> tanpa tetangga [1]; kuartet 2H δ 2,32 = CH<sub>2</sub> di sebelah C=O, bertetangga CH<sub>3</sub> [1]; triplet 3H δ 1,14 = CH<sub>3</sub> bertetangga CH<sub>2</sub> → P = metil propanoat, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOCH<sub>3</sub> [1].

(d) Etil etanoat akan memberi singlet CH<sub>3</sub>–C(=O) di δ ±2,0 dan kuartet O–CH<sub>2</sub> di δ ±4,1 [1]; pada P, singlet ada di δ 3,7 (CH<sub>3</sub> pada O) dan kuartet di δ 2,3 (CH<sub>2</sub> pada C=O) [1].

**Pembahasan:** Kunci penalarannya adalah **posisi** sinyal, bukan hanya polanya: kedua ester sama-sama punya singlet 3H, kuartet 2H, dan triplet 3H. Gugus yang menempel pada O ester bergeser ke δ 3,7–4,1, sedangkan gugus yang menempel pada C=O berada di δ 2,0–2,4. Spektrum massa juga membantu: metil propanoat memberi m/z 57 (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CO<sup>+</sup>) dan 59 (COOCH<sub>3</sub><sup>+</sup>), sedangkan etil etanoat memberi m/z 43 (CH<sub>3</sub>CO<sup>+</sup>).

Klorin alam terdiri atas <sup>35</sup>Cl 75,8% dan <sup>37</sup>Cl 24,2%. Untuk diklorometana, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, hitung tinggi puncak M+4 sebagai persen dari tinggi puncak M (abaikan isotop C dan H).

Jawaban: ..... %

**Kunci: 10,2 %**

**Pembahasan:** Puncak M berisi dua <sup>35</sup>Cl: peluang 0,758<sup>2</sup>. Puncak M+4 berisi dua <sup>37</sup>Cl: peluang 0,242<sup>2</sup>.

Perbandingan = (0,242/0,758)<sup>2</sup> = 0,3193<sup>2</sup> = 0,102 → **10,2%**.

Sebagai cek, M+2 (satu <sup>35</sup>Cl dan satu <sup>37</sup>Cl, dua susunan) = 2 × 0,3193 = 63,9%. Jadi M : M+2 : M+4 ≈ 100 : 64 : 10 ≈ 9 : 6 : 1.

Hidrokarbon H mengandung 90,6% C dan 9,4% H (massa);  $M^+ = 106$  dengan puncak dasar m/z 91. Spektrum <sup>1</sup>H NMR: δ 7,1–7,3 (multiplet, 5H), 2,6 (kuartet, 2H), 1,2 (triplet, 3H). H adalah ...

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| A. etilbenzena        | C. 1,4-dimetilbenzena   |
| B. 1,2-dimetilbenzena | D. stirena (feniletena) |

**Kunci: A**

**Pembahasan:** Rumus empiris: C 90,6/12 = 7,55, H 9,4/1 = 9,4 → 1 : 1,25 = 4 : 5 → C<sub>4</sub>H<sub>5</sub> (53); 106/53 = 2 → C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>. IHD = (18 – 10)/2 = 4 → cincin benzena.

Lima H aromatik (5H) berarti cincin bersubstituen satu. Kuartet 2H + triplet 3H = gugus etil. m/z 91 = C<sub>7</sub>H<sub>7</sub><sup>+</sup>, ciri cincin benzena yang membawa CH<sub>2</sub>.

Dimetilbenzena hanya punya 4 H aromatik dan singlet 6H; stirena adalah C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>. Jadi H = etilbenzena.