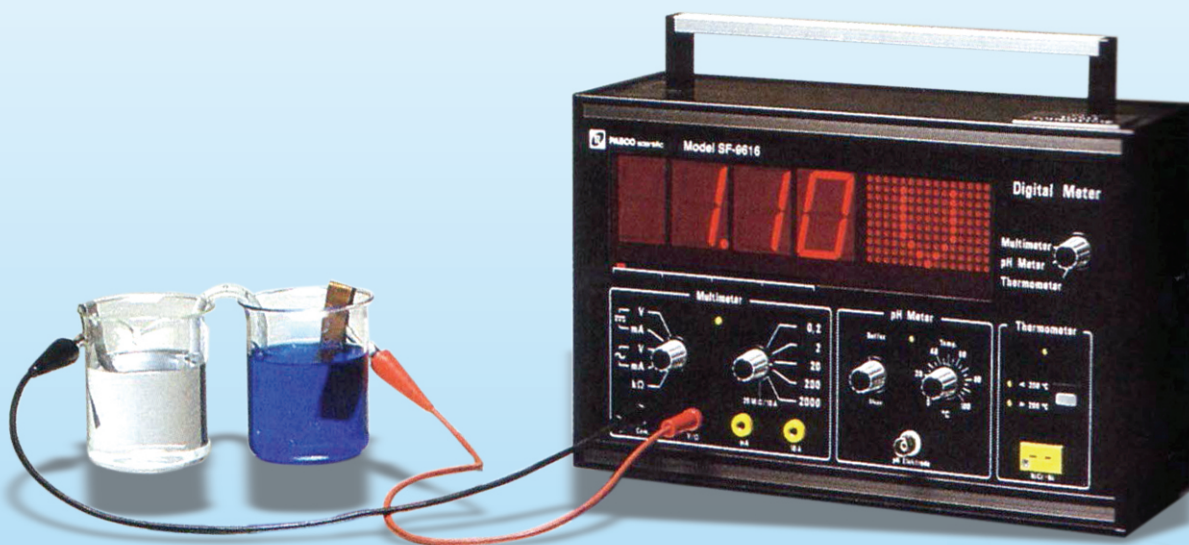




Suwardi  
Soebiyanto  
Th. Eka Widiasih



Panduan Pembelajaran

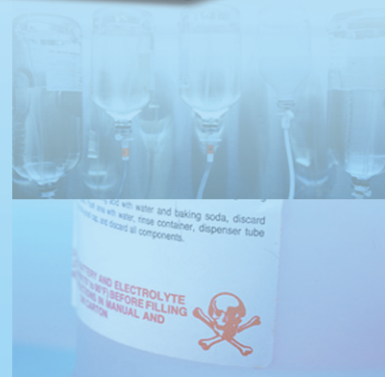
# Kimia

Untuk SMA & MA

Kelas  
**XII**



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional



**PANDUAN PEMBELAJARAN**

# **KIMIA 12**

**Untuk SMU & MA**



**PUSAT PERBUKUAN**  
Departemen Pendidikan Nasional



Hak Cipta Pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi oleh Undang-Undang

# Panduan Pembelajaran Kimia XII

## Untuk SMA & MA

**Penulis:**

Suwardi, Soebiyanto, Th. Eka Widiasih

**Editor:**

Siti Mukaromah

**Setting/Lay Out:**

Azza Nugraha

**Perwajahan:**

Wahyudin Miftakhul Anwar

**Ilustrator:**

Adi Wahyono

**Sumber Sampul:**

Chemistry Seventh Edition

540.7

SUW

SUWARDI

p

Panduan Pembelajaran Kimia : Untuk SMA & MA Kelas XII  
/ penulis, Swardi, Soebiyanto, Th. Eka Widiasih ; editor, Siti  
Mukaromah; ilustrator, Adi Wahyono. — Jakarta : Pusat  
Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.  
vi, 280 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 265

Indeks

ISBN 978-979-068-717-2 (No. Jil. Lengkap)

ISBN 978-979-068-720-2

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Soebiyanto  
III. Th. Eka Widiasih IV. Siti Mukaromah V. Adi Wahyono

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional  
dari Penerbit : CV. Karya Mandiri Nusantara

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional  
Tahun 2009

Diperbanyak oleh : ...

# Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 9 Tahun 2009 tanggal 12 Februari 2009.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009  
Kepala Pusat Perbukuan

# Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan buku **Panduan Pembelajaran Kimia XII** untuk Sekolah Menengah Atas dan Madrasah Aliyah.

Buku ini disusun berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 tahun 2006 tentang Standar isi (Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar) yang penyajiannya menggunakan pendekatan pembelajaran kontekstual (*Contextual Teaching and Learning*). Materi disajikan menggunakan bahasa yang mudah dipahami, serta setiap kajian dilengkapi dengan arahan tugas yang dapat dilakukan siswa. Hal ini dimaksudkan agar siswa dapat membuat hubungan antara pengetahuan yang dimiliki dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Soal-soal latihan juga diberikan guna mengetahui sejauhmana siswa mencapai kompetensinya.

Penyusun telah berupaya semaksimal mungkin untuk berkarya dengan harapan buku ini dapat digunakan sebagai pegangan guru dan siswa dalam proses pembelajarannya, khususnya untuk materi kimia. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih dan rasa penghargaan yang setinggi-tingginya kepada guru dan siswa yang menggunakan buku ini. Kritik dan saran yang membangun akan sangat membantu kami demi kesempurnaan buku ini.

Jakarta, Mei 2007

Penulis

# Daftar Isi

<b>Katalog Dalam Terbitan (KDT)</b> .....	<b>ii</b>
<b>Kata Sambutan</b> .....	<b>iii</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>iv</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>v</b>
<b>Bab I Sifat-sifat Koligatif Larutan</b> .....	<b>1</b>
A. Cara Menyatakan Konsentrasi.....	3
B. Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit.....	7
C. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit .....	20
<b>Bab II Reaksi Redoks dan Elektrokimia</b> .....	<b>29</b>
A. Reaksi Oksidasi dan Reduksi .....	30
B. Sel Elektrokimia.....	44
C. Korosi Logam .....	76
<b>Bab III Kelimpahan Unsur di Alam dan Identitasnya</b> .....	<b>87</b>
A. Unsur-unsur Golongan Utama .....	88
B. Unsur-unsur Transisi .....	117
C. Unsur-unsur Radioaktif .....	121
<b>Evaluasi Semester I</b> .....	<b>130</b>
<b>Bab IV Senyawa Turunan Alkana</b> .....	<b>133</b>
A. Haloalkana.....	135
B. Alkanol (Alkohol) .....	141
C. Alkoksi Alkana (Eter).....	147

D. Alkanal (Aldehida) .....	150
E. Alkanon (Keton).....	155
F. Asam Alkanoat (Asam Karboksilat) .....	162
G. Alkil Alkanoat (Ester).....	167
H. Isomer.....	171
<b>Bab V Benzena dan Turunannya.....</b>	<b>179</b>
A. Struktur Benzena dan Turunannya.....	181
B. Tata Nama Benzena dan Turunannya .....	184
C. Sifat-sifat Benzena dan Turunannya .....	186
D. Kegunaan Benzena.....	188
E. Senyawa Turunan Benzena .....	189
<b>Bab VI Makromolekul.....</b>	<b>197</b>
A. Polimer.....	198
B. Karbohidrat.....	206
C. Protein .....	224
D. Lipid .....	233
<b>Evaluasi Semester II .....</b>	<b>252</b>
<b>Evaluasi Akhir .....</b>	<b>256</b>
<b>Glosarium .....</b>	<b>261</b>
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>265</b>
<b>Indeks .....</b>	<b>266</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>269</b>
<b>Kunci .....</b>	<b>279</b>



# Bab I

## Sifat-sifat Koligatif Larutan

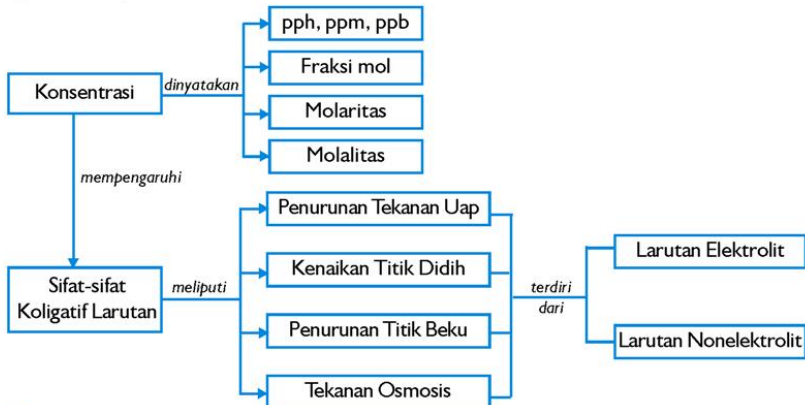
Sumber: General Chemistry (Ebbing)

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat menjelaskan sifat-sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit yang meliputi penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis larutan.

### Peta Konsep

Untuk mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran tersebut, perhatikanlah peta konsep berikut.



### Kata Kunci

Setelah peta konsep kalian kuasai, perhatikan kata kunci yang merupakan kunci pemahaman materi dalam bab ini. Berikut ini adalah kata kunci dalam bab I.

Konsentrasi	Larutan	Elektrolit	Osmosis
Sifat koligatif	Nonelektrolit	Hukum Raoult	



Sumber: [http://www.ag.auburn.edu/fish/image\\_gallery](http://www.ag.auburn.edu/fish/image_gallery)

**Gambar 1.1** Air sungai merupakan campuran beberapa zat

Pada umumnya bahan yang kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah campuran dari zat-zat murni. Banyak dari campuran ini adalah homogen, yaitu komponennya terdispersi secara homogen pada tingkat molekular. Campuran homogen disebut juga **larutan**. Contoh larutan melimpah di sekitar kita. Udara yang kita hirup adalah larutan dari beberapa gas. Kuningan adalah larutan padat dari seng dalam tembaga. Zat cair yang mengalir dalam tubuh kita adalah larutan, yang membawa berbagai nutrisi esensial, garam-garam, dan bahan lain. Air sungai juga terdiri dari campuran berbagai zat.

Larutan dapat berwujud gas, cair, atau padat. Setiap zat dalam suatu larutan disebut **komponen** dari larutan tersebut. Pelarut (*solven*) merupakan komponen dalam jumlah terbesar, sedangkan komponen lain dalam jumlah lebih kecil disebut *solut* (zat terlarut). Larutan yang paling sering ditemukan adalah larutan dalam wujud cair. Oleh karena itu pembahasan difokuskan pada larutan cair.

Larutan memiliki sifat yang hanya tergantung pada konsentrasi/jumlah partikel tetapi tidak tergantung pada jenis partikel yang ada dalam larutan. Sifat-sifat tersebut disebut **sifat koligatif**. Sifat-sifat koligatif meliputi penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis. Dalam bab ini akan dibahas tentang sifat-sifat koligatif larutan tersebut. Tetapi sebelum mempelajari sifat-sifat tersebut kita harus mempelajari lebih dahulu tentang konsentrasi. Tahukah kalian bagaimana cara menyatakan konsentrasi suatu larutan dan bagaimana konsentrasi mempengaruhi sifat-sifat fisik larutan seperti titik beku dan titik didih? Kalian dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut setelah mempelajari bab ini.

## A. Cara Menyatakan Konsentrasi

Konsentrasi larutan dapat dinyatakan baik secara kualitatif atau kuantitatif. Istilah encer (*dilute*) dan pekat (*concentrated*) digunakan untuk menggambarkan suatu larutan secara kualitatif. Konsentrasi larutan secara kuantitatif dapat dinyatakan dengan berbagai cara, yaitu persen massa, fraksi mol, molaritas, dan molalitas.

### 1. Konsentrasi dalam pph, ppm, ppb

Salah satu cara menyatakan konsentrasi yang paling sederhana adalah dengan persen massa (pph/*part per hundred*) komponen dalam suatu larutan.

$$\% \text{ massa komponen dalam larutan} = \frac{\text{massa komponen dalam larutan}}{\text{massa total larutan}} \times 100\%$$

Larutan asam klorida 36% (*b/b*) berarti larutan tersebut mengandung 36 g HCl untuk setiap 100 g larutan.

Konsentrasi larutan yang sangat encer sering dinyatakan dalam *part per million* (ppm), yang didefinisikan:

$$\text{ppm komponen} = \frac{\text{massa komponen dalam larutan}}{\text{massa total larutan}} \times 10^6$$

Suatu larutan dengan konsentrasi zat terlarut 1 ppm berarti larutan ini mengandung 1 g zat terlarut untuk setiap  $10^6$  gram larutan atau setara dengan 1 mg zat terlarut per kg larutan. Oleh karena massa jenis air adalah 1 g/mL, maka 1 kg larutan berair yang encer akan memiliki volume mendekati 1 L. Jadi, 1 ppm juga sesuai dengan 1 mg zat terlarut per liter larutan. Konsentrasi maksimum zat karsinogenik (zat penyebab kanker) atau zat toksik (beracun) sering dinyatakan dalam ppm. Contoh, konsentrasi maksimum arsen dalam air minum di Indonesia yang diperbolehkan adalah 0,05 ppm artinya 0,05 mg arsen per liter air.

Untuk larutan yang lebih encer lagi, kita menggunakan ppb (*part per billion*), yang didefinisikan

$$\text{ppb komponen} = \frac{\text{massa komponen dalam larutan}}{\text{massa total larutan}} \times 10^9$$

Konsentrasi 1 ppb menyatakan 1 g zat terlarut per milyar ( $10^9$ ) gram larutan, atau 1 mikrogram ( $\mu\text{g}$ ) zat terlarut per liter larutan. Jadi, konsentrasi maksimum arsen yang diperbolehkan dalam air minum juga dapat dinyatakan sebagai 50 ppb.

### Contoh Soal 1.1

Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 13,5 g glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) dalam 0,1 kg air. Berapa persen massa zat terlarut dalam larutan tersebut?

**Penyelesaian:**

$$\text{pph glukosa} = \frac{\text{massa glukosa}}{\text{massa air} + \text{massa glukosa}}$$

$$\text{pph} = \frac{13,5 \text{ g glukosa}}{(100 \text{ g} + 13,5 \text{ g}) \text{larutan}} \times 100\% = 11,89\%$$

## 2. Fraksi Mol, Molaritas, dan Molalitas

Konsentrasi juga dapat dinyatakan berdasarkan jumlah mol dari satu atau lebih komponen larutan. Cara yang paling umum menyatakan konsentrasi ini adalah fraksi mol, molaritas, dan molalitas.

### a. Fraksi Mol ( $X$ )

**Fraksi mol** adalah perbandingan mol zat terlarut atau pelarut terhadap jumlah mol larutan. Fraksi mol dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Fraksi mol komponen} = \frac{\text{mol komponen}}{\text{mol total semua komponen}}$$

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}, \quad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

$$X_A + X_B = 1$$

**Keterangan:**

$X_A$  = fraksi mol zat terlarut

$X_B$  = fraksi mol zat pelarut

$n_A$  = jumlah mol zat terlarut

$n_B$  = jumlah mol zat pelarut

Fraksi mol dilambangkan  $X_i$  dengan indeks bawah menunjukkan komponen. Contoh, fraksi mol HCl dalam larutan HCl dinyatakan sebagai  $X_{HCl}$  dan tidak memiliki satuan. Jumlah dari fraksi mol semua komponen larutan harus sama dengan 1 (satu). Fraksi mol sangat bermanfaat bila larutan berwujud gas.

### b. Molaritas ( $M$ )

**Molaritas** adalah banyaknya mol zat terlarut dalam 1 liter larutan. Molaritas dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{liter larutan}}$$

$$M = \frac{n}{V(L)} \quad \text{atau} \quad M = \frac{w}{M_r} \times \frac{1000}{V(\text{mL})}$$

#### Keterangan:

$M$  = molaritas

$n$  = mol zat terlarut

$V$  = volume larutan

$w$  = gram zat terlarut

$M_r$  = massa rumus relatif zat terlarut

### c. Molalitas ( $m$ )

**Molalitas** adalah banyaknya mol zat terlarut dalam 1 kg (1000 g) pelarut. Molalitas dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Molalitas} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{kilogram pelarut}}$$

$$m = \frac{w}{M_r} \times \frac{1000}{p}$$

#### Keterangan:

$m$  = molalitas

$p$  = gram zat pelarut

Molalitas larutan tertentu tidak berubah terhadap suhu karena massa tidak berubah terhadap suhu, sedangkan molaritas berubah terhadap suhu karena pemuaian atau pemampatan larutan mengubah volumenya. Bila konsentrasi larutan yang digunakan berubah terhadap suhu, maka satuan yang digunakan adalah molalitas.



### Catatan:

Bila air sebagai pelarut, maka besarnya molalitas dan molaritas larutan encer hampir sama, karena 1 kg pelarut hampir sama dengan 1 L larutan, dan 1 kg larutan memiliki volume sekitar 1 L. Pengubahan molalitas ke molaritas atau sebaliknya memerlukan data massa jenis (*density*) larutan. Massa larutan adalah jumlah massa pelarut dan massa zat terlarut. Volume larutan dapat dihitung dari massa dan massa jenisnya. Perhatikan contoh-contoh soal berikut.

#### Contoh Soal 1.2

Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 4,35 g glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dalam 25,0 gram air. Hitunglah molalitas glukosa dalam larutan!

#### Penyelesaian:

$$m = \frac{w}{M_r} \times \frac{1000}{p}$$
$$m_{\text{glukosa}} = \frac{4,35 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \times \frac{1000 \text{ g/kg}}{25 \text{ gram}}$$
$$= 0,967 \text{ molal} = 0,967 \text{ m glukosa}$$

#### Contoh Soal 1.3

Larutan HCl mengandung 36% HCl berdasarkan massa. Hitunglah fraksi mol HCl dan  $H_2O$  serta fraksi mol total dalam larutan ini!

#### Penyelesaian:

Dalam 100 g larutan 36% HCl terdapat 36 g HCl dan 64 g  $H_2O$ .

$$n_{\text{HCl}} = \frac{w}{M_r} = \frac{36 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 0,986 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{w}{M_r} = \frac{64 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 3,556 \text{ mol}$$

$$X_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,986 \text{ mol}}{(0,986 + 3,556) \text{ mol}} = 0,217$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3,556 \text{ mol}}{(0,986 + 3,556) \text{ mol}} = 0,783$$

$$\begin{aligned} X_{\text{total}} &= X_{\text{HCl}} + X_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= 0,217 + 0,783 = 1 \end{aligned}$$

Untuk lebih mengembangkan **wawasan kontekstual** dan **kecakapan akademik** kalian, kerjakanlah latihan 1.1 berikut.

### Latihan 1.1

- Diketahui bahwa massa jenis larutan 5,0 g toluena dan 225 g benzena adalah 0,876 g/mL. Hitunglah molaritas larutan toluena ini!
- Hitunglah:
  - Persen massa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dalam larutan yang mengandung 14,7 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dalam 435 g air!
  - Konsentrasi perak dalam suatu bijih logam yang mengandung 7,35 g perak per ton bijih dalam ppm!
- Hitunglah kemolalan (molalitas) setiap larutan berikut:
  - 13,0 g benzena,  $\text{C}_6\text{H}_6$ , yang dilarutkan dalam 17,0 g karbon tetraklorida,  $\text{CCl}_4$ .
  - 4,79 g NaCl yang dilarutkan dalam 0,250 L air.
- Asam askorbat (vitamin C) adalah vitamin yang dapat larut dalam air. Suatu larutan yang mengandung 80,5 gram vitamin C memiliki massa jenis 1,22 g/mL pada  $55^\circ\text{C}$ . Hitunglah konsentrasi vitamin C dalam larutan yang dinyatakan dalam:
  - persen massa,
  - fraksi mol,
  - molalitas, dan
  - molaritas!

## B. Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit

Sebagian sifat fisik larutan berbeda dari pelarut murni. Sebagai contoh, air murni membeku pada  $0^\circ\text{C}$ , tetapi larutan membeku pada suhu yang lebih rendah. Etilen glikol yang ditambahkan ke dalam air dalam radiator mobil sebagai antibeku untuk menurunkan

titik beku larutan. Etilen glikol juga menaikkan titik didih larutan di atas titik didih air murni, sehingga mesin dapat bertahan pada suhu yang lebih tinggi.

Penurunan titik beku dan kenaikan titik didih adalah contoh sifat-sifat fisik larutan yang tergantung pada jumlah (konsentrasi), bukan pada jenis partikel zat terlarut. Sifat-sifat demikian disebut **sifat koligatif** (*colligative* berarti tergantung pada "collection"; sifat koligatif tergantung pada efek *collective* dari jumlah partikel zat terlarut). Di samping penurunan titik beku dan kenaikan titik didih, ada dua sifat koligatif lain yaitu penurunan tekanan uap dan tekanan osmotik.

### 1. Penurunan Tekanan Uap

Kalian telah mempelajari bahwa suatu cairan dalam wadah tertutup akan mencapai kesetimbangan dengan uapnya. Bila kesetimbangan itu tercapai, tekanan yang disebabkan oleh uap disebut **tekanan uap**. Suatu zat yang sukar menguap dikatakan **nonvolatil**, sedangkan zat yang mudah menguap dikatakan **volatil**. Derajat suatu zat terlarut menurunkan tekanan uap sebanding dengan konsentrasinya. Hubungan ini dinyatakan dengan **hukum Raoult**, yaitu tekanan parsial yang disebabkan oleh uap pelarut di atas larutan ( $P_A$ ) sama dengan hasil kali fraksi mol pelarut dalam larutan ( $X_A$ ) dengan tekanan uap dari pelarut murni ( $P^\circ$ ) dirumuskan:

$$P_A = X_A \times P^\circ$$

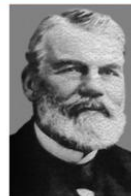


Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

**Gambar 1.2** Etilen glikol sebagai zat antibeku pada radiator mobil

#### ILMUWAN KIMIA

Menumbuhkan etos kerja



**Francois Marie Raoult** (1830 - 1901), ilmuwan dari Perancis yang menemukan Hukum Raoult pada tahun 1886. Hukum Raoult dapat menjelaskan tentang penurunan titik beku dan kenaikan titik didih.

Penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ) dirumuskan.

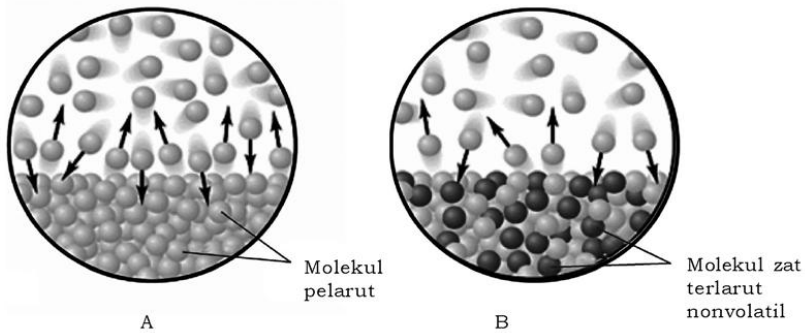
$$\Delta P = X_B \times P^o$$

**Keterangan:**

$\Delta P$  = penurunan tekanan uap

$X_B$  = fraksi mol zat terlarut

$P^o$  = tekanan uap pelarut murni



Sumber: Chemistry (Brown)

**Gambar 1.3** (A) Tekanan uap pelarut (B) Tekanan uap yang lebih rendah akibat penambahan zat nonvolatil

**a. Larutan yang Mengandung Lebih dari Satu Komponen Volatil**

Larutan terdiri dari zat terlarut dan pelarut. Misalkan larutan benzena dalam karbon tetraklorida, benzena merupakan zat terlarut sedangkan karbon tetraklorida sebagai pelarut. Zat terlarut dan pelarut sebenarnya juga memiliki kecenderungan untuk menguap. Tekanan uap parsial komponen ini (zat terlarut dan pelarut) juga diberikan oleh hukum Raoult. Jadi, tekanan uap parsial komponen A,  $P_A$  dirumuskan :

$$P_A = X_A P_A^o$$

$P_A^o$  adalah tekanan uap murni A dan  $X_A$  merupakan fraksi mol A dalam larutan. Untuk komponen ke dua yaitu komponen B, tekanan uap parsial B adalah

$$P_B = X_B P_B^o$$

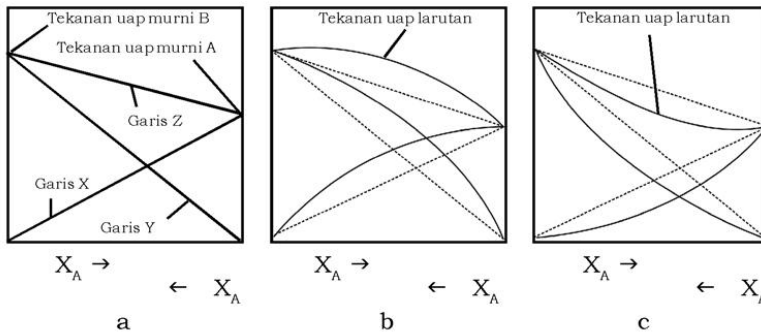
Tekanan uap total campuran A dan B dihitung dengan berdasarkan hukum Dalton,

$$P_T = P_A + P_B \quad \text{atau} \quad P_T = X_A P_A^o + X_B P_B^o$$

Agar kalian dapat memahami tekanan uap parsial dan total larutan yang terdiri dari dua komponen, silahkan pelajari grafik Gambar 1.4 a berikut ini.

### b. Larutan Ideal dan Nonideal

Larutan yang memenuhi hukum Raoult disebut larutan ideal sedangkan yang menyimpang dari hukum Raoult disebut larutan nonideal. Contoh larutan ideal adalah larutan dari benzena (zat terlarut) dan karbon tetraklorida (pelarut). Apabila tekanan uap suatu campuran lebih besar daripada yang diramalkan maka akan terjadi penyimpangan atau deviasi positif dari hukum Raoult (Gambar 1.4 b), sebaliknya apabila larutan tersebut memberikan tekanan uap yang lebih rendah daripada yang diharapkan menurut hukum Raoult, dikatakan terjadi deviasi negatif (Gambar 1.4 c). Contoh larutan yang memberikan deviasi positif adalah campuran etanol-heksana sedangkan yang memberikan deviasi negatif adalah campuran aseton-air.

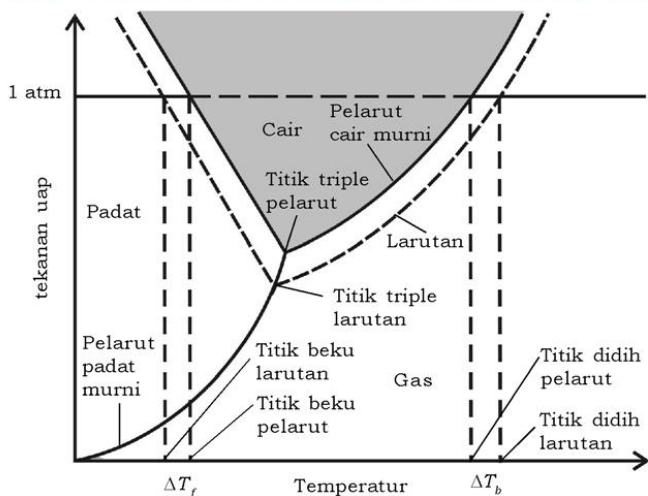


Sumber : General Chemistry (Brady)

**Gambar 1.4** Tekanan uap untuk dua komponen. (a) larutan ideal; (b) deviasi positif dari hukum Raoult ; (c) deviasi negatif dari hukum Raoult . Garis X : tekanan uap parsial A; garis Y : Tekanan uap parsial B; garis Z : Tekanan uap larutan



## 2. Pengaruh Zat Terlarut Nonvolatil pada Diagram Fase Air



Sumber: <http://images.google.com/imgres?imgurl=http://www.chem.ufl.edu>

**Gambar 1.5** Diagram fase untuk pelarut murni dan larutan zat terlarut nonvolatil.

Pengaruh zat terlarut pada sifat koligatif dapat dijelaskan secara grafik. Coba kalian pelajari Gambar 1.5 yaitu tentang pengaruh zat terlarut terhadap penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, dan penurunan titik beku larutan pada diagram fase air. Kalau kalian perhatikan gambar tersebut terlihat bahwa:

### a. $P < P^\circ$

Tekanan  $P$  (tekanan uap larutan) lebih kecil daripada tekanan uap jenuh pelarut murni (air) pada setiap suhu sehingga ada penurunan tekanan uap ( $\Delta P = P^\circ - P$ ). Penurunan tekanan uap larutan diperlihatkan pada garis tipis

### b. $T_b(\text{larutan}) > T_b(\text{pelarut murni})$

Titik didih normal cairan (air) adalah suhu saat tekanan uapnya 1 atm. Pada titik didih normal cairan murni tersebut, tekanan uap larutan akan lebih kecil daripada 1 atm. Oleh karena itu suhu yang lebih tinggi lagi diperlukan untuk mencapai tekanan 1 atm. Dengan demikian, titik didih larutan lebih besar daripada titik didih pelarut murni sehingga ada kenaikan titik didih, yaitu:

$$\Delta T_b = T_b(\text{larutan}) - T_b(\text{pelarut})$$

c.  $T_f$  (larutan) <  $T_f$  (pelarut)

Tekanan uap larutan yang lebih rendah relatif terhadap tekanan uap cairan murni juga mempengaruhi titik beku larutan. Penjelasan mengenai hal ini mungkin tidak sejelas pada penjelasan mengenai titik didih larutan. Apabila larutan membeku, kristal-kristal dari pelarut biasanya memisah, molekul-molekul zat terlarut tidak dapat larut dalam pelarut dalam fase padat. Misalkan, apabila larutan terbebekkan sebagian, padatan yang memisah keluar hampir selalu es murni. Titik beku larutan adalah suhu saat kristal pertama dari pelarut murni mulai terbentuk dalam kesetimbangan dengan larutan. Titik beku larutan lebih kecil daripada titik beku pelarut murni sehingga ada penurunan titik beku, yaitu:

$$\Delta T_f = T_f (\text{pelarut}) - T_f (\text{larutan}).$$

Kalian juga melihat bahwa larutan memiliki titik tripel tersendiri yang terjadi pada perpotongan kurva tekanan uap untuk larutan dan kurva tekanan uap padatan. Titik tripel larutan harus pada temperatur lebih rendah daripada cairan murni karena tekanan uap larutan lebih kecil daripada tekanan uap cairan murni.

**Contoh Soal 1.4**

Gliserin ( $C_3H_8O_3$ ) adalah zat nonelektrolit nonvolatil dengan massa jenis 1,26 g/mL pada 25°C. Hitunglah tekanan uap pada 25°C larutan yang dibuat dengan menambahkan 50,0 mL gliserin ke dalam air 500,0 mL. Tekanan uap air murni pada 25°C adalah 23,8 mmHg.

**Penyelesaian:**

$$\rho_{\text{gli}} = 1,26 \text{ g/mL}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ g/mL}$$

$$w_{\text{gli}} = \rho \times V$$

$$w_{\text{air}} = \rho \times V$$

$$= 1,26 \text{ g/mL} \times 50 \text{ mL}$$

$$= 1 \text{ g/mL} \times 500 \text{ mL}$$

$$= 63 \text{ g}$$

$$= 500 \text{ g}$$

$$n_{\text{gli}} = \frac{w}{M_r} = \frac{63}{92} = 0,68 \text{ mol}$$

$$n_{\text{air}} = \frac{w}{M_r} = \frac{500}{18} = 27,8 \text{ mol}$$

$$X_{\text{air}} = \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{air}} + n_{\text{gli}}}$$

$$= \frac{27,8 \text{ mol}}{27,8 \text{ mol} + 0,68 \text{ mol}}$$

$$X_{\text{air}} = 0,975$$

$$P_A = X_A \times P^\circ$$

$$= 0,975 \times 23,8 \text{ torr} = 23,21 \text{ mmHg}$$

### 3. Kenaikan Titik Didih

Kenaikan titik didih larutan relatif terhadap titik didih pelarut murni,  $\Delta T_b$ , sebanding dengan jumlah partikel mol zat terlarut per kg pelarut. Molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut per 1000 g pelarut. Dengan demikian  $\Delta T_b$  sebanding dengan molalitas yang dirumuskan:

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

Besarnya  $K_b$ , yaitu **tetapan kenaikan titik didih molal**, tergantung hanya pada pelarut. Nilai  $K_b$  untuk beberapa pelarut disajikan dalam Tabel 1.1.

Nilai,  $K_b$  air adalah  $0,52^\circ\text{C}/\text{m}$ , sehingga untuk larutan sukrosa 1 molal atau larutan yang lain dengan konsentrasi 1 m partikel mol zat terlarut nonvolatil akan mendidih pada suhu  $0,52^\circ\text{C}$  lebih tinggi daripada pelarut murni. Kenaikan titik didih larutan sebanding dengan jumlah partikel zat terlarut yang ada dalam sejumlah tertentu larutan. Bila NaCl larut dalam air, maka 2 mol partikel zat terlarut (1 mol  $\text{Na}^+$  dan 1 mol  $\text{Cl}^-$ ) terbentuk untuk setiap mol NaCl yang larut. Larutan NaCl 1 m dalam air menyebabkan kenaikan titik didih hampir dua kali besarnya kenaikan titik didih larutan 1 m nonelektrolit seperti sukrosa. Dengan demikian untuk meramalkan dengan tepat pengaruh zat terlarut tertentu terhadap titik didih (atau sifat koligatif lain), perlu untuk mengetahui apakah zat terlarut tersebut **elektrolit** atau **nonelektrolit**.

**Tabel 1.1 Tetapan Kenaikan Titik Didih Molal ( $K_b$ ) dan Tetapan Penurunan Titik Beku Molal ( $K_f$ ) untuk Beberapa Pelarut**

Pelarut	Titik Didih Normal ( $^\circ\text{C}$ )	$K_b$ ( $^\circ\text{C}/\text{m}$ )	Titik beku ( $^\circ\text{C}$ ) Normal	$K_f$ ( $^\circ\text{C}/\text{m}$ )
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	100,0	0,52	0,0	1,86
Benzena ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	80,1	2,53	5,5	5,12
Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	78,4	1,22	-144,6	1,99
Karbon tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ )	76,8	5,02	-22,3	29,8
Kloroform ( $\text{CHCl}_3$ )	61,2	3,63	-63,5	4,68

Sumber: Chemistry (Brown)

### 4. Penurunan Titik Beku

Seperti halnya kenaikan titik didih, penurunan titik beku ( $T_f$ ) sebanding dengan molalitas zat terlarut yang dirumuskan:

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

Nilai **tetapan penurunan titik beku molal ( $K_f$ )** untuk beberapa pelarut diberikan dalam Tabel 1.1. Nilai  $K_f$  air adalah  $1,86^\circ\text{C}/\text{m}$ , sehingga untuk larutan NaCl 0,5 m atau larutan partikel zat terlarut nonvolatil 1 m, akan membeku  $1,86^\circ\text{C}$  lebih rendah dari air murni. Penurunan titik beku yang disebabkan oleh zat terlarut dapat untuk menjelaskan mengapa digunakan zat antibeku dalam radiator mobil dan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) untuk melelehkan es di jalan selama musim dingin.



Sumber: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

**Gambar 1.6** Penambahan garam  $\text{CaCl}_2$  dapat mencairkan salju

### Contoh Soal 1.5

Etilen glikol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ) merupakan zat nonelektrolit nonvolatil yang digunakan sebagai zat antibeku dalam radiator mobil. Hitunglah titik didih dan titik beku larutan etilen glikol 25,0% (berdasar massa) dalam air!

#### Penyelesaian:

Dalam 100 g larutan etilen glikol terdapat 25 g etilen glikol dan 75 gram air.

$$m = \frac{w}{M_r} \times \frac{1000}{p}$$

$$= \frac{25 \text{ g}}{62 \text{ g/mol}} \times \frac{1000 \text{ g/kg}}{75 \text{ g}}$$

$$m = 5,38 \text{ mol/kg (m)}$$

$$\Delta T_f = m \times K_f$$

$$= 5,38 \text{ m} \times 5,38^\circ\text{C}/\text{m}$$

$$= 10^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$$

$$= -10^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

$$= 5,38 \text{ m} \times 0,52^\circ\text{C}/\text{m}$$

$$= 2,8^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100^\circ\text{C} + 2,8^\circ\text{C}$$

$$= 102,8^\circ\text{C}$$

Untuk lebih menumbuhkan **rasa ingin tahu**, mengembangkan **kecakapan sosial**, dan **vokasional**, lakukan Percobaan 1.1 berikut.

### Percobaan 1.1

**Tujuan:**

Menyelidiki titik beku larutan serta faktor yang mempengaruhinya.

**Alat:**

1. Termometer skala  $0,1^{\circ}\text{C}$  -  $0,5^{\circ}\text{C}$
2. Tabung reaksi dan rak
3. Gelas kimia plastik atau wadah lainnya 400 mL
4. Pengaduk kaca dan sendok makan

**Bahan:**

1. Es dan garam dapur kasar (campuran pendingin)
2. Air suling (akuades)
3. Larutan gula 1 molal dan 2 molal, masing-masing 20 mL
4. Larutan KCl 1 molal dan 2 molal, masing-masing 20 mL

**Cara Kerja:**

1. Masukkan butiran-butiran kecil es ke dalam gelas kimia plastik sampai kira-kira tiga perempatnya. Tambahkan 8 sendok garam dapur. Aduk campuran ini dengan sendok makan. Campuran ini digunakan untuk pendingin.
2. Isilah tabung reaksi dengan air suling kira-kira setinggi 4 cm. Masukkan tabung ke dalam gelas kimia yang berisi campuran pendingin, kemudian aduk. Masukkan pengaduk kaca ke dalam tabung reaksi dan gerakkan pengaduk itu naik turun dalam air sampai air membeku seluruhnya.
3. Keluarkan tabung itu dari campuran pendingin dan biarkan es dalam tabung mencair sebagian. Gantilah pengaduk dengan termometer. Dengan hati-hati aduklah campuran dalam tabung dengan menggunakan termometer secara turun naik, kemudian bacalah termometer dan catatlah suhu campuran es dan air itu.



4. Ulangi langkah 2 dan 3 dengan menggunakan larutan-larutan gula dan KCl sebagai pengganti air suling (jika es dalam gelas kimia sudah banyak yang mencair, buat lagi campuran pendingin di atas).

**Data Pengamatan:**

Titik beku air = ... °C

No	Zat Terlarut	Kemolalan	Titik Beku	Selisih Titik Beku air dengan Titik Beku Larutan
1.	$C_{12}H_{22}O_{11}$	1 m	.....	.....
2.	$C_{12}H_{22}O_{11}$	2 m	.....	.....
3.	KCl	1 m	.....	.....
4.	KCl	2 m	.....	.....

**Kesimpulan:**

Buatlah kesimpulan dari percobaan di atas!

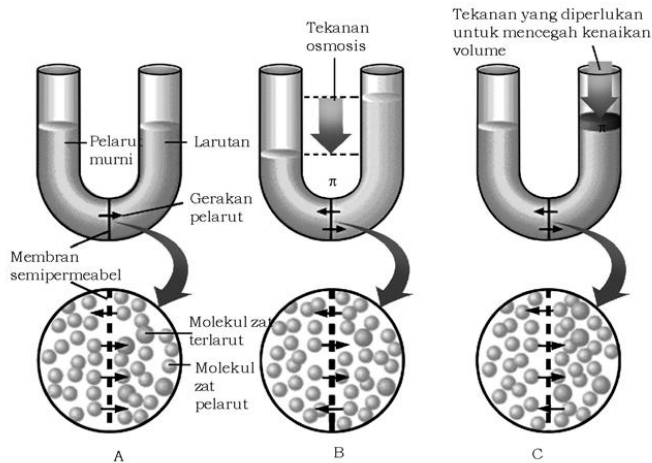
**Pertanyaan:**

1. Bagaimana titik beku larutan dibandingkan titik beku pelarut?
2. Bagaimana pengaruh molalitas larutan gula terhadap titik beku larutan dan penurunan titik beku larutan?
3. Bagaimana pengaruh molalitas kalium klorida terhadap titik beku larutan dan penurunan titik beku larutan?
4. Pada molalitas yang sama, bagaimana pengaruh kalium klorida (elektrolit) dibanding dengan pengaruh gula (nonelektrolit) terhadap titik beku larutan dan penurunan titik beku larutan? Jelaskan mengapa demikian!

**5. Tekanan Osmotik**

Bahan-bahan tertentu yang menyusun membran dalam sistem biologis dan zat sintetik seperti *cellophane*, bersifat **semipermeabel**. Bila bahan ini kontak dengan larutan, maka akan terjadi aliran sebagian molekul. Bahan-bahan tersebut membiarkan aliran molekul kecil pelarut seperti air tetapi menahan aliran molekul

atau ion zat terlarut yang besar. Sifat semipermeabel ini disebabkan oleh jaringan pori-pori yang kecil di dalam membran.



Sumber: Chemistry (Brown)

**Gambar 1.7** Peristiwa osmosis

Coba kalian perhatikan Gambar 1.7! Terlihat hanya molekul pelarut (bulatan kecil) yang mampu melewati membran. Jika membran semipermeabel ditempatkan antara dua larutan dengan konsentrasi berbeda, maka molekul pelarut bergerak dalam dua arah melewati membran. Laju aliran pelarut dari larutan yang kurang pekat ke larutan yang lebih pekat lebih besar daripada laju dalam arah sebaliknya. Dengan demikian, ada gerakan murni (bersih) molekul pelarut dari larutan yang kurang pekat ke larutan lebih pekat. Proses ini disebut **osmosis**. Hal penting yang harus diingat adalah bahwa *gerakan murni pelarut selalu menuju larutan dengan konsentrasi zat terlarut yang lebih tinggi*. Tekanan yang diperlukan untuk mencegah osmosis dikenal sebagai **tekanan osmotik** ( $\pi$ ) larutan. Tekanan osmotik ditemukan untuk memenuhi sebuah hukum yang mirip dalam hukum gas ideal:  $\pi \times V = n \times R \times T$ , dengan,  $\pi$  = tekanan osmotik (atm),  $V$  = volume larutan (liter),  $n$  = jumlah mol zat terlarut,  $T$  = suhu larutan (Kelvin),  $R$  = tetapan gas (0,08205 L atm/mol K),  $M$  = molaritas larutan (mol/L). Dari persamaan ini, tekanan osmotik dapat dirumuskan:

$$\pi = \left( \frac{n}{V} \right) \times R \times T = M \times R \times T$$

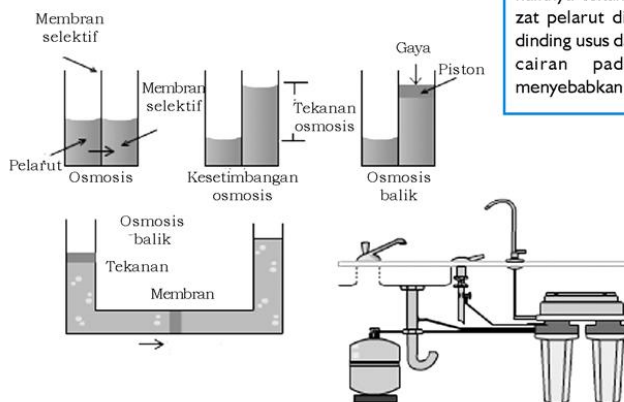
Dua larutan yang memiliki tekanan osmotik sama disebut *isotonik*. Jika salah satu larutan mempunyai tekanan osmotik lebih rendah dari yang lain, larutan itu disebut *hipotonik* dan jika lebih tinggi dari yang lain disebut *hipertonik*. Osmosis memiliki peranan yang penting dalam kehidupan, sebab dinding sel bekerja sebagai membran semipermeabel yang mengizinkan aliran air tetapi membatasi aliran komponen ionik dan makromolekular. Sebagai contoh, cairan infus bagi pasien harus mempunyai tekanan osmotik yang sama (isotonik) dengan cairan dalam sel darah. Selain itu, tumbuhan yang menyerap air dan bahan-bahan mineral dari dalam tanah melalui akar sampai ke daun juga termasuk peristiwa osmosis.



Sumber: CD Image  
**Gambar 1.8.** Pemberian infus menggunakan prinsip osmosis

### Osmosis Balik (*Reverse Osmose*)

Osmosis balik dapat terjadi apabila gaya atau tekanan yang diberikan di atas permukaan larutan melebihi tekanan osmosis larutan, sehingga partikel pelarut bergerak dari larutan ke air. Proses ini dapat digunakan untuk memperoleh air bersih dari air laut atau air sungai.



**Gambar 1.9** Osmosis terbalik

### Fokus Kimia

Merangsang keingintahuan

#### Tahukah kalian apa penyebab penyakit diare?

Diare disebabkan gula susu tidak bisa diuraikan/diserap oleh dinding usus sehingga menuju usus mengubah gula susu menjadi asam-asam organik dan terbentuk gas  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2$ . Hal ini mengakibatkan naiknya tekanan osmotik, sehingga zat pelarut di luar usus masuk ke dinding usus dan terjadi penimbunan cairan pada usus sehingga menyebabkan penyakit diare.

Untuk lebih mengembangkan **kreativitas** dan **kecakapan sosial** kalian, kerjakan Tugas 1.1 berikut.

### Tugas 1.1

Diskusikan dengan teman sebangku kalian mengapa naiknya air dan bahan mineral dari akar ke daun termasuk peristiwa osmosis. Buatlah kesimpulan dari hasil diskusi kalian!

### Contoh Soal 1.6

Tekanan osmotik rata-rata dari darah adalah 7,7 atm pada 25°C. Berapa konsentrasi glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) akan isotonik (tekanan sama) dengan darah?

**Penyelesaian:**

$$\pi = M \times R \times T$$

$$M = \frac{\pi}{R \times T}$$

$$M = \frac{7,7 \text{ atm}}{0,08205 \text{ L atm/mol K} \times 298 \text{ K}}$$

$$M = 0,315 \text{ mol/L}$$

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan akademik** kalian, kerjakan Latihan 1.2 berikut.

### Latihan 1.2

1. Urutkan larutan berikut mulai dari larutan yang memiliki titik beku terkecil: 0,050 m  $CaCl_2$ , 0,15 m  $NaCl$ , 0,10 m  $HCl$ , 0,50 m  $HC_2H_3O_2$ , dan 0,10 m  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .
2. Suatu larutan nonelektrolit nonvolatil yang tidak diketahui dibuat dengan melarutkan 0,250 g zat ke dalam  $CCl_4$  40,0 g. Titik didih larutan adalah 0,357°C lebih tinggi daripada pelarut murni. Hitunglah massa molar zat terlarut!

3. Tekanan osmotik larutan protein diukur untuk menentukan massa molarnya. Larutan tersebut mengandung 3,5 mg protein terlarut dalam air yang cukup untuk membentuk 5,00 mL larutan. Tekanan osmotik larutan pada 25°C, adalah 1,54 mmHg. Hitunglah massa molar protein!
4. Berapa tekanan osmotik larutan yang dibuat dengan melarutkan 50,0 mg aspirin (C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>) dalam 0,250 L air pada suhu 25°C?
5. Lauril alkohol diperoleh dari minyak kelapa dan digunakan untuk membuat detergen. Larutan dari 5,00 g lauril alkohol dalam 0,100 kg benzena membeku pada 4,1°C. Berapa massa molar zat ini (*M*)?

### C. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Sifat koligatif larutan elektrolit akan terlihat menyimpang dari sifat koligatif larutan nonelektrolit. Bila elektrolit yang dipelajari tidak bersifat volatil, akan nampak bahwa penurunan tekanan uap dan kenaikan titik didih yang terjadi lebih besar daripada yang diharapkan, demikian pula halnya dengan sifat koligatif untuk tekanan osmosis dan penurunan titik beku larutan.

Untuk larutan yang encer, terbukti dari eksperimen bahwa sifat koligatif dari asam klorida, amonia (NH<sub>4</sub>OH) 2 kali lebih besar daripada yang diperhitungkan menurut rumus untuk larutan nonelektrolit. Larutan elektrolit yang lain misalnya kalsium klorida dan kalium sulfat 3 kali lebih besar, dan sebagainya. Untuk mengetahui besarnya penyimpangan yang ditimbulkan oleh sifat koligatif larutan elektrolit digunakan suatu faktor yang dinamakan dengan faktor *van't Hoff* (*i*). Faktor van't Hoff dirumuskan sebagai berikut:

$$i = \frac{\text{nilai sifat koligatif yang teramati}}{\text{nilai sifat koligatif normal (non elektrolit)}}$$

Sifat koligatif larutan elektrolit dirumuskan berikut.

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= m \times K_b \times i \\ \Delta T_f &= m \times K_f \times i \\ \Delta P &= X_B \times P^0 \times i \\ \pi &= M \times R \times T \times i \end{aligned}$$



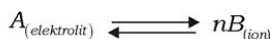
Karena sifat koligatif hanya tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan bukan pada jenis zat, maka dapat dipastikan bahwa semakin banyak jumlah ion yang berada dalam larutan, nilai  $i$  akan semakin besar. Faktor van't Hoff  $i$  dapat pula diartikan sebagai:

$$i = \frac{\text{jumlah partikel sebenarnya dalam larutan}}{\text{jumlah partikel sebelum ionisasi}}$$

Untuk elektrolit yang berionisasi sempurna, diharapkan nilai  $i$  akan mendekati jumlah partikel ion yang diuraikan. Sedangkan untuk elektrolit yang lemah nilai  $i$  dapat ditinjau dari harga derajat ionisasinya.

$$\alpha = \frac{\text{banyaknya mol yang terionisasi}}{\text{banyaknya mol mula - mula}}$$

Misal zat A adalah elektrolit, maka dalam larutan akan terjadi ionisasi:



Mula-mula :	$a$	$0$
Terurai :	$-a\alpha$	$+ n\alpha$
Setimbang :	$(a - a\alpha)$	$n\alpha$
Jumlah semua partikel setelah terion	$= (a - a\alpha) + n\alpha$ $= a - a\alpha + n\alpha$ $= a + n\alpha - a\alpha$ $= a \{1 + (n - 1)\alpha\}$	

Jumlah partikel sebelum terion =  $a$  mol  
 Jumlah partikel sesudah terion =  $a \{1 + (n - 1)\alpha\}$   
 Perbandingan =  $a : a \{1 + (n - 1)\alpha\}$   
 $1 : \{1 + (n - 1)\alpha\}$   
 Harga  $\{1 + (n - 1)\alpha\}$  disebut faktor van't Hoff ( $i$ )  
 Jadi  $i = \{1 + (n - 1)\alpha\}$

### Contoh Soal 1.7

Penurunan titik beku larutan 0,1 m  $\text{CH}_3\text{COOH}$  adalah  $0,188^\circ\text{C}$ .  
 Hitunglah  $\alpha$  untuk larutan asam asetat tersebut! Diketahui  
 $K_f \text{H}_2\text{O} = 1,86^\circ\text{C}/\text{m}$ .

### Penyelesaian:

Jika diasumsikan bahwa asam asetat tidak berionisasi, maka penurunan titik bekunya adalah:

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= m \times K_f \\ &= 0,1 \text{ m} \times 1,86 \text{ }^\circ\text{C/m} \\ &= 0,186^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$i = \frac{0,188}{0,186} = 1,01$$

Asam asetat akan terionisasi menghasilkan 2 ion per molekul, maka nilai  $n = 2$ . Dengan demikian derajat ionisasi dapat dihitung sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{1,01 - 1}{2 - 1} = 0,01$$

Untuk lebih mengembangkan **wawasan kontekstual** dan **kecakapan akademik** kalian kerjakan, Latihan 1.3 berikut.

### Latihan 1.3

1. Larutan 0,100 L dibuat dengan melarutkan sampel  $\text{CaCl}_2(s)$  dalam air.
  - a. Apakah  $\text{CaCl}_2$  sebuah elektrolit atau nonelektrolit?
  - b. Larutan memiliki tekanan osmotik 3,55 atm pada  $27^\circ\text{C}$ . Berapa molaritas  $\text{CaCl}_2$  dalam larutan ini?
  - c. Faktor van't Hoff untuk  $\text{CaCl}_2$  adalah 2,6 dalam kisaran konsentrasi 0,004 - 0,12 M. Dengan menggunakan harga ini, hitunglah molaritas  $\text{CaCl}_2$ !
  - d. Entalpi pelarutan untuk  $\text{CaCl}_2$  adalah  $-81,3 \text{ kJ/mol}$ . Jika suhu akhir dari larutan  $27,0^\circ\text{C}$ , berapakah suhu mula-mulanya? (massa jenis larutan dianggap sebesar  $1,0 \text{ g/mL}$ , panas spesifiknya adalah  $4,18 \text{ J/g K}$ , dan larutan tidak melepaskan panas ke lingkungannya).
2. Adrenalin adalah hormon yang mendorong pelepasan molekul glukosa berlebihan pada saat stres atau keadaan darurat (*emergency*). Larutan dari 0,64 g adrenalin dalam 36,0 g  $\text{CCl}_4$  menyebabkan kenaikan titik didih  $0,49^\circ\text{C}$ . Berapa massa molar ( $M_r$ ) adrenalin?

Untuk mengembangkan **etos kerja, kecakapan sosial**, dan **vokasional** kalian, lakukanlah Percobaan 1.2 berikut.

### Percobaan 1.2

**Tujuan:**

Untuk menentukan titik didih berbagai senyawa organik dan menggunakannya untuk mengidentifikasi senyawa yang tidak diketahui.

**Alat:**

1. Hot plate
2. Termometer
3. Gelas kimia 250 mL
4. Tabung kapiler ujung tertutup
5. Tabung uji kecil/tabung reaksi

**Bahan:**

Senyawa organik cair

**Cara Kerja:**

1. Masukkan beberapa mL cairan organik yang telah diketahui ke dalam tabung uji kecil.
2. Letakkan tabung kapiler ke dalam tabung uji dengan ujung tertutup di atas.
3. Jepit tabung pada statif dan celupkan termometer dalam tabung uji.
4. Isilah gelas kimia 250 mL  $\frac{3}{4}$  penuh dengan air dan letakkan pada hot plate. Hati-hatilah menurunkan tabung uji dan termometer ke dalam gelas kimia sedemikian sehingga tabung uji tercelup setengahnya dalam air.
5. Mulailah dengan memanaskan hot plate/air pelan-pelan. Pada saat cairan mendekati titik didihnya beberapa gelembung teramati keluar dari ujung tabung kapiler. Bila arus gelembung teramati terus-menerus muncul, matikan hot plate dan biarkan isi tabung uji dingin.
6. Pada saat isi tabung uji mendingin, amati tabung kapiler secara hati-hati. Bila cairan mulai masuk mengalir ke dalam tabung kapiler, catat suhu cairan sebagai suhu titik didih.
7. Carilah zat yang tidak diketahui, dan ulangi pekerjaan langkah 1-6 ini.



Zat	Titik didih (°C)
aseton	56 - 57
metanol	65
etanol	78 - 79
propanol	97 - 98
2-propanol	82 - 83

**Data Pengamatan:**

Senyawa yang diuji/dipraktikkan:

senyawa	.....	Kisaran titik didih	..... °C
senyawa	.....	Kisaran titik didih	..... °C

Senyawa yang belum diketahui:

senyawa	Zat? _____	Kisaran titik didih	..... °C
Identitas senyawa	.....	.....	..... °C

**Kesimpulan:**

Buatlah kesimpulan dari percobaan tersebut!

**Pertanyaan:**

1. Apakah definisi titik didih itu?
2. Bagaimana pendidihan dipengaruhi tekanan?

## Rangkuman

1. Larutan adalah campuran yang komponennya terdispersi secara homogen pada tingkat molekuler. Konsentrasi larutan dapat dinyatakan dalam pph, ppb, molaritas, molalitas, dan fraksi mol.
2. Fraksi mol merupakan perbandingan mol zat terlarut atau pelarut terhadap jumlah mol larutan ( $X$ )
3. Molaritas adalah banyaknya mol zat terlarut dalam 1 liter larutan ( $M$ ).
4. Molalitas adalah banyaknya mol zat terlarut dalam 1000 gram pelarut.
5. Sifat koligatif larutan terdiri dari penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik.
6. Sifat koligatif hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak bergantung pada ukuran, jenis atau massa molekul zat terlarut.
7. Besarnya sifat koligatif larutan elektrolit berbeda dengan sifat koligatif larutan nonelektrolit.
8. Penurunan tekanan uap larutan nonelektrolit,  $\Delta P = X_B \times P^0$ , sedangkan larutan elektrolit  $\Delta P = X_B \times P^0 \times i$
9. Kenaikan titik didih larutan nonelektrolit,  $\Delta T_b = K_b \times m$ , sedangkan larutan elektrolit  $\Delta T_b = K_b \times m \times i$
10. Penurunan titik beku larutan nonelektrolit,  $\Delta T_f = K_f \times m$ , sedangkan larutan elektrolit  $\Delta T_f = K_f \times m \times i$
11. Tekanan osmotik larutan elektrolit,  $\pi = M \times R \times T$ , sedangkan larutan elektrolit,  $\pi = M \times R \times T \times i$

## Evaluasi

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

- Molalitas larutan NaCl 20% ( $A_r Na = 23$ ;  $Cl = 35,5$ ) adalah . . . .  
A. 4,27  
B. 6,24  
C. 7,24  
D. 8,54  
E. 9,27
- Fraksi mol urea,  $CO(NH_2)_2$  ( $A_r C = 12$ ;  $O = 16$ ;  $N = 14$ ;  $H = 1$ ) dalam larutan urea 12% adalah . . . .  
A. 0,01  
B. 0,20  
C. 0,25  
D. 0,30  
E. 0,04
- Sebanyak 5,6 gram senyawa A dilarutkan dalam 100 mL air, sehingga konsentrasinya menjadi 0,5 m. Maka  $M_r$  A adalah . . . .  
A. 28  
B. 56  
C. 112  
D. 84  
E. 140
- Tekanan uap jenuh air murni pada  $32^\circ C$  adalah 35 mmHg. Jika fraksi mol glukosa dalam larutan 0,4 maka tekanan uap larutan pada suhu tersebut adalah . . . .  
A. 14 mmHg  
B. 21 mmHg  
C. 3,5 mmHg  
D. 35,4 mmHg  
E. 49 mmHg
- Sebanyak 1,4 gram KOH ( $M_r = 56$ ) dilarutkan ke dalam 250 mL air, volume campuran dianggap tidak berubah, maka konsentrasi larutan tersebut adalah . . . .  
A.  $10^{-1} M$   
B.  $10^{-2} M$   
C.  $10^{-3} M$   
D.  $10^{-4} M$   
E.  $10^{-5} M$
- Volume pelarut yang harus ditambahkan pada 10 mL larutan HCl 1 M agar diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,1 M adalah . . . .  
A. 10 mL  
B. 20 mL  
C. 90 mL  
D. 100 mL  
E. 990 mL

7. Untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi  $100,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada tekanan 1 atm ( $K_b = 0,5$ ), maka jumlah gula ( $M_r = 342$ ) yang harus dilarutkan adalah . . . gram.
  - A. 684
  - B. 171
  - C. 86
  - D. 17,1
  - E. 342
8. Suatu zat elektrolit ( $M_r = 40$ ) sebanyak 30 gram dilarutkan ke dalam 900 gram air. Penurunan titik beku larutan ini adalah  $1,55^{\circ}\text{C}$ . Massa zat tersebut yang harus dilarutkan ke dalam 1,2 kg air agar diperoleh penurunan titik beku setengahnya dari penurunan titik beku di atas adalah . . . .
  - A. 10 gram
  - B. 15 gram
  - C. 20 gram
  - D. 45 gram
  - E. 80 gram
9. Sebanyak 18 gram glukosa ( $M_r = 180$ ) dilarutkan ke dalam 500 g air. Diketahui  $K_f$  air =  $1,8^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , maka titik beku larutan tersebut adalah . . . .
  - A.  $-0,18^{\circ}\text{C}$
  - B.  $-0,36^{\circ}\text{C}$
  - C.  $+0,18^{\circ}\text{C}$
  - D.  $+0,36^{\circ}\text{C}$
  - E.  $-0,72^{\circ}\text{C}$
10. Suatu larutan X mendidih pada suhu  $100,13^{\circ}\text{C}$ . Larutan tersebut akan membeku pada suhu . . . . ( $K_b$  air =  $0,52^{\circ}\text{C}/\text{m}$  dan  $K_f$  air =  $1,86^{\circ}\text{C}/\text{m}$ )
  - A.  $-1,86^{\circ}\text{C}$
  - B.  $-0,52^{\circ}\text{C}$
  - C.  $-0,46^{\circ}\text{C}$
  - D.  $-0,26^{\circ}\text{C}$
  - E.  $-0,13^{\circ}\text{C}$

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Hitunglah fraksi mol metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dalam larutan berikut:
  - a. 7,5 g  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam 245 g  $\text{H}_2\text{O}$ ,
  - b. 55,7 g  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam 164 g  $\text{CCl}_4$ !
2. Hitunglah molaritas larutan berikut:
  - a. 10,5 g KCl dalam 250,0 mL larutan,
  - b. 30,7 g  $\text{LiClO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dalam larutan 125 mL,
  - c. 25,0 mL 1,50 M  $\text{HNO}_3$  yang diencerkan sampai 0,500 L! (Diketahui  $A_r$  K = 39, Cl = 35,5, Li = 7, O = 16, H = 1, N = 14)

3. Bagaimana kenaikan konsentrasi zat terlarut nonvolatil dalam air mempengaruhi sifat berikut:
  - a. tekanan uap,
  - b. titik didih,
  - c. titik beku,
  - d. tekanan osmotik?
4. Urutkan larutan berikut mulai dari larutan yang memiliki titik didih terkecil: 0,040 m gliserin; 0,020 m KBr; dan 0,030 m fenol ( $C_6H_5OH$ )!
5. Hitunglah titik beku dan titik didih larutan berikut:
  - a. 0,50 m glukosa dalam etanol,
  - b. 18,0 g  $C_{10}H_{22}$  dalam 425 g  $CHCl_3$ ,
  - c. 0,45 mol etilen glikol dan 0,10 mol KBr dalam 125 g  $H_2O$ !

Untuk meningkatkan **wawasan produktivitas** kalian, kerjakan proyek berikut.

### Proyek

Perhatikan orang yang membuat es krim. Pada pembuatan es krim tersebut perlu ditambahkan garam pada bubuk esnya. Apa fungsi penambahan garam tersebut? Jika tidak ditambahkan garam, apa yang terjadi? Carilah kegunaan-kegunaan sifat koligatif lainnya dalam industri skala kecil di sekitar kalian! Diskusikan dengan teman sekelompok kalian, kemudian buatlah laporan dari hasil pengamatan kalian!

# Bab II

## Reaksi Redoks dan Elektrokimia

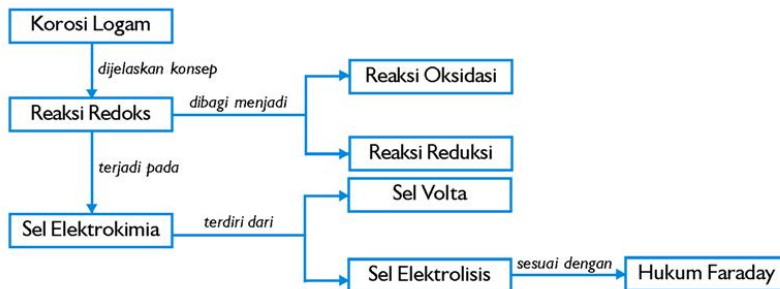
Sumber: Dokumen Penerbit

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat menerapkan reaksi redoks dalam sistem elektrokimia, sel elektrolisis sesuai Hukum Faraday, dan kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari.

### Peta Konsep

Untuk mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran tersebut, perhatikanlah peta konsep berikut.



### Kata Kunci

Setelah peta konsep kalian kuasai, perhatikan kata kunci yang merupakan kunci pemahaman materi dalam bab ini. Berikut ini adalah kata kunci dalam bab II.

Oksidasi	Elektrokimia
Reduksi	Korosi
Elektrolisis	Hukum Faraday





Sumber: CD Image

**Gambar 2.1** Mobil mainan menggunakan baterai

Perhatikan gambar di atas! Mobil mainan tersebut digerakkan dengan tenaga listrik dari baterai yang terjadi akibat reaksi redoks. Bagaimana reaksi redoks dapat terjadi? Untuk lebih mengetahui dan memahami tentang reaksi redoks, pelajilah bab ini!

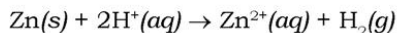
## A. Reaksi Oksidasi dan Reduksi

Istilah oksidasi dan reduksi mungkin sudah tidak asing lagi bagi kalian, karena kedua istilah ini telah kalian pelajari di kelas X. Apakah sebenarnya pengertian oksidasi dan reduksi itu?

Konsep bilangan oksidasi atau keadaan oksidasi memberikan petunjuk yang bermanfaat atas perubahan yang terjadi selama reaksi kimia.

### Contoh:

Reaksi yang terjadi antara logam Zn yang dicelupkan ke dalam larutan asam kuat sebagai berikut.



Tahukah kalian, apa yang terjadi selama reaksi berlangsung? Ada dua hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Keadaan oksidasi atau bilangan oksidasi seng naik dari 0 dalam  $\text{Zn}(s)$  ke +2 dalam  $\text{Zn}^{2+}(aq)$ .
2. Keadaan oksidasi atau bilangan oksidasi hidrogen turun dari +1 dalam  $\text{H}^+(aq)$  ke 0 dalam  $\text{H}_2(g)$ .

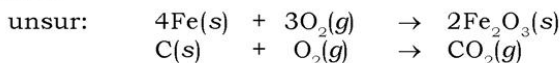
Reaksi kimia yang melibatkan perubahan bilangan oksidasi dari satu atau lebih zat disebut reaksi reduksi-oksidasi (reaksi redoks).

### 1. Pengertian Reaksi Redoks

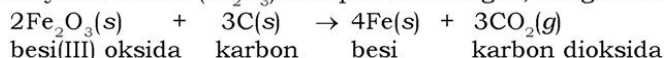
Konsep oksidasi dan reduksi berbeda antara konsep lama dan yang baru.

#### a. Konsep Lama: Oksigen dalam Reaksi Redoks

**Oksidasi** adalah penggabungan suatu unsur atau persenyawaan dengan oksigen untuk menghasilkan oksida. Sebagai contoh unsur (Fe, C) dan senyawa (CH<sub>4</sub>) bergabung dengan oksigen dalam reaksi oksidasi.



**Reduksi** adalah proses pelepasan oksigen dari senyawa oksida. Contoh senyawa oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) melepaskan oksigen, dengan reaksi:



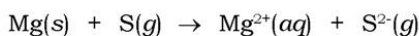
Istilah reduksi (pengurangan) berkaitan dengan fakta bahwa bila logam oksida direduksi menjadi logam, terdapat penurunan volume logam oksida.

#### b. Konsep Baru: Perpindahan Elektron dalam Reaksi Redoks

Menurut konsep baru, pengertian oksidasi dan reduksi adalah:

- 1) **Oksidasi** adalah pelepasan elektron sebagian atau seluruhnya.
- 2) **Reduksi** adalah penerimaan elektron.

Pelajari contoh reaksi berikut untuk dapat memahami pengertian oksidasi dan reduksi! Pada reaksi antara logam dengan nonlogam, elektron dipindahkan dari atom logam ke atom nonlogam.

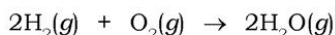


Oksidasi:  $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$  (pelepasan elektron)

Reduksi:  $\text{S} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{S}^{2-}$  (penerimaan elektron)

Mg merupakan **pereduksi** (donor elektron), sedangkan S adalah **pengoksidasi** (akseptor elektron).

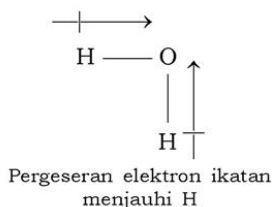
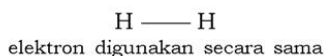
Perpindahan seluruhnya (lengkap) elektron jelas terlihat dalam reaksi ionik sebelumnya. Bagaimana tentang reaksi yang menghasilkan senyawa kovalen? Coba lihat reaksi hidrogen dan oksigen berikut.



Menurut definisi lama oksidasi, reaksi ini menyatakan bahwa hidrogen teroksidasi menjadi air karena hidrogen bergabung dengan oksigen. Namun demikian, konsep perpindahan elektron dapat juga menjelaskan proses ini. Tinjaulah apa yang terjadi terhadap elektron ikatan dalam pereaksi dan hasil reaksi. Elektron ikatan dalam molekul hidrogen digunakan bersama secara sama antara hidrogen-hidrogen. Namun demikian, dalam air, elektron ikatan tidak digunakan secara sama antara hidrogen dan oksigen. Akibatnya adalah terjadi pergeseran elektron ikatan menjauhi hidrogen.

**Kilas Kimia**

Reaksi redoks dengan reduktor dan oksidatornya berasal dari unsur yang sama disebut dengan reaksi autoreduksi atau reaksi disproporsionasi.



Hidrogen teroksidasi (elektron bergeser menjauhi H), sedangkan oksigen tereduksi (elektron bergeser menuju ke O). Dalam hal ini, yang dilihat adalah pergeseran elektron ikatan kovalen pada zat hasil reaksi. Jadi oksidasi adalah pergeseran elektron menjauh dari sebuah atom, sedangkan reduksi adalah pergeseran elektron menuju suatu atom.

Secara ringkas proses yang menyebabkan oksidasi dan reduksi disajikan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Perbedaan Oksidasi dan Reduksi**

No	Oksidasi	Reduksi
1.	Pelepasan elektron (reaksi ionik)	Penerimaan elektron (reaksi ionik).
2.	Penerimaan oksigen.	Pelepasan oksigen.
3.	Kenaikan bilangan oksidasi.	Penurunan bilangan oksidasi.

Sebelum kalian mempelajari reaksi redoks, sebaiknya kalian harus paham betul bagaimana menentukan bilangan oksidasi suatu atom. Bilangan oksidasi adalah suatu bilangan positif atau negatif yang menunjukkan jumlah muatan pada suatu unsur kimia sesuai dengan aturan.

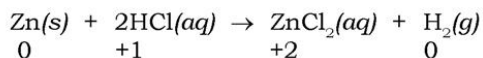
**Aturan penentuan bilangan oksidasi (biloks):**

- Bilangan oksidasi ion monoatomik sama dengan **muatan ionnya**. Contoh: biloks ion bromida, Br<sup>-</sup>, adalah -1; biloks ion Fe<sup>3+</sup> adalah +3.
- Biloks hidrogen dalam suatu senyawa **selalu +1**, kecuali dalam **logam hidrida**, contoh dalam NaH, biloks H adalah -1.
- Biloks oksigen dalam suatu senyawa adalah **selalu -2**, kecuali dalam peroksida, contoh dalam H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> biloks O adalah -1.
- Biloks atom bebas adalah **nol**. Contoh, biloks atom K (kalium) dalam logam kalium, dan atom nitrogen dalam gas N<sub>2</sub>, adalah nol.
- Dalam suatu senyawa molekul maupun ion poliatom bilangan oksidasi dari atom yang keelektronegatifannya paling kuat adalah negatif (-) sedangkan atom dengan keelektronegatifan paling lemah adalah positif (+).
- Untuk senyawa netral, jumlah biloks dari atom-atom dalam senyawa **harus sama dengan nol**.
- Untuk ion poliatomik, jumlah biloks atom **harus sama dengan muatan ionik** dari ion.

Perhatikan lagi persamaan kimia di depan! Perpindahan elektron dalam reaksi ini menghasilkan energi dalam bentuk panas dan berlangsung secara spontan. Perpindahan elektron yang terjadi selama reaksi redoks dapat juga menghasilkan energi dalam bentuk listrik. Pada peristiwa yang lain kalian dapat memberikan energi listrik ke suatu sistem reaksi redoks tidak spontan agar terjadi reaksi.

Kalian akan lebih mudah memahami reaksi redoks pada saat mempelajari sistem elektrokimia (sel volta dan sel elektrolisis).

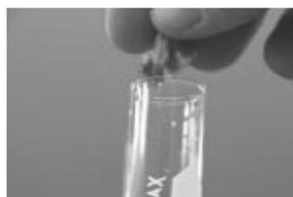
Bagaimana kita menentukan apakah suatu reaksi adalah reaksi oksidasi-reduksi? Kita dapat mengetahui dengan meninjau perubahan keadaan atau bilangan oksidasi unsur tersebut.



Perubahan keadaan oksidasi (Zn) berubah dari 0 ke +2 dan H berubah dari +1 ke 0. Peristiwa reaksi redoks ditunjukkan pada Gambar 2.2.



a. Larutan HCl dituang



b. Zn ditambahkan



c. Zn dan HCl bereaksi



d. Gas H<sub>2</sub> ditampung

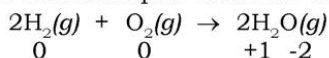


e. Pembakaran gas H<sub>2</sub>

Sumber: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

**Gambar 2.2** Reaksi redoks antara Zn dan HCl yang menghasilkan gas hidrogen

Ada reaksi redoks yang terjadi karena pergeseran rapatan elektron, bukan perpindahan elektron. Kita tidak dapat mengatakan setiap zat menerima atau melepas elektron. **Contoh:**

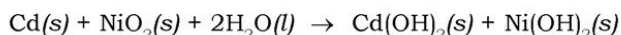




Dalam setiap reaksi redoks, oksidasi dan reduksi terjadi sekaligus. Dengan kata lain, jika satu zat teroksidasi, maka zat yang lain harus tereduksi. Kita tidak dapat menyamakan bilangan oksidasi suatu atom dengan muatan nyatanya dalam senyawa kimia. Zat yang mengalami oksidasi disebut **reduktor (pereduksi)**, sedangkan zat yang mengalami reduksi disebut **oksidator (pengoksidasi)**.

### Contoh Soal 2.1

Baterai Nikel-Cadmium (nicad), sel kering yang dapat diisi ulang, menggunakan reaksi redoks untuk menghasilkan listrik.

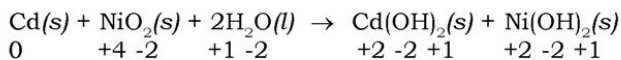


Coba kalian tentukan zat yang teroksidasi dan tereduksi, dan tunjukkan zat yang berperan sebagai oksidator dan reduktor!

#### Penyelesaian:

Untuk menyelesaikan soal ini, perhatikan langkah demi langkah dan ingatlah selalu:

1. Tentukan bilangan oksidasi untuk semua atom dalam reaksi:



2. Identifikasi unsur apa yang berubah bilangan oksidasinya. Kita lihat Cd mengalami kenaikan bilangan oksidasi dari 0 ke +2 dan Ni mengalami penurunan dari +4 ke +2.
3. Terapkan definisi oksidasi dan reduksi. Atom Cd meningkat bilangan oksidasinya selama reaksi, sehingga atom Cd teroksidasi; Cd(s) melepas elektron, sehingga Cd disebut sebagai reduktor. Atom Ni menurunkan bilangan oksidasinya selagi NiO<sub>2</sub> diubah menjadi Ni(OH)<sub>2</sub>. Ni tereduksi sehingga Ni sebagai oksidator.

## 2. Menyetarakan Persamaan Redoks

Kalau kalian ingin menyetarakan persamaan kimia, maka dua hukum kekekalan harus dipenuhi, yaitu:

- a. Hukum kekekalan massa yaitu jumlah setiap unsur harus sama pada kedua sisi persamaan.
- b. Hukum kekekalan muatan yaitu jumlah penerimaan dan pelepasan elektron harus setara.



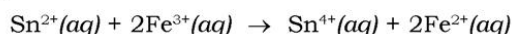
Pertanyaan yang muncul adalah bagaimana cara menyetarakan persamaan kimia tersebut? Coba kalian pelajari pembahasan mengenai setengah reaksi dan contoh penyetaraan reaksi redoks antara ion permanganat dan oksalat dalam larutan asam berikut ini.

#### Kilas Kimia

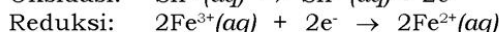
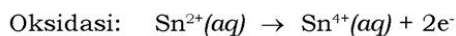
Mnemonik untuk mengingat oksidasi dan reduksi adalah "LEO the lion says GER" : losing electrons is oxidation; gaining electrons is reduction

### a. Cara Setengah Reaksi (Ion Elektron)

Meskipun reaksi oksidasi dan reduksi terjadi secara serentak, sering lebih mudah untuk meninjaunya secara terpisah. Misalkan oksidasi  $\text{Sn}^{2+}(\text{aq})$  oleh  $\text{Fe}^{3+}$ .



Reaksi ini terdiri dari dua proses: (1) oksidasi  $\text{Sn}^{2+}$  dan (2) reduksi  $\text{Fe}^{3+}$ .

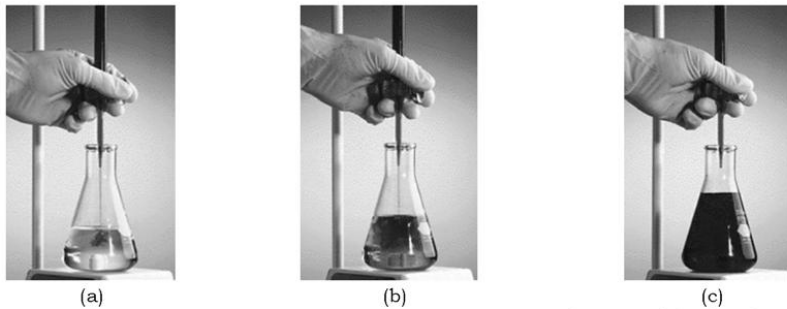


Perhatikan bahwa pada proses oksidasi, elektron ditunjukkan sebagai hasil reaksi, sedangkan dalam proses reduksi, elektron ditunjukkan sebagai pereaksi.

Persamaan yang menunjukkan hanya reaksi oksidasi atau reduksi saja seperti dalam persamaan di atas disebut setengah reaksi.

#### 1) Reaksi Redoks dalam Suasana Asam

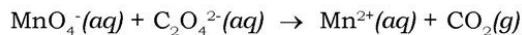
Penggunaan cara setengah reaksi merupakan cara umum untuk menyetarakan persamaan reaksi redoks. Perhatikan contoh penyetaraan reaksi antara ion permanganat ( $\text{MnO}_4^-$ ) dan ion oksalat ( $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ) dalam larutan asam. Apabila  $\text{MnO}_4^-$  ditambahkan ke dalam larutan  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  yang telah diasamkan, maka warna merah lembayung ion  $\text{MnO}_4^-$  memudar (lihat Gambar 2.3). Gelembung  $\text{CO}_2$  muncul dan larutan menjadi berwarna merah muda dari  $\text{Mn}^{2+}$ . Dapatkah kalian menulis persamaannya yang belum setara?



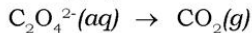
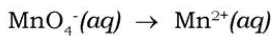
Sumber: General Chemistry (Brown)

**Gambar 2.3** Titrasi larutan asam  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  dengan  $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ . (a) Saat reaksi berlangsung merah lembayung  $\text{MnO}_4^-$  yang tajam cepat tereduksi menjadi  $\text{Mn}^{2+}$  merah muda yang pudar oleh  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ . (b) Bila semua  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  bereaksi dengan  $\text{KMnO}_4$ , warna merah lembayung  $\text{MnO}_4^-$  masih bertahan. (c) Setelah titik akhir larutan menjadi merah lembayung yang tajam karena kelebihan  $\text{MnO}_4^-$ .

Persamaan reaksinya yang belum setara sebagai berikut:



Untuk melengkapi dan menyetarakan persamaan di atas dengan metode setengah reaksi, kita mulai dengan reaksi yang belum setara dan menulis dua setengah reaksi yang belum lengkap.



Kita tidak dapat menyatakan secara langsung zat yang mengalami oksidasi dan reduksi. Kita mengetahuinya pada saat menyetarakan persamaan setengah reaksi.

Cara melengkapi dan menyetarakan persamaan setengah reaksi secara terpisah sebagai berikut.

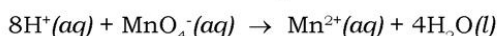
- Atom yang mengalami oksidasi atau reduksi disetarakan dengan menambahkan koefisien pada satu sisi atau yang lain bila perlu.
- Unsur-unsur lainnya disetarakan dengan cara yang sama. Jika reaksi berlangsung dalam larutan asam,  $\text{H}^+$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dapat ditambahkan ke salah satu, pereaksi atau hasil reaksi untuk menyetarakan hidrogen dan oksigen. Bagaimana situasinya kalau reaksi berlangsung dalam larutan basa? Sebenarnya mirip, dalam larutan basa persamaan dapat dilengkapi menggunakan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Spesi-spesi ini terdapat dalam

jumlah besar dalam larutan bersangkutan, dan pembentukannya sebagai hasil reaksi atau penggunaannya sebagai pereaksi tidak dapat terdeteksi secara eksperimen.

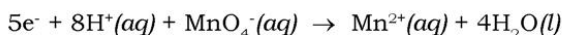
Dalam persamaan setengah reaksi permanganat, kita telah memiliki satu atom Mn pada setiap sisi persamaan. Tetapi, kita punya empat oksigen pada sisi kiri dan tidak ada satupun pada sisi kanan. Empat molekul  $\text{H}_2\text{O}$  diperlukan pada sisi hasil reaksi untuk menyetarakan empat atom oksigen dalam  $\text{MnO}_4^-$ .



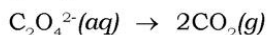
Delapan atom H pada sisi hasil reaksi lalu disetarakan dengan menambahkan  $8\text{H}^+$  ke sisi pereaksi.



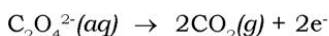
Sekarang jumlah setiap jenis atom telah sama pada kedua sisi persamaan, tetapi muatan masih perlu disetarakan. Muatan total pada pereaksi adalah  $8(1+) + (1-) = 7+$ , dan muatan pada hasil reaksi adalah  $(2+) + 4(0) = 2+$ . Untuk menyetarakan muatan, lima elektron ditambahkan ke sisi pereaksi.



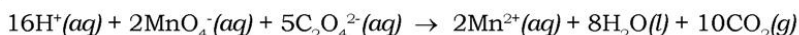
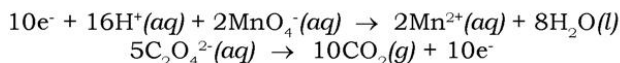
Dalam persamaan setengah reaksi ion oksalat, pertama-tama kita menuliskan kesetaraan massa terbentuknya dua molekul  $\text{CO}_2$  untuk setiap ion oksalat yang bereaksi.



Setelah massa setara, kita dapat menyetarakan muatan dengan menambahkan dua elektron ke sisi hasil reaksi, sehingga menghasilkan persamaan setengah reaksi yang telah disetarakan.



Sekarang kita telah memiliki dua setengah reaksi yang telah setara. Kita perlu mengalikan persamaan setengah reaksi dengan faktor yang sesuai, sehingga jumlah elektron yang diterima dalam satu persamaan setengah reaksi sama dengan jumlah elektron yang dilepaskan pada persamaan setengah reaksi yang lain. Kedua persamaan setengah reaksi tersebut kemudian dijumlahkan, sehingga diperoleh persamaan keseluruhan yang telah setara. Pada contoh ini persamaan setengah reaksi  $\text{MnO}_4^-$  harus dikalikan dengan faktor 2 dan persamaan setengah reaksi  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  harus dikalikan dengan 5 sedemikian sehingga jumlah elektron sama (10) muncul pada kedua sisi persamaan.



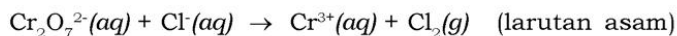
Persamaan yang telah setara adalah jumlah setengah reaksi yang telah setara. Perhatikan bahwa elektron pada sisi pereaksi dan hasil reaksi saling meniadakan.

Kalian dapat mengecek persamaan setara dengan menghitung atom dan muatan. Terdapat 16 H, 2 Mn, 28 O, 10 C, dan muatan bersih 4+ pada kedua sisi persamaan, yang berarti bahwa persamaan betul-betul telah setara. Kita dapat meringkas tata cara penyetaraan reaksi redoks dalam larutan asam ini sebagai berikut.

- Bagilah persamaan menjadi dua setengah reaksi yang tidak lengkap, satu untuk oksidasi dan yang lain untuk reduksi.
- Setarakan setiap reaksi setengah.
  - Pertama, setarakan unsur selain H dan O.
  - Berikutnya, setarakan atom O dengan menambahkan H<sub>2</sub>O.
  - Kemudian, setarakan atom H dengan menambahkan H<sup>+</sup>.
  - Akhirnya, setarakan muatan dengan menambahkan e<sup>-</sup> ke sisi yang kelebihan muatan positif.
- Kalikan setiap setengah reaksi dengan bilangan bulat sedemikian sehingga jumlah elektron yang dilepas dalam satu persamaan setengah reaksi sama dengan jumlah yang diterima dalam persamaan setengah reaksi lain.
- Tambahkan dua persamaan setengah reaksi dan sederhanakan dengan meniadakan spesi yang muncul pada kedua sisi persamaan.
- Ceklah persamaan untuk memastikan bahwa terdapat jumlah sama atom dari setiap jenis dan muatan total sama pada kedua sisi persamaan.

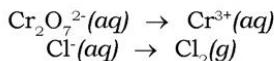
### Contoh Soal 2.2

Lengkapi dan setarakan persamaan berikut dengan metode setengah reaksi!

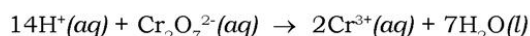


#### Penyelesaian:

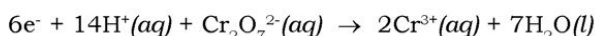
Pertama, kita bagi persamaan menjadi dua persamaan setengah reaksi:



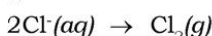
*Kedua*, kita setarakan setiap setengah reaksi. Dalam setengah reaksi yang pertama adanya  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  di antara pereaksi memerlukan 2  $\text{Cr}^{3+}$  di antara hasil reaksi. Tujuh atom oksigen dalam  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  disetarakan dengan menambahkan  $7\text{H}_2\text{O}$  ke hasil reaksi. Empat belas atom hidrogen dalam  $7\text{H}_2\text{O}$  lalu disetarakan dengan menambahkan 14  $\text{H}^+$  ke pereaksi.



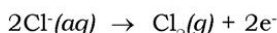
Muatan disetarakan dengan menambahkan elektron ke sisi kiri persamaan sedemikian, sehingga muatan total sama pada kedua sisi.



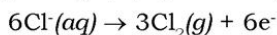
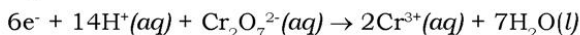
Dalam setengah reaksi kedua,  $2\text{Cl}^-$  diperlukan untuk menyetarakan satu  $\text{Cl}_2$ .



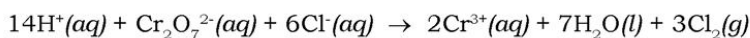
Kita menambahkan dua elektron ke sisi kanan untuk mendapatkan muatan yang setara.



*Ketiga*, kita menyamakan jumlah elektron yang dipindahkan dalam dua setengah reaksi. Untuk melakukan ini, kita kalikan reaksi setengah yang kedua dengan 3 sedemikian sehingga jumlah elektron yang diterima dalam setengah reaksi pertama (6) sama dengan jumlah elektron yang dilepas dalam setengah reaksi kedua, sehingga meniadakan elektron bila reaksi-reaksi dijumlahkan.



*Keempat*, persamaan-persamaan dijumlahkan untuk mendapatkan persamaan yang setara.



*Kelima*, kita cek persamaan akhir. Terdapat jumlah yang sama setiap jenis atom pada kedua sisi persamaan: 14 H, 2 Cr, 7 O, 6 Cl. Di samping itu, muatan sudah sama di kedua sisi yaitu  $6+$ . Jadi, persamaan ini telah disetarakan dengan benar.



Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian, kerjakanlah Latihan 2.1 berikut.

### Latihan 2.1

Lengkapi dan setarakan persamaan berikut untuk reaksi redoks menggunakan metoda setengah reaksi. Reaksi ini terjadi dalam larutan asam.

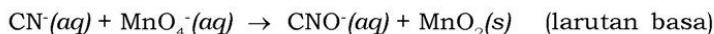
1.  $\text{Cu}(s) + \text{NO}_3^-(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + \text{NO}_2(g)$
2.  $\text{Mn}^{2+}(aq) + \text{NaBiO}_3(s) \rightarrow \text{Bi}^{3+}(aq) + \text{MnO}_4^-(aq)$
3.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + \text{Cl}^-(aq) \rightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + \text{Cl}_2(g)$

### 2) Reaksi Redoks dalam Suasana Basa

Apabila suatu reaksi redoks terjadi dalam larutan basa, maka persamaan harus disempurnakan dengan menggunakan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  bukan  $\text{H}^+$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Setengah reaksi dapat disetarakan dengan dianggap seolah-olah reaksi terjadi dalam larutan asam. Ion-ion  $\text{H}^+$  kemudian dinetralkan dengan menambahkan sejumlah  $\text{OH}^-$  yang sama pada kedua sisi persamaan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh soal berikut.

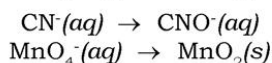
### Contoh Soal 2.3

Lengkapi dan setarakan persamaan berikut:

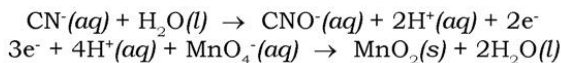


#### Penyelesaian:

*Pertama*, kita tulis reaksi yang belum lengkap dan belum setara.



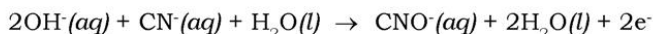
*Kedua*, kita setarakan dulu setiap setengah reaksi seperti halnya bila terjadi dalam larutan asam. Setengah reaksi yang telah disetarakan, adalah:



*Ketiga*, karena  $\text{H}^+$  tidak dapat bertahan dalam konsentrasi yang cukup dalam larutan basa, kita hilangkan dari persamaan dengan menambahkan sejumlah  $\text{OH}^-$  yang cukup.



Dalam setengah reaksi  $\text{CN}^-$ ,  $2\text{OH}^-$  ditambahkan pada kedua sisi persamaan untuk menetralkan  $2\text{H}^+$ . Selanjutnya  $2\text{OH}^-$  dan  $2\text{H}^+$  membentuk  $2\text{H}_2\text{O}$ .



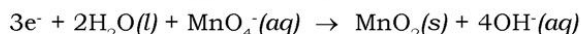
Setengah reaksi dapat disederhanakan karena  $\text{H}_2\text{O}$  terjadi pada kedua sisi persamaan. Persamaan yang disederhanakan adalah:



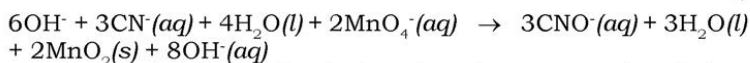
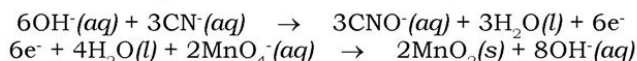
Untuk setengah reaksi  $\text{MnO}_4^-$ ,  $4\text{OH}^-(\text{aq})$  ditambahkan pada kedua sisi persamaan.



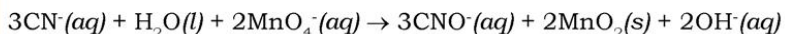
Penyederhanaan menghasilkan persamaan berikut.



*Keempat*, kita kalikan persamaan di atas dengan 3 dan yang bawah dengan 2 untuk menyamakan jumlah elektron yang dilepaskan dan diterima dalam dua setengah reaksi. Kedua persamaan setengah reaksi kemudian dijumlahkan.



Persamaan ini dapat disederhanakan karena spesi  $\text{H}_2\text{O}$  dan spesi  $\text{OH}^-$  terjadi pada kedua sisi.



*Kelima*. Coba hasil ini kalian teliti dengan menghitung jumlah atom dan muatan? Apakah terdapat 3C, 3N, 2H, 9 O, 2Mn, dan muatan  $5^-$  pada kedua sisi?

Untuk lebih menumbuhkan **rasa ingin tahu** kalian, kerjakanlah latihan 2.2 berikut.

## Latihan 2.2

Lengkapi dan setarakan persamaan berikut dengan metode setengah reaksi untuk reaksi redoks yang terjadi dalam larutan basa.

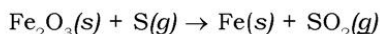
- $\text{NO}_2^-(\text{aq}) + \text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{Al}(\text{OH})_4^-(\text{aq})$
- $\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g})$

### b. Cara Bilangan Oksidasi

Penyetaraan redoks dengan metode ini berdasarkan jumlah perubahan bilangan oksidasi. Bilangan oksidasi pada reaksi oksidasi dan reduksi harus sama. Untuk lebih jelasnya perhatikan contoh soal berikut.

#### Contoh Soal 2.4

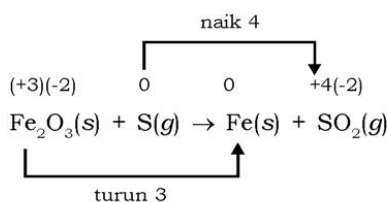
Reaksi antara besi(II) oksida dengan uap belerang sebagai berikut.



Setarakan reaksi ini dengan cara bilangan oksidasi!

#### Penyelesaian:

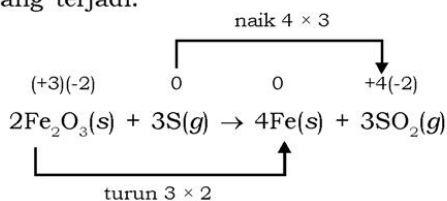
*Pertama*, menentukan bilangan oksidasi masing-masing unsur dan perubahan bilangan oksidasi yang terjadi.



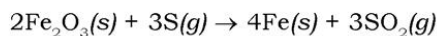
*Kedua*, menyetarakan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



*Ketiga*, menentukan koefisien pada senyawa yang mengalami reaksi redoks dengan menyetarakan perubahan bilangan oksidasi yang terjadi.



*Keempat*, unsur-unsur yang terlibat dalam reaksi redoks telah setara. Persamaan reaksi redoks lengkap adalah:



Untuk lebih menumbuhkan **keingintahuan** kalian, kerjakan Latihan 2.3 berikut.

### Latihan 2.3

Selesaikan reaksi redoks berikut dengan cara bilangan oksidasi!

1.  $C_3H_8O + CrO_3 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + C_3H_6O + H_2O$
2.  $HNO_3 + H_2S \rightarrow NO + S + H_2O$
3.  $NaI + HOCl \rightarrow NaIO_3 + HCl$
4.  $K_2Cr_2O_7 + H_2O + S \rightarrow KOH + Cr_2O_3 + SO_2$
5.  $Al + Cl_2 \rightarrow AlCl_3$

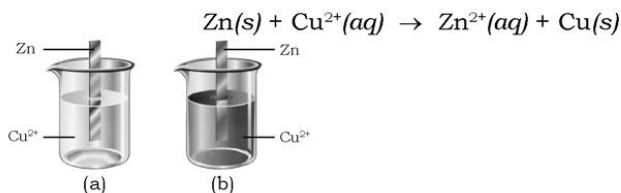
## B. Sel Elektrokimia

Elektrokimia adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara listrik dan reaksi kimia. Proses elektrokimia berlangsung dalam suatu sel elektrokimia. Sel elektrokimia ada dua jenis, yaitu sel yang menghasilkan listrik dari reaksi redoks yang dinamakan *sel volta* dan sel yang menghasilkan reaksi redoks dari listrik yang disebut *sel elektrolisis*.

### 1. Sel Volta

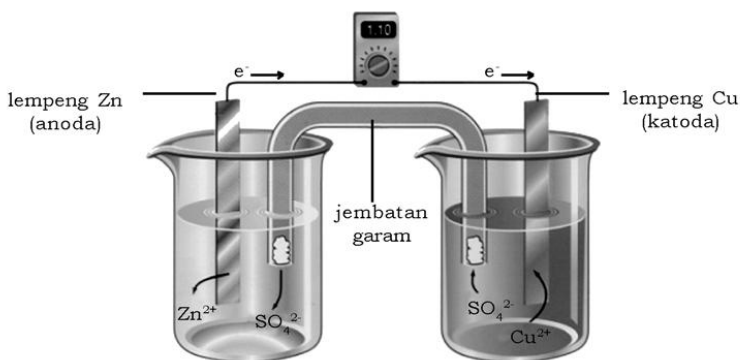
Energi yang dilepaskan dalam reaksi redoks spontan dapat digunakan untuk melakukan kerja listrik. Ini dilakukan dengan alat yang disebut sel volta (atau galvan), yaitu sebuah alat yang memindahkan elektron melalui lintasan luar bukan langsung antara pereaksi-pereaksi.

Reaksi spontan antara sepotong seng yang dicelupkan ke dalam larutan yang berisi  $Cu^{2+}$ . Saat reaksi berlangsung, warna biru  $Cu^{2+}(aq)$  memudar, dan logam tembaga mengendap pada seng. Pada saat yang sama, seng mulai larut. Perubahan reaksi ini ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan persamaan reaksinya sebagai berikut.



Sumber: Chemistry (Brown)

**Gambar 2.4** Lemperg Zn dicelupkan ke dalam larutan  $Cu^{2+}$ , saat reaksi (a), setelah reaksi (b)



Sumber: Chemistry (Brown)

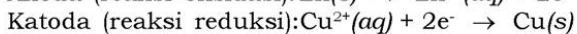
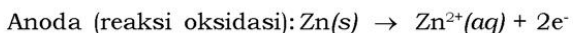
**Gambar 2.5** Sel volta berdasarkan persamaan reaksi di atas. Gelas kimia kiri berisi larutan  $ZnSO_4$  1 M dan elektroda Zn. Gelas kimia kanan berisi  $CuSO_4$  1 M dan elektroda Cu. Larutan-larutan dihubungkan dengan jembatan garam. Elektroda dihubungkan dengan voltmeter untuk membaca potensial sel.

Meskipun peralatan yang terpasang pada Gambar 2.5 lebih rumit daripada Gambar 2.4, tetapi reaksi yang terjadi sama pada keduanya. Coba kalian perhatikan Gambar 2.4 dan 2.5! Kedua gambar ini berbeda, pada Gambar 2.5 logam Zn dan  $Cu^{2+}(aq)$  tidak terjadi kontak langsung. Akibatnya, reduksi  $Cu^{2+}$  dapat terjadi hanya dengan aliran elektron melalui lintasan luar, yaitu kawat yang menghubungkan lempengan logam Zn dan Cu.

Dua logam padat yang dihubungkan oleh kontak luar disebut elektroda. Menurut definisi, elektroda tempat terjadinya oksidasi disebut **anoda**, sedangkan elektroda tempat terjadinya reduksi disebut **katoda**. Kalian dapat memikirkan sel volta sebagai dua sel setengah reaksi, yang pertama sesuai dengan reaksi oksidasi dan yang lain sesuai dengan reaksi reduksi. Pada contoh tadi, Zn dioksidasi dan  $Cu^{2+}$  direduksi.

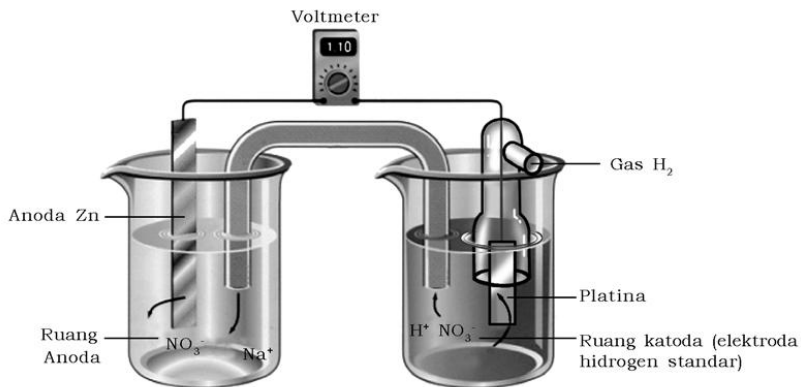
**Kilas Kimia**

Pada sel volta:  
**Katoda:** Kutub positif terjadi reaksi reduksi.  
**Anoda:** Kutub negatif, terjadi reaksi oksidasi



Elektron dihasilkan saat logam Zn teroksidasi pada anoda. Elektron mengalir melalui penghantar luar menuju katoda, lalu digunakan untuk reduksi  $Cu^{2+}(aq)$ . Oleh karena Zn teroksidasi dalam sel, elektroda seng berkurang massanya, dan konsentrasi

larutan  $Zn^{2+}$  meningkat ketika sel bekerja. Demikian juga, elektroda Cu bertambah massanya, dan larutan  $Cu^{2+}$  menjadi kurang pekat ketika  $Cu^{2+}$  tereduksi menjadi  $Cu(s)$ .



Sumber: Chemistry (Brown)

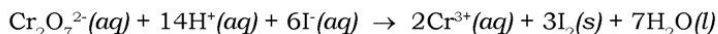
**Gambar 2.6** Sel volta yang menggunakan jembatan garam

Pada saat sel volta bekerja, oksidasi Zn memberikan tambahan ion  $Zn^{2+}$  ke dalam ruang anoda. Kenetralan listrik dipertahankan melalui perpindahan (migrasi) ion-ion melalui gelas berpori yang memisahkan dua ruangan, seperti gambar 2.5, atau melalui jembatan garam (*salt bridge*) seperti gambar 2.6. Jembatan garam terdiri dari tabung berbentuk-U yang berisi larutan elektrolit, misalkan  $NaNO_3(aq)$ , yang ion-ionnya tidak akan bereaksi dengan ion lain dalam sel atau dengan bahan elektroda. Elektrolit sering dicampurkan ke dalam gel sedemikian sehingga larutan elektrolit tidak mengalir ketika tabung bentuk-U dibalikkan. Selagi oksidasi dan reduksi berlangsung pada elektroda-elektroda, ion-ion dari jembatan garam migrasi untuk menetralkan muatan dalam ruangan-ruangan sel. Anion bermigrasi menuju anoda, dan kation menuju katoda. Pada kenyataan, tidak ada aliran elektron yang dapat terukur melalui penghantar luar kecuali sebuah alat disediakan bagi ion-ion untuk migrasi melalui larutan dari satu ruang elektroda ke ruang elektroda lain, sehingga melengkapi sirkuit.



### Contoh Soal 2.5

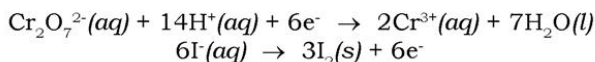
Reaksi oksidasi-reduksi berikut adalah spontan:



Larutan yang berisi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dituangkan ke dalam gelas kimia pertama dan larutan KI dituangkan ke dalam gelas kimia yang lain. Sebuah jembatan garam digunakan untuk menggabungkan gelas kimia-gelas kimia itu. Penghantar logam tidak akan bereaksi dengan larutan (misal, lempeng platina) dicelupkan ke dalam setiap larutan dan dua penghantar listrik ini dihubungkan dengan kawat melewati voltmeter atau alat lain untuk mendeteksi arus listrik. Sel volta ternyata menghasilkan arus listrik. Tunjukkan reaksi yang terjadi pada anoda, reaksi pada katoda, arah perpindahan elektron dan ion, dan tanda elektroda-elektroda.

#### Penyelesaian:

Terlebih dahulu kita membagi persamaan menjadi setengah reaksi sehingga kita dapat mengidentifikasi proses oksidasi dan reduksi:



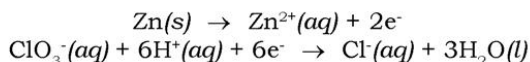
Setengah reaksi pertama adalah proses reduksi, yang terjadi pada katoda. Setengah reaksi kedua adalah oksidasi yang terjadi pada anoda. Ion  $\text{I}^-$  adalah sumber elektron, dan ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  menerima elektron. Dengan demikian, elektron mengalir melalui penghantar luar dari elektroda yang dicelupkan dalam larutan KI (anoda) ke elektroda yang dicelupkan dalam larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (katoda). Elektroda-elektroda sendiri tidak bereaksi, mereka sebagai alat pemindah elektron dari atau ke larutan. Kation bergerak melalui larutan menuju katoda, dan anion bergerak menuju anoda. Anoda adalah elektroda negatif dan katoda (dituju elektron) adalah elektroda positif.



Untuk lebih mengembangkan kecakapan **personal** dan **akademik** kalian, kerjakan Latihan 2.4 berikut.

### Latihan 2.4

Dua persamaan setengah reaksi dalam sel volta adalah:



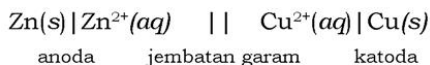
1. Tunjukkan reaksi mana yang terjadi pada anoda dan katoda.
2. Elektroda mana yang bereaksi dalam reaksi sel?
3. Elektroda apa yang positif?

#### a. Notasi Sel Volta

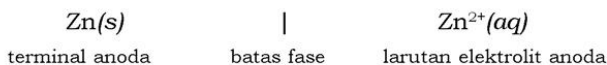
Susunan sel volta dapat ditulis secara sederhana menggunakan notasi sel volta. Sel volta yang terdiri dari sel setengah logam Zn-ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan sel setengah logam Cu-ion  $\text{Cu}^{2+}$ , ditulis dengan notasi sebagai berikut.



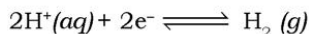
Dalam notasi ini, setengah sel oksidasi (anoda) selalu ditulis di sebelah kiri sedangkan setengah sel reduksi (katoda) ditulis di sebelah kanan. Dua elektroda dihubungkan secara elektrik dengan jembatan garam, yang ditandai dengan dua garis tegak.



Terminal sel terdapat pada ujung-ujung sel sedangkan garis tunggal menunjukkan batas fase, misalnya antara anoda (fase padat) dan larutan elektrolit anoda.



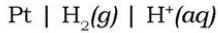
Apabila setengah reaksi melibatkan gas, maka bahan inert seperti platina berfungsi sebagai terminal dan permukaan elektroda tempat setengah reaksi terjadi. Gambar 2.7 menunjukkan elektroda hidrogen. Gelembung gas hidrogen di atas lempeng platina yang dicelupkan ke dalam larutan asam. Setengah reaksi pada katoda adalah:



Notasi elektroda hidrogen, yang ditulis sebagai katoda adalah:



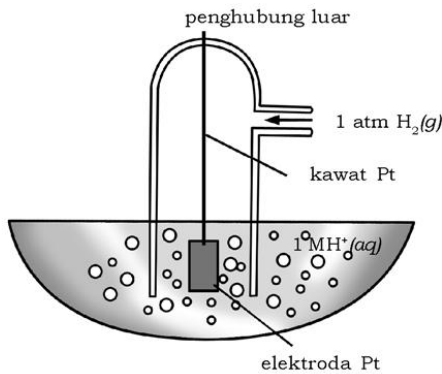
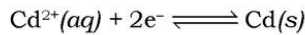
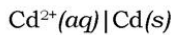
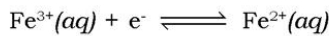
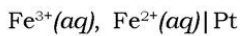
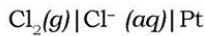
Untuk menulis notasi elektroda hidrogen sebagai anoda, kalian dapat membalik notasi di atas.



Bagaimana menulis notasi setengah sel yang berfungsi sebagai katoda? Perhatikan contoh penulisan notasi setengah sel berikut. Koma digunakan untuk memisahkan ion-ion yang ada dalam larutan yang sama. Kita akan menulis notasi setengah sel pada katoda dengan spesi teroksidasi sebelum spesi tereduksi, sama urutannya seperti dalam setengah reaksi.

**Katoda**

**Reaksi pada katoda**



Sumber: Chemistry (Brown)

**Gambar 2.7** Elektroda hidrogen. Gelembung gas  $\text{H}_2$  di atas lempeng platina. Setengah reaksi  $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$  terjadi.

Untuk mengembangkan **kecakapan akademik** kalian, kerjakan Latihan 2.5 berikut.

### Latihan 2.5

Tuliskan notasi setengah sel untuk reaksi elektroda berikut:

- $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$
- $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

### Contoh Soal 2.6

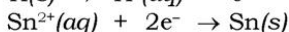
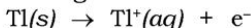
Tuliskan reaksi sel dari notasi sel berikut:

- $\text{Tl}(\text{s}) \mid \text{Tl}^+(\text{aq}) \parallel \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Sn}(\text{s})$
- $\text{Zn}(\text{s}) \mid \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Fe}^{3+}(\text{aq}), \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Pt}$

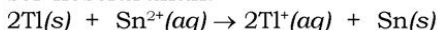
#### Penyelesaian:

Notasi sel menunjukkan spesi-spesi yang terlibat dalam setiap setengah reaksi. Lengkapi dan setarakan setiap setengah reaksi, kemudian kalikan dengan faktor sedemikian sehingga apabila kalian menjumlahkan dua setengah reaksi tersebut, elektron dapat dihilangkan dari persamaan. Hasilnya berupa reaksi sel keseluruhan.

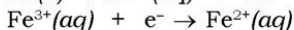
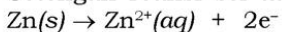
- Setengah reaksi sel adalah:



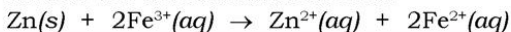
Dengan mengalikan reaksi anoda dengan 2 dan kemudian menjumlahkan setengah reaksi sel, akan diperoleh reaksi sel keseluruhan.



- Setengah reaksi sel adalah:



Reaksi sel keseluruhan adalah:



### b. Gaya Gerak Listrik (Elektromotive force, emf)

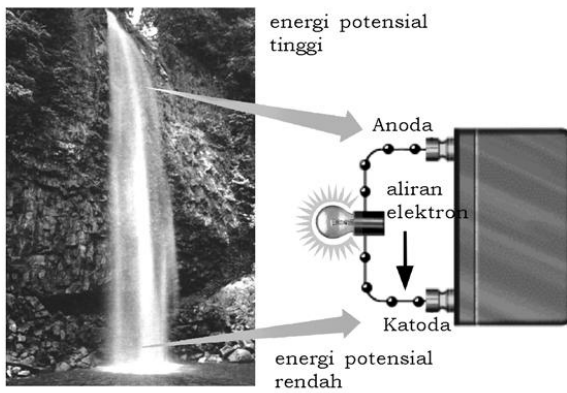
Perpindahan elektron dalam suatu kawat penghantar atau perpindahan ion-ion melalui larutan menuju elektroda memerlukan kerja. Kalian dapat membayangkan peristiwa pada air terjun. Air bergerak dari titik dengan energi potensial tinggi ke titik dengan energi potensial yang lebih rendah. Jadi, pergerakan air ini memerlukan selisih energi potensial. Situasi yang sama terjadi dengan listrik. Muatan listrik bergerak dari titik dengan potensial

listrik tinggi ke titik dengan potensial listrik yang lebih rendah. Kerja yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik melalui konduktor tergantung pada muatan total yang dipindahkan dan beda potensial. Beda potensial adalah selisih potensial listrik antara dua titik, yang dinyatakan dalam satuan volt. Kerja listrik untuk memindahkan muatan melalui konduktor adalah:

$$\text{Kerja listrik} = \text{muatan} \times \text{beda potensial}$$

Sesuai dengan satuan SI maka perkalian satuannya adalah:

$$\text{Joule} = \text{coulomb} \times \text{volt}$$



Sumber : <http://research.umbc.edu/~neumann/Chem102>

**Gambar 2.8** Peristiwa terjadinya air terjun mirip dengan perpindahan elektron dalam sel volta

Besarnya muatan untuk satu mol elektron adalah 96500 C. Besaran ini disebut **tetapan Faraday**,  $F$ . Satuan muatan yang sama dengan  $9,65 \times 10^4$  C adalah faraday. Dalam memindahkan muatan sebesar 1 faraday (96500 C) dari satu elektroda ke elektroda lain diperlukan kerja. Harga numerik kerja yang dilakukan oleh sel volta adalah perkalian tetapan Faraday,  $F$  kali beda potensial antara elektroda-elektroda. Kerja,  $w$  adalah negatif, karena sel volta melepaskan energi ke lingkungan saat sel volta melakukan kerja.

$$w = - F \times \text{beda potensial}$$

Pada pemakaian sel volta, beda potensial (tegangan) antara elektroda-elektroda adalah lebih kecil daripada harga maksimum tegangan sel yang mungkin. Alasannya adalah sel volta tersebut mengambil energi untuk mendorong arus elektron melalui sel itu sendiri.

Beda potensial maksimum antara elektroda-elektroda dalam sel volta disebut gaya gerak listrik (emf, *electromotive force*) atau  $E_{\text{sel}}^{\circ}$ . Gaya gerak listrik dapat diukur dengan voltmeter digital. Kalian dapat menentukan anoda dan katoda sel dari pengukuran ini. Voltmeter digital dapat menunjukkan pembacaan beserta tandanya. Anoda sel memiliki kepolaran negatif, sedangkan katoda memiliki kepolaran positif.

Kalian tentu dapat menulis ungkapan kerja maksimum yang dapat diperoleh dari sel volta. Misalkan  $n$  adalah jumlah elektron yang dipindahkan dalam persamaan sel, maka kerja listrik maksimum untuk jumlah pereaksi dalam molar (sesuai persamaan sel yang ditulis) adalah

$$w_{\text{maks.}} = -n \times F \times E_{\text{sel}}$$

$E_{\text{sel}}$  adalah emf sel, dan  $F$  adalah tetapan Faraday (96500 C)

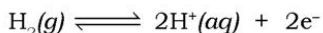
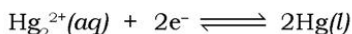
### Contoh Soal 2.7

Besar emf sel volta dengan reaksi sel berikut adalah 0,650 V. Hitunglah kerja listrik maksimum sel ini apabila gas  $\text{H}_2$  sebanyak 0,500 g telah bereaksi.



#### Penyelesaian:

Setengah reaksi:



$n$  sama dengan 2 dan kerja maksimum sesuai persamaan reaksi yang ditulis adalah

$$\begin{aligned} w_{\text{maks}} &= -n \times F \times E_{\text{sel}}^{\circ} = -2 \times 96,5 \times 10^4 \text{ C} \times 0,650 \text{ V} \\ &= -1,25 \times 10^5 \text{ V.C} \\ &= -1,25 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

Untuk 0,500 g  $\text{H}_2$ , kerja maksimumnya adalah:

$$0,500 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2}{2,02 \text{ g } \text{H}_2} \times \frac{-1,25 \times 10^5 \text{ J}}{1 \text{ mol } \text{H}_2} = -3,00 \times 10^4 \text{ J}$$

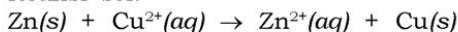
Perhatikan bahwa faktor konversi  $-1,25 \times 10^4 \text{ J}/1 \text{ mol } \text{H}_2$  ditentukan oleh persamaan kimia seperti yang ditulis. Dalam persamaan ini, 1 mol  $\text{H}_2$  bereaksi dan kerja maksimum yang dihasilkan sebesar  $-1,25 \times 10^5 \text{ J}$ .

Untuk menumbuhkan **rasa ingin tahu** kalian, kerjakan Latihan 2.6 berikut.

### Latihan 2.6

Berapakah kerja listrik maksimum yang dapat diperoleh dari 6,54 g logam Zn yang bereaksi dalam sel Daniell, yang memiliki emf sebesar 1,10 V?

Reaksi sel:



#### c. Emf Sel Standar dan Potensial Elektroda Standar

Emf sel merupakan ukuran gaya pendorong dari reaksi sel. Bentuk umum setengah reaksi sel adalah

Reduktor  $\rightarrow$  oksidator +  $ne^-$  (oksidasi/anoda)

Oksidator +  $ne^- \rightarrow$  reduktor (reduksi/katoda)

Spesi tereduksi = reduktor dan spesi teroksidasi = oksidator

Kita dapat membayangkan bahwa emf sel tersusun dari sumbangan potensial anoda dan potensial katoda masing-masing sebagai potensial oksidasi dan potensial reduksi.

$E_{\text{sel}}$  = potensial oksidasi + potensial reduksi

Potensial oksidasi setengah reaksi = - potensial reduksi kebalikan setengah reaksi.

Potensial reduksi biasanya telah ditabelkan dan disebut potensial elektroda dengan simbol  $E$  (tanpa indeks sel, seperti dalam  $E_{\text{sel}}$ ). Perhatikan sel Zn-Cu seperti yang telah disebutkan di atas.



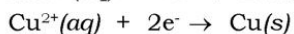
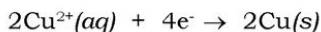
Sel volta dengan susunan seperti ini memiliki potensial sel sebesar:

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{Cu}} - E_{\text{Zn}}$$

Secara umum besar potensial sel suatu sel volta dirumuskan sebagai berikut

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$$

Potensial elektroda (potensial reduksi) besarnya tidak tergantung dari jumlah spesi dalam reaksi. Dengan demikian, potensial elektroda untuk setengah reaksi berikut sama.





### 1) Tabel Potensial Elektroda Standar (Potensial Reduksi)

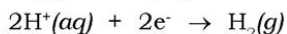
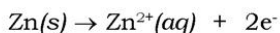
Besar emf sel volta tergantung pada konsentrasi zat-zat dan suhunya sel. Kondisi standar termodinamika biasanya dipilih, dalam membuat tabel data elektrokimia. Emf standar,  $E_{\text{sel}}^{\circ}$  adalah emf sel volta yang bekerja pada kondisi keadaan standar (konsentrasi setiap zat terlarut 1 M, tekanan gas 1 atm dan suhu 25°C).

Pengukuran potensial elektroda tunggal tidak dapat dilakukan, hanya emf sel yang dapat diukur. Oleh karena itu dalam penentuan suatu potensial elektroda diperlukan elektroda pembanding yang memiliki potensial elektroda sama dengan 0 (nol). Elektroda pembanding tersebut adalah *elektroda hidrogen standar*.

Potensial elektroda standar,  $E^{\circ}$  adalah potensial elektroda yang diperoleh apabila konsentrasi zat terlarut (*solute*) sebesar 1 M, tekanan gas 1 atm, dan suhu memiliki harga khusus, biasanya 25°C. Agar kalian dapat memahami bagaimana potensial elektroda diperoleh, ikuti pembahasan penentuan potensial elektroda standar elektroda seng berikut. Sekali lagi bahwa potensial elektroda tunggal tak dapat diukur, yang dapat diukur hanyalah potensial sel. Untuk itu kita perlu menghubungkan elektroda seng dengan elektroda pembanding (elektroda hidrogen standar). Pengukuran sel ini dengan voltmeter menunjukkan harga sebesar 0,76 volt, dengan elektroda seng sebagai anoda. Mari kita tulis emf sel untuk notasi sel berikut.



Setengah reaksi untuk proses oksidasi dan reduksi dalam sel ini adalah



Emf sel adalah jumlah dari potensial setengah reaksi.

Dengan memasukkan harga emf sebesar 0,76 V dan 0,00 V bagi potensial elektroda hidrogen standar, akan diperoleh harga potensial elektroda standar Zn sebesar -0,76 V. Dengan cara seperti ini, kalian dapat memperoleh potensial elektroda standar untuk berbagai setengah reaksi sel. Tabel 2.2 memperlihatkan potensial elektroda standar bagi beberapa setengah reaksi sel pada suhu 25°C.

**Tabel 2.2 Potensial Elektroda Beberapa Setengah Reaksi Sel pada 25°C**

Setengah Reaksi (Reduksi)	Potensial Standar, $E^\circ$ (V)
$\text{Li}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Li}(s)$	-3,04
$\text{K}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{K}(s)$	-2,92
$\text{Ca}^{2+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Ca}(s)$	-2,76
$\text{Na}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-,271
$\text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}(s)$	-2,38
$\text{Al}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}(s)$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(s)$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}(s)$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s)$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0,04
$2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g)$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(aq) + 4e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}(aq)$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+(aq)$	0,16

$\text{ClO}^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{ClO}^3(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,17
$\text{AgCl}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{Cl}^-(aq)$	0,22
$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0,34
$\text{ClO}_3^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,35
$\text{IO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{I}^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,49
$\text{Cu}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0,52
$\text{I}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(aq)$	0,54
$\text{ClO}_2^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{ClO}^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,59
$\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(aq)$	0,77
$\text{Hg}_2^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l)$	0,80
$\text{Ag}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s)$	0,80
$\text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}(l)$	0,85
$\text{ClO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,90
$2\text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}(aq)$	0,90
$\text{NO}_3^-(aq) + 4\text{H}^+(aq) + 3e^- \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	0,96
$\text{Br}_2(l) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(aq)$	1,07
$\text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(l)$	1,23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + 14\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+}(aq) + 7\text{H}_2\text{O}(l)$	1,33
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(aq)$	1,36
$\text{Ce}^{4+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}(aq)$	1,44

$\text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) + 5e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$	1,49
$\text{H}_2\text{O}_2(aq) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(l)$	1,78
$\text{Co}^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}(aq)$	1,82
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(aq)$	2,01
$\text{O}_3(g) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{O}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$	2,07
$\text{F}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(aq)$	2,87

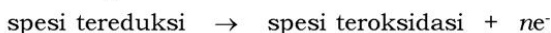
Sumber: Chemistry (Brown)

## 2) Kekuatan Zat sebagai Pengoksidasi dan Pereduksi

Potensial elektroda standar sangat berguna dalam menentukan kekuatan zat sebagai pengoksidasi (zat tersebut mengalami reduksi) dan pereduksi (zat tersebut mengalami oksidasi) pada kondisi keadaan standar. Masih ingatkah kalian bahwa *potensial elektroda adalah potensial reduksi*? Reaksi reduksi dengan potensial elektroda yang besar (lebih positif) memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk terjadi. Setengah reaksi reduksi memiliki bentuk umum:



Setengah reaksi reduksi dengan potensial elektroda yang lebih rendah (lebih negatif) memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk berlangsung ke arah reaksi oksidasi (dari kanan ke kiri dalam setengah reaksi reduksi dalam Tabel 2.2 di atas), yaitu:



Berdasarkan harga potensial reduksi standar maka Li dan Na merupakan zat pereduksi yang kuat (mudah mengalami oksidasi), sedangkan  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  dan  $\text{F}_2$  zat pengoksidasi yang kuat (mudah mengalami reduksi). Dapatkah kalian menyebutkan zat sebagai pereduksi dan pengoksidasi terkuat? Perhatikan penyelesaian soal berikut, agar kalian dapat memahami masalah kekuatan zat sebagai pereduksi dan pengoksidasi!

### Contoh Soal 2.7

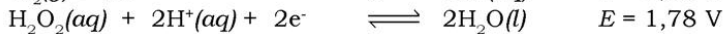
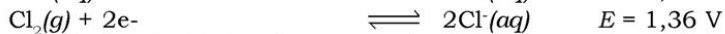
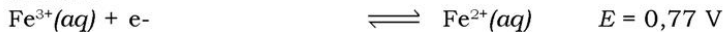
Menentukan kekuatan relatif zat sebagai pereduksi dan pengoksidasi

(a) Urutkan zat pengoksidasi berikut sesuai dengan kenaikan kekuatan pada kondisi keadaan standar:  $\text{Cl}_2(g)$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2(aq)$ , dan  $\text{Fe}^{3+}(aq)$ . (b) Urutkan zat pereduksi berikut sesuai kenaikan kekuatan pada kondisi keadaan standar:  $\text{H}_2(g)$ , dan  $\text{Al}(s)$ ,  $\text{Cu}(s)$ .

#### Penyelesaian:

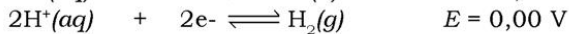
Coba kalian baca kembali tabel potensial elektroda (setengah reaksi reduksi)! Urutan dari atas ke bawah dalam tabel tersebut menunjukkan kenaikan kekuatan pengoksidasi yang makin besar, sedangkan dari bawah ke atas menunjukkan urutan kenaikan kekuatan pereduksi makin besar.

(a) Setengah reaksi reduksi dan potensial elektrodanya adalah:



Jadi, urutan berdasarkan kenaikan kekuatan pengoksidasi (paling mudah mengalami reduksi) adalah  $\text{Fe}^{3+}(aq)$ ,  $\text{Cl}_2(g)$ , dan  $\text{H}_2\text{O}_2(aq)$ .

(b) Setengah reaksi reduksi dan potensial elektrodanya adalah:

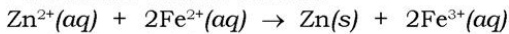


Jadi, urutan berdasarkan kenaikan kekuatan pereduksi adalah  $\text{Cu}(s)$ ,  $\text{H}_2(g)$ , dan  $\text{Al}(s)$ .

Kalian dapat menggunakan tabel potensial elektroda untuk meramal arah kespontanan reaksi redoks. Kalian perlu mencatat kekuatan relatif suatu zat sebagai pengoksidasi dan pereduksi pada sisi kanan dan sisi kiri dari persamaan.

### Contoh Soal 2.8

Perhatikan reaksi berikut:

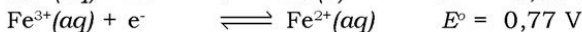
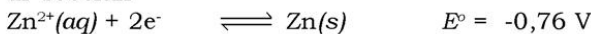


Apakah reaksi berlangsung spontan sesuai arah reaksi yang ditunjukkan pada kondisi standar?

#### Penyelesaian:

Kalian harus menentukan zat sebagai pengoksidasi dalam persamaan, satu di sebelah kiri dan yang lain di sebelah kanan. Letakkan zat-zat tersebut dalam sebuah tabel potensial elektroda. Zat pengoksidasi terdapat pada sebelah kiri dari setengah reaksi reduksi. Makin kuat zat tersebut sebagai pengoksidasi dalam setengah reaksi reduksi makin positif harga potensial elektrodanya.

Dalam reaksi ini,  $\text{Zn}^{2+}$  merupakan zat pengoksidasi di sebelah kiri, sedangkan  $\text{Fe}^{3+}$  sebagai pengoksidasi di sebelah kanan. Potensial elektroda standar pengoksidasi ini adalah di sebelah



Makin kuat pengoksidasi dalam setengah reaksi makin positif harga potensial elektroda bakunya, sehingga  $\text{Fe}^{3+}$  merupakan pengoksidasi yang lebih kuat. Untuk itu, reaksi  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}(\text{s}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  tidak berlangsung spontan.

Untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian, kerjakan latihan 2.7 berikut.

#### Latihan 2.7

1. Tentukan zat manakah yang menjadi pengoksidasi lebih kuat,  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  dalam larutan asam atau  $\text{Ag}^+(\text{aq})$ ?
2. Apakah reaksi berikut terjadi secara spontan dalam arah yang ditunjukkan pada kondisi standar?  
$$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{I}_2(\text{s})$$

#### d. Deret Volta

Unsur-unsur yang disusun berdasarkan urutan potensial elektroda standar membentuk deret yang dikenal sebagai deret volta atau deret elektrokimia atau deret aktivitas logam. Deret volta menunjukkan kemampuan relatif atom suatu unsur



melepaskan elektron untuk membentuk ion dalam larutan. Logam pada posisi yang lebih tinggi memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk membentuk ion positif dalam larutan. Bagaimana hubungan potensial elektroda standar suatu logam dan keelektropositifannya? Deret volta tersebut adalah:

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

Deret volta mempunyai banyak manfaat, antara lain:

- 1) Deret volta merupakan sistem klasifikasi yang sangat berguna, karena urutan logam dalam deret juga merupakan urutan reaktivitasnya secara umum.
- 2) Deret volta juga menunjukkan secara sekilas unsur-unsur yang akan menggeser setiap unsur lain dari larutan garamnya. Contoh, jika sepotong besi dicelupkan ke dalam larutan tembaga sulfat, sebagian besi akan bereaksi menghasilkan ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan logam tembaga terendapkan pada permukaan besi karena posisi besi lebih tinggi dalam deret volta sehingga memiliki kecenderungan yang lebih besar daripada tembaga (Cu) untuk membentuk ion positif dalam larutan.
 
$$\text{Fe}(s) + \text{CuSO}_4(aq) \rightarrow \text{FeSO}_4(aq) + \text{Cu}(s)$$

$$\text{Fe}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Cu}(s)$$
- 3) Deret volta dapat menjelaskan mengenai logam-logam seperti Zn, Mg, dan Al dapat memberikan perlindungan atau proteksi pada besi karena pengaruh korosi. Semua logam ini (Zn, Mg, dan Al) terletak di atas besi (Fe) dalam deret aktivitas logam sehingga lebih mudah membentuk ion daripada besi, yang berakibat besi terlindungi dari korosi. Logam timah (Sn) yang terletak di bawah besi memiliki kecenderungan yang lebih kecil dalam membentuk ion daripada besi dan bahkan akan mempercepat korosi besi melalui pembentukan sel volta atau sel galvanik.

#### ILMUWAN KIMIA

*Menumbuhkan etos kerja*



**Alessandro Volta** adalah ilmuwan dari Itali yang meneliti bidang kelistrikan. Pada tahun 1799, Volta berhasil merancang sel volta, suatu rancangan dasar baterai yang dapat menghasilkan arus listrik. Untuk menghormati jasa Volta, namanya digunakan sebagai satuan tegangan listrik (volt).

- 4) Deret volta memiliki arti kuantitatif, yaitu emf sel yang dibentuk antara dua elektroda logam diperoleh berdasarkan selisih aljabar antara potensial-potensial elektroda. Contoh, sel Daniel yang tersusun dari elektroda Zn dan Cu dalam larutan garamnya memiliki emf sebesar 0,34 V - (-0,76) V, yaitu 1,10 V.

Untuk lebih mengembangkan **daya pikir kritis** kalian, kerjakan Latihan 2.8. berikut.

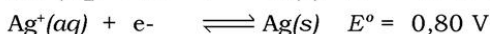
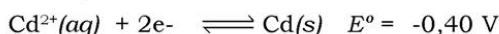
### Latihan 2.8

Dengan menggunakan Tabel 2.2 sebagai petunjuk, ramalkan reaksi berikut yang akan terjadi secara nyata!

1.  $\text{Zn} + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca} + \text{ZnCl}_2$
2.  $6\text{Na} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{Na}_2\text{O}$
3.  $3\text{Sn} + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{SnO}_2 + 4\text{Al}$
4.  $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$

#### e. Perhitungan Emf Sel dari Potensial Elektroda Standar

Emf sel volta yang disusun dari elektroda-elektroda standar dihitung dengan mudah menggunakan tabel potensial elektroda. Contoh, perhatikan sel yang disusun dari elektroda kadmium dan elektroda perak berikut.



Untuk memperoleh emf sel volta, salah satu reaksi ini yaitu setengah reaksi reduksi  $\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{s})$  harus dibalik dan harga potensial elektrodanya menjadi positif sedemikian sehingga jika kedua reaksi ini dijumlahkan diperoleh nilai emf yang *positif* (artinya reaksi berlangsung *spontan*). Pada setengah reaksi reduksi  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$  perlu dikalikan 2 agar dalam penjumlahan, elektron dapat dihapuskan dari persamaan. Harga potensial elektroda standar 0,08 V tidak dikalikan 2 karena harga potensial elektroda standar tidak tergantung jumlah zat.  $E_{\text{sel}}^\circ = 1,20 \text{ V}$  yang positif menunjukkan bahwa reaksi berlangsung spontan seperti reaksi tertulis.

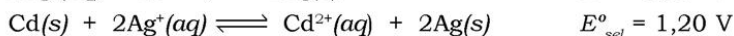
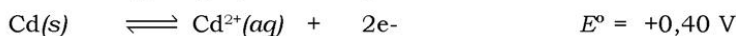


Diagram atau notasi sel seharusnya ditulis sebagai berikut,



Catatan bahwa emf sel sama dengan potensial elektroda standar katoda dikurangi potensial elektroda standar anoda. Oleh karena itu soal di atas dapat dihitung dengan rumus:

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katoda}} - E^{\circ}_{\text{anoda}}$$

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{Ag}} - E^{\circ}_{\text{Cd}} = 0,80 \text{ V} - (-0,40 \text{ V}) = 1,20 \text{ V}$$

Untuk melatih **daya pikir kritis** kalian, kerjakan Latihan 2.9 berikut.

### Latihan 2.9

Diketahui notasi sel volta:  $\text{Al(s)} \mid \text{Al}^{3+}(\text{aq}) \parallel \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Fe(s)}$

- Hitunglah emf standar untuk sel volta ini pada  $25^{\circ}\text{C}$  menggunakan potensial elektroda standar.
- Tuliskan reaksi selnya!

### f. Beberapa Sel Volta dalam Kehidupan Sehari-hari

#### 1) Baterai

**Baterai** adalah sebuah sumber daya elektrokimia yang terdiri dari satu atau lebih sel volta. Contoh, baterai 1,5 V digunakan untuk menghidupkan lampu senter dan banyak alat elektronik lain adalah sel volta tunggal. Tegangan yang lebih besar dapat diperoleh dengan menggunakan sel volta ganda dalam sebuah baterai tunggal, seperti dalam baterai otomotif 12 V. Bila sel-sel dihubungkan seri (katoda sel pertama dihubungkan dengan anoda dari sel lain), baterai menghasilkan tegangan yang merupakan jumlah emf setiap sel. Emf yang lebih tinggi dapat diperoleh menggunakan baterai ganda secara seri. Elektroda baterai ditandai sesuai dengan perjanjian, katoda ditandai dengan tanda positif (+) dan anoda dengan tanda negatif (-) **Emf** baterai ditentukan oleh zat yang teroksidasi pada anoda dan yang tereduksi di katoda, dan usia pakai baterai tergantung pada jumlah zat-zat ini yang dikemas dalam baterai tersebut. Biasanya ruang anoda dan katoda dipisah dengan



Sumber: Dok. Penerbit

Gambar 2.9 Lampu baterai

sebuah penghalang. Bahan yang digunakan untuk membuat baterai harus stabil pada kondisi terpakai dan harus dipilih untuk memperkecil risiko bagi kesehatan dan lingkungan ketika digunakan atau dibuang. Penggunaan yang berbeda memerlukan baterai dengan sifat yang berbeda. Contoh, baterai untuk start sebuah mobil harus mampu mengalirkan arus listrik yang besar untuk waktu singkat. Sebaliknya, baterai pada alat pemacu jantung harus sangat kecil dalam jangka waktu lama.

Kita akan lihat prinsip-prinsip yang telah kita bahas selama ini tentang reaksi reduksi-oksidasi menghasilkan emf yang dapat digunakan untuk mendorong elektron dari anoda ke katoda melalui penghantar luar, yang menghasilkan arus listrik. Sewaktu baterai bekerja, pereaksi diubah menjadi hasil reaksi dan emf baterai turun, pelan-pelan sampai nol (0). Sebagian baterai adalah **sel primer**, yang berarti tidak dapat diisi ulang. Sel baterai harus dibuang atau didaur ulang setelah emf turun sampai 0. **Sel sekunder** dapat diisi ulang dari sumber daya luar setelah emf-nya turun sampai nol.

#### Fokus Kimia

##### Wawasan Konstekstual

Tahukah kalian buah-buahan tertentu mengandung zat yang dapat menghantarkan listrik. Kandungan asam sitrat dalam jeruk lemon dapat menghantarkan listrik, meskipun potensial sel yang dihasilkan tidak terlalu besar. Elektroda yang dapat digunakan, misalnya seng dan tembaga. Baterai lemon yang disusun seri dapat menghasilkan potensial yang lebih besar. Carilah buah-buahan lain yang dapat berfungsi sebagai baterai!

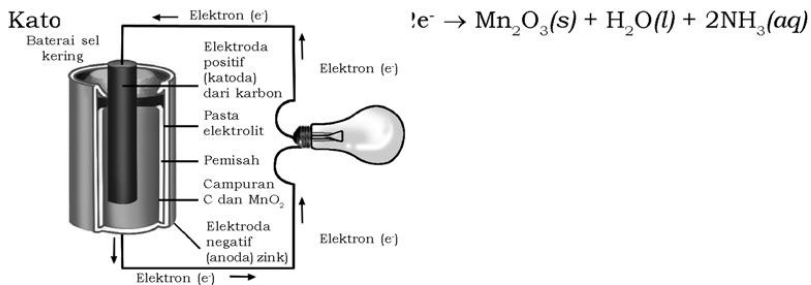
#### a) Sel Primer

##### (1) Sel kering (sel Leclanche), karbon-seng

Sel primer yang paling umum adalah sel Leclanche, yang ditemukan oleh ahli kimia berkebangsaan Perancis, **Georges Leclanche** pada tahun 1860. Sel Leclanche lebih dikenal sebagai sel kering atau baterai pada lampu senter. Elektrolit terdiri dari campuran amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dan seng klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ) yang dibuat menjadi pasta. Elektroda negatif dibuat dari seng, yang merupakan kulit sel, dan elektroda positif adalah batang karbon yang dikelilingi campuran karbon (C) dan mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ). Sel Leclanche menghasilkan sekitar 1,5 V. Reaksi pada elektroda sebenarnya sangat kompleks tetapi secara sederhana dapat ditulis sebagai berikut.





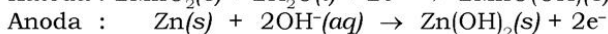
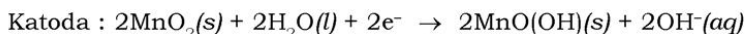


Sumber: Encarta premium 2006

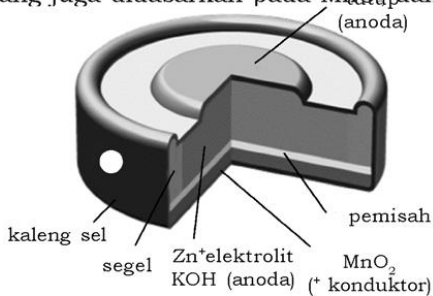
**Gambar 2.10** Skema sel Leclanche (sel kering)

## (2) Baterai alkali

Baterai primer (*nonrechargeable*) yang paling umum adalah baterai alkali. Lebih dari  $10^{10}$  baterai alkali diproduksi. Anoda dari baterai ini terdiri dari logam seng berbentuk serbuk yang dicampurkan dalam suatu gel yang kontak dengan larutan KOH pekat (sehingga dinamai baterai alkali). Katoda berupa campuran  $\text{MnO}_2(s)$  dan grafit, dipisah dari anoda menggunakan pemisah kain berpori. Baterai disegel dalam suatu kaleng baja untuk mengurangi risiko kebocoran KOH pekat. Gambar skema baterai alkali ditunjukkan pada Gambar 2.11. Reaksi sel sangat rumit, tetapi dapat dinyatakan sebagai berikut.



Emf baterai alkali adalah 1,55 V pada suhu kamar. Baterai alkali memberikan kinerja yang lebih baik daripada sel kering kuno yang juga didasarkan pada  $\text{MnO}_2$  dan Zn sebagai zat-zat aktif.



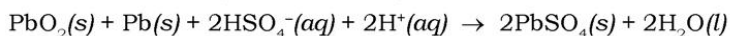
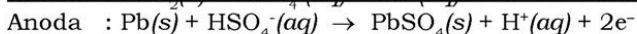
Sumber: Chemistry (Brown)

**Gambar 2.11** Skema baterai alkali

b) Sel Sekunder

(1) Baterai asam-timbal (aki)

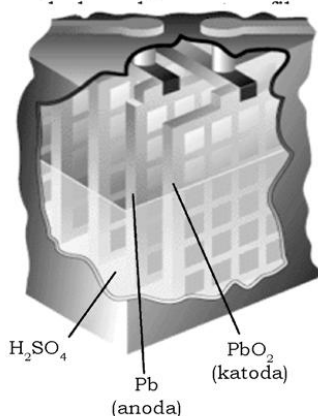
Baterai asam-timbal (aki) yang paling umum digunakan dalam mobil adalah sel sekunder sampai lebih dari 100 juta buah. Baterai mobil 12 V terdiri dari 6 sel volta yang disusun secara seri, masing-masing menghasilkan 2 V. Katoda setiap sel terdiri dari timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) terkemas pada sebuah logam. Anoda tersusun dari timbal (Pb). Kedua elektroda dicelupkan ke dalam asam sulfat. Reaksi elektroda yang terjadi selama pemakaian baterai (*discharge*) adalah:



Potensial sel standar dapat diperoleh dari potensial reduksi standar:

$$E_{\text{sel}}^{\circ} = E_{\text{sel}}^{\circ}(\text{katoda}) - E_{\text{sel}}^{\circ}(\text{anoda}) = (+1,685 \text{ V}) - (-0,356 \text{ V}) = +2,041 \text{ V}$$

Pereaksi Pb dan  $\text{PbO}_2$  bertindak sebagai elektroda. Oleh karena pereaksi adalah padat, maka tidak perlu untuk memisahkan sel menjadi ruang anoda dan katoda. Pb dan  $\text{PbO}_2$  tidak dapat kontak langsung secara fisik kecuali satu lempeng elektroda menyentuh yang lain. Agar tak terjadi sentuhan, diletakkan yang berupa gelas (Gambar 2.12).



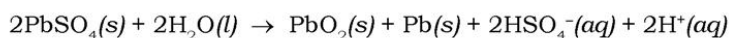
Sumber: Chemesthry (Brown)

**Gambar 2.12** Skema baterai asam-timbal (aki) otomotif 12 V

**Reaksi Redoks dan Elektrokimia**



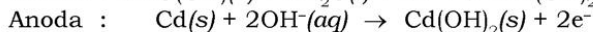
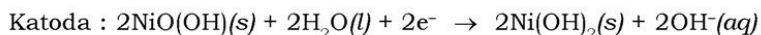
Dengan menggunakan pereaksi dan hasil reaksi berupa padatan memiliki keuntungan lain yaitu apabila padatan dikeluarkan, maka jumlah relatif  $Pb(s)$ ,  $PbO_2(s)$ , dan  $PbSO_4(s)$  tidak mempengaruhi emf baterai timbal. Hal ini membuat baterai mempertahankan emf relatif tetap selama pemakaian (*discharge*). Emf berubah selama pemakaian baterai karena konsentrasi  $H_2SO_4$  berubah sesuai tingkat pemakaian sel. Sesuai dengan persamaan reaksi pada katoda di atas,  $H_2SO_4$  bereaksi selama pemakaian sel. Salah satu keuntungan baterai asam-timbal adalah baterai ini dapat diisi ulang (*recharged*). Selama pengisian ulang, sumber energi luar digunakan untuk membalikkan arah persamaan di atas (mengembalikan  $Pb$  dan  $PbO_2$ ). Reaksinya:



Dalam sebuah mobil, energi yang diperlukan untuk pengisian ulang disediakan oleh sebuah generator yang digerakkan oleh mesin. Pengisian ulang mungkin dilakukan karena  $PbSO_4$  yang terbentuk selama pemakaian menempel pada elektroda. Oleh karena sumber energi luar memaksa elektron pindah dari satu elektroda ke elektroda lain,  $PbSO_4$  diubah menjadi  $Pb$  pada elektroda yang satu dan menjadi  $PbO_2$  pada elektroda yang lain.

## (2) Baterai Nikel-Kadmium

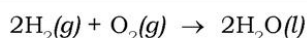
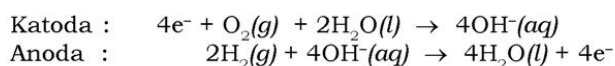
Perkembangan alat elektronik berteknologi tinggi yang mudah dibawa, seperti telepon seluler, komputer notebook, dan perekam video meningkatkan permintaan baterai yang dapat diisi ulang dengan bobot ringan. Hingga kini, baterai yang dapat diisi ulang yang paling umum adalah baterai nikel-kadmium (*nicad*). Selama pemakaian baterai, logam  $Cd$  teroksidasi pada anoda baterai sementara nikeloksidihidroksida,  $NiO(OH)(s)$  tereduksi pada katoda. Reaksi elektroda:



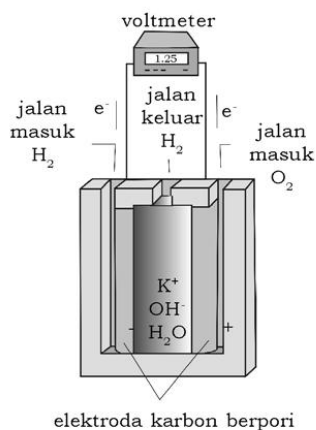
Seperti dalam baterai asam-timbal, hasil reaksi berupa padatan menempel ke elektroda, yang menunjukkan reaksi elektroda dibalik selama pengisian ulang. Sel volta *nicad* memiliki emf 1,30 V. Kemasannya baterai *nicad* biasanya berisi tiga atau lebih sel yang tersusun seri untuk menghasilkan emf yang lebih tinggi yang diperlukan peralatan elektronik.

## 2) Sel Bahan Bakar

Banyak zat telah digunakan sebagai bahan bakar. Energi termal/panas yang dilepaskan melalui pembakaran sering diubah menjadi listrik. Panas dapat mengubah air menjadi uap, yang menggerakkan turbin dan kemudian menggerakkan generator. Biasanya maksimum hanya 40% dari energi pembakaran yang diubah menjadi listrik, sisanya hilang sebagai panas. Sel volta yang melakukan pengubahan menggunakan bahan bakar konvensional seperti  $H_2$  dan  $CH_4$  disebut **sel bahan bakar**. Sistem sel bahan bakar melibatkan reaksi  $H_2(g)$  dan  $O_2(g)$  untuk membentuk  $H_2O(l)$  sebagai satu-satunya produk reaksi. Pada kondisi basa, reaksi-reaksi elektroda adalah:



Emf standar sel bahan bakar  $E^\circ_{H_2} - E^\circ_{O_2}$  adalah +1,23 V mencerminkan gaya pendorong yang besar untuk reaksi  $H_2$  dan  $O_2$  dalam membentuk  $H_2O$ .



Sumber: Chemistry (Brown)  
**Gambar 2.13** Emf standar sel dengan bahan bakar  $H_2-O_2$

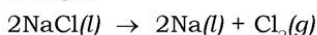
Untuk mengembangkan **kecakapan sosial**, kerjakan Tugas 2.1 berikut

### Tugas 2.1

Diskusikan dengan teman kalian, apa kelebihan dan kekurangan baterai nikel kadmium (nicad)!

## 2. Sel Elektrolisis

Sel volta didasarkan pada reaksi redoks yang spontan. Sebaliknya, dengan menggunakan energi listrik kita dapat memaksa reaksi redoks tidak spontan agar terjadi. Contoh, listrik dapat digunakan untuk menguraikan leburan natrium klorida menjadi unsur-unsur komponennya:



Proses demikian yang dibantu oleh sumber energi listrik luar disebut reaksi elektrolisis dan terjadi dalam sel elektrolisis. Sel elektrolisis merupakan kebalikan dari sel volta.

Sel elektrolisis terdiri dari dua elektroda dalam leburan garam atau larutan. Sel diberi baterai atau beberapa sumber arus listrik searah. Baterai bekerja sebagai pemompa elektron, pendorong elektron ke satu elektroda dan menariknya dari yang lain. Tepat seperti dalam sel volta, elektroda tempat reduksi terjadi disebut **katoda**, dan elektroda tempat oksidasi terjadi disebut **anoda**.

### a. Elektrolisis

Proses elektrolisis dapat terjadi dalam leburan dan larutan garam.

#### 1) Elektrolisis Leburan NaCl

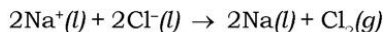
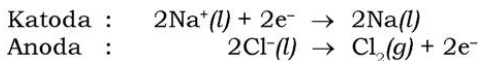
Dalam elektrolisis leburan NaCl, ion  $\text{Na}^+$  menangkap elektron dan direduksi menjadi Na pada katoda. Pada saat ion  $\text{Na}^+$  dekat katoda tereduksi, ion  $\text{Na}^+$  tambahan bergerak ke dalam ruang katoda. Demikian juga terjadi gerakan ion  $\text{Cl}^-$  menuju anoda, di mana ion ini teroksidasi. Reaksi elektroda untuk elektrolisis leburan NaCl disimpulkan sebagai berikut.

#### Kilas Kimia

Sel elektrolisis:

**Katoda** : kutub negatif, reaksi reduksi

**Anoda** : kutub positif, reaksi oksidasi



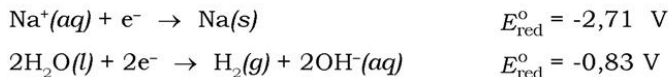
Dalam sel elektrolisis, penghubung luar dihubungkan dengan sumber tegangan. Jadi, elektroda sel elektrolisis yang dihubungkan dengan terminal negatif sumber tegangan adalah katoda sel, yang menerima elektron yang digunakan untuk mereduksi zat. Elektron yang dipindahkan selama proses oksidasi pada anoda bergerak menuju terminal positif sumber tegangan, sehingga melengkapinya lintasan sel. Elektrolisis leburan garam merupakan proses industri yang penting untuk produksi logam-logam aktif seperti Na dan Al.

## 2) Elektrolisis Larutan Berair (aqueous)

Elektrolisis leburan garam memerlukan suhu yang sangat tinggi, karena titik leburnya tinggi. Tentu saja kita dapat menghasilkan ion-ion dari garam yang dapat larut pada suhu kamar dengan melarutkan garam dalam air. Apakah kita akan memperoleh hasil yang sama jika kita mengelektrolisis larutan (berair) garam sebagai ganti leburan garam? Elektrolisis larutan lebih rumit karena adanya air. Kita harus meninjau apakah air teroksidasi (untuk membentuk  $\text{O}_2$ ) atau tereduksi (untuk membentuk  $\text{H}_2$ ) di samping ion-ion dari garam tersebut.

### a) Elektrolisis Larutan NaF dalam Sel Elektrolisis

Reaksi yang mungkin terjadi pada katoda adalah:



Kalian tentu sudah paham, bahwa harga  $E_{\text{red}}^{\circ}$  yang lebih positif (atau kurang negatif), maka proses reduksi lebih mudah. Dengan demikian, reduksi  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi  $\text{H}_2$  jauh lebih mudah daripada reduksi  $\text{Na}^+$  menjadi Na. Gas hidrogen dihasilkan pada katoda.

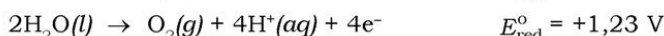
## Fokus Kimia

### Wawasan Produktivitas

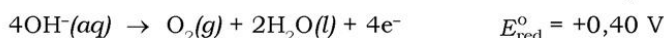


Perhatikan peralatan untuk makan berupa sendok dan garpu di atas. Logam ini terlihat berwarna keemasan dan seperti warna perak sehingga lebih menarik. Dapatkah kalian menjelaskan, mengapa ada perbedaan warna? Peralatan ini dilapisi atau disepuh oleh logam lain melalui proses yang disebut elektrolisis. Penyepuhan dilakukan tidak hanya untuk peralatan makan saja tetapi peralatan lain seperti kaki-kaki kursi, meja, alat-alat transportasi dan sebagainya dengan tujuan untuk mencegah korosi dan lebih menarik (bernilai tambah).

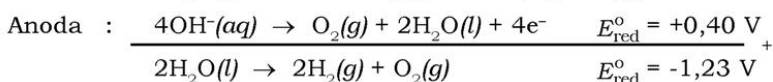
Reaksi yang mungkin pada anoda adalah oksidasi  $F^-$  atau  $H_2O$ .



Karena oksidasi adalah kebalikan reduksi dengan harga  $E_{red}^{\circ}$  yang lebih negatif (atau kurang positif), maka oksidasi akan lebih mudah terjadi. Dengan melihat, harga  $E_{red}^{\circ}$  di atas dapat diketahui bahwa  $H_2O$  jauh lebih mudah mengoksidasi daripada  $F^-$ . Namun kenyataan menunjukkan bahwa ada yang lebih mudah mengoksidasi  $OH^-$  yang dihasilkan pada katoda daripada  $H_2O$ .



Tanpa memandang apakah  $H_2O$  atau  $OH^-$  yang teroksidasi, ternyata  $O_2(g)$  yang dihasilkan pada anoda bukan  $F_2(g)$ . Perhatikan ternyata elektrolisis  $NaF(aq)$  hanya mengakibatkan reduksi dan oksidasi  $H_2O$ .  $NaF$  hanya bertindak sebagai elektrolit yang menghantarkan listrik melalui sel elektrolisis. Kita dapat menghitung emf yang diperlukan untuk elektrolisis di atas. Reaksi keseluruhan adalah:



Proses ini merupakan kebalikan reaksi sel bahan bakar  $E^{\circ} H_2 - E^{\circ} O_2$ . Perhatikan bahwa  $E_{red}^{\circ} = E_{red}^{\circ}(\text{katoda}) - E_{red}^{\circ}(\text{anoda})$  adalah negatif yang berarti proses ini tidak spontan, sehingga harus didorong agar bereaksi dengan sumber energi luar.

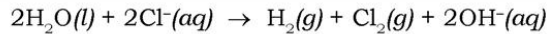
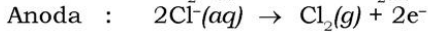
b) Elektrolisis Larutan  $NaCl(aq)$

Elektrolisis  $NaCl(aq)$  menghasilkan produk yang tidak diharapkan muncul. Pada katoda  $H_2O$  tereduksi menjadi  $H_2$  seperti di atas. Reaksi pada anoda adalah oksidasi  $H_2O(l)$  atau oksidasi  $Cl^-(aq)$ :



Berdasarkan harga  $E_{red}^{\circ}$ , kita mengharapkan  $H_2O$  lebih mudah teroksidasi daripada  $Cl^-$ . Eksperimen menunjukkan, bahwa  $Cl^-$  yang teroksidasi bukan  $H_2O$  karena energi aktivasi untuk oksidasi  $Cl^-$

lebih rendah, sehingga secara kinetik lebih mudah terjadi. Reaksi total yang terjadi pada elektrolisis  $\text{NaCl}(aq)$  ditulis sebagai berikut.



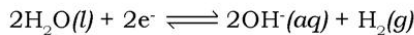
Proses elektrolisis ini dalam industri sangat penting karena pereaksi sangat melimpah dan hasil reaksi  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ , dan  $\text{NaOH}$  adalah zat-zat yang penting secara komersial.

Ketentuan yang harus diperhatikan pada reaksi elektrolisis, yaitu:

1) *Reaksi yang Terjadi pada Katoda*

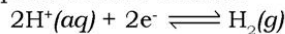
Reaksi yang terjadi pada katoda dapat diketahui dengan memperhatikan jenis kation yang terdapat dalam larutan elektrolitnya (pelarut air) yaitu sebagai berikut.

- a) Jika kationnya  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Be}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$ , maka reaksi yang berlangsung pada katoda adalah:

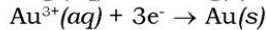
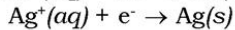
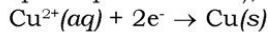


Jika pelarutnya bukan air, maka semua kation mengalami reduksi.

- b) Jika kationnya  $\text{H}^+$  berasal dari asam, maka reaksi yang berlangsung pada katoda adalah:



- c) Jika kation selain a) dan b) di atas, maka terjadi reaksi reduksi (diendapkan pada katoda), seperti berikut.



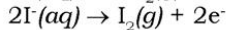
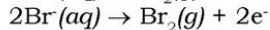
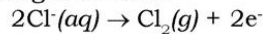
2) *Reaksi yang Terjadi pada Anoda*

Jika anoda terbuat dari logam inert, seperti Au, C, dan Pt, maka akan terjadi reaksi sebagai berikut.

- a) Jika anion yang menuju anoda adalah  $\text{OH}^-$  dari suatu basa, maka  $\text{OH}^-$  akan teroksidasi menjadi:

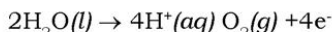


- b) Jika anionnya  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , dan  $\text{I}^-$ , maka ion-ion tersebut akan teroksidasi sebagai berikut:

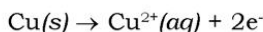




- c) Jika anion berupa sisa asam oksida, seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , maka anoda tidak teroksidasi, sedangkan yang teroksidasi adalah  $\text{H}_2\text{O}$ . Persamaan reaksinya sebagai berikut.



Jika anoda terbuat dari logam aktif seperti Cu, maka anodanya juga mengalami oksidasi. Contohnya:



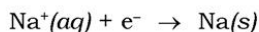
Untuk menimbulkan **tantangan belajar lebih jauh**, kerjakan Latihan 2.10 berikut.

### Latihan 2.10

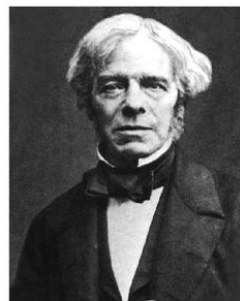
1. Apa yang terjadi pada anoda dan katoda dalam elektrolisis larutan berikut:
  - a.  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$
  - b.  $\text{Zn}(\text{OH})_2(aq)$
2. Tuliskan reaksi-reaksi elektrolisis pada:
  - a. larutan  $\text{CaCl}_2$  (elektroda Pt)
  - b. larutan  $\text{CuCl}_2$  (elektroda Cu)
  - c. larutan  $\text{ZnSO}_4$  (elektroda Zn)
3. Elektrolisis  $\text{AgF}(aq)$  dalam larutan asam mengakibatkan pembentukan logam perak dan gas oksigen.
  - a. Tuliskan reaksi setengah sel yang terjadi pada masing-masing elektroda!
  - b. Berapakah emf minimum yang diperlukan agar proses ini terjadi pada keadaan standar?

### b. Hukum Faraday

Stoikiometri setengah reaksi sel menjelaskan berapa jumlah elektron yang diperlukan untuk mencapai proses elektrolisis. Contoh, reduksi  $\text{Na}^+$  menjadi Na adalah proses satu elektron:

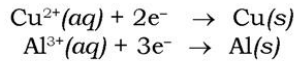


Jadi, 1 mol elektron akan menghasilkan 1 mol logam Na, 2 mol elektron akan menghasilkan 2 mol logam Na, dan seterusnya. Demikian juga, 2 mol elektron diperlukan untuk menghasilkan 1 mol



Sumber: *Jendela Iptek*  
**Gambar 2.14** Michael Faraday

tembaga dari  $\text{Cu}^{2+}$ , dan 3 mol elektron diperlukan untuk menghasilkan 1 mol aluminium dari  $\text{Al}^{3+}$ :



Untuk setiap setengah reaksi sel, jumlah zat yang direduksi atau dioksidasi dalam sel elektrolisis sebanding dengan jumlah elektron yang dialirkan ke dalam sel.

Jumlah muatan yang mengalir melalui penghantar listrik, seperti dalam sel elektrolisis, biasanya diukur dalam coulomb. Muatan pada 1 mol elektron adalah 96500 C (1 faraday):

$$1 \text{ F} = 96500 \text{ C/mol}$$

Satu coulomb adalah jumlah muatan listrik yang melewati sebuah titik dalam suatu lintasan dalam waktu 1 detik dan arusnya 1 ampere (A). Untuk itu, jumlah coulomb yang melewati suatu sel dapat diperoleh dengan mengalikan besar ampere dan waktu dalam detik:

$$\text{Coulomb} = \text{ampere} \times \text{detik}$$

Hubungan tersebut dikemukakan oleh **Michael Faraday** (1791 - 1867), ilmuwan berkebangsaan Inggris yang disebut dengan Hukum Faraday. Hukum Faraday dijelaskan sebagai berikut.

#### 1) Hukum Faraday I

Hukum ini menyatakan *massa zat yang dihasilkan sebanding dengan jumlah muatan listrik (Q) yang melewati sel elektrolit tersebut.*

Secara matematis dapat dinyatakan:

$$\begin{aligned}w &= \frac{e i t}{F} \\ q &= i \cdot t\end{aligned}$$

#### Keterangan:

$m$  = massa zat (gram)

$q$  = muatan listrik (coulomb)

$i$  = arus listrik (ampere)

$t$  = waktu (detik)

$e = \frac{A_r}{n}$  = massa ekuivalen zat hasil elektrolisis

$n$  = mol elektron yang terlibat dalam reaksi

$F$  = jumlah muatan listrik dalam Faraday (96500 F)

## 2) Hukum Faraday II

Hukum ini menyatakan jumlah zat yang dihasilkan oleh arus yang sama di dalam beberapa sel yang berbeda berbanding lurus dengan berat ekivalen zat-zat tersebut. Dapat dinyatakan sebagai:  $m_1 : m_2 = e_1 : e_2$

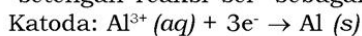
Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh soal berikut!

### Contoh Soal 2.9

Hitunglah massa aluminium yang dihasilkan dalam waktu 1,00 jam melalui elektrolisis leburan  $\text{AlCl}_3$  jika arus listrik sebesar 10,0 A dialirkan dalam sel elektrolisis!

#### Penyelesaian:

Pada katoda terjadi reaksi reduksi, ion  $\text{Al}^{3+}$  menjadi Al dengan "setengah reaksi sel" sebagai berikut.



Dari "setengah reaksi sel" di atas diketahui

$$1 \text{ mol Al}^{3+} \sim 3 \text{ mol e}^-$$

$$1 \text{ mol Al}^{3+} \sim 3\text{F, karena } 1 \text{ F} = 1 \text{ mol e}^-$$

$$1 \text{ F} = 96500 \text{ C}$$

$$\text{Jadi, } 1 \text{ mol Al} \sim 3 \times 96500 \text{ C}$$

$$1 \text{ C} = \left\{ \frac{1 \text{ mol Al}}{3 \times 96500} \times A, \text{ Al g/mol} \right\}$$

Arus listrik sebesar 10 A yang dialirkan ke dalam sel elektrolisis selama 1 jam menghasilkan massa Al sebanyak:

$$\omega = \frac{e i t}{F}$$

$$\text{massa Al} = \frac{1 \text{ mol Al}}{3 \times 96500 \text{ C}} \times A, \text{ Al} \times i \times t$$

$$= \frac{1 \text{ mol}}{3 \times 96500 \text{ C}} \times 27 \times 10 \text{ A} \times 3600 \text{ det ik} = 3,36 \text{ gram}$$

Untuk lebih menumbuhkan **rasa ingin tahu** dan **berpikir kritis** kalian, kerjakan Latihan 2.11 berikut.

### Latihan 2.11

1. Setengah reaksi sel pembentukan logam magnesium pada elektrolisis leburan  $\text{MgCl}_2$  adalah  $\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}$   
Hitunglah massa magnesium yang terbentuk bila arus yang mengalir 60,0 A selama  $4,00 \times 10^3$  detik!
2. Jika arus listrik dialirkan melalui larutan  $\text{AgNO}_3$  dan larutan  $\text{CuSO}_4$  yang disusun seri, maka akan terbentuk endapan perak 2,16 gram ( $A_r, \text{Ag} = 108, \text{Cu} = 63,5$ ).  
Hitunglah massa tembaga yang terbentuk!

### c. Kegunaan Elektrolisis

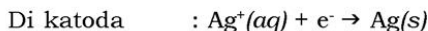
Proses elektrolisis digunakan dalam bidang industri, antara lain penyepuhan logam dan pemurnian logam.

#### 1) Penyepuhan Logam

Penyepuhan logam digunakan untuk melindungi benda-benda yang terbuat dari logam dari korosi dan memperindah penampilannya (bernilai tambah).

Proses penyepuhan logam menempatkan logam yang akan disepuh sebagai katoda dan logam penyepuh sebagian anoda. Katoda dan anoda dicelupkan dalam dalam larutan elektrolit yang mengandung kation logam penyepuh.

Misalkan ingin menyepuh benda dari besi dengan logam perak, maka benda sebagai katoda dan logam perak (Ag) sebagai anoda. Elektrolit yang digunakan adalah  $\text{AgNO}_3$ . Reaksi yang berlangsung sebagai berikut.



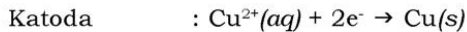
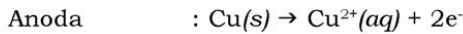
Logam perak mengalami reaksi oksidasi menjadi ion  $\text{Ag}^+$  dan bergerak menggantikan ion  $\text{Ag}^+$  yang telah direduksi pada katoda. Ion  $\text{Ag}^+$  tersebut akan direduksi mejadi logam perak yang melapisi benda tersebut.



Sumber: Encarta Premium 2006  
**Gambar 2.15** Teko atau ceret teh disepuh (elektroplating) dengan lapisan tipis perak agar lebih menarik

## 2) Pemurnian Logam

Proses elektrolisis digunakan pada pemurnian logam dari bijihnya, misalnya pemurnian tembaga dari pengotornya. Katoda berupa tembaga kotor, sedangkan anodanya berupa tembaga murni. Larutan elektrolit yang digunakan adalah  $\text{CuSO}_4$  karena mengandung kation Cu yang akan dimurnikan. Reaksi yang berlangsung sebagai berikut.



Tembaga murni diperoleh pada katoda.

## C. Korosi Logam

Pada umumnya peristiwa korosi merupakan proses elektrokimia yang berlangsung dalam lingkungan yang mengandung air. Suatu logam akan mengalami korosi jika pada permukaan logam terdapat lapisan yang bertindak sebagai anoda dan lapisan lain yang bertindak sebagai katoda. Pada anoda akan terjadi pelarutan logam misalnya  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^{-}$ . Agar reaksi dapat berjalan, maka elektron-elektron harus digunakan untuk mereduksi zat lain. Dalam suasana asam yang mengandung ion  $\text{H}^{+}$ , reaksi reduksinya adalah  $2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightarrow \text{H}_2$ .

Apabila logam besi yang murni dicelupkan dalam larutan asam, maka tidak mengalami korosi. Hal ini disebabkan penetralan ion  $\text{H}^{+}$  pada besi yang murni merupakan proses yang berjalan lambat. Berbeda halnya jika besi mengandung kotoran yang berbentuk logam yang lebih mulia seperti tembaga, maka proses korosi tergantung pada konsentrasi oksigen yang terdapat dalam larutan.



Sumber: Encarta Premium 2006

Gambar 2.16 Kerangka mobil yang berkarat akibat korosi melalui reaksi redoks



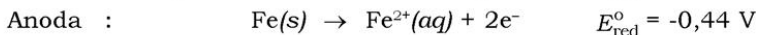
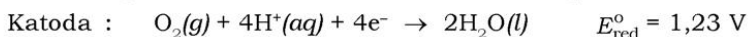
Untuk hampir semua logam, oksidasi merupakan proses yang mudah terjadi di udara pada suhu kamar. Bila proses oksidasi tidak dihambat dengan suatu cara, maka dapat merusak. Namun demikian, oksidasi dapat mengakibatkan pembentukan lapisan oksida pelindung yang mencegah reaksi lebih lanjut pada logam. Contoh, berdasarkan potensial reduksi standar untuk  $\text{Al}^{3+}$ , seharusnya logam aluminium sangat mudah teroksidasi. Namun ternyata banyak kaleng minuman ringan dan *beer* dari aluminium yang berserakan. Mengapa aluminium mengalami korosi kimia yang sangat lambat? Stabilitas logam aluminium di udara disebabkan oleh pembentukan lapisan oksida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  hidrat pada permukaan logam. Lapisan oksida tidak dapat ditembus oleh aliran  $\text{O}_2$  atau  $\text{H}_2\text{O}$ , sehingga melindungi logam dari korosi lebih lanjut. Logam magnesium juga terlindungi seperti halnya aluminium. Beberapa paduan logam seperti *stainless steel*, juga membentuk lapisan oksida pelindung.

### 1. Korosi Besi

Salah satu proses korosi yang terkenal adalah perkaratan (*rusting*) besi (Gambar 2.16). Dari sudut pandang ekonomi, korosi merupakan proses yang sangat berarti. Sebanyak 20% besi yang dihasilkan digunakan untuk mengganti benda besi yang rusak akibat perkaratan.

Perkaratan besi memerlukan oksigen dan air sekaligus. Faktor-faktor lain seperti pH larutan, adanya garam-garam, kontak dengan logam lebih sulit teroksidasi daripada besi, dan tekanan pada besi dapat mempercepat perkaratan.

Korosi besi merupakan reaksi elektrokimia alamiah. Potensial reduksi standar untuk  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  kurang positif daripada potensial reduksi  $\text{O}_2$ . Jadi,  $\text{Fe}(\text{s})$  dapat dioksidasi oleh  $\text{O}_2(\text{g})$ . Reaksinya:



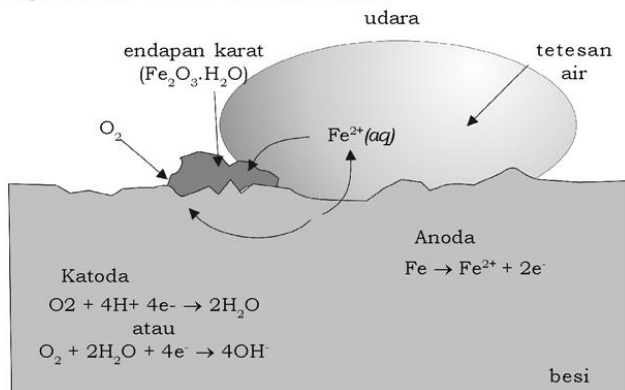
Sebuah daerah pada permukaan logam besi dapat menjadi anoda (oksidasi Fe menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  terjadi). Elektron yang dihasilkan pindah melalui logam ke bagian lain yang berfungsi sebagai katoda ( $\text{O}_2$  direduksi). Perhatikan bahwa reduksi  $\text{O}_2$  memerlukan  $\text{H}^+$ . Ketika konsentrasi  $\text{H}^+$  diperkecil (pH dinaikkan), reduksi  $\text{O}_2$  menjadi sulit terjadi. Besi yang kontak dengan larutan dengan pH di atas 9 tidak mengalami korosi.



$\text{Fe}^{2+}$  yang terbentuk pada anoda pelan-pelan akan teroksidasi lebih lanjut menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ , yang membentuk besi(III) terhidrat yang dikenal sebagai *karat*.



Karena katoda biasanya merupakan daerah dengan cadangan  $\text{O}_2$  terbesar, maka karat sering mengendap di daerah ini. Proses korosi dijelaskan dalam Gambar 2.17.



**Gambar 2.17** Korosi besi yang kontak dengan air

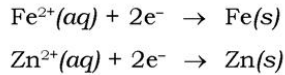
Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi adalah:

- Kelembapan udara.
- Larutan elektrolit
- Zat terlarut pembentuk asam ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ).
- Adanya  $\text{O}_2$ .
- Lapisan pada permukaan logam.
- Letak logam dalam deret potensial reduksi.

## 2. Pencegahan Korosi Besi

Besi sering dilapisi dengan cat atau logam lain seperti Zn atau Sn untuk melindungi permukaannya terhadap korosi. Penutupan permukaan dengan cat atau timah adalah cara sederhana untuk mencegah oksigen dan air mencapai permukaan besi. Jika lapisan robek dan besi bereaksi dengan oksigen dan air, korosi akan terjadi.

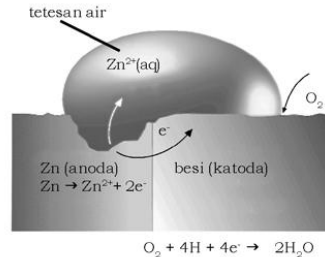
Besi tergalvanisasi (*galvanized iron*), adalah besi yang dilapisi dengan lapisan tipis seng, menggunakan prinsip elektrokimia untuk melindungi besi dari korosi, bahkan setelah lapisan permukaan patah. Potensial reduksi besi dan seng adalah:



$$E_{\text{red}}^{\circ} = -0,44 \text{ V}$$

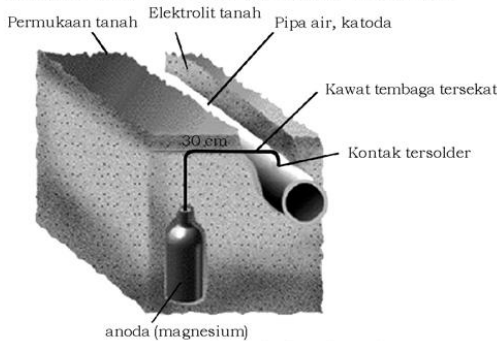
$$E_{\text{red}}^{\circ} = -0,76 \text{ V}$$

Harga  $E_{\text{red}}^{\circ}$  untuk  $\text{Fe}^{2+}$  kurang negatif (lebih positif) daripada  $E_{\text{red}}^{\circ} \text{Zn}^{2+}$ , yang berarti  $\text{Fe}^{2+}$  lebih mudah tereduksi daripada  $\text{Zn}^{2+}$ . Sebaliknya,  $\text{Zn}(\text{s})$  lebih mudah teroksidasi daripada  $\text{Fe}(\text{s})$ . Jadi, meskipun lapisan seng patah dan besi tergalvanisasi bereaksi dengan oksigen dan air, seng menjadi anoda dan terkorosi sebagai ganti besi. Besi sebagai katoda di mana  $\text{O}_2$  tereduksi, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.18.



**Gambar 2.18** Perlindungan besi secara katodik yang kontak dengan seng

Perlindungan suatu logam dengan membuatnya sebagai katoda dalam sel elektrokimia dikenal sebagai **perlindungan katodik** (*cathodic protection*). Logam teroksidasi yang melindungi katoda sementara waktu disebut **anoda tumbal** (*sacrificial anode*). Pipa air bawah tanah sering dari terhadap korosi dengan membuat pipa sebagai katoda dari sel volta. Potongan sebuah logam aktif seperti magnesium ditanam sepanjang pipa dan dihubungkan dengan kawat seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.19. Dalam tanah yang berair, korosi dapat terjadi. Logam aktif bertindak sebagai anoda, dan pipa terlindungi melalui proteksi katodik.



Sumber: Chemistry (Brown)

**Gambar 2.19** Perlindungan katodik pipa air dari besi. Anoda magnesium dikelilingi oleh campuran gipsum, natrium sulfat, dan lempung untuk meningkatkan daya hantar listrik. Pipa merupakan katoda sel volta.

Secara umum pencegahan korosi dapat dilakukan dengan:

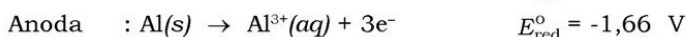
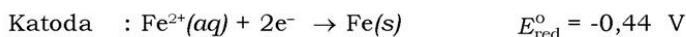
- Dicat.
- Dilapisi dengan logam yang lebih mulia.
- Dilapisi dengan logam yang lebih mudah teroksidasi.
- Menanam batang-batang logam yang lebih aktif dekat logam besi kemudian dihubungkan.
- Dicampur dengan logam lain.

### Contoh Soal 2.10

Ramalkan sifat korosi alamiah yang akan terjadi jika pipa besi dipaku dengan paku aluminium di suatu rumah!

#### Penyelesaian:

Sebuah sel volta dapat dibentuk pada sebuah titik kontak dari dua logam. Logam yang lebih mudah teroksidasi sebagai anoda dan yang lain sebagai katoda. Dengan membandingkan potensial reduksi Fe dan Al, kita lihat bahwa Fe akan bertindak sebagai katoda karena  $E_{\text{red}}^{\circ}$  nya kurang negatif daripada Al:



Pipa terlindungi terhadap korosi di sekitar paku karena besi bertindak sebagai katoda. Namun demikian, paku akan mengalami korosi. Apa yang terjadi jika sisi aluminium dipaku dengan paku besi? Coba kalian pikirkan!

Agar kalian dapat **berpikir kritis**, kerjakan Tugas 2.2 berikut.

### Tugas 2.2

Pembuatan kaleng menggunakan logam pelapis seperti timah untuk melindungi dari korosi. Mengapa digunakan timah? Apakah bisa diganti dengan logam lain? Diskusikan dengan teman kalian!

Untuk lebih mengembangkan **wawasan produktivitas, kecakapan sosial, dan vokasional** kalian kerjakan percobaan berikut.

### Percobaan

#### Tujuan

Mengetahui cara mencegah korosi.

#### Alat:

1. Rak dan tabung reaksi 4 buah
2. Gelas ukur 5 mL
3. Pipet tetes

#### Bahan

- |                            |         |
|----------------------------|---------|
| 1. Larutan $K_3Fe(CN)_6$   | 5 mL    |
| 2. Larutan basa (NaOH)     | 5 mL    |
| 3. Larutan garam besi(II)  | 5 mL    |
| 4. Larutan garam besi(III) | 5 mL    |
| 5. Larutan garam seng      | 5 mL    |
| 6. Fenolftalein            | 1 botol |

#### Cara Kerja:

1. Ambil masing-masing 5 mL larutan  $K_3Fe(CN)_6$  ke dalam 3 tabung reaksi.
2. Tambahkan masing-masing 5 mL larutan  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , dan  $Zn^{2+}$  ke dalam masing-masing tabung reaksi pada No. 1. Amati apa yang terjadi pada masing-masing tabung.
3. Tambahkan larutan fenolftalein ke dalam larutan yang bersifat basa. Catat hasil pengamatan kalian.

#### Data Pengamatan

Larutan-larutan yang Dicampur	Pengamatan
$K_3Fe(CN)_6 + Fe^{2+}$	.....
$K_3Fe(CN)_6 + Fe^{3+}$	.....
$K_3Fe(CN)_6 + Zn^{2+}$	.....
Larutan basa + fenolftalein	.....

#### Kesimpulan:

Buatlah kesimpulan dari percobaan ini!

#### Pertanyaan:

1. Tuliskan reaksi yang terjadi pada masing-masing percobaan tersebut!
2. Kesimpulan apa yang dapat kalian peroleh dari percobaan tersebut? Diskusikan dengan teman kalian!

## Rangkuman

1. Reaksi redoks adalah reaksi yang mengandung peristiwa reduksi dan oksidasi.
2. Oksidasi merupakan peristiwa pelepasan elektron atau kenaikan bilangan oksidasi.
3. Zat yang mengalami oksidasi disebut reduktor (pereduksi).
4. Reduksi merupakan peristiwa penangkapan elektron atau pengurangan bilangan oksidasi.
5. Zat yang mengalami reduksi disebut oksidator (pengoksidasi).
6. Bilangan oksidasi yaitu bilangan yang menunjukkan jumlah muatan suatu unsur kimia.
7. Menyetarakan persamaan redoks dapat dilakukan dengan cara bilangan oksidasi dan setengah reaksi.
8. Proses elektrokimia berlangsung dalam suatu sel elektrokimia.
9. Sel elektrokimia ada dua jenis yaitu sel volta dan sel elektrolisis.
10. Prinsip kerja sel volta adalah energi hasil reaksi kimia diubah menjadi energi listrik.
11. Pada sel volta, katoda merupakan kutub positif dan terjadi reaksi reduksi, sedangkan anoda menjadi kutub negatif dan terjadi reaksi oksidasi.
12. Prinsip kerja sel elektrolisis adalah menghasilkan suatu reaksi kimia dengan menggunakan energi listrik.
13. Pada sel elektrolisis, katoda menjadi kutub negatif dan terjadi reaksi reduksi, sedangkan anoda menjadi kutub positif dan terjadi reaksi oksidasi.
14. Faktor yang mempengaruhi korosi logam adalah kelembapan udara, adanya oksigen, zat asam, larutan elektrolit, lapisan pada permukaan logam, dan letak logam dalam deret potensial reduksi.
15. Cara yang dilakukan untuk mencegah korosi antara lain dengan dicat, dilapisi dengan logam yang lebih mulia dan lebih mudah teroksidasi, menahan batang-batang logam yang lebih aktif dekat logam besi kemudian dihubungkan, serta dicampur dengan logam lain.



## Evaluasi

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

- Diketahui potensial reduksi  $\text{Co}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Co}$  sebesar  $-0,28$  V dan  $\text{Fe}^{3+} + \text{e} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  sebesar  $+0,77$  V. Potensial sel ( $E_{\text{sel}}^{\circ}$ ) untuk sel,  $\text{Co} \mid \text{Co}^{2+} \parallel \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} \mid \text{Pt}$  adalah . . . .
  - 1,82 V
  - 0,49 V
  - 1,05 V
  - 0,72 V
  - 1,26 V
- Reaksi redoks  $\text{MnO}_4^- + \text{Cl}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2$  terjadi dalam larutan asam. Pernyataan yang benar tentang reaksi ini adalah . . . .
  - $\text{Cl}_2$  adalah pereduksi
  - $\text{MnO}_4^-$  mengalami oksidasi
  - $\text{Cl}^-$  adalah pereduksi
  - $\text{Cl}^-$  mengalami reduksi
  - bilangan oksidasi Mn naik 3 satuan
- Zat berikut yang merupakan pereduksi terbaik adalah . . . .
  - 1 M HCl
  - $\text{Mn}^{2+}$
  - $\text{Zn}^{2+}$
  - $\text{Zn(s)}$
  - $\text{Ag(s)}$
- Apabila dicampur, pasangan pereaksi berikut yang memberikan reaksi redoks spontan adalah . . . .
  - $\text{Ni}^{2+}, \text{Cu}^{2+}$
  - $\text{Co}, \text{Sn}^{2+}$
  - $\text{H}_2, \text{Zn}^{2+}$
  - $\text{H}^+, \text{Co}^{2+}$
  - $\text{I}_2, \text{Br}^-$



5. Keadaan “charge” batere asam-timbal (aki) dapat ditentukan dengan mengukur rapatan atau massa jenis larutan elektrolit karena . . . .
  - A.  $\text{PbO}_2$  terbentuk pada saat *discharge* (aki dipakai)
  - B. besar emf adalah 2,00 V
  - C.  $\text{PbSO}_4$  terbentuk pada saat *charging*
  - D. timbal bertambah berat
  - E. asam sulfat bereaksi saat *charging* (aki diisi ulang)
6. Massa Cu yang terlapiskan melalui elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  selama 12 jam pada 2,0 ampere adalah . . . .
  - A. 58 g
  - B. 28 g
  - C. 120 g
  - D. 430 g
  - E. 860 g
7. Zat yang dihasilkan pada anoda selama elektrolisis larutan  $\text{CuI}_2$  adalah . . . .
  - A.  $\text{H}_2$
  - B.  $\text{I}_2$
  - C. Cu
  - D.  $\text{OH}^-$
  - E.  $\text{H}_2\text{O}$
8. Waktu yang diperlukan pada elektrolisis agar menghasilkan cukup aluminium untuk membuat kaleng *beer* 27,0 g dengan arus 10,0 ampere adalah . . . detik.
  - A.  $2,89 \times 10^4$
  - B.  $9,65 \times 10^3$
  - C.  $3,22 \times 10^3$
  - D.  $9,65 \times 10^4$
  - E.  $9,65 \times 10^5$
9. Jumlah coulomb arus listrik yang diperlukan untuk mereduksi aluminium dalam 1,00 mol  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  menjadi logam Al adalah . . . .
  - A. 3
  - B. 6
  - C.  $5,79 \times 10^5$
  - D.  $2,90 \times 10^5$
  - E. 2

10. Jumlah faraday yang diperlukan untuk mereduksi satu mol  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  adalah . . . .
- A. 5
  - B. 3
  - C. 2
  - D. 1
  - E. 0

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Identifikasikan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dan tunjukkan besar perubahannya untuk setiap persamaan reaksi redoks setara berikut:
  - a.  $\text{I}_2\text{O}_5(\text{s}) + 5\text{CO}(\text{g}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 5\text{CO}_2(\text{g})$
  - b.  $2\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + \text{N}_2\text{H}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Hg}(\text{l}) + \text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$
  - c.  $3\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow 3\text{S}(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - d.  $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{ClO}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Ba}(\text{ClO}_2)_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$
2. Tunjukkan apakah persamaan setara berikut melibatkan reduksi-oksidasi. Jika ya, identifikasikan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi!
  - a.  $2\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - b.  $3\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$
  - c.  $\text{NBr}_3(\text{l}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{HNO}_3(\text{aq}) + 3\text{HBr}(\text{aq})$
  - d.  $2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{NaBr}(\text{s}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{l}) + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
3. Hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) dan dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) membentuk campuran pembakar yang digunakan sebagai pendorong roket. Hasil reaksinya adalah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .
  - a. Tuliskan persamaan kimia yang setara untuk reaksi ini!
  - b. Tentukan zat yang bertindak sebagai reduktor dan oksidator!

4. Lengkapi dan setarakan setengah reaksi berikut!  
Tunjukkan apakah oksidasi atau reduksi yang terjadi?
- $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Sn}^{4+}(\text{aq})$
  - $\text{TiO}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ti}^{2+}(\text{aq})$  (larutan asam)
  - $\text{HOCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2$  (larutan asam)
  - $\text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$  (larutan basa)
  - $\text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NO}_2^-(\text{aq})$  (larutan basa)
5. Sel volta tersusun dari elektroda Cd yang dicelupkan ke dalam larutan  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ , dan lempeng Ni yang dicelupkan ke dalam larutan  $\text{NiSO}_4$ . Reaksi keseluruhannya adalah  $\text{Cd}(\text{s}) + \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ni}(\text{s})$
- Tuliskan setengah reaksi yang terjadi dalam dua ruang elektroda!
  - Elektroda mana yang bertindak sebagai anoda dan katoda?
  - Tunjukkan tanda kutub elektroda-elektroda ini!
  - Apakah elektron mengalir dari elektroda kadmium ke nikel atau dari elektroda nikel ke kadmium?
  - Ke arah mana kation dan anion mengalir melalui larutan?

# Bab III

## Kelimpahan Unsur di Alam dan Identitasnya

35.5

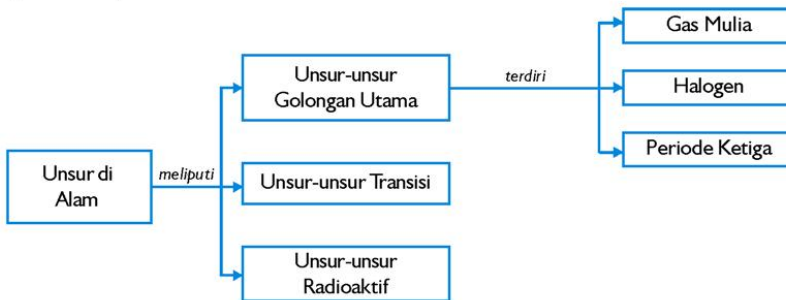
Sumber: Encarta Encyclopedia

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat mengidentifikasi karakteristik unsur-unsur utama, unsur transisi di alam serta unsur-unsur radioaktif dari segi sifat, kegunaan, bahayanya, dan terdapatnya di alam.

### Peta Konsep

Untuk mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran tersebut, perhatikanlah peta konsep berikut.



### Kata Kunci

Setelah peta konsep kalian kuasai, perhatikan kata kunci yang merupakan kunci pemahaman materi dalam bab ini. Berikut ini adalah kata kunci dalam bab III.

Unsur transisi  
Unsur radioaktif

Halogen  
Gas mulia

**SUSUNAN BERKALA UNSUR-UNSUR**

**PERIODA**

**GOLONGAN**

**CATATAN:**

1. Massa atom didasarkan atas Karbon 12.
2. Unsur yang berwujud gas, massa jenis diukur pada fasa cairnya.
3. Yang dicetak miring, menyatakan isotopnya yang paling stabil.

**LANTANIDA**

**AKTINIDA**

Sumber: Chemistry. An experimental science

Gambar 3.1 Tabel periodik unsur

Sejak awal adanya ilmu kimia, para ilmuwan telah mengumpulkan data mengenai unsur-unsur yang mereka kenal. Unsur-unsur yang telah ditemukan sampai sekarang ada 118 unsur dan masih mungkin ditemukan unsur-unsur baru yang lain. Pengelompokan dan penggolongan unsur-unsur tersebut dapat kalian lihat dalam sistem periodik yang telah kalian pelajari waktu di kelas X. Sifat-sifat dan identifikasi sebagian unsur-unsur tersebut akan dipaparkan dalam bab berikut.

## A. Unsur-unsur Golongan Utama

Pada sistem periodik, unsur golongan utama disebut juga unsur-unsur yang menempati golongan A. Unsur-unsur ini dibedakan menjadi 8 golongan. Pada bab ini, kita hanya akan membahas unsur-unsur golongan VIIIA (gas mulia) dan golongan VIIA (halogen), serta unsur-unsur periode ketiga.

## 1. Gas Mulia

Enam unsur yang terlihat pada Tabel 3.1 memiliki sifat kimia dan fisik yang sangat mirip dan membentuk golongan VIIIA dalam tabel periodik. Reaktivitas yang sangat rendah merupakan karakteristik unsur ini. Sejak tahun 1963 berbagai macam senyawa dari gas mulia telah dibuat pada suhu rendah, tetapi tidak ada satupun yang stabil pada kondisi laboratorium normal. Gas mulia adalah monoatomik, yaitu molekulnya terdiri dari atom tunggal. Gaya-gaya yang mengikat atom-atom dalam cairan dan padatan merupakan gaya van der Waals yang lemah.

**Tabel 3.1 Sifat Fisik dan Kelimpahan Gas Mulia**

Nama	Simbol	Konfigurasi Elektron	Titik Lebur (°C)	Titik Didih (°C)	Perbandingan di Udara (Volume)
Helium	He	2	-272	-269	1 : 200 000
Neon	Ne	2 8	-249	-246	1 : 55 000
Argon	Ar	2 8 8	-189	-186	1 : 107
Kripton	Kr	2 8 18 8	-157	-153	1 : 1 000 000
Xenon	Xe	2 8 18 18 8	-112	-108	1 : 11 000 000
Radon	Rn	2 8 18 32 18 8	-71	-62	-

Sumber: *Comprehensive Chemistry (John Hicks)*

Kelimpahan dalam persen volume (%V) gas mulia di atmosfer dapat dinyatakan sebagai berikut: He (0,00052%), Ne (0,0018%), Ar (0,93%), Kr (0,00011%) dan Xe (0,0000087%), sedangkan radon (Rn) bersifat radioaktif dan jarang dijumpai.

Berdasarkan Tabel 3.1, ternyata gas mulia hanya menempati sekitar 1% volume atmosfer, dengan gas Ar yang terbanyak. Helium dihasilkan dari peluruhan radioaktif uranium, thorium dan juga pemanasan mineral yang mengandung unsur ini pada suhu tinggi. Secara spektroskopi terbukti bahwa bintang juga mengandung He, dengan jumlah yang meningkat sesuai umur bintang tersebut. Sumber utama gas He adalah gas alam terutama dari hidrokarbon dan nitrogen.



## a. Sifat dan Kegunaan

### 1) Helium

Sifat helium antara lain massa jenisnya rendah, kelarutannya dalam air rendah, volatilitas besar serta daya hantar listrik tinggi dan kekentalan sangat rendah pada suhu sangat rendah.

Helium digunakan sebagai pengisi balon dan jika dicampur dengan oksigen untuk pernapasan para penyelam. Kegunaan utama adalah untuk menghasilkan atmosfer yang inert selama pengelasan logam seperti aluminium dan titanium karena dapat mencegah logam reaktif teroksidasi dalam atmosfer selama pemanasan. Helium juga digunakan sebagai pendingin pada reaktor nuklir.

### 2) Neon

Apabila dikenai beda tegangan pada tekanan rendah, ia memancarkan cahaya merah-oranye yang terang. Kekhasan ini digunakan secara luas dalam dunia reklame. Neon juga digunakan dalam peralatan elektronik seperti stabilizer tegangan dan tombol waktu (alarm).

### 3) Argon

Kegunaan utamanya adalah sebagai pengisi lampu listrik berfilamen logam, biasanya dicampur dengan sekitar 7% nitrogen untuk mencegah percikan bunga api. Argon dipilih karena stabil, inert, dan daya hantar panasnya rendah. Argon sering digunakan sebagai pembawa (*carrier*) dalam kromatografi gas.

#### Fokus Kimia

Air Conditionng (AC) menggunakan helium air sebagai cairan pendingin (*refrigerant*) untuk menghasilkan suhu yang sangat rendah (dingin)



Sumber. Dok. Penerbit

Gambar 3.2 Balon yang diisi gas He



Sumber. CD. Encarta

Gambar 3.3 Helium dicampur  $O_2$  untuk alat pemapasan penyelam



Sumber. Dok. Penerbit

Gambar 3.4 Argon sebagai pengisi lampu listrik



Sumber: [www.clagricultura](http://www.clagricultura)

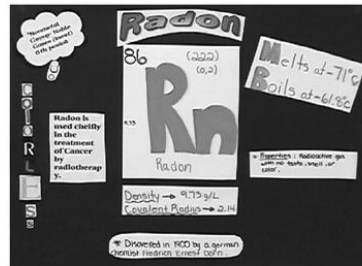
**Gambar 3.5** Kromatografi gas merupakan alat untuk memisahkan senyawa dalam sampel, memerlukan gas Ar sebagai pembawa (carrier)

#### 4) Krypton dan Xenon

Gas ini juga digunakan sebagai pengisi lampu berfilamen sebagai ganti argon, karena daya hantar panas yang lebih rendah sehingga lebih efisien. Lampu lucutan yang berisi xenon digunakan untuk proyektor film. Krypton digunakan sebagai standar satuan panjang.

#### 5) Radon

Gas radon termasuk unsur radioaktif yang memiliki waktu paro lebih kecil dari 4 hari. Radon digunakan dalam pengobatan kanker, suatu kapsul yang berisi gas ini ditempelkan dalam tumor untuk menyinarinya (*irradiate*).



Sumber: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

**Gambar 3.6** Unsur radon

### b. Senyawa Gas Mulia

#### 1) Clathrate

Quinol ( $C_6H_4(OH)_2$ ) yaitu zat seperti es dengan struktur kristal terbuka sebagai akibat ikatan hidrogen. Jika quinol dikristalkan dari larutan yang mengandung argon, krypton atau xenon pada tekanan tinggi, atau gas-gas lain maka molekul-molekul gas ini cenderung terperangkap dalam rongga-rongga di dalam kisi kristal quinol. Hal ini akan menghasilkan senyawa dengan komposisi yang bervariasi tergantung pada jumlah spesies yang diisikan. Produk ini disebut **clathrate**. Gas-gas yang terperangkap akan dilepaskan kembali bila kristal dilelehkan atau dilarutkan. Contoh, clathrate fenol:  $(C_6H_5OH)_4Ar$ ,  $(C_6H_5OH)_4Kr$ .

## 2) Xenon Tetrafluorida, $XeF_4$

Gas mulia khususnya pada golongan terendah memiliki energi ionisasi sangat tinggi. Oleh karena itulah hanya atom berukuran besar yang membentuk senyawa stabil dan hanya dengan unsur yang sangat elektronegatif seperti F dan O. Bila xenon dan fluorin dipanaskan bersama selama beberapa jam di bawah pengaruh tekanan, maka dua gas tersebut bergabung langsung membentuk senyawa seperti difluorida ( $XeF_2$ ), tetrafluorida ( $XeF_4$ ), dan heksafluorida ( $XeF_6$ ).

Xenon tetrafluorida terbentuk melalui pemanasan campuran Xe dan fluorin dengan perbandingan 1 : 5 dalam suatu wadah berbahan nikel pada  $400^\circ\text{C}$  dan tekanan 9 atm. Kristal putih tetrafluorida terendapkan pada pendinginan cepat dan dapat disimpan dalam ruang vakum di wadah berbahan nikel. Senyawa tetrafluorida melebur pada  $114^\circ\text{C}$  dan mudah terhidrolisis di udara berembun, tetapi dapat dipanaskan sampai  $400^\circ\text{C}$  tanpa terjadi dekomposisi. Senyawa flourida, oksida, dan garam dari Xe ditunjukkan dalam Tabel 3.2

### Fokus Kimia

Unsur-unsur gas mulia sering disebut gas inert (sukar bereaksi) sebab nampaknya masing-masing sama sekali tidak reaktif secara kimia. Baru pada tahun 1962 bidang kimia terguncang setelah Neil Bartlett membuat senyawaan stabil yang mempunyai rumus  $XePtF_6$ .

**Tabel 3.2 Beberapa Senyawa Gas Mulia**

Senyawa	Biloks	Bentuk Fisik	Titik Leleh ( $^\circ\text{C}$ )	Struktur
$XeF_2$	+2	Kristal tak berwarna	140	Linier
$XeF_4$	+4	Kristal tak berwarna	114	Segi empat planar
$XeOF_2$	+4	Kristal tak berwarna	90	-
$XeF_6$	+6	Kristal tak berwarna	47,7	Oktahedron
$XeO_3$	+6	Kristal tak berwarna	meledak	Trigonal piramid
$XeO_4$	+8	Gas tak berwarna	meledak	Tetrahedron

Sumber: *General Chemistry (James Brady)*

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian, kerjakan Latihan 3.1 berikut.

### Latihan 3.1

1. Apakah *clathrate* itu?
2. Mengapa ahli kimia sedemikian keheranan ketika ditemukan bahwa gas mulia tidak inert?
3. Mengapa gas mulia tertentu dipakai sebagai pengisi lampu TL?

## 2. Halogen

Unsur golongan VIIA yaitu fluor (F), klor (Cl), brom (Br), iod (I), dan astatin (At) dikenal sebagai halogen. Astatin sangat jarang dan bersifat radioaktif dengan waktu paro hanya beberapa jam, tetapi unsur yang lain penting dan kita pelajari secara mendalam.

### Fokus Kimia

Halogen berasal dari bahasa Yunani yang mempunyai arti "pembentuk garam". Unsur-unsur dalam kelompok ini mempunyai rumus  $X_2$  yang berarti molekulnya terdiri atas dua atom.

### a. Flourin ( $F_2$ )

Unsur F sangat reaktif di alam, ditemukan sebagai fluorida dalam mineral tertentu, misalnya fluorspar atau fluorit ( $CaF_2$ ), kriolit ( $Na_3AlF_6$ ), dan fluo-apatit ( $CaF_2 \cdot 3Ca_3(PO_4)_2$ ).

Mineral fluorit yang berwarna keungu-unguan merupakan sumber utama unsur fluorin. Fluorin ( $F_2$ ) murni merupakan gas berwarna kuning kehijauan pada suhu kamar. Unsur ini sangat reaktif sehingga air dan kacapun dapat terbakar dalam atmosfer fluor. Fluorida juga ditemukan dalam gigi dan tulang serta abu tanaman.



Sumber: Encarta Encyclopedia

Gambar 3.7 Fluorit

#### 1) Pembuatan

$F_2$  dibuat dengan **metode elektrolisis**, meskipun sangat sulit karena kereaktifan yang besar dari  $F_2$ . Peralatan harus bebas dari minyak, embun dan lemak, karena  $F_2$  reaktif terhadap bahan-bahan ini. Zat elektrolit yang diperlukan adalah  $KF_2HF_2$  (yaitu campuran  $KHF_2$  dan HF).



Cara pembuatan fluorin:



## 2) Sifat-sifat $\text{F}_2$

$\text{F}_2$  merupakan gas diatomik berwarna kuning kehijauan, sedikit pucat warnanya daripada klorin, tetapi baunya mirip. Fluor meleleh pada  $-220^\circ\text{C}$  dan mendidih pada  $-188^\circ\text{C}$ . Fluor disimpan sebagai cairan menggunakan  $\text{N}_2$  cair sebagai pendingin.

## 3) Kegunaan Senyawa Fluorida

- Fluor diperlukan dalam jumlah besar untuk pembuatan uranium heksafluorida,  $\text{UF}_6$ , yaitu senyawa uranium yang mudah menguap (*volatil*).
- Senyawa fluorin seperti  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  (*freon*) dan  $\text{CCl}_3\text{F}$  digunakan sebagai *refrigerant* (pendingin pada refrigerator) karena inert, stabil, tidak beracun, dan efisien secara termodinamik dan juga sebagai *propellant* dalam aerosol.
- Boron trifluorida dan hidrogen trifluorida digunakan sebagai katalis dalam industri petrolium.
- Fluorokarbon juga digunakan dalam pembuatan teflon ( $-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$ )<sub>n</sub> yang banyak digunakan sebagai alat dapur atau alat-alat yang tahan panas dan stabil serta digunakan sebagai pelumas.
- Sulfur heksafluorida digunakan sebagai penyekat listrik.
- Kriolit lelehan digunakan sebagai pelarut alumina dalam pembuatan aluminium.

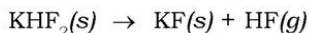
### Fokus Kimia

Asam fluorida merupakan asam lemah untuk melukis kaca. Asam ini diperoleh dari pengolahan fluorit dengan asam belerang dan dipakai untuk mengelektrolitkan gas fluor.

- g) Asam fluorosilikat ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) digunakan sebagai fluorodasi air minum. Dengan menambahkan fluorida buatan dengan cara ini sedemikian sehingga konsentrasinya hanya beberapa ppm, dapat mengurangi kerusakan gigi, khususnya anak-anak, yaitu dengan memperkuat email gigi yang mengandung fluorida sebagai pelindung gigi. Pasta gigi mengandung fluorida (misalkan stano fluorida) diduga memiliki manfaat yang sama.
- h) Hidrogen fluorida (HF) untuk membuat tulisan, lukisan di atas kaca atau memburamkan kaca. Senyawa ini dibuat di laboratorium dan industri dengan melalui pemanasan kalsium fluorida ( $\text{CaF}_2$ ) dengan asam sulfat pekat dalam wadah berbahan baja (produk dapat gelas):



HF dapat juga dibuat dalam kondisi anhidrous dengan pemanasan  $\text{KHF}_2$  kering:



#### 4) Identifikasi Flourida

- a) Larutan flourida dapat dikenali dengan cara memanaskan larutan ini dalam krus timbal dengan asam sulfat pekat, bila uap HF terbebaskan, letakkan sepotong batang kaca basah dalam uap ini, maka batang kaca tersebut berubah menjadi kasar dan baur (permukaan seperti berembun) karena diserang oleh asam HF.
- b) Larutan flourida juga dapat dikenali dengan cara diberi larutan kalsium klorida karena akan menghasilkan endapan putih kalsium flourida, tetapi dengan larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) tidak memberikan endapan, dan sehingga dapat digunakan untuk membedakannya dari halida lain.

#### b. Klorin ( $\text{Cl}_2$ )

**Klorin** merupakan gas yang berwarna hijau kekuningan, beracun, korosif yang mengiritasi mata dan sistem respirasi serta dapat bereaksi dengan air. Gas ini menjadi cair pada suhu  $-34^\circ\text{C}$  ( $-29^\circ\text{F}$ ). Klorin pertama kali dibuat dari asam klorida dan mangan dioksida pada tahun 1774 oleh Carl Wilhelm Scheele. Zat ini mula-mula dikenal sebagai senyawa, sampai Sir Humphry Davy pada tahun 1810 menunjukkan bahwa klor tidak dapat terurai dan asam muriat (hidroklorat) terdiri dari hidrogen dan unsur lain yaitu klor.





Sumber: Encarta Encyclopedia

Gambar 3.8 Gas  $Cl_2$  tak mudah terbakar

Tabel 3.3 Sifat-sifat Klor

Sifat	Keterangan
Nomor atom	17
Massa atom relatif (12C = 12.000)	35,453
Titik leleh	172 K
Titik didih	239 K
Massa jenis	3,214 kg/m <sup>3</sup> (273 K)
Konfigurasi elektron dalam keadaan dasar	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>
Afinitas elektron	-348 kJ/mol
Entalpi peleburan	6,41 kJ/mol
Entalpi penguapan	20,403 kJ/mol
Bilangan oksidasi	-1, +1, +3, +4, +5, +6, +7
Isotop	<sup>35</sup> Cl, <sup>36</sup> Cl, <sup>37</sup> Cl
Ikatan kovalen : Cl - O	206 kJ/mol
Cl - Cl	242 kJ/mol
Cl - F	257 kJ/mol
Cl - H	431 kJ/mol

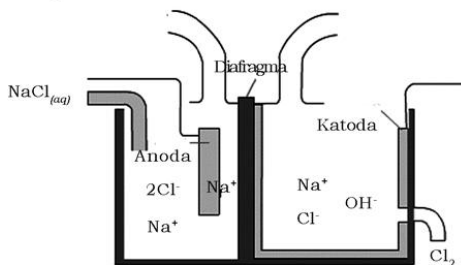
#### 1) Kegunaan

Klorin digunakan terutama untuk pemurnian air, sanitasi dalam suatu limbah industri, kolam renang dan saluran kotoran. Klorin juga digunakan untuk pemutih bubuk kertas dan tekstil, bahan pembuatan  $CCl_4$ ,  $CHCl_3$ , glikol, sejumlah senyawa organik lain, gas fosgen, disinfektan cadangan air perkotaan, pemutih

barang-barang rumah tangga (misal: clorox), dan germisida. Pemakaian substansial unsur ini dalam kimia organik adalah sebagai pengoksidasi dan reaksi substitusi.

### 2) Pembuatan $Cl_2$

Umumnya gas  $Cl_2$  dihasilkan di industri melalui elektrolisis air laut, sebagian diperoleh sebagai produk samping dalam pembuatan logam Na melalui elektrolisis leburan NaCl dengan menggunakan elektroda inert dan diafragma. Klorin bergabung secara langsung dengan hampir semua unsur (kecuali dengan oksigen, fluor, nitrogen, karbon, dan gas mulia) untuk menghasilkan klorida.



**Gambar 3.9** Pembuatan  $Cl_2$

### 3) Identifikasi Klorida

Umumnya garam klorida kecuali timbal, perak, merkuro, dan tembaga(I) dapat larut dalam air. Larutan klorida dikenali melalui cara):

#### a) Pengendapan dengan $AgNO_3$

Larutan klorida bila diberi beberapa tetes perak nitrat akan membentuk endapan berwarna putih, yang tak larut dalam asam nitrat encer tetapi larut dengan mudah dalam larutan amonium hidroksida.

#### b) Reaksi dengan asam sulfat pekat ( $H_2SO_4$ ) dan $MnO_2$

Larutan klorida yang diberi asam sulfat pekat dan sedikit mangan dioksida lalu dipanaskan akan menghasilkan gas klor. Gas klor lalu dapat dikenali oleh bau, warna, dan kemampuannya sebagai pemutih (*bleaching*).

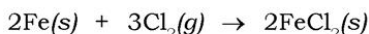
#### c) Reaksi dengan asam sulfat pekat ( $H_2SO_4$ ) dan $K_2Cr_2O_7$

Larutan klorida yang diberi asam sulfat pekat dan kalium bikromat padat akan menghasilkan kromil klorida ( $CrO_2Cl_2$ ) yang berwarna merah.

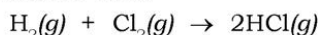
4) *Reaksi-reaksi dengan Klor (Cl<sub>2</sub>)*

Kereaktifan klor sangat tinggi meskipun lebih kecil daripada flour. Klor dapat bereaksi dengan semua unsur kecuali gas *inert*, karbon, oksigen dan nitrogen, tetapi reaksi sering lambat kecuali kalau diberikan panas. Contoh reaksi-reaksi dengan klor:

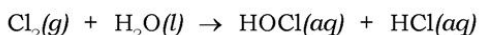
- a) Klor kering bereaksi dengan logam yang telah dipanaskan memberikan klorida anhidrous.



- b) Reaksi klor dengan hidrogen memberikan reaksi ledakan jika dua gas dikenai cahaya ultraviolet, tetapi jika diberi katalis karbon aktif kedua gas dapat bereaksi meskipun lambat pada suhu kamar membentuk HCl.



- c) Klor yang larut dalam air membentuk air klor, sebagian klor akan bereaksi menghasilkan asam hipoklorit dan asam hidroklorat.



- d) Reaksi substitusi

Reaksi substitusi terjadi antara klor dengan senyawa hidrokarbon jenuh. Dalam reaksi tersebut atom hidrogen digantikan oleh atom klor.

- e) Reaksi adisi

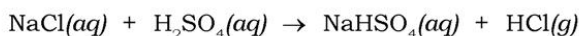
Reaksi adisi terjadi antara klor dengan hidrokarbon tak jenuh.

5) *Sifat dan Reaksi Senyawa Klorida*

- a) HCl

(1) Sifat-sifat HCl

HCl dibuat di laboratorium dengan cara memanaskan asam sulfat pekat dengan natrium klorida sampai suhu 300°C.



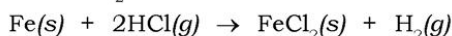
HCl merupakan gas tak berwarna, dengan titik didih -85°C, dengan bau pedas. Bila HCl dicairkan maka menjadi senyawa kovalen yang tidak menghantarkan listrik dan tidak memiliki sifat asam. Gas HCl sangat larut dalam air (1 satuan volume air melarutkan lebih dari 500 satuan volum gas HCl pada STP). Larutan asam hidroklorat (asam HCl) dibuat dengan melarutkan

gas HCl ke dalam air. Asam HCl yang pekat yang sering digunakan di laboratorium mengandung sekitar 38% HCl dan memiliki rapatan atau massa jenis  $1,20 \text{ g/cm}^3$ .

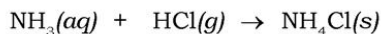
(2) Reaksi-reaksi dengan HCl

(a) HCl sebagai gas

Gas HCl bereaksi dengan beberapa logam membentuk garam klorida pada pemanasan. Logam yang memiliki dua valensi, maka klorida dengan valensi logam yang lebih rendah akan terbentuk. Misalkan logam Fe memiliki valensi II dan III, maka besi klorida yang terbentuk adalah besi(II) klorida atau  $\text{FeCl}_2$ .

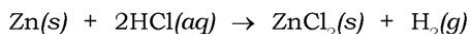


Gas HCl bereaksi dengan amonia menghasilkan awan putih, yang terdiri dari partikel amonium klorida padat yang tersuspensi di udara.



(b) HCl sebagai asam

Asam HCl merupakan asam monobasis yang kuat. Asam HCl bereaksi dengan beberapa logam, basa, dan karbonat membentuk garam klorida, tetapi merkuri, perak, platina, dan emas tidak larut dalam asam HCl.



Asam HCl merupakan pereduksi yang cukup kuat, dapat teroksidasi menjadi klor ( $\text{Cl}_2$ ) oleh zat pengoksidasi seperti  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ , dan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

(c) Kegunaan HCl

Asam HCl atau sering kita sebut asam klorida digunakan untuk pembuatan klorida, untuk mengasamkan logam maksudnya untuk membersihkan permukaan logam dari karat sebelum penyepuhan, dan merupakan reagen yang penting di laboratorium.

b) Oksida klor dan asam oksiklor

Oksida klor dan asam oksiklorin disajikan dalam Tabel 3.4 dan 3.5

**Tabel 3.4 Oksida Klor**

Nama	Rumus	Warna	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)
Klor monoksida	Cl <sub>2</sub> O	Gas cokelat	-12	3
Klor dioksida	ClO <sub>2</sub>	Gas kuning	-59	10
Klor heksosida	Cl <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Cairan merah	3	Sekitar 200
Klor heptoksida	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Cairan tak berwarna	-92	Sekitar 80

**Tabel 3.5 Asam Oksiklor**

Nama	Rumus	Struktur	Kekuatan	Garam
Asam hipoklorit	HOCl	H - O - Cl	Asam sangat lemah	Hipoklorit
Asam klorit	HClO <sub>2</sub>	H - O - Cl → O	Asam lemah	Klorit
Asam klorat	HClO <sub>3</sub>	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \nearrow \\  \text{H} - \text{O} - \text{Cl} \\  \searrow \\  \text{O}  \end{array}  $	Asam kuat	Klorat
Asam perklorat	HClO <sub>4</sub>	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \uparrow \\  \text{H} - \text{O} - \text{Cl} - \rightarrow \text{O} \\  \downarrow \\  \text{O}  \end{array}  $	Asam sangat kuat	Perklorat

Semua oksida klor sangat tidak stabil. Oksida tersebut meledak bila dipanaskan atau kontak dengan bahan organik, sulfur atau fosfor.



### c. Brom

#### 1) Sifat

Brom pada suhu kamar merupakan cairan yang berwarna cokelat kemerahan dan beracun. Brom terdistribusi secara luas di alam. Brom meleleh pada  $-7,2^{\circ}\text{C}$  ( $19,0^{\circ}\text{F}$ ), dan mendidih pada  $58,8^{\circ}\text{C}$  ( $137,8^{\circ}\text{F}$ ). Brom memiliki sifat kimia yang mirip dengan klor bahkan tidak dapat dikenali sebagai unsur tersendiri sampai tahun 1826, ketika unsur brom ditemukan dan diisolasi oleh ahli kimia berkebangsaan Perancis bernama Antoine Jerome Balard. Brom mudah larut dalam air, dan larutannya yang berwarna cokelat dikenal sebagai air brom. Cairan brom dapat menyebabkan luka yang menyakitkan bila terkena kulit dan uapnya beracun dan mengiritasi.



Sumber: Encarta Encyclopedia  
Gambar 3.10 Brom cair

#### 2) Kegunaan

Brom digunakan untuk pembuatan pewarna tertentu dan dibromoetana (etilena bromida), sebagai komponen cairan *antiknocking* bensin bertimbal, dan juga digunakan dalam senyawa fotografik. Di laboratorium, brom dan air brom digunakan untuk menguji ketidakjenuhan lemak atau minyak.

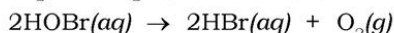
Etil bromida ( $\text{CH}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ ) suatu zat aditif yang dicampurkan ke dalam bensin bertimbal (TEL) untuk mengikat timbal, sehingga tidak melekat pada silinder atau piston. Timbal tersebut akan membentuk  $\text{PbBr}_2$  yang mudah menguap dan keluar bersama-sama dengan gas buangan, sehingga mencemarkan udara.

$\text{AgBr}$  merupakan bahan yang sensitif terhadap cahaya digunakan dalam film fotografi. Natrium bromida ( $\text{NaBr}$ ) sebagai obat penenang saraf.

#### 3) Reaksi-reaksi dengan Brom

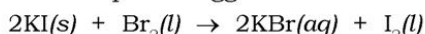
Kereaktifan brom lebih kecil daripada klor. Brom tidak bereaksi dengan hidrogen pada suhu kamar, kecuali kalau diberi katalis Pt, tetapi brom dengan mudah bergabung dengan hidrogen pada suhu  $200^{\circ}\text{C}$  membentuk  $\text{HBr}$ . Brom, seperti juga klor berperan dalam reaksi substitusi dan adisi dengan senyawa organik. Reaksi-reaksi dengan brom antara lain:

- Brom yang larut dalam air, sebagian bereaksi membentuk asam hipobromit. Asam ini bila dipanaskan atau terkena cahaya akan menghasilkan oksigen.



b) Brom bereaksi dengan larutan alkalis sebagaimana klor, membentuk bromida dan hipobromit atau bromat sesuai dengan suhu.

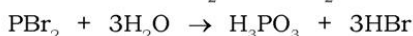
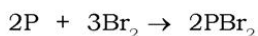
c) Brom dapat menggantikan iodin dari larutan iodida



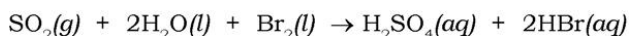
#### 4) Sifat dan Reaksi Senyawa Bromida

a) HBr

Senyawa HBr dibuat dengan cara menambahkan  $\text{Br}_2$  ke dalam campuran fosfor merah dan air.



Larutan asam bromida dibuat dengan cara mengalirkan gas  $\text{SO}_2$  ke dalam air brom.



HBr merupakan gas yang tidak berwarna, memiliki titik didih  $-69^\circ\text{C}$ , dan sangat larut dalam air (600 satuan volume gas HBr larut dalam 1 satuan volume air pada STP), dan menghasilkan larutan asam kuat. HBr merupakan pengoksidasi yang lebih kuat daripada HCl. Asam bromida menjadi berwarna kuning bila kena cahaya matahari karena terjadi oksidasi menghasilkan  $\text{Br}_2$ .



b) Oksida brom

Oksida brom sangat tidak stabil dan sulit dibuat. Contoh senyawa oksida brom adalah HOBr(hipobromit) dan  $\text{HBrO}_3$  (asam bromat).

#### 5) Identifikasi Bromida

Garam-garam bromida umumnya larut dalam air kecuali dari perak, timbal, merkuri, dan tembaga(I). Tahukah kalian bagaimana kita mengetahui adanya bromida dalam larutan? Bromida dapat diketahui dengan melakukan uji sebagai berikut:

a) Pengendapan dengan  $\text{AgNO}_3$

Larutan bromida diberi beberapa tetes larutan  $\text{AgNO}_3$ , maka timbul endapan kuning pucat yang tidak dapat larut dalam asam nitrat encer tetapi larut dalam larutan amonia.

b) Reaksi dengan asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Bila dicampur dengan asam sulfat pekat, larutan bromida memberikan uap brom yang berwarna cokelat merah dan uap putih HBr. Jika  $\text{MnO}_2$  ditambahkan lalu campuran dipanaskan maka akan dihasilkan hanya uap  $\text{Br}_2$ , yang mudah dikenali melalui bau, warna dan kemampuannya sebagai pemutih (*bleaching*).

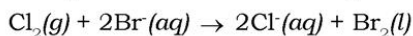
c) Reaksi oksidasi dengan klor

Jika larutan bromida ditambahi air klor dan kloroform, kemudian kocok, maka akan terjadi perubahan warna cokelat kuning dari  $\text{Br}_2$  yang larut dalam kloroform.

6) Pembuatan bromin ( $\text{Br}_2$ )

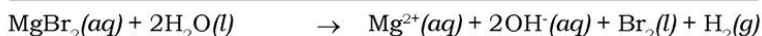
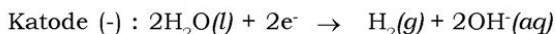
a) Cara reaksi redoks

Brom dibuat dengan cara mengoksidasi ion bromida yang terdapat dalam air laut dengan klorin, menurut reaksi:



b) Cara elektrolisis

Brom dibuat dengan cara elektrolisis larutan garam  $\text{MgBr}_2$  dengan menggunakan elektrode inert, menurut reaksi:



#### d. Iodin ( $\text{I}_2$ )

1) Sifat

Iod merupakan padatan yang berwarna hitam, dengan massa jenis  $4,94 \text{ g/cm}^3$ , menguap sedikit pada suhu kamar, dan menyublim bila dipanaskan, menghasilkan uap berwarna violet (lembayung). Iod berupa molekul dwiatom sampai suhu sekitar  $700^\circ\text{C}$ , di atas suhu ini iod terdisosiasi menjadi atom tunggal. Jika iod dipanaskan dengan cepat akan meleleh pada  $114^\circ\text{C}$  dan mendidih pada  $184^\circ\text{C}$ . Uap iod mengiritasi dan beracun. Iod sedikit larut dalam air, memberikan larutan berwarna cokelat, tetapi larut dengan cepat dalam beberapa pelarut organik membentuk larutan cokelat jika pelarut tersebut mengandung oksigen (misalkan, alkohol dan eter) dan larutan violet jika pelarut tidak mengandung oksigen (misalkan,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$ , dan  $\text{CS}_2$ ).

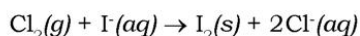
## 2) Kegunaan Iod

Iod merupakan germisida (obat kuman) yang ampuh dan larutan iod 2% dalam alkohol yang dikenal sebagai "tincture of iodine" digunakan sebagai antiseptik. Iod biasanya sebagai iodida, diperlukan dalam pembuatan iodoform dan berbagai senyawa organik lain yang bernilai obat. Iod merupakan unsur esensial bagi pertumbuhan yang sehat dan kesuburan (fertilitas) binatang. Kekurangan iod dalam pola makan manusia mengakibatkan penyakit gondok, untuk mencegahnya maka sejumlah iodida atau iodat ditambahkan ke dalam garam meja.

KI digunakan sebagai obat antijamur dan iodoform ( $\text{CHI}_3$ ) sebagai zat antiseptik. AgI merupakan bahan yang sensitif terhadap cahaya digunakan dalam film fotografi.

## 3) Pembuatan Iodin

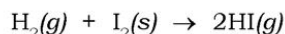
Secara komersial iodin dibuat dengan mengoksidasi ion iodida yang terdapat dalam air laut dengan klorin



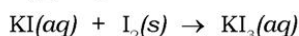
## 4) Reaksi-reaksi dengan Iod

Reaksi-reaksi dengan iod antara lain:

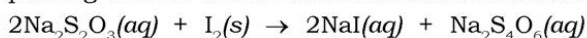
- a) Reaksi dengan unsur lain membentuk iodida, bila dipanaskan. Reaksi dengan  $\text{H}_2$  berlangsung lambat, reversibel, dan tak sempurna, meskipun diberi katalis Pt.



- b) Iod dengan mudah larut dalam larutan KI membentuk larutan kalium triiodida,  $\text{KI}_3$  yang berwarna merah tajam.



- c) Iod merupakan pengoksidasi yang cukup kuat, bereaksi dengan natrium tiosulfat membentuk natrium tetratrat. Reaksi ini penting karena untuk menstandarisasi larutan iod.



## 5) Sifat dan Reaksi dengan Senyawa Iod

HI (asam iodida) memiliki sifat fisik dan kimia yang mirip dengan HCl dan HBr. HI sangat larut dalam air membentuk larutan asam yang kuat yang dikenal sebagai *asam hidriodat*. Asam hidriodat merupakan pereduksi yang sangat kuat. Asam ini teroksidasi menjadi iod oleh pengoksidasi lain.



6) *Identifikasi Iod*

Unsur ini mudah dikenali melalui:

- Uapnya yang berwarna ungu.
- Warna larutan iod berubah menjadi biru bila diberi amilum.
- Larutan iod dalam kloroform berwarna violet.



Sumber: <http://bangladesh.com>

**Gambar 3.11** Orang menderita penyakit gondok karena kekurangan iodin

Untuk menumbuhkan **etos kerja** dan mengembangkan **kecakapan vokasional** kalian, lakukan percobaan berikut.

### Percobaan

**Tujuan:**

Mengamati daya oksidasi halogen dan daya reduksi halida.

**Alat:**

- Gelas ukur
- Tabung reaksi

**Bahan:**

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| 1. Air klorin        | 5. Larutan KBr 0,1 M      |
| 2. Air bromin        | 6. Larutan KI 0,1 M       |
| 3. Iodin padat       | 7. Larutan $\text{CCl}_4$ |
| 4. Larutan KCl 0,1 M |                           |

**Cara Kerja:**

- Isilah 2 buah tabung reaksi masing-masing dengan 2 mL air klorin. Tambahkan pada tabung pertama dengan 2 mL larutan KBr 0,1 M dan 2 mL  $\text{CCl}_4$ . Pada tabung kedua ditambah dengan 2 mL larutan KI 0,1 M dan 2 mL  $\text{CCl}_4$ . Kocok dan amati perubahannya.

- Untuk reaksi oksidasi bromin ulangi percobaan No.1. Gunakan air bromin dengan larutan KCl dan KI.
- Untuk reaksi oksidasi iodin, ulangi percobaan No. 1. Gunakan iodin padat dengan larutan KCl dan KBr.

**Data Pengamatan:**

No	Zat yang Bereaksi	Pengamatan
1.	Air klorin + KBr + $\text{CCl}_4$	.....
2.	Air klorin + KI + $\text{CCl}_4$	.....
3.	Air bromin + KCl + $\text{CCl}_4$	.....
4.	Air bromin + KI + $\text{CCl}_4$	.....
5.	Iodin + KCl + $\text{CCl}_4$	.....
6.	Iodin + KBr + $\text{CCl}_4$	.....

**Pertanyaan:**

- Tentukan reaksi yang dapat berlangsung dan tidak dapat berlangsung! Tuliskan persamaan reaksinya!
- Sebutkan halogen pengoksidasi dan halida pereduksi dari reaksi di atas!
- Urutkan daya pengoksidasi halogen dan daya pereduksi halida dari yang kuat ke lemah berdasarkan kenaikan daya reduksinya!

**3. Unsur-unsur Periode Ketiga (P, S, Al)**

**a. Sifat Unsur Periode Ketiga**

Unsur periode ketiga terdiri dari natrium (Na), magnesium (Mg), aluminium (Al), silikon (Si), fosfor (P), belerang (S), klorin (Cl), dan argon (Ar). Unsur-unsur tersebut mempunyai tiga kulit elektron pada masing-masing atomnya, tetapi jumlah elektronnya berbeda sehingga sifatnya pun berbeda. Perhatikan Tabel 3.6 berikut.

**d. Unsur-unsur Periode Ketiga**

**Tabel 3.6 Data Sifat Periodik Unsur-unsur Periode Ketiga**

No	Sifat-sifat	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
1.	Nomor atom	11	12	13	14	15	16	17	18
2.	Elektron valensi	$3s^1$	$3s^2$	$3s^2 3p^1$	$3s^2 3p^2$	$3s^2 3p^3$	$3s^2 3p^4$	$3s^2 3p^5$	$3s^2 3p^6$
3.	Energi ionisasi	495,9	738,1	577,9	786,3	1012	999,5	1251	1521
4.	Jari-jari atom	1,90	1,60	1,43	1,11	1,06	1,02	0,99	0,94
5.	Bilangan oksidasi tertinggi	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	-



No	Sifat-sifat	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
6.	Senyawa oksidasi tertinggi	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	-
7.	Ikatan oksida	Ion	Ion	Ion	Kovalen	Kovalen	Kovalen	Kovalen	-
8.	Senyawa basa/ Na asam	(OH)	Mg(OH) <sub>2</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HClO <sub>4</sub>	-
9.	Kekuatan basa/ asam	Sangat kuat	Agak kuat	Amfoter	Sangat lemah	Lemah	Kuat	Sangat kuat	-
10.	Titik leleh (°C)	97,8	650	660	1410	44,2	119	-101,0	-189,4
11.	Titik didih (°C)	892,0	1,170	2450	2.680	280,0	445	-34,7	-185,5

Sumber: Kimia Unsur (H. Achmat)

### b. Unsur-unsur Periode Ketiga

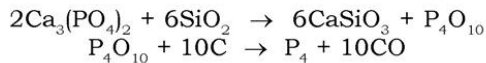
Unsur periode ketiga yang akan diuraikan dalam bab ini adalah fosfor, aluminium, dan sulfur yang meliputi terdapatnya di alam, pembuatan, dan sifat-sifatnya serta kegunaannya.

#### 1) Fosfor (P)

Unsur P tidak terjadi secara alami, tetapi terdeposit dari mineral fosfat, misalkan fosforit atau batuan fosfat Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> dan apatit CaF<sub>2</sub>·3Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Fosfor biasanya sebagai fosfat, merupakan komponen utama dari semua bahan hidup tulang dan gigi yang sebagian terdiri dari kalsium fosfat.

#### a) Pembuatan

Sumber utama unsur fosfor adalah kalsium fosfat dari mineral deposit atau abu tulang. Mineral ini dipanaskan sampai sekitar 1500°C dalam tanur listrik dengan pasir dan karbon. Silika akan menggantikan fosfor pentoksida, yang kemudian direduksi oleh karbon.



Fosfor yang diperoleh dimurnikan dengan cara distilasi.

#### b) Sifat-sifat fosfor

Fosfor mempunyai bentuk alotropi yaitu berwarna putih dan merah. Fosfor putih disimpan dalam air dingin. Hal ini karena suhu pada saat terbakar sangat rendah. Uapnya sangat beracun, sekitar 0,1 g cukup mengakibatkan kematian, sehingga uapnya tidak boleh dihirup. Bila kena udara, fosfor putih memancarkan cahaya kehijauan yang tampak di ruang gelap, sebuah gejala yang disebut *fosforesensi*. Efek ini dapat digunakan untuk mendeteksi adanya fosfor putih.

c) Kegunaan

Fosfor digunakan sebagai bahan baku pembuatan asam fosfat dan garamnya. Fosfor putih digunakan untuk racun tikus. Penggunaan pada ujung korek api tidak diperbolehkan lagi karena beracun dan bagian penggosok koreknya mengandung sesquisulfida ( $P_4S_3$ ) yang dicampur dengan kalium klorat, lem, serbuk gelas, dan pewarna. Korek api yang lebih aman biasanya mengandung fosfor merah dan antimon sulfida pada kotak dan zat pengoksidasi dan suatu abrasif di ujungnya.

2) Aluminium (Al)

Dalam tabel periodik, aluminium juga termasuk dalam periode 3. Nama aluminium diturunkan dari kata *alum* ( $Ka(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ). Alum sendiri berasal dari kata *alumen* yang artinya garam pahit. Tingkat oksidasi Al dalam senyawanya sebesar +3. Logam Al tahan terhadap korosi karena reaksi Al dengan  $O_2$  di udara membentuk lapisan tipis nonpori  $Al_2O_3$  yang berfungsi melindungi permukaan dari korosi.

a) Sumber Al

Aluminium sangat berlimpah di alam. Aluminium merupakan logam terbanyak di kerak bumi (~ 8,3% berat kerak bumi) dan terbanyak ketiga setelah oksigen (~45,5%). Al sangat reaktif khususnya dengan oksigen, sehingga jarang ditemukan Al dalam keadaan bebas di alam, melainkan sebagai senyawanya yang merupakan penyusun bijih bauksit. Rumus umum bauksit adalah  $AlO_x(OH)_{3-2x}$  dengan harga  $x$  antara 0 dan 1, yaitu ( $0 < x < 1$ ).

Selain bauksit Al terdapat dalam batuan aluminosilikat termasuk feldspar dan mika. Berbagai mineral lempung seperti kaolin, spinel, garnet, beril, dan kriolit ( $Na_3AlF_6$ ) juga merupakan sumber Al.



Sumber : [en.wikipedia.org/wiki/Aluminium#Properties](http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium#Properties)

**Gambar 3.12** Sepotong aluminium dengan panjang 15 cm, dengan uang cent U.S disertakan sebagai skala

b) Sifat-sifat Al

Aluminium merupakan logam yang lunak, ringan dengan kenampakan seperti perak yang disebabkan oleh lapisan tipis hasil oksidasi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Oksida aluminium memiliki titik leleh lebih tinggi daripada titik leleh aluminium murni. Aluminium merupakan logam yang tidak beracun (nontoksik), tidak memiliki sifat magnetik dan tidak mengeluarkan percikan api. Aluminium memiliki kekuatan tarik sekitar 49 megapascal (MPa) dalam keadaan murni dan 400 MPa sebagai paduan (*alloy*), dapat ditempa, dan mudah dicetak. Aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat baik dan tahan lama untuk digunakan karena permukaannya terlindungi oleh lapisan oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Dalam hal mudah ditempa, logam ini menempati urutan kedua setelah emas. Aluminium juga sebagai konduktor panas yang baik.

c) Kegunaan Al

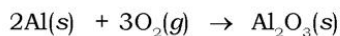
Aluminium ditemukan terutama dalam bijih bauksit dan memiliki ketahanan terhadap korosi dan bobotnya ringan. Logam aluminium digunakan di berbagai industri untuk membuat berbagai macam produk dan sangat penting secara ekonomis. Aluminium dan paduannya menjadi komponen yang penting dalam industri pesawat dan bidang lain seperti transportasi dan pembangunan gedung.

Kalau ditinjau dari segi harga atau jumlah, penggunaan Al melebihi logam lainnya kecuali besi dan penting dari kaca mata ekonomi. Al murni memiliki kekuatan tarik yang rendah, tetapi dengan mudah membentuk *alloy* dengan logam lain seperti Cu, Zn, Mg, Mn, dan Si (misal, duralumin). Penggunaan Al antara lain, dalam:

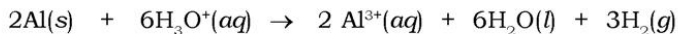
- (1) Transportasi (mobil, pesawat, sepeda dan sebagainya).
- (2) Pengemas (kaleng, kertas aluminium foil, dan sebagainya).
- (3) Konstruksi (jendela, pintu, kawat, dan sebagainya).

d) Sifat kimia senyawa aluminium

Aluminium dalam bentuk serbuk dapat terbakar dalam api menghasilkan debu awan aluminium oksida. Reaksi ini merupakan reaksi oksidasi,



Logam Al bersifat amfoterik artinya mampu bereaksi dengan asam maupun basa. Reaksi dengan asam kuat dapat menghasilkan gas hidrogen sedang reaksi dengan basa kuat menghasilkan aluminat. Persamaan reaksinya:



Ion  $\text{Al}^{3+}$  dalam air terdapat dalam bentuk ion  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}(aq)$ . Pada penambahan basa ( $\text{OH}^-$ ), pertama kali akan dihasilkan endapan aluminium hidroksida, lalu larut lagi dalam basa berlebihan membentuk ion aluminat.



### 3) Sulfur (S)

Belerang atau sulfur adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang S dan nomor atom 16. Belerang dihasilkan dari proses vulkanisme. Bentuknya adalah nonmetal yang tak berasa, tak berbau, dan multivalensi. Belerang, dalam bentuk aslinya, adalah sebuah zat padat kristalin kuning. Sifat-sifat fisik belerang adalah kristal belerang berwarna kuning, kuning kegelapan, dan kehitam-hitaman karena pengaruh unsur pengotornya. Unsur ini mempunyai berat jenis: 2,05 - 2,09 dan indeks kekerasan: 1,5 - 2,5 (skala Mohs). Sifat fisik lainnya adalah getas/mudah hancur (*brittle*), pecahannya berbentuk konkoidal dan tidak rata. Sifat belerang lainnya adalah: tidak larut dalam air, atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Titik lebur  $129^\circ\text{C}$  dan titik didihnya  $446^\circ\text{C}$ . Mudah larut dalam  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ , minyak bumi, minyak tanah dan anilin, penghantar panas dan listrik yang buruk. Apabila dibakar apinya berwarna biru dan menghasilkan gas-gas  $\text{SO}_2$  yang berbau busuk.

Belerang memiliki sifat yang sama dengan oksigen antara lain, yaitu keduanya membentuk senyawa ionik dengan logam aktif, dan keduanya membentuk senyawa kovalen seperti  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CS}_2$  dan  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SCL}_2$  dan  $\text{Cl}_2\text{O}$ . Perbedaan terletak pada jari-jari atom dan elektronegativitas. Jari-jari atom O sebesar  $0,73 \text{ \AA}$  sementara jari-jari atom S adalah  $1,04 \text{ \AA}$ . Elektronegativitas O sebesar 3,5 sedangkan elektronegativitas S hanya 2,5.

#### a) Sumber S

Di alam, belerang dapat ditemukan sebagai unsur murni atau sebagai mineral-mineral sulfida dan sulfat, gas  $\text{H}_2\text{S}$  dalam gas alam, dan sebagai senyawa belerang organik dalam batubara dan minyak.



Sumber : en.wikipedia.org

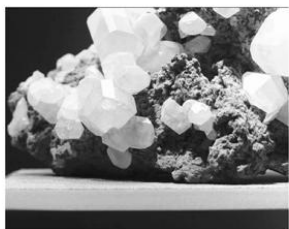
**Gambar 3.13** Bijih belerang di New Zealand

b) Sifat-sifat sulfur

Pada suhu kamar, sulfur merupakan padatan yang lunak berwarna kuning terang. Sulfur sebenarnya tidak berbau seperti bau telur busuk. Bau seperti telur busuk sebenarnya disebabkan oleh hidrogen sulfida dan senyawa belerang organik. Sulfur terbakar dengan nyala biru memancarkan sulfur dioksida. Sulfur tidak dapat larut dalam air tetapi dapat larut dalam karbon disulfida ( $\text{CS}_2$ ) dan dalam pelarut organik lain seperti benzena meskipun dengan kelarutan yang rendah. Keadaan oksidasi sulfur meliputi -2, +2, +4, dan +6. Sulfur membentuk senyawa yang stabil dengan semua unsur lain kecuali dengan unsur gas mulia.

**Fokus Kimia**

Sumber air panas yang berasal dari geiser banyak mengandung belerang yang dapat digunakan untuk mengobati berbagai macam penyakit kulit seperti panu, kadas, dan kurap.



(a)

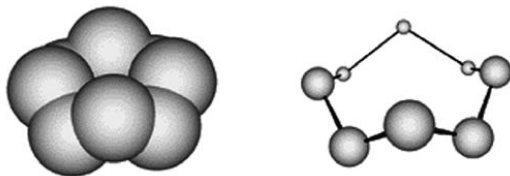


(b)

Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur>

**Gambar 3.14** (a) Kristal sulfur (b) Sulfur meleleh menjadi cair

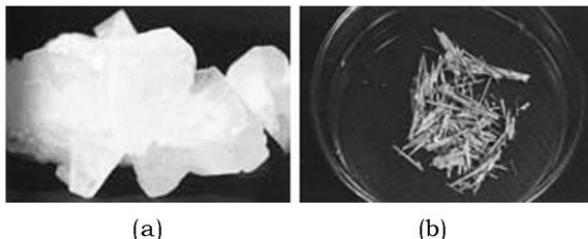
Belerang dalam bentuk padatan memiliki struktur molekul  $\text{S}_8$  yang berbentuk mahkota siklis. Belerang memiliki banyak *allotrop*. Penghilangan satu atom S dari molekul  $\text{S}_8$  akan menghasilkan bentuk molekul  $\text{S}_7$  yang bertanggung jawab dalam pewarnaan kuning belerang. Banyak molekul belerang yang telah dibuat seperti  $\text{S}_{12}$  dan  $\text{S}_{18}$ .



Sumber: [www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=40](http://www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=40)

**Gambar 3.15** Molekul siklik dari belerang padat ( $\text{S}_n$ )

Unsur belerang dapat ditemukan dalam beberapa bentuk allotropi, dua di antaranya adalah monoklinik dan rhombik belerang seperti gambar di bawah ini.



Sumber : <http://www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=40>

**Gambar 3.16** (a) Monoklinik belerang, (b) Rhombik belerang

c) Kegunaan S

Sulfur merupakan unsur penting untuk kehidupan dan ditemukan dalam dua asam amino. Penggunaan komersilnya terutama dalam fertiliser namun juga dalam bubuk mesiu, korek api, insektisida dan fungisida. Belerang banyak digunakan di industri pupuk, kertas, cat, plastik, bahan sintesis, pengolahan minyak bumi, industri karet dan ban, industri gula pasir, accu, industri kimia, bahan peledak, pertentanan, film dan fotografi, industri logam dan besi baja.

d) Senyawa belerang

Senyawa belerang secara garis besar dapat dibagi menjadi senyawa belerang organik dan anorganik. Senyawa belerang anorganik di antaranya adalah sebagai berikut.

- (1) Sulfida ( $S^{2-}$ ), merupakan ion biasanya berasal dari kadmium sulfida (CdS).
- (2) Sulfit ( $SO_3^{2-}$ ), garam asam sulfit ( $H_2SO_3$ ) yang dihasilkan dengan cara melarutkan  $SO_2$  ke dalam air. Asam sulfat dan asam sulfit merupakan zat pereduksi yang kuat. Zat lain yang diturunkan dari  $SO_2$  meliputi pirolusit atau ion metabisulfit ( $S_2O_5^{2-}$ ).
- (3) Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ), garam asam sulfat. Asam sulfat juga bereaksi dengan  $SO_3$  dalam perbandingan yang sama membentuk asam pirolusit ( $H_2S_2O_7$ ).



#### 4) Silikon (Si)

Unsur silikon tidak terjadi secara alami, tetapi dalam keadaan bergabung terutama dengan oksigen sebagai silika dan silikat. Silikon merupakan unsur kedua terbanyak di kulit bumi.

Silika dan silikat terikat dalam mineral, batuan, pasir dan lempung. Silika (SiO<sub>2</sub>) merupakan senyawa paling umum. Kuarsa merupakan salah satu bentuk kristal SiO<sub>2</sub> murni. Silikat adalah mineral terbanyak dalam kulit bumi. Contoh silikat ditunjukkan pada Tabel 3.7

**Tabel 3.7 Beberapa Silikat**

Mineral	% dalam Kulit Bumi	Struktur	Rumus dan Nama Umum
Feldspar	49	Kristal besar dalam tiga dimensi	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , <i>ortoklase</i> NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , <i>albit</i> CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> , <i>anortit</i> Na <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> Cl, <i>sodalit</i>
Kuarsa	21	Kristal besar dalam tiga dimensi	SiO <sub>2</sub> , <i>silika</i>
Amfibol atau piroksena	15	Kristal besar dalam satu dimensi (seperti rantai)	CaSiO <sub>3</sub> , <i>wolastonit</i> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>tremolit</i> (suatu asbes)
Mika	8	Kristal besar dalam dua dimensi (seperti lapisan)	KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>muskovit</i>

Sumber: General Chemistry (James Brady)

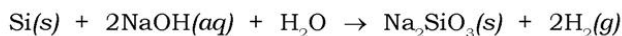
#### a) Sifat-sifat Silikon

Silikon kristalin merupakan padatan keras berwarna abu-abu, massa jenis 2,35 g/cm<sup>3</sup>, melebur pada sekitar 1400°C, sukar menghantarkan listrik, bergabung dengan fluorin secara spontan dan dengan halogen lainnya serta oksigen pada pemanasan. Silikon sangat tahan terhadap asam, dapat diserang hanya dengan campuran asam nitrat dan asam hidrofliorat pekat. Silikon larut dalam larutan alkalis kaustik pekat, membentuk silikat dan hidrogen.

**Fokus Kimia**

Dalam bidang kedokteran, silikon digunakan sebagai suku cadang buatan bagi tubuh, misalnya untuk pembuatan katup jantung dan payudara buatan yang dipasang secara permanen.

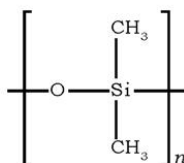
**Sumber:** *Ensiklopedi Umum*



Silikon bergabung dengan banyak logam membentuk silikida pada pemanasan, misalnya magnesium silikida ( $Mg_2Si$ ). Pada pemanasan kuat silikon dengan karbon, menghasilkan silikon karbida (SiC).

b) Kegunaan silikon

Paduan dengan besi sebagai ferrosilikon digunakan sebagai deoksidasi dan untuk membuat baja tahan asam. Silikon murni saat ini telah dapat diperoleh dan digunakan dalam elektronika sebagai semikonduktor, untuk membuat transistor. Silikon juga digunakan untuk chip komputer dan sel surya.



Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/Silicones>

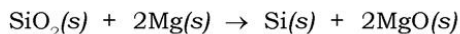
**Gambar 3.17** Lem silikon

Silikon mudah menyerap uap air sehingga digunakan untuk silika gel pada peralatan kamera, peralatan laboratorium, dan kemasan obat-obatan. Silikon juga digunakan untuk membuat kaca/gelas dan lem. Polimer silikon kadang disalahgunakan manusia untuk mengubah jaringan tubuh misal bibir, hidung, dan payudara wanita.

c) Pembuatan

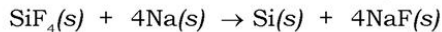
Di laboratorium silikon dibuat dengan berbagai metode:

- (1) Silika dipanaskan dalam suatu krus dengan serbuk magnesium:

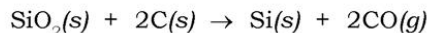


Produk diberikan asam klorida encer (HCl) untuk menghilangkan magnesium oksida, magnesium sisa, dan magnesium silikida. Kemudian disaring yang meninggalkan serbuk berwarna cokelat yang merupakan 97% silikon, sisanya adalah silika.

- (2) Silika dipanaskan dengan serbuk aluminium atau seng. Proses reduksi terjadi dan silikon yang dihasilkan larut dalam leburan logam, lalu terendapkan sebagai kristal pada pendinginan. Logam sisa kemudian dapat dihilangkan dengan asam klorida encer (HCl), dengan menyisakan silikon yang tidak larut.
- (3) Natrium atau kalium dipanaskan dalam atmosfer silikon tetrafluorida. Proses reduksi akan terjadi:



Dalam industri, silikon dibuat melalui pemanasan serbuk karbon (*coke*) dan pasir berlebihan dalam tanur listrik sampai suhu tinggi:



Proses ini dilakukan bila daya hidroelektrik dapat disediakan.

d) Senyawaan silikon

- (1) Silikon dioksida, silika ( $\text{SiO}_2$ )

Senyawa ini terjadi secara alami sebagai kuarsa dan pasir, dan juga sebagai *flint*, *opal*, dan *agate*. *Kieselguhr* juga mengandung silikon, terdiri dari kerangka organisme laut yang disebut diatomeae. Silika murni adalah tidak berwarna tetapi pasir biasanya berwarna kuning atau cokelat karena adanya pengotor feri oksida. Silika terdapat dalam tiga bentuk kristalin: kuarsa (stabil sampai  $870^\circ\text{C}$ ), tridimit (stabil pada kisaran  $870^\circ\text{C}$  -  $1470^\circ\text{C}$ ), dan kristobalit (stabil pada titik leleh  $1470$  sampai  $1710^\circ\text{C}$ ).

Silikon dioksida tidak dapat larut dalam air dan semua asam kecuali asam fluorida, sehingga hal ini menjelaskan mengapa asam ini digunakan untuk melukis kaca:



- (2) Silikon karbida (karborundum) ( $\text{SiC}$ )

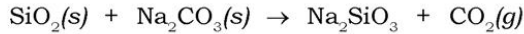
Silikon karbida dibuat melalui pemanasan pasir dan coke dalam tanur listrik sampai suhu sekitar  $3000^\circ\text{C}$ . Produk reaksi memadat bila didinginkan.



Silikon karbida merupakan zat yang sangat keras setelah intan, sehingga digunakan secara luas sebagai abrasif dan memiliki struktur tetrahedral seperti intan.

(3) Natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

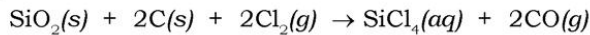
Natrium silikat dibuat melalui pemanasan tinggi dari serbuk kuarsa dan natrium karbonat sampai campuran melebur.



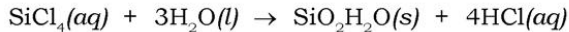
Natrium silikat merupakan padatan tak berwarna, memiliki titik lebur  $1090^\circ\text{C}$ , yang dapat larut dalam air panas membentuk cairan sirup, yang dikenal sebagai *water glass*. Zat ini digunakan dalam kayu tahan api, dan untuk mengawetkan telur. Larutan encer natrium silikat dapat digunakan untuk membuat taman kimia (*chemical garden*).

(4) Silikon tetraklorida ( $\text{SiCl}_4$ )

Silikon tetraklorida dibuat melalui pemanasan tinggi campuran silika dan karbon dalam arus klorin.



Silikon tetraklorida merupakan cairan tidak berwarna, dengan titik didih  $59^\circ\text{C}$ , yang menguap di udara berembun sampai terhidrolisis.



Zat ini digunakan dalam pembuatan silikon.

Untuk mengembangkan **wawasan ke-Indonesiaan** dan **kecakapan sosial**, kerjakan tugas berikut.

### Tugas

1. Bijih utama aluminium yang sering digunakan untuk logamnya adalah bauksit. Carilah pertambangan bauksit di Indonesia?
2. Aluminium dan logam lainnya termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Namun di sisi lain, aluminium banyak kegunaannya. Hal ini membuat aluminium tergolong logam yang relatif mahal. Bagaimana solusi kalian terhadap masalah ini? Diskusikan dengan teman kalian!
3. Senyawa belerang trioksida bila larut dalam air membentuk asam sulfat. Air hujan yang mengandung asam sulfat disebut juga asam. Jelaskan penyebab dan pengaruhnya terhadap makhluk hidup dan lingkungan? Menurut kalian bagaimana cara mengatasinya? Diskusikan dengan teman kalian!

## B. Unsur-unsur Transisi

Unsur-unsur transisi mirip satu dengan lainnya. Unsur ini berwujud padat yang bersifat keras, logam elektropositif lemah dengan titik didih dan titik lebur yang tinggi. Kecuali scandium dan zink, mereka semua menunjukkan valensi yang bervariasi dan membentuk ion berwarna dalam larutan. Di samping itu unsur transisi menunjukkan aktivitas katalitik dan memiliki kecenderungan untuk membentuk ion kompleks. Sifat logam transisi ditunjukkan dalam Tabel 3.8.

### Fokus Kimia

Umumnya logam-logam transisi bersifat tahan karat dan bila dicampur dengan logam lain menghasilkan paduan logam yang sangat keras dan kuat.

**Tabel 3.8 Sifat-sifat Logam Transisi Deret Pertama**

Unsur	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
<b>Nomor atom</b>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>Konfigurasi elektron</b>	2.8.9.2	2.8.10.2	2.8.11.2	2.8.13.1	2.8.13.2	2.8.14.2	2.8.15.2	2.8.16.2	2.8.18.1	2.8.18.2
<b>Titik leleh (°C)</b>	1400	1720	1710	1900	1250	1530	1490	1450	1083	419
<b>Titik didih (°C)</b>	3800	3200	3500	2480	2000	2730	2900	2840	2350	907
<b>Massa jenis (g/cm<sup>3</sup>)</b>	3,1	4,5	6,1	7,1	7,2	7,9	8,7	8,9	8,9	7,1
<b>Warna M<sup>2+</sup> dalam larutan</b>	-	Cokelat	Ungu	Biru	Pink	Hijau	Pink	Hijau	Biru	-
<b>Valensi (paling umum)</b>	<b>3</b>	<b>2,3,4</b>	<b>2,3,4,5</b>	<b>2,3,6</b>	<b>2,3,4,6,7</b>	<b>2,3</b>	<b>2,3</b>	<b>2,3</b>	<b>1,2</b>	<b>2</b>
<b>Oksida</b>	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub> TiO <sub>2</sub>	VO V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> VO <sub>2</sub> V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CrO Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CrO <sub>3</sub>	MnO Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnO <sub>2</sub> MnO <sub>3</sub> Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	FeO Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cu <sub>2</sub> O CuO	ZnO

### 1. Sifat-sifat Unsur Transisi

Unsur transisi periode keempat mempunyai sifat-sifat khas yang berbeda dengan unsur golongan utama. Sifat-sifat unsur transisi adalah:

#### a. Sifat Logam

Semua unsur transisi tergolong logam.

#### b. Warna Senyawa

Senyawa unsur transisi umumnya berwarna, sedangkan senyawa dari unsur logam golongan utama berwarna putih.



**c. Bilangan Oksidasi**

Unsur transisi mempunyai beberapa bilangan oksidasi, sedangkan unsur logam golongan utama umumnya hanya mempunyai satu jenis bilangan oksidasi.

**d. Ion Kompleks**

Unsur transisi membentuk berbagai macam ion kompleks, sedangkan unsur logam golongan utama tidak banyak yang dapat membentuk ion kompleks.

**e. Banyak Senyawanya Bersifat Paramagnetik**

Unsur-unsur transisi pada umumnya memiliki orbital *d* dan *f* yang belum terisi penuh, sehingga atom, unsur bebas, maupun senyawanya dapat memiliki elektron tidak berpasangan. Hal ini mengakibatkan sifat paramagnetik yaitu **permeabilitasnya** lebih besar daripada satu dan dapat tertarik magnet.

**2. Logam-logam Transisi**

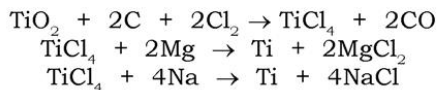
**a. Titanium (Ti)**

1) *Sifat Titanium*

Bijih yang mengandung titanium yang penting hanyalah *rutile* ( $\text{TiO}_2$ ), dan *ilmenite* ( $\text{FeTiO}_3$ ) yang tersebar luas, sehingga titanium merupakan salah satu logam yang paling umum di kulit bumi.

2) *Pembuatan Titanium:*

Ti dapat dihasilkan melalui reduksi kimia. Titanium tetraklorida (dibuat melalui pemanasan dioksida dengan karbon dan klorin) dipanaskan sampai  $850^\circ\text{C}$  dengan magnesium atau natrium dalam atmosfer argon. Reaksinya:



3) *Sifat-sifat Titanium*

Titanium adalah logam yang keras, berwarna abu-abu yang melebur pada sekitar  $1720^\circ\text{C}$ . Massa jenisnya sebesar  $4,5 \text{ g/cm}^3$ , keadaan murni mudah patah, bahkan pada suhu kamar. Asam dan alkalis tidak mudah bereaksi dengan titanium pada suhu kamar. Titanium bereaksi dengan mudah dengan halogen membentuk suatu tetrahalida bila dipanaskan dan terbakar dengan hebat di udara atau nitrogen di atas  $1000^\circ\text{C}$ .



#### 4) Kegunaan Titanium

Paduannya dengan digunakan besi yang disebut *ferrotitanium*, ditambahkan ke dalam leburan baja digunakan untuk menghilangkan gas terlarut. Titanium dan paduannya penting dalam konstruksi pesawat ruang angkasa dan misil. Hal ini karena titik lelehnya yang tinggi, tahan terhadap korosi, dan massa jenisnya yang rendah. Ketahanannya terhadap serangan air laut mengakibatkan banyak digunakan dalam dunia kelautan. Penggunaan yang lain adalah dalam pembedahan untuk menyambung tulang patah karena ringan, tetapi kuat dan tahan korosi dalam tubuh selama hidup pasien.

#### 5) Senyawa Titanium

Dioksida titanium ( $\text{TiO}_2$ ) adalah senyawa yang terpenting.  $\text{TiO}_2$  merupakan padatan putih yang stabil, digunakan sebagai pigmen dalam cat, enamel, dan serbuk wajah, serta sebagai pengisi untuk kertas, sabun, karet, dan linoleum. Oksida ini digunakan secara luas dalam cat, lebih disukai daripada senyawa timbal, barium, dan seng karena opasitasnya yang tinggi, tidak beracun, stabil, dan relatif murah.

Garam-garam titanium mudah terhidrolisis oleh air. Misalkan, titanium tetraklorida yang merupakan cairan tidak berwarna, dengan titik didih  $136^\circ\text{C}$ , menjadi asap di udara berembun dan digunakan sebagai bom asap serta untuk tulisan asap.



Titanium tetraklorida juga digunakan sebagai katalis yang penting pada pembuatan polimer dengan proses *Ziegler*,

#### b. Kromium (Cr)

Logam kromium tidak terdapat bebas di alam bijih yang penting hanyalah kromit, suatu oksida rangkap dari kromium dan besi yang memiliki komposisi,  $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ .

##### 1) Sifat-sifat Kromium

Kromium merupakan logam putih yang keras dengan ketahanan terhadap korosi yang tinggi karena terbentuknya lapisan oksida pada permukaannya. Logam ini larut dalam asam sulfat dan asam klorida encer, tetapi tidak larut dalam asam nitrat dan *aqua regia*. Logam ini juga bereaksi dengan halogen, sulfur, nitrogen, dan karbon bila dipanaskan.

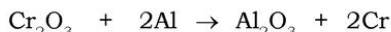
## 2) Pembuatan

Ada dua metode untuk membuatnya, yaitu:

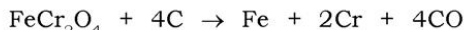
- a) Jika kromium murni yang diakui kromit pertama-tama dilebur dengan alkali yang dialiri udara. Dikromat yang dihasilkan mengkristal dari larutan pekat, selanjutnya direduksi menjadi kromium oksida melalui pemanasan dengan karbon.



Oksida ini lalu direduksi melalui proses termit atau *Goldschmidt eksotermik* tinggi dengan cara memanaskan campurannya dengan serbuk aluminium.



- b) Jika kromium murni tidak diperlukan, tetapi hanya paduan kromium-fero untuk pembuatan baja, kromit dapat direduksi secara langsung dengan memanaskannya dengan karbon dalam tanur listrik.



## 3) Senyawa Kromium

Kromium dapat dalam bentuk divalen, trivalen, dan heksavalen. Kromium divalen dalam garam kromium(II) merupakan pereduksi yang kuat, yang dengan mudah teroksidasi menjadi senyawa kromat oleh udara. Contoh garam kromium(II) yang paling penting adalah  $\text{CrCl}_2$ .

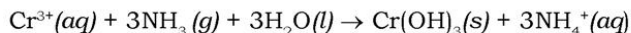
Kromium yang ditemukan di alam umumnya dalam bentuk mineral kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). Di Indonesia, mineral ini terdapat di Sulawesi Tengah.

## 4) Identifikasi Kromium

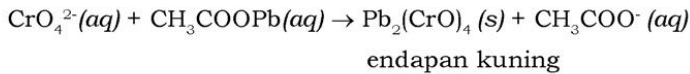
Untuk mengidentifikasi ada tidaknya kromium dalam suatu zat, maka caranya zat tersebut dilarutkan dalam larutan asam klorida encer. Kromium yang ada, akan larut dan membentuk ion  $\text{Cr}^{2+}$  dalam larutan, menurut reaksi:



Ion  $\text{Cr}^{2+}$  ini mudah teroksidasi menjadi ion  $\text{Cr}^{3+}$ . Ion  $\text{Cr}^{3+}$  dapat diidentifikasi menggunakan larutan amonia. Jika ke dalam suatu larutan yang mengandung ion  $\text{Cr}^{3+}$  ini ditambahkan larutan amonia, akan terbentuk endapan seperti gelatin yang berwarna abu-abu biru berupa kromium(III) hidroksida ( $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ).



Kromium dapat juga berada dalam bentuk ion  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Ion ini dapat diketahui dengan cara menambahkan asam asetat encer ke dalam larutan uji. Kocok larutan tersebut, kemudian tambahkan larutan timbal asetat. Jika larutan uji mengandung ion  $\text{CrO}_4^{2-}$ , penambahan preaksi ini akan menghasilkan endapan kuning.



Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian, kerjakan Latihan 3.2 berikut.

### Latihan 3.2

1. Tuliskan konfigurasi elektron  ${}_{22}\text{Ti}$ ,  ${}_{21}\text{Sc}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}$ , dan  ${}_{30}\text{Zn}$ !
2. Pada umumnya ion unsur transisi adalah berwarna. Mengapa  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Cu}^+$ , dan  $\text{Zn}^+$  tidak berwarna?

## C. Unsur-unsur Radioaktif

Bagaimana suatu unsur dapat bersifat radioaktif? Untuk lebih jelasnya bacalah uraian berikut.

### 1. Keradioaktifan

Pengamatan oleh Antoine Henri Becquerel (1896) tentang hitamnya lempeng fotografi yang diletakkan dekat pembuatan uranium merupakan penemuan terbesar tentang keradioaktifan (radioaktivitas). Nama radioaktivitas diusulkan oleh murid Becquerel yaitu Marie Sklodowska. Pada tahun 1898 Marie dan Piere Curie mempelajari keradioaktifan dari suatu bijih uranium yang disebut *pitchblende* dan menemukan unsur baru yang sangat radioaktif yaitu radium.

Penemuan keradioaktifan oleh Becquerel menunjukkan kelemahan teori atom Dalton tentang atom yang tak dapat dibagi lagi. Atom radioaktif mengalami perubahan drastis selagi memancarkan radiasi. Isotop tertentu, yang disebut



Sumber: *Ensiklopedi Umum Pelajar 2*  
**Gambar 3.18** Marie dan Piere Curie

radioisotop, adalah radioaktif karena memiliki inti yang tidak stabil. Kestabilan inti tergantung perbandingan proton dengan neutron. Terlalu banyak atau terlalu sedikit neutron mengakibatkan inti tidak stabil. Suatu inti yang tidak stabil melepaskan energi dengan memancarkan radiasi selama proses peluruhan radioaktif. Inti yang tidak stabil tersebut pelan-pelan mencapai keadaan yang lebih stabil bila ditransformasi menjadi atom dari unsur yang berlainan. Peluruhan radioaktif adalah spontan dan tidak memerlukan sama sekali masukan energi.

Suatu unsur dikatakan radioaktif jika inti atomnya mengalami disintegrasi secara spontan, transformasi menjadi unsur yang berlainan, emisi partikel inti atau radiasi. Radiasi yang dipancarkan zat radioaktif ada tiga jenis yaitu sinar alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ).

## 2. Jenis-jenis Radiasi

Beberapa jenis radiasi dapat dipancarkan selama peluruhan radioaktif. Tabel 3.9 menyajikan sifat-sifat dan jenis radiasi. Jenis radiasi yang berlainan dari sumber radioaktif dapat dipisahkan melalui medan listrik atau magnet.

### a. Radiasi Alfa ( $\alpha$ )

Radiasi alfa terdiri dari inti helium yang dipancarkan dari sumber radioaktif. Partikel alfa mengandung dua proton dan dua neutron dan memiliki muatan positif rangkap. Dalam menulis reaksi kimia inti, partikel alfa ditulis sebagai  ${}^4_2\text{He}$  atau  $\alpha$  dengan muatan dihilangkan.

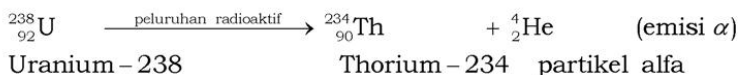
**Tabel 3.9 Karakteristik Beberapa Radiasi**

Sifat	Radiasi Alfa	Radiasi Beta	Radiasi Gamma
Komposisi	Partikel alfa (inti helium)	Partikel beta (elektron)	Radiasi elektromagnetik berenergi tinggi
Simbol	$\alpha$ atau ${}^4_2\text{He}$	$\beta$	$\gamma$
Muatan	2+	1-	0
Massa (sma)	4	1/1873	0
Sumber umum	Radium-226	Karbon-14	Kobalt-60
Energi	5 MeV (1 MeV = $1,60 \times 10^{-13}$ J)	0,05 – 1 MeV	1 MeV

Sifat	Radiasi Alfa	Radiasi Beta	Radiasi Gamma
Daya tembus	Rendah (jaringan tubuh 0,05 mm)	Sedang (jaringan tubuh 4 mm)	Sangat tinggi (menembus tubuh dengan mudah)
Perisai (shielding)	Kertas, kain	Lempengan logam	Timbal ( <i>lead</i> ), beton ( <i>concrete</i> )(perisai tak sempurna)

Sumber: *General Chemistry (Ebbing)*

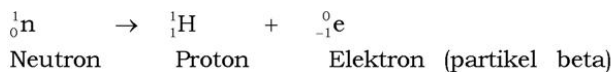
Radioisotop uranium-238 melepaskan radiasi alfa. Isotop yang lebih stabil tetapi masih radioaktif dihasilkan, yaitu thorium-234.



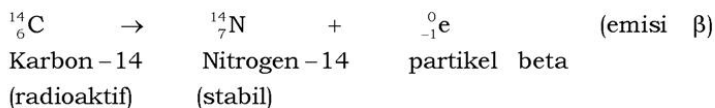
Bila suatu atom melepas sebuah partikel alfa, nomor atom produk diturunkan sebanyak dua dan nomor massa diturunkan sebanyak empat. Oleh karena massa dan muatan yang besar, partikel alfa tidak bergerak jauh dan tidak sangat menembus. Partikel tersebut dengan mudah dihentikan oleh selembar kertas atau sel yang mati pada permukaan kulit, tetapi sangat berbahaya bila terhirup karena dengan mudah menembus jaringan yang lunak.

### b. Radiasi Beta

Elektron yang bergerak cepat yang terbentuk oleh dekomposisi neutron suatu atom. Neutron pecah menjadi proton dan elektron. Elektron yang bergerak cepat ini disebut **partikel beta**.



Proton tetap tinggal dalam inti dan elektron terlempar dari atom. Karbon-14 memancarkan partikel beta pada saat mengalami peluruhan radioaktif untuk membentuk nitrogen-14.





Nomor massa nitrogen-14 yang dihasilkan sama seperti karbon-14, sedangkan nomor atom dinaikkan sebesar 1.

Partikel beta lebih kecil daripada partikel alfa dan memiliki muatan setengahnya. Akibatnya, partikel beta memiliki daya tembus yang lebih besar. Partikel beta dapat dihentikan oleh lempengan aluminium atau sepotong kayu yang tipis.

#### Fokus Kimia

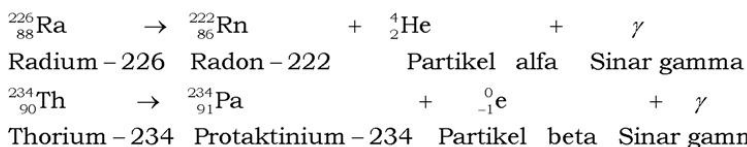
Merangsang keingintahuan

Sinar beta merupakan elektron berenergi tinggi yang bergerak dengan kecepatan yang mendekati kecepatan cahaya.

Sumber: *Ensiklopedi Umum Pelajar 2*

### c. Radiasi Gamma

Sinar gamma adalah radiasi elektromagnetik. Cahaya tampak (cahaya yang kalian lihat) juga radiasi elektromagnetik, tetapi dengan energi yang lebih rendah. Sinar gamma sering dipancarkan oleh inti atom radioaktif yang meluruh seiring dengan radiasi alfa atau beta.



Sinar gamma tidak memiliki massa dan muatan listrik. Dengan demikian, emisi hanya radiasi gamma tidak mengubah nomor atom atau nomor massa suatu atom.

Radiasi sinar-X dihasilkan oleh peluruhan elektron yang tereksitasi dalam atom. Radiasi sinar-X tidak dipancarkan selama peluruhan radioaktif. Sinar-X dan gamma memiliki daya tembus yang besar dan sangat berbahaya. Kedua sinar tersebut dengan mudah menembus kertas, kayu, dan tubuh manusia. Sinar tersebut dapat dihentikan (meskipun tidak sempurna) dengan beton yang tebalnya beberapa kaki atau dengan timbal yang tebalnya beberapa inchi.

### 3. Aplikasi Radioisotop

Aplikasi zat radioaktif sangat luas terutama di negara yang telah maju. Radioisotop yang merupakan isotop suatu unsur yang radioaktif memancarkan sinar radioaktif. Isotop suatu unsur baik yang stabil maupun yang radioaktif memiliki sifat kimia yang sama. Aplikasi radioisotop dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu sebagai perunut dan sumber radiasi.



Penggunaan radioisotop dalam berbagai bidang sebagai perunut dan sumber radiasi, antara lain:

**a. Kimia**

Teknik perunut dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme berbagai reaksi kimia seperti reaksi esterifikasi.

**b. Kedokteran**

Radioisotop natrium-24 dapat digunakan untuk mengikuti peredaran darah dalam tubuh manusia. Larutan NaCl disuntikkan ke dalam darah dan aliran darah dapat diikuti dengan mendeteksi sinar yang dipancarkan, sehingga dapat diketahui bagian sirkulasi darah yang normal atau cacat. Radioisotop fosfor dapat dipakai untuk menentukan lokasi tumor di otak. Radioisotop  $^{56}\text{Fe}$  dapat digunakan untuk mengukur laju pembentukan sel darah merah dalam tubuh dan untuk menentukan apakah zat besi dalam makanan dapat digunakan dengan baik dalam tubuh. Isotop Yod-131 dapat disuntikkan untuk menyembuhkan tumor dalam kelenjar tiroid. Penggunaan yang lain dalam bidang kedokteran adalah untuk sterilisasi. Radiasi gamma dapat membunuh organisme hidup seperti bakteri. Makanan yang disterilisasi dapat bertahan empat atau lima kali lebih lama dari cara biasa yaitu dengan pemanasan.

**c. Pertanian**

Radiasi gamma dapat digunakan untuk memperoleh bibit unggul. Sinar gamma menyebabkan perubahan dalam struktur dan sifat kromosom sehingga memungkinkan menghasilkan generasi yang lebih baik misalkan gandum dengan batang yang lebih pendek.

**d. Industri**

Penggunaan dalam industri antara lain untuk mendeteksi kebocoran pipa yang ditanam di dalam tanah atau dalam beton. Dengan menggunakan radioisotop yang dimasukkan ke dalam aliran pipa, kebocoran pipa dapat dideteksi tanpa penggalian tanah atau pembongkaran beton. Penyinaran radiasi dapat digunakan untuk menentukan keausan yang terjadi pada bagian pengelasan antar-logam. Jika bahan ini disinari dengan sinar gamma dan dibalik bahan itu diletakkan film foto maka pada bagian yang terdapat keausan akan memberikan gambar yang tidak merata.

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian kerjakan Latihan 3.3 berikut.

### Latihan 3.3

1. Sebutkan tiga jenis radiasi secara urut sesuai dengan tingkat daya tembusnya!
2. Tuliskan simbol dan keadaan muatan:
  - a. partikel alfa,
  - b. partikel beta,
  - c. sinar gamma!
3. Sebutkan kegunaan zat radioaktif dalam berbagai bidang!
4. Reaktor nuklir adalah tempat untuk mereaksikan inti atom radioaktif. Carilah reaktor nuklir di Indonesia beserta kegunaannya dalam kehidupan!

### Rangkuman

1. Unsur-unsur gas mulia mempunyai susunan elektron yang sangat stabil, sehingga kereaktifannya terhadap unsur-unsur lain sangat rendah.
2. Unsur yang tergolong gas mulia adalah helium, neon, argon, kripton, xenon, dan radon.
3. Radon merupakan unsur gas mulia yang bersifat radioaktif.
4. Sifat gas mulia berbeda dengan gas lain, sehingga gas mulia dapat digunakan dalam berbagai bidang, antara lain:
  - a. Helium, untuk pengisi balon meteorologi atau kapal balon berkemudi.
  - b. Argon, sebagai pengisi bola lampu pijar karena tidak bereaksi dengan kawat wolfram.
5. Halogen merupakan unsur nonlogam yang reaktif, sehingga unsur-unsur itu tidak terdapat dalam keadaan bebas di alam.
6. Urutan kekuatan asam halida:  $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$
7. Urutan kekuatan asam oksihalida:  $\text{HClO}_4 > \text{HClO}_3 > \text{HClO}_2 > \text{HClO}$
8. Unsur-unsur yang termasuk dalam periode ketiga yaitu natrium, magnesium, aluminium, silikon, fosfor, belerang, klorin, dan argon.

9. Unsur transisi adalah unsur yang terletak pada blok *d*; dalam sistem periodik terletak antara golongan alkali tanah (IIA) dengan golongan IIIA
10. Radioaktif pertama kali ditemukan oleh A. Henry Becquerel.
11. Radiasi yang dipancarkan zat radioaktif ada 3 jenis, yaitu sinar alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ).

### Evaluasi

#### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Struktur belerang yang paling stabil pada suhu kamar adalah . . . .
 

A. bentuk rombis	D. bentuk rombohedral
B. bentuk monoklin	E. tetraclin
C. bentuk amorf	
2. Zat yang digunakan dalam pembuatan pupuk superfosfat adalah . . . .
 

A. $\text{H}_2\text{SO}_4$	D. $\text{CaSO}_4$
B. $\text{H}_3\text{PO}_4$	E. $\text{BaSO}_4$
C. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	
3. Zat berikut yang memiliki titik didih terkecil adalah . . . .
 

A. $\text{F}_2$	D. $\text{At}_2$
B. $\text{Cl}_2$	E. $\text{I}_2$
C. $\text{Br}_2$	
4. Halogen yang mudah direduksi adalah . . . .
 

A. klorin	D. fluor
B. brom	E. astatin
C. iod	
5.  $\text{Br}_2$  dapat dibuat dengan cara . . . .
  - A. mengoksidasi Br dengan  $\text{Cl}_2$
  - B. mengoksidasi Br dengan  $\text{I}_2$
  - C. mengoksidasi  $\text{Cl}_2$  dengan Br
  - D. mengoksidasi I dengan Br
  - E. mengoksidasi Br dengan  $\text{Br}_2$

6. Pernyataan yang benar untuk hidrida halogen HF, HCl, HBr, dan HI adalah . . . .
  - A. semuanya di dalam air membentuk ikatan hidrogen
  - B. HF memiliki panjang ikatan terbesar
  - C. HF tak dapat dioksidasi oleh halogen yang lain menghasilkan  $F_2$
  - D. dalam larutan air, HF merupakan asam terkuat
  - E. titik didih bertambah mulai dari HF ke HI
7. Gas mulia yang terbanyak di atmosfer adalah . . . .
 

A. He	D. Kr
B. Ne	E. Xe
C. Ar	
8. Unsur periode ketiga yang terdapat bebas di alam adalah . . . .
 

A. Na dan Mg	D. Si dan S
B. Mg dan Al	E. S dan Ar
C. Al dan Si	
9. Nuklida  ${}_{92}^{238}\text{U}$  memiliki partikel di bawah ini, **kecuali** . . . .
 

A. 92 proton	D. 146 elektron
B. 92 neutron	E. 238 positron
C. 238 elektron	
10. Penggunaan radioaktivitas terpenting dalam bidang kedokteran adalah . . . .
  - A. analisis pengaktifan
  - B. analisis pengendapan
  - C. reaksi inti
  - D. radioterapi
  - E. sumber radiasi

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Jelaskan bagaimana kalian dapat membuat klor di laboratorium! Bagaimana klor dibuat secara industri? Sebutkan tiga kegunaan klor secara komersial!
2. Jelaskan sifat-sifat fisik yang khas bagi halogen!
3. Bagaimana fosfor putih dibuat? Tuliskan persamaan reaksi kimianya!

4. Bagaimana unsur silikon dibuat? Berikan persamaan reaksi kimianya!
5. Sebutkan macam dan sifat radiasi yang dipancarkan oleh inti radioaktif!

Untuk lebih mengembangkan **kreativitas**, **keingintahuan**, dan **kecakapan sosial** kalian, kerjakan proyek berikut!

### Proyek

Bagilah kelas kalian menjadi 3 kelompok, kemudian buatlah kliping tentang manfaat dan kerugian dari unsur-unsur yang telah kalian pelajari di atas.

Kelompok I : unsur-unsur golongan utama  
Kelompok II : unsur-unsur transisi  
Kelompok III : unsur-unsur radioaktif

Sumber bahan kliping dapat kalian peroleh dari koran, artikel, majalah, ataupun internet. Setelah 2 minggu kumpulkan tugas kalian tersebut dan diskusikan dengan guru kalian!



## Evaluasi Semester I

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

- Di bawah ini merupakan contoh dari larutan, **kecuali** . . . .
  - udara yang kita hirup
  - kuningan
  - zat cair dalam tubuh kita
  - sirup dalam air
  - air dalam minyak
- Pelarutan *solute* seperti NaCl dalam pelarut pada 25°C mengakibatkan . . . .
  - kenaikan energi kinetik molekul pelarut
  - penurunan energi kinetik molekul pelarut
  - penurunan titik didih cairan
  - kenaikan titik leleh cairan
  - penurunan tekanan uap di atas larutan
- Larutan yang memiliki titik beku terkecil adalah . . . .

A. 0,1 m $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	D. 0,2 m sukrosa (gula)
B. 0,1 m $\text{KNO}_3$	E. 0,1 m sukrosa (gula)
C. 0,1 m HCl	
- Di bawah ini termasuk sifat koligatif larutan, **kecuali** . . . .
  - penurunan tekanan uap
  - kenaikan titik didih
  - daya hantar listrik
  - penurunan titik beku
  - tekanan osmotik
- Tekanan osmotik pada 0,0°C larutan yang mengandung 1,00 g/L sukrosa,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  . . . .

A. 0,066 atm	D. 0,29 atm
B. 0,11 atm	E. 0,48 atm
C. 0,24 atm	
- Perhatikan pernyataan berikut!
  - menghasilkan arus listrik*
  - membutuhkan arus listrik*
  - katoda positif, anoda negatif*
  - dapat digunakan untuk penyepuhan*Pernyataan di atas yang tepat untuk sel volta adalah . . . .

A. 1, 2 dan 3	D. 4 saja
B. 1 dan 3	E. 1, 2, 3 dan 4
C. 2 dan 4	



7. Apabila larutan KI 1,0 M dielektrolisis, maka . . . .
- larutan menjadi lebih basa
  - kalium akan terendapkan pada katoda
  - hidrogen akan terbebaskan pada anoda
  - oksigen akan terbebaskan pada anoda
  - iodin akan terbentuk pada katoda
8. Pipa-pipa besi yang ditanam dalam tanah sering mengalami korosi. Pencegahan korosi pipa ini dapat dilakukan dengan menghubungkan pipa besi dengan logam . . . .
- Cu
  - Cd
  - Cr
  - Ni
  - Mg
9. Apabila dicampur, pasangan pereaksi berikut yang memberikan reaksi redoks spontan adalah . . . .
- $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$
  - Co,  $\text{Sn}^{2+}$
  - $\text{H}_2$ ,  $\text{Zn}^{2+}$
  - $\text{H}^+$ ,  $\text{Co}^{2+}$
  - $\text{I}_2$ ,  $\text{Br}^-$
10. Reaksi redoks  $\text{MnO}_4^- + \text{Cl}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2$  terjadi dalam larutan asam. Pernyataan yang benar tentang reaksi ini adalah . . . .
- $\text{Cl}_2$  adalah pereduksi
  - $\text{MnO}_4^-$  mengalami oksidasi
  - $\text{Cl}^-$  adalah pereduksi
  - $\text{Cl}^-$  mengalami reduksi
  - bilangan oksidasi Mn naik 3 satuan
11. Unsur fosfor terdapat dalam senyawa . . . .
- apatit
  - silvit
  - pirolusit
  - kuprit
  - hematit
12. Manfaat utama dari unsur sulfur adalah untuk . . . .
- menjernihkan air
  - menghasilkan larutan asam
  - menetralkan basa
  - vulkanisasi karet
  - logam campuran/aliasi
13. Asam halida yang digunakan untuk melukis kaca adalah . . . .
- HCl
  - HI
  - HF
  - HClO
  - HBr

14. Unsur fluorin adalah unsur yang sangat reaktif dalam golongan halogen, karena . . . .
- keelektronegatifannya besar
  - jari-jari atomnya besar
  - energi ionisasinya kecil
  - titik didihnya besar
  - afinitas elektronnya kecil
15. Logam transisi yang digunakan untuk menyambung tulang yang patah karena logam tersebut cukup kuat dan tahan korosi adalah
- Zn
  - Ti
  - Fe
  - Ni
  - Sc

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

- Berapakah tekanan uap pelarut murni jika tekanan uap larutan 10 g sukrosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dalam 100 g etanol ( $C_2H_6O$ ) sebesar 55 mmHg?
- Urutkan larutan berikut sesuai besarnya penurunan titik beku larutan:
  - 0,075 M glukosa
  - 0,075 M LiBr
  - 0,030 M
  - 0,030 M  $Zn(NO_3)_2$
- Natrium klorit ( $NaClO_2$ ) merupakan zat pengelantang yang digunakan dalam industri kertas dan tekstil, yang dibuat melalui reaksi sebagai berikut :
 
$$4NaOH(aq) + Ca(OH)_2(aq) + C(s) + 4ClO_2(g) \rightarrow 4NaClO_2(aq) + CaCO_3(s) + 3H_2O(l)$$
  - Sebutkan unsur yang teroksidasi dalam reaksi ini!
  - Sebutkan zat yang berfungsi sebagai pengoksidasi!
- Sebanyak 5,85 g NaCl dilarutkan ke dalam air sehingga terbentuk larutan dengan volume 2 L pada  $27^\circ C$ . Hitunglah tekanan osmotik larutan tersebut!
- Sebutkan penggunaan radioisotop dalam industri!

# Bab IV

## Senyawa Turunan Alkana

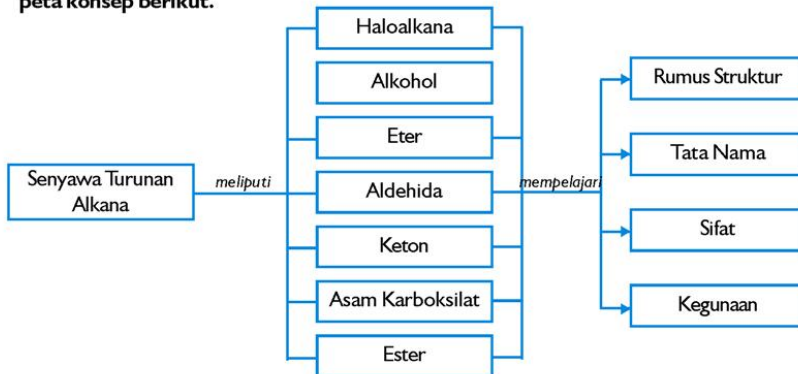
Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat mengidentifikasi struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, kegunaan senyawa turunan alkana.

### Peta Konsep

Untuk mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran tersebut, perhatikanlah peta konsep berikut.



### Kata Kunci

Setelah peta konsep kalian kuasai, perhatikan kata kunci yang merupakan kunci pemahaman materi dalam bab ini. Berikut ini adalah kata kunci dalam bab IV.

Haloalkana  
Alkohol  
Aldehida

Eter  
Keton  
Asam karboksilat

Ester



Sumber: Dok. Penerbit

**Gambar 4.1** Cairan pendingin dalam kulkas mengandung freon

Cairan pendingin yang ada di dalam kulkas mengandung CFC. CFC (klorofluorokarbon) atau freon banyak digunakan sebagai cairan pendingin (*refrigerant*) atau sebagai propelan aerosol. Namun saat ini penggunaannya mulai dikurangi dan akan segera dihentikan karena diduga limbah freon dapat merusak ozon pada lapisan stratosfer. Senyawa CFC ini termasuk dalam golongan haloalkana yang merupakan senyawa turunan alkana. Selain haloalkana, senyawa turunan alkana yang lain adalah alkanol (alkohol), alkoksi alkana (eter), alkanal (aldehida), alkanon (keton), alkanolat (asam karboksilat), dan alkil alkanolat (ester).

Sebelum kita mempelajari tentang senyawa turunan alkana tersebut, kita harus mengetahui lebih dahulu tentang gugus fungsional atau gugus pengganti. Gugus fungsional tersebut sangat berperan untuk menentukan sifat senyawa dan merupakan bagian yang akan bereaksi dengan senyawa lainnya. Gugus fungsi senyawa turunan alkana yang akan kita pelajari terangkum dalam Tabel 4.1 sebagai berikut.

**Tabel 4.1 Rumus Umum dan Gugus Fungsi Senyawa Turunan Alkana**

No.	Gugus Fungsional	Rumus Gugus Fungsional	Rumusan Senyawa	Golongan
1.	Hidroksil	-OH	R-OH atau $C_nH_{2n+1}-OH$	Alkohol (Alkanol)
2.	Alkoksi	-O-R	R' -O - R	Eter (Alkoksi alkana)
3.	Karbonil	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	Aldehid (Alkanal)
4.	Karbonil	$\begin{array}{c} -\text{C}- \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{C}-\text{R} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Keton (Alkanon)
5.	Karboksil	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$	Asam karboksilat (Asam alkanoat)
6.	Gugus ester	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OR} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{O}-\text{R}' \end{array}$	Ester (Alkil alkanoat)
7.	Halida	X = F, Cl, Br, I	R - X	Alkilhalida (Haloalkana)

Sumber: *Chemistry and Our World* (Charles G. Gebelen)

Simbol R digunakan untuk menyatakan rantai karbon atau cincin yang terikat pada gugus fungsional.

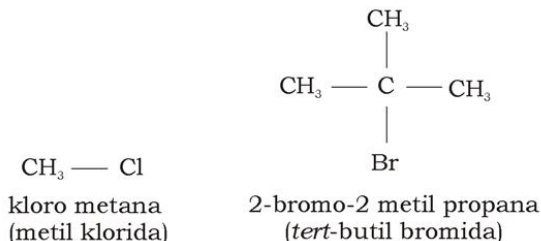
## A. Haloalkana

Haloalkana adalah senyawa organik yang mengandung fluor, klor, brom, atau iod yang terikat secara kovalen.

### 1. Struktur

Senyawa haloalkana dianggap berasal dari alkana dengan mengganti atom hidrogen dengan atom halogen (X). Turunan monohalogen dikenal sebagai alkil halida ( $C_nH_{2n+1}X$ ).

Perhatikan contoh penulisan struktur haloalkana berikut.



Tahukah kalian manakah yang merupakan gugus alkil dan atom halogen untuk senyawa ini?

## 2. Tata Nama

Penulisan nama haloalkana dapat mengikuti dua cara, yaitu cara IUPAC dan umum.

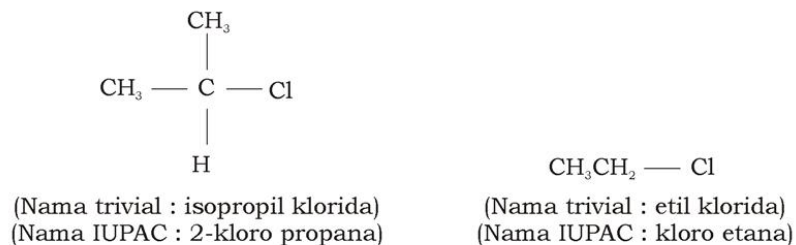
### a. Nama IUPAC (Haloalkana)

Menurut cara IUPAC, haloalkana dianggap sebagai turunan alkana, sedangkan atom halogen dianggap sebagai gugus pengganti. Rantai pokok dipilih rantai terpanjang yang mengandung atom halogen. Penomoran dimulai dari salah satu ujung rantai sedemikian sehingga posisi atom halogen mendapat nomor terkecil. Jika terdapat lebih dari satu jenis halogen, maka prioritas penomoran didasarkan pada kereaktifan dengan urutan  $F > Cl > Br > I$ .

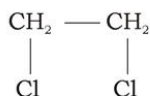
### b. Nama Trivial (Umum)

Nama haloalkana terdiri dari dua bagian. Bagian pertama adalah gugus alkil, seperti metil atau etil sedangkan bagian kedua berupa nama halogen yang diberi akhiran *-ida*. Contoh : Metil klorida,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .

Perhatikan, bahwa ikatan dalam haloalkana adalah kovalen, bukan ionik. Berdasarkan nama trivial, haloalkana dengan suatu halogen (X) terikat pada karbon rantai lurus disebut **alkil halida**. Contoh nama IUPAC dan nama trivial haloalkana berikut ini:



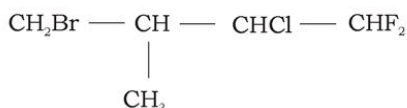




Nama IUPAC : 1,2-dikloro etana



Nama IUPAC : 2 - kloro - 1 - fluoro etana



Nama IUPAC : 4-bromo-2-kloro-1,1-difluoro-3-metil butana

Penomoran dimulai dari atom F karena paling reaktif, kemudian Cl dan terakhir Br. Penulisan disusun menurut abjad, mulai dari bromo (berawal huruf b), kemudian kloro (berasal dari *chloro* yang berawalan huruf c) selanjutnya fluoro dan akhirnya gugus metil.

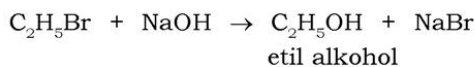
### 3. Sifat-sifat Haloalkana

#### a. Sifat Kimia

Reaksi kimia yang khas bagi senyawa haloalkana adalah reaksi penggantian atom halogen yang reaktif dengan atom atau gugus monovalen lain. Iodida lebih reaktif daripada bromida sedangkan bromida lebih reaktif daripada klorida. Contoh reaksi-reaksi yang melibatkan haloalkana, yaitu:

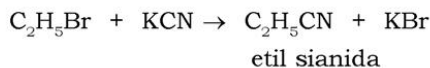
##### 1) Hidrolisis

Alkil halida terhidrolisis dalam air yang mendidih meskipun lambat tetapi akan terhidrolisis dengan cepat dalam larutan alkalis panas, yang menghasilkan alkohol. Reaksinya sebagai berikut.



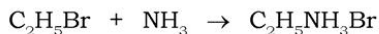
##### 2) Reaksi dengan Kalium Sianida

Bila alkil halida dididihkan dengan larutan kalium sianida (pelarut alkohol), maka alkil sianida akan terbentuk. Contoh:



### 3) Reaksi dengan Amonia

Amonia dalam larutan berair yang pekat bereaksi dengan alkil halida menghasilkan garam amin primer. Contoh:



Etilamin hidrobromida

### b. Sifat Fisik

Sifat-sifat fisik alkil halida sederhana diberikan dalam Tabel 4.2. Pada tabel tersebut jelas bahwa metil klorida, metil bromida, dan etil klorida adalah gas pada suhu kamar sedangkan yang lain berupa cairan. Alkil halida terasa manis dan semua tak berwarna bila murni, meskipun alkil iodida cenderung berubah menjadi kuning bila terkena sinar matahari dalam waktu yang lama. Alkil halida praktis tak dapat bercampur dengan air, membentuk lapisan terpisah bila dicampur dan emulsi bila dikocok, tetapi larut dengan cepat dalam alkohol dan eter.

**Tabel 4.2 Alkil Halida Sederhana**

Nama	Rumus	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)	Masa Jenis ( $\rho$ ), g/cm <sup>3</sup> (dalam Wujud Cairan)
Metil klorida atau kloro metana	CH <sub>3</sub> Cl	-93	-24	0,95
Metil bromida atau bromo metana	CH <sub>3</sub> Br	-93	5	1,73
Metil iodida atau iodo metana	CH <sub>3</sub> I	-66	42	2,28
Etil klorida atau kloro etana	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	-142	12,5	0,92
Etil bromida atau bromo etana	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Br	-125	38	1,45
Etil iodida atau iodo etana	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> I	-105	72	1,92

Sumber: *Chemistry and Our World* (Charles G. Gebelen)

Senyawa yang terhalogenasi banyak memiliki titik didih lebih tinggi, seperti terlihat untuk klorometana dalam Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Massa Molekul dan Titik Didih Klorometana**

Struktur Molekul	Nama	Massa Molekul	Titik Didih (°C)
CH <sub>4</sub> <sup>*</sup>	Metana	16	-161
CH <sub>3</sub> Cl	Kloro metana	50,5	-24
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Dikloro metana	85,0	40
CHCl <sub>3</sub>	Trikloro metana	129,5	61
CCl <sub>4</sub>	Tetrakloro metana	154	74

\* dimasukkan untuk tujuan pembandingan

#### 4. Kegunaan Haloalkana

Haloalkana memiliki banyak kegunaan. Berikut ini adalah contoh haloalkana dan kegunaannya.

##### a. Metil Klorida dan Metil Bromida

Metil klorida digunakan di industri sebagai *refrigerant* (pendingin) dan agen metilasi, yaitu dalam industri silikon dan pewarna. Metil bromida digunakan sebagai pemadam api di pesawat terbang dan pengasapan hama buah-buahan.

##### b. Etil Klorida

Etil klorida digunakan pada skala besar untuk pembuatan tetraetil timbal (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>Pb, dari paduan natrium-timbal (Na<sub>4</sub>Pb). Reaksinya:



Etil klorida juga digunakan sebagai anestesi lokal dalam operasi kecil karena efek dingin bila menguap pada kulit dan yang paling penting untuk pembuatan plastik etil selulosa.

##### c. Kloroform (CHCl<sub>3</sub>) dan Iodoform (CHI<sub>3</sub>)

Kloroform merupakan zat pembius yang kuat, tetapi penggunaannya dapat merusak hati. Haloalkana yang lebih baik sebagai pembius adalah 2-bromo-2-kloro -1,1,1 trifluoroetana (CF<sub>3</sub>-CHClBr). Iodoform digunakan sebagai antiseptik pada pengobatan luka.

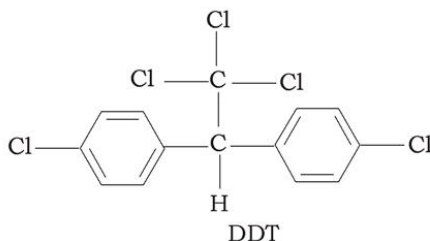
##### d. Freon

Freon adalah nama dagang Dupont untuk senyawa terfluoronasi. Zat ini digunakan sebagai *refrigerant* (cairan pendingin). Freon 12 (diklorodifluorometana) dan freon 11 (triklorofluorometana) tidak beracun, tidak berbau, dan tidak mudah terbakar. Sebagian digunakan dalam pemadam kebakaran. Penggunaan freon telah

banyak dikurangi dan bahkan akan dihentikan karena freon dapat merusak lapisan ozon di stratosfer.

**e. DDT (diklorodifeniltrikloroetana)**

DDT digunakan secara luas sebagai insektisida mulai tahun 1950 sampai 1970. Penggunaannya dibatasi karena tak terurai di lingkungan dan dapat masuk ke dalam rantai makanan.



**f. Tetraklorometana (CCl<sub>4</sub>)**

Zat ini digunakan terutama sebagai pelarut zat organik dan bahan pembuatan senyawa-senyawa yang mengandung fluor.

Untuk lebih mengembangkan **keingintahuan** dan **wawasan kontekstual**, kerjakanlah Latihan 4.1 berikut.

**Latihan 4.1**

1. Tuliskan struktur senyawa haloalkana berikut:
  - a. *sec*-butil klorida
  - b. *tert*-butil bromida
  - c. etil iodida
  - d. 1,1-dibromo etana
  - e. isopropil klorida
  - f. 1-iodo-2,2-dimetil pentana
2. Berilah nama haloalkana berikut menurut nama IUPAC:
  - a.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{F}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
  - b.  $\text{CH}_3 - \underset{\text{Br}}{\text{CH}} - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
3. Berilah contoh dua senyawa yang termasuk haloalkana dan sebutkan sifat serta kegunaannya!

## B. Alkanol (Alkohol)

**Alkohol** adalah senyawa yang dapat dianggap berasal dari **alkana**, dengan satu atom H telah diganti oleh *gugus hidroksil* (**-OH**). Alkohol yang hanya mempunyai satu gugus hidroksil disebut dengan monoalkohol atau **alkanol**. Gugus fungsional -OH dalam alkohol disebut gugus hidroksil atau fungsi hidroksi. Gugus -OH adalah bukan ion hidroksida karena oksigen terikat secara kovalen dengan karbon.

### 1. Struktur Alkohol

Para ahli kimia sering menyusun alkohol alifatik menjadi beberapa golongan struktural sesuai dengan jumlah gugus R yang terikat dengan karbon yang mengikat gugus hidroksil. Lihatlah berbagai contoh jenis alkohol di Tabel 4.4 berikut.

**Tabel 4.4 Berbagai Contoh Jenis Alkohol**

Jenis Alkohol	Arti	Contoh
Primer	Gugus fungsi -OH terikat pada atom C yang secara langsung mengikat satu atom C lainnya (atom C primer)	$R-CH_2-OH$
Sekunder	Gugus fungsi -OH terikat pada atom C yang secara langsung mengikat dua atom C lainnya (atom C sekunder)	$\begin{array}{c} R \\   \\ R-CH-OH \end{array}$
Tersier	Gugus fungsi -OH terikat pada atom C yang secara langsung mengikat tiga atom C lainnya (atom C tersier)	$\begin{array}{c} R \\   \\ R-C-OH \\   \\ R \end{array}$

### 2. Tata Nama Alkohol

Ada dua macam cara penamaan senyawa monoalkohol, yaitu cara IUPAC (*International Union for Pure and Applied Chemistry*) dan cara trivial (umum).

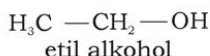
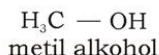




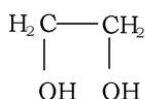


### b. Trivial (Umum)

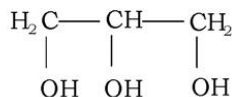
Pada cara ini, alkohol disebut alkil alkohol sehingga dalam pemberian namanya selalu diawali dengan nama alkil diikuti kata alkohol. Contoh:



Senyawa dengan lebih dari satu gugus -OH disebut glikol.



(IUPAC : 1,2-etandiol)  
(nama trivial : etilena glikol)

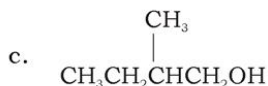
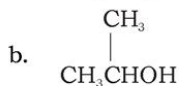


(IUPAC : 1,2,3-propantriol)  
(nama trivial : gliserol)

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan akademik** dan **personal**, kerjakan Latihan 4.2 berikut.

#### Latihan 4.2

1. Berikan nama alkohol berikut sesuai IUPAC dan trivial.



2. Klasifikasikan setiap alkohol dalam soal 1 di atas termasuk alkohol primer, sekunder, atau tersier!
3. Tuliskan rumus 2,2-dimetil alkohol!

### 3. Sifat-sifat Alkohol

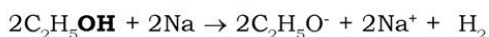
Alkohol memiliki gugus fungsional hidroksil (-OH) dan alkil (R) yang ditulis secara umum sebagai R-OH. Tahukah kalian bahwa kedua gugus inilah yang mempengaruhi sifat-sifat alkohol? Adanya gugus -OH dan R akan mengakibatkan sifat kimia dan fisika alkohol

yang khas. Sifat kimia adalah yang berkaitan dengan reaksi kimia. Sifat kimia dan fisika alkohol antara lain:

### a. Sifat Kimia

#### 1) Bereaksi dengan logam

Jika alkohol direaksikan dengan Na, maka akan dihasilkan senyawa etoksida dan gas H<sub>2</sub>.

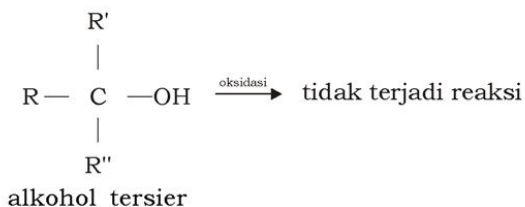
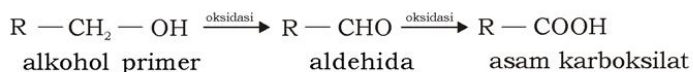


#### 2) Reaksi halogenasi dengan HX, PX<sub>3</sub>, dan PX<sub>5</sub> akan menghasilkan alkil halida (X = F, Cl, dan Br).



#### 3) Reaksi oksidasi dengan KMnO<sub>4</sub> atau K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

Oksidasi terhadap alkohol primer akan menghasilkan aldehida. Oksidasi lebih lanjut akan menghasilkan asam karboksilat. Reaksi oksidasi alkohol sekunder akan menghasilkan keton. Alkohol tersier tidak dapat dioksidasi oleh KMnO<sub>4</sub> atau K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.



#### 4) Reaksi esterifikasi (pengesteran)

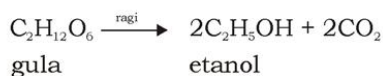
Esterifikasi adalah reaksi pembentukan ester, jika alkohol direaksikan dengan asam karboksilat, maka akan terbentuk ester dan air.



### b. Sifat Fisika

- 1) Bersifat polar pada alkohol suku rendah
- 2) Wujud alkohol dipengaruhi oleh jumlah atom C dalam gugus R.  
Jumlah atom C antara 1 – 4 berupa zat cair encer.  
Jumlah atom C antara 5 – 9 berupa zat cair kental.  
Jumlah atom C  $\geq 10$  berupa zat cair padat.

Salah satu contoh alkohol adalah etanol. Etanol dapat dibuat melalui fermentasi karbohidrat. Pernahkah kalian membuat tape singkong? Dalam pembuatan tape tersebut kalian memerlukan ragi, bukan? Dalam fermentasi ini gula diubah menjadi etanol dengan bantuan enzim zimase yang ada dalam ragi, dalam suasana anaerob.



Etanol merupakan cairan netral tak berwarna, yang dapat bercampur dengan air dalam semua perbandingan, dengan titik didih sebesar 78,3°C lebih tinggi daripada parafin dengan berat molekul yang hampir sama. Hal ini disebabkan oleh ikatan hidrogen di antara gugus-gugus hidroksil seperti dalam air.

Contoh alkohol yang lain adalah metanol. Metanol berupa cairan yang higroskopis tak berwarna, dengan titik didih 64°C, dapat bercampur dengan air dalam semua perbandingan, bila dibakar akan memberikan nyala biru pucat, beracun hingga dapat menyebabkan kebutaan, penyakit jiwa/gila, dan kematian.

## 4. Kegunaan Alkohol

### a. Etanol

Etanol atau etil alkohol digunakan secara luas sebagai pelarut resin, sabun, vernis, parfum, pewarna, dan obat-obatan di industri. Etil alkohol juga digunakan dalam pembuatan senyawa organik lain, khususnya asetaldehid, etil alkanoat dan halida, dietil eter, dan kloroform. Oleh karena titik bekunya yang rendah, etanol digunakan sebagai antibeku dan pengisi termometer.



Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*  
**Gambar 4.2** Etanol sebagai pengisi termometer

Di samping itu, etanol banyak terdapat dalam minuman seperti bir (*beers*), anggur (*wines*), dan minuman keras (*spirits*). Etanol juga dapat digunakan sebagai bahan bakar yang dikenal sebagai spiritus. Spiritus adalah etanol yang diberi sedikit metanol (beracun) dan diberi warna biru agar tidak diminum.

#### **b. Metanol**

Metanol dalam jumlah besar diubah menjadi formaldehid menggunakan katalis. Di beberapa negara, metanol digunakan untuk antibeku, juga untuk pembuatan senyawa metil seperti metil metakrilat. Metil metakrilat ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan polimer plastik seperti gelas (*perspex*) yang kemudian digunakan sebagai bahan baku gigi buatan.

### **5. Identifikasi Alkohol**

Secara umum alkohol dikenali dengan tes gugus hidroksil yang dimiliki. Kalian masih ingat, bahwa gugus -OH adalah gugus fungsional yang khas? Coba kalian lihat kembali pada pembahasan sifat kimia alkohol. Alkohol melepaskan hidrogen bila diberi logam natrium, menyisakan turunan natrium, dan menghasilkan uap hidrogen klorida bila diberi fosfor pentaklorida atau asetil klorida dalam keadaan dingin. Tidak seperti asam, larutannya dalam air suasananya netral.

Metanol dapat dibedakan dari alkohol lain melalui dua macam tes, yaitu:

- a. Metanol tidak memberikan endapan kuning iodoform bila ditambahkan ke dalam larutan kalium iodida dan natrium hipoklorit dalam keadaan hangat, sedangkan isopropil alkohol dan etil alkohol memberikan endapan kuning iodoform.
- b. Pada oksidasi dengan larutan kalium dikromat dan asam sulfat encer, menghasilkan asam format, karbon dioksida, dan air sedangkan etil alkohol menghasilkan asetaldehid dan asam asetat, dan isopropil alkohol menghasilkan aseton.

Untuk mengembangkan **wawasan kontekstual**, kerjakan Latihan 4.3 berikut.

#### **Latihan 4.3**

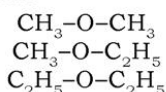
1. Sebutkan dua contoh senyawa yang termasuk golongan alkohol dan kegunaannya!
2. Jelaskan cara mengidentifikasi alkohol!

## C. Alkoksi Alkana (Eter)

Alkoksi alkana merupakan turunan alkana dengan satu atom H diganti oleh gugus alkoksi (-OR) dan lebih dikenal dengan nama **eter** dengan rumus umum  $C_mH_{2m+1} - O - C_nH_{2n+1}$  dengan ketentuan nilai **m** dan **n** dapat bernilai sama atau berbeda.

### 1. Struktur Eter

Eter adalah senyawa karbon yang gugus fungsinya mengikat dua alkil yang sama atau berbeda. Gugus fungsi eter adalah -O-. Contoh senyawa eter adalah:



### 2. Tata Nama

Pemberian nama eter mengikuti dua cara yaitu cara IUPAC dan trivial (umum).

#### a. Cara IUPAC

Nama IUPAC eter adalah alkoksi alkana. Jika jumlah gugus alkilnya berbeda, alkil yang dianggap sebagai alkoksi adalah alkil yang rantai C-nya lebih pendek. Sedangkan alkil yang rantainya lebih panjang dianggap sebagai alkana (rantai pokok). Penomoran dimulai dari C ujung yang terdekat dengan posisi gugus fungsi, sehingga C yang mengandung gugus fungsi mendapat nomor terkecil.

**Contoh:**  $\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_3$   
Metoksi metana

$\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
1 2  
1-metoksi etana

$\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
1 2 3  
1-metoksi propana

#### b. Cara Trivial (Umum)

Nama umum eter didasarkan pada nama gugus alkil yang terikat pada oksigen dan diurutkan sesuai dengan abjad dan diakhiri dengan kata eter.



**Contoh:**  $\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_3$   
Dimetil eter

$\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
Etil metil eter

$\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
Propil metil eter

Untuk lebih menimbulkan **tantangan belajar**, kerjakanlah Latihan 4.4 berikut.

#### Latihan 4.4

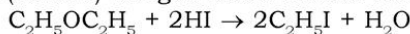
- Berikan nama dari senyawa eter berikut ini!
  - $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{C}_6\text{H}_5$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_3$
- Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut!
  - 2-etoksi-3-metil butana
  - 2-metoksi-2-metil propana
  - 1-etoksi-propana

### 3. Sifat-sifat Eter

Untuk lebih memahami eter, marilah kita mempelajari sifat kimia dan sifat fisika eter.

#### a. Sifat Kimia

- Ikatan hidrogen  
Antarmolekul eter tidak ada ikatan hidrogen, tetapi eter dapat membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa lain yang mengandung gugus OH seperti air, alkohol, dan fenol atau senyawa yang mengandung gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ). Antarmolekul eter hanya ada ikatan van der Waals yang lemah.
- Eter dapat bereaksi dengan  $\text{PCl}_5$ .
- Eter bereaksi (terurai) dengan asam halida terutama HI.



#### Fokus Kimia

Merangsang keingintahuan

#### ADITIF BENSIN TEROKSIGENASI

Bahan kimia beroksigen sekarang ditambahkan ke dalam bensin untuk menjadikan udara lebih bersih, pembakaran yang lebih halus, dan angka oktan yang lebih tinggi dengan biaya murah. Etanol merupakan alkohol yang digunakan untuk tujuan ini. Gasohol yang diperkenalkan



tahun 1970 mengandung sekitar 10% etanol. Kelemahan etanol adalah bahwa etanol menyerap air dari atmosfer, yang menyebabkan korosi, meskipun beberapa aditif dapat mengurangi kecenderungan ini. Etanol memiliki angka oktan yang tinggi. Selama ini orang menambah metil t-butil eter (MTBE) ke bensin dengan tujuan agar pembakaran lebih halus dan memudahkan pembakaran hidrokarbon, tetapi MTBE memiliki sifat toksik (beracun). Etanol dan metanol dapat dibuat dari biomassa atau sumber lain yang dapat diperbaharui sehingga merupakan pilihan yang baik bagi bahan bakar nonpetroleum. Meskipun etanol dan metanol menambah oksigen ke dalam bensin, tetapi juga bukanlah bahan bakar yang tidak memberikan polusi sama sekali. Keduanya dapat menghasilkan aldehid yang beracun pada oksidasi tak sempurna, dan seperti semua bahan bakar yang mengandung karbon, mereka juga menghasilkan CO<sub>2</sub>. Konsumen kadang-kadang mengungkapkan keluhan bahwa zat aditif seperti etanol, metanol dan MTBE menaikkan harga bensin tanpa meningkatkan energi yang diberikan.

#### b. Sifat Fisika

- 1) Pada suhu rendah eter mudah menguap dan mudah terbakar.
- 2) Titik didih eter lebih rendah daripada alkohol yang mempunyai atom C sama karena tidak mempunyai ikatan hidrogen.
- 3) Pada umumnya eter sukar larut dalam air karena kepolarannya yang sangat kecil.

#### 4. Kegunaan Eter

Dalam laboratorium eter dipakai sebagai pelarut senyawa nonpolar, seperti lemak dan damar. Senyawa terpenting dari eter adalah dietil eter yang dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai eter. Selain sebagai pelarut, dietil eter digunakan pula sebagai obat bius (anestesi). Beberapa alkohol dan eter digunakan sebagai bahan aditif bensin untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam bensin sehingga dapat mengurangi emisi CO (karbon monoksida).

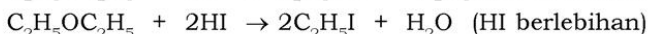
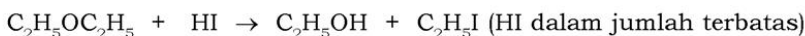
#### 5. Identifikasi Eter

Eter tidak dapat bereaksi dengan logam Na dan PCl<sub>5</sub> sehingga dapat digunakan untuk membedakan dengan alkohol (mengandung gugus hidroksil). Eter dapat bereaksi dengan HI. Reaksi akan menghasilkan alkohol dan alkil iodida jika jumlah HI terbatas. Apabila jumlah HI dalam keadaan berlebih dihasilkan alkil halida dan air.



Sumber: Dok. Penerbit

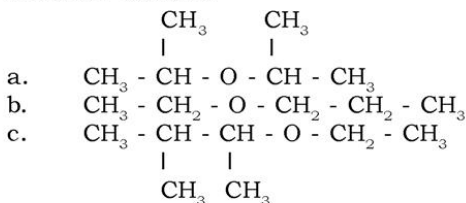
**Gambar 4.3** Eter sebagai bahan aditif bensin



Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian, kerjakan Latihan 4.5 berikut.

### Latihan 4.5

1. Berilah nama IUPAC senyawa yang mempunyai rumus struktur berikut!



2. Tuliskan rumus struktur senyawa berikut!
- 1-metoksi-2-metil propana
  - 2-metoksi propana
  - 2,2-dimetil-1-metoksi propana

## D. Alkanal (Aldehida)

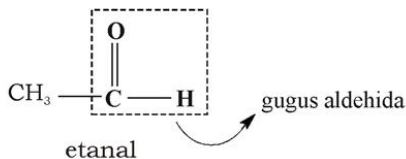
Aldehida adalah senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi -CHO. Aldehida turunan alkana disebut alkanal. Dalam aldehida, gugus C = O selalu memiliki satu atom H yang terikat langsung pada satu ujung, sedangkan ujung lain mengikat atom H atau gugus alkil, alkenil, atau aril.

### Fokus Kimia

Apakah bau cat atau bahan kimia yang mudah menguap mengganggu kalian? Kalian dapat melindungi bau dengan sedikit vanili. Hidung kalian dapat mendeteksi sekecil 0,5 ppm aldehida dari bau vanili.

### 1. Struktur Alkanal

Aldehida alifatis membentuk deret homolog dengan rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{-CHO}$  atau  $\text{RCHO}$ . Misalnya  $\text{HCHO}$  (metanal),  $\text{CH}_3\text{CHO}$  (etanal),  $\text{C}_3\text{H}_5\text{CHO}$  (propanal), dan sebagainya. Struktur alkanal berikut memperlihatkan gugus aldehida.

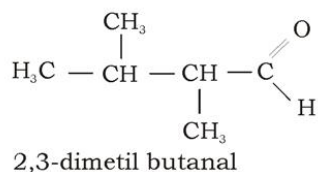
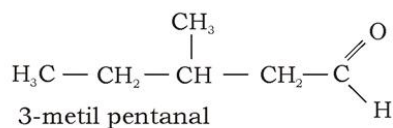
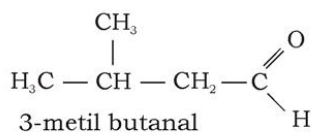


## 2. Tata Nama Aldehida

### a. Cara IUPAC

Pemberian nama aldehida secara IUPAC berdasarkan nama alkana, dengan akhiran **a** diganti menjadi **al**. Untuk alkanal yang mempunyai isomer pemberian namanya sebagai berikut: rantai pokok adalah rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi CHO. Nama aldehida sesuai dengan nama rantai pokok, diberi akhiran **al** dan penomoran dimulai dari gugus fungsi. Pemberian nama dimulai dengan nama cabang-cabang yang disusun menurut abjad, diikuti nama rantai pokok. Posisi gugus fungsi tidak perlu disebutkan karena selalu pada atom C nomor satu.

#### Contoh:



### b. Cara Trivial (Umum)

Nama umum aldehida diturunkan dari nama lazim asam karboksilat yang sesuai, dengan mengganti akhiran **at** menjadi aldehida dan membuang kata asam, seperti pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.5 Nama Senyawa Asam Karboksilat dan Aldehida**

Nama Senyawa Asam Karboksilat	Nama Senyawa Aldehida
asam format	formaldehida
asam asetat	asetaldehida
asam propionat	propionaldehida
asam butirat	butiraldehida

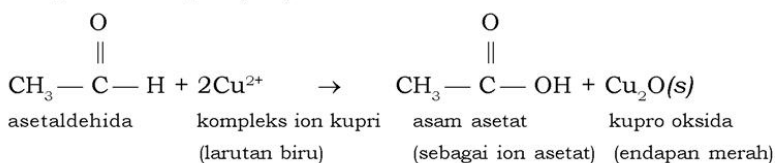
### 3. Sifat Kimia dan Sifat Fisika Aldehida

#### a. Sifat Kimia

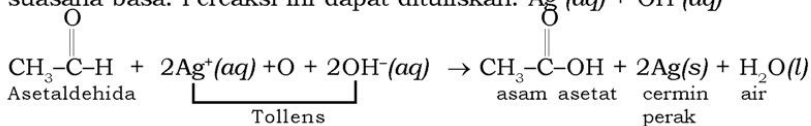
Aldehida yang memiliki gugus -CHO, dapat teroksidasi menjadi asam karboksilat. Uji fehling dan Tollens umumnya digunakan untuk mendeteksi aldehida. Pereaksi Fehling adalah larutan alkalis tembaga sulfat yang berwarna biru tajam.

##### 1) Oksidasi

Apabila aldehida dioksidasi dengan pereaksi Fehling akan diperoleh endapan tembaga oksida ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Aldehida teroksidasi menjadi asam asetat (asam karboksilat). Ion kupri ( $\text{Cu}^{2+}$ ) tereduksi menjadi ion kupro ( $\text{Cu}^+$ ).



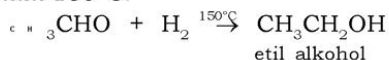
Asetaldehida juga dapat teroksidasi oleh asam nitrat encer, larutan kalium bikromat, kalium permanganat yang diasamkan, dan perak oksida amoniakal. Aldehid juga dapat bereaksi dengan Tollens. Pereaksi tollens adalah campuran  $\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$  dalam suasana basa. Pereaksi ini dapat dituliskan:  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$



##### 2) Reduksi

Asetaldehida tereduksi oleh logam natrium amalgam dan air menjadi etil alkohol. Uap asetaldehida dapat tereduksi oleh

hidrogen jika dialirkan bersama di atas katalis serbuk nikel yang halus pada 150°C.



Dari uraian di atas, maka dapat disimpulkan aldehida dapat:

- 1) Teroksidasi menjadi asam karboksilat.
- 2) Tereduksi oleh gas H<sub>2</sub> menghasilkan alkohol primer.
- 3) Tereduksi pereaksi Fehling menghasilkan endapan merah Cu<sub>2</sub>O. Pereaksi Fehling adalah campuran CUSO<sub>4</sub>(aq) + kalium Natrium tartrat dalam suasana basa. Pereaksi Fehling dapat dibedakan menjadi Fehling A dan Fehling B. Fehling A adalah larutan CuSO<sub>4</sub> dalam air dan Fehling B adalah larutan garam KNa-tartrat dan NaOH dalam air.
- 4) Mereduksi pereaksi Tollens menghasilkan endapan perak yang membentuk cermin pada dinding tabung reaksi. Pereaksi Tollens adalah larutan AgNO<sub>3</sub> dalam amonium hidroksida (NH<sub>4</sub>OH).

#### b. Sifat Fisika Aldehida

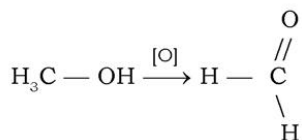
- 1) Larut dalam air.
- 2) Dapat membunuh bakteri.

#### 4. Pembuatan Aldehida

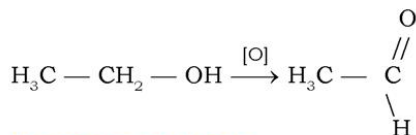
Aldehida dapat dibuat dari oksidasi alkohol primer. Oksidator yang digunakan adalah KMnO<sub>4</sub> atau K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dalam suasana asam, yang selanjutnya hanya dituliskan menjadi [O].

#### Contoh :

Metanal dibuat dari metanol dengan reaksi sebagai berikut:



Etanal dibuat dari etanol dengan reaksi sebagai berikut:



#### 5. Kegunaan Aldehida

Metanal atau formaldehida merupakan aldehida yang paling penting sehingga banyak diproduksi. Larutan formaldehida dengan kadar 30-40% diperdagangkan dengan nama *formalin*. Zat ini dapat



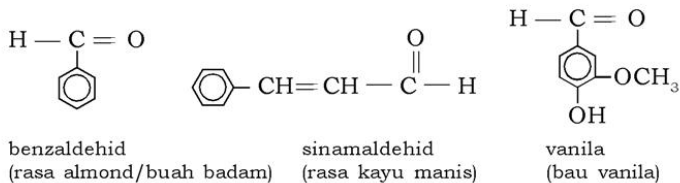
digunakan untuk mengawetkan preparat biologi dan mayat di laboratorium biologi atau di museum, tetapi tidak boleh digunakan untuk mengawetkan makanan. Formaldehida juga digunakan sebagai bahan baku untuk membuat damar sintetik dan polimer plastik termosetting/tahan panas (resin fenol-formaldehid), sebagai insektisida dan pembasmi kuman. Polimer dari formaldehid disebut poli(oksimetilena), yang dipasarkan dengan nama **Delrin**. Delrin digunakan sebagai bahan dalam pembuatan barang-barang rumah tangga seperti piring dan barang cetak lainnya.



Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*

**Gambar 4.4** Rasa buah almond dihasilkan senyawa aldehida

Beberapa aldehida telah digunakan sebagai penyedap makanan. Rasa buah almond, kayu manis, dan vanili dihasilkan oleh senyawa aldehida. Senyawa ini sekarang dapat dihasilkan secara sintesis dari petroleum, dan aldehida sintesis ini aman untuk konsumsi manusia dalam jumlah sedikit sebagai penyedap makanan. Meskipun beberapa orang menganggap bahwa penyedap alami lebih baik dan aman daripada yang sintesis, tetapi sumber alami mengandung sejumlah bahan kimia, dan toksisitas komponen bahan kimia ini tidak diketahui. Penyedap sintesis mungkin lebih kecil toksisitasnya daripada penyedap alami.

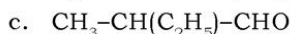
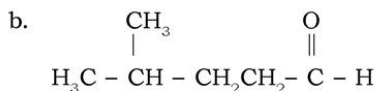
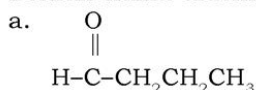




Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian, kerjakanlah Latihan 4.6 berikut.

### Latihan 4.6

1. Berilah nama aldehida berikut sesuai IUPAC!



2. Tuliskan rumus struktur senyawa berikut!

a. 3,3-dimetil pentanal

b. 3,4-dietil-2,4-dimetil pentanal

c. 3,4-dietil-3,5-dimetil oktanal

3. Formalin digunakan untuk mengawetkan preparat biologi. Namun ada juga yang menggunakannya untuk pengawet makanan. Menurut kalian, apa kelebihan dan kekurangannya?

## E. Alkanon (Keton)

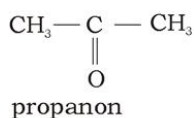
Keton atau alkanon adalah senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi di antara alkil. Keton juga merupakan turunan alkana dengan dua atom hidrogen dari alkana diganti dengan atom O.

### 1. Struktur Keton

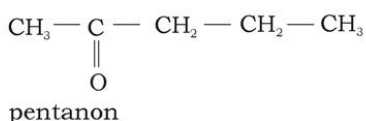
$\text{C}_m\text{H}_{2m+1}-\text{CO}-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  dengan ketentuan nilai  $m$  dan  $n$  dapat bernilai sama ataupun berbeda.

Keton turunan dari alkana dengan diberi akhiran **-on** yaitu alkanon. Senyawa keton dimulai dari  $\text{C}_3$  yaitu propanon.

**Contoh:**



Rumus molekulnya  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$



Rumus molekulnya  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$

## 2. Tata Nama Keton

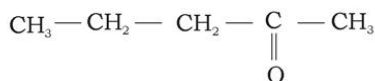
### a. Cara IUPAC

Penamaan golongan keton menurut IUPAC sama seperti pada senyawa alkohol. Hanya pada nama senyawa sesuai dengan jumlah atom C terpanjang dan diberi akhiran **-on**.

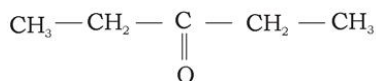
### b. Nama Trivial

Penamaan keton secara umum (trivial) dengan menyebutkan nama alkil-alkil kemudian diikuti keton. Kedua gugus alkil disebut berurutan dan diakhiri kata keton, dengan urutan alkil yang lebih kecil didahulukan lalu diikuti alkil yang besar.

**Contoh:**



(nama IUPAC : 2-pentanon)  
(nama trivial : metil propil keton)



(nama IUPAC : 3-pentanon)  
(nama trivial : dietil keton)

## 3. Sifat-sifat Keton

### a. Sifat Fisika

Sifat fisika keton hampir sama dengan aldehida untuk molekul yang bersesuaian. Sifat fisika tersebut meliputi titik didih, wujud, titik leleh, kelarutan, dan daya hantar listrik. Senyawa keton dengan rantai C panjang mempunyai bau yang harum.

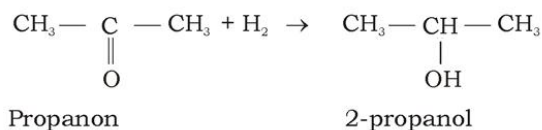
### b. Sifat Kimia

Sifat kimia keton juga hampir sama dengan aldehida. Ikatan yang terdapat dalam keton adalah ikatan kovalen. Keton juga bersifat polar.

#### 1) Reaksi Keton

Keton direaksikan dengan gas hidrogen menghasilkan alkohol sekunder.

**Contoh:**

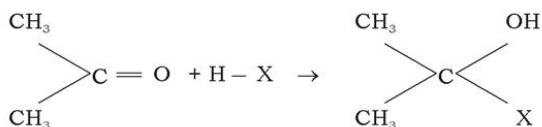


#### 2) Reaksi Membedakan Aldehida dan Keton

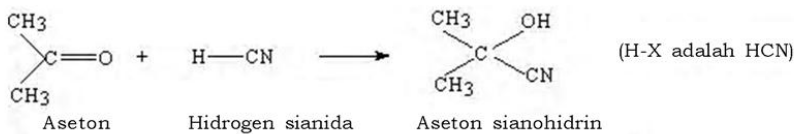
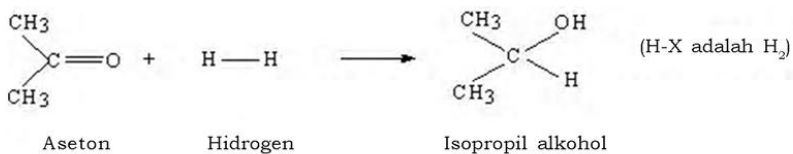
Untuk membedakan aldehida dengan keton dapat dilakukan reaksi oksidasi dengan menggunakan pereaksi oksidator seperti pereaksi Fehling dan pereaksi Tollens.

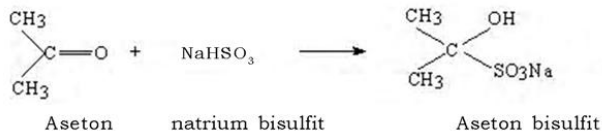
##### a) Reaksi adisi

Aseton membentuk berbagai macam senyawa hasil adisi. Perubahan yang umum dapat ditunjukkan melalui reaksi berikut.



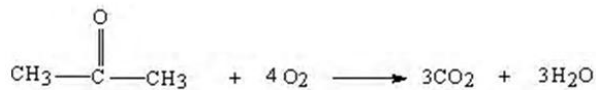
H-X adalah senyawa tertentu. Alkohol sekunder, aseton sianohidrin, dan aseton bisulfit akan dihasilkan apabila H-X masing-masing adalah hidrogen, HCN, dan NaHSO<sub>3</sub>.





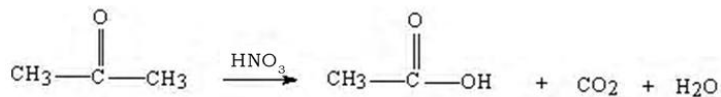
b) Pembakaran (*combustion*)

Aseton mengalami reaksi pembakaran, membentuk karbon dioksida dan air.



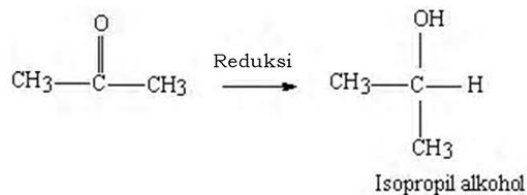
c) Reaksi oksidasi

Aseton tidak bereaksi dengan pereaksi yang memiliki daya pengoksidasi sedang, tetapi bila dididihkan dengan asam kromat atau asam nitrat pekat, aseton teroksidasi secara lambat menjadi asam asetat.

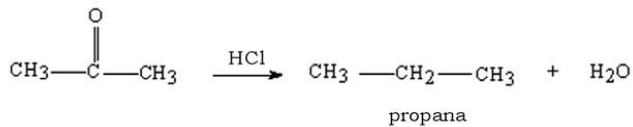


d) Reaksi reduksi

Reaksi dengan pereaksi yang memiliki daya pereduksi sedang seperti natrium amalgam dan air mengubah aseton menjadi isopropil alkohol.

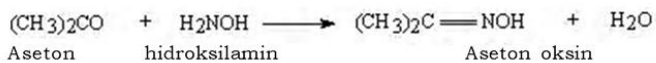
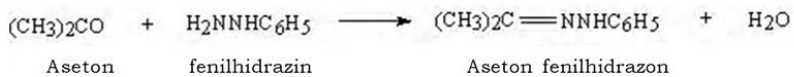


Apabila seng amalgam dan asam klorida pekat (HCl) yang digunakan, maka aseton tereduksi menjadi propana parafin melalui reaksi Clemmensen.

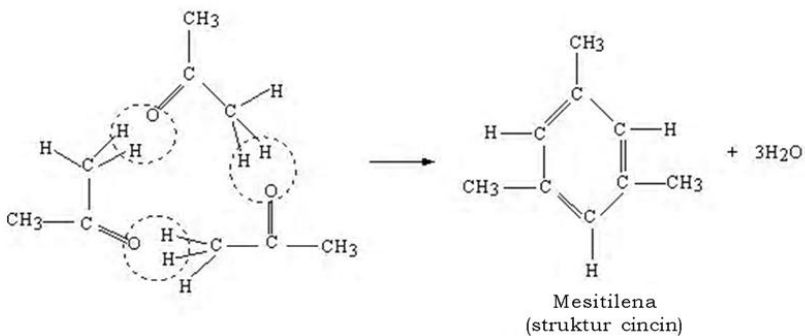
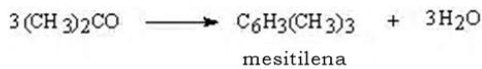


e) Reaksi kondensasi

Aseton, seperti juga asetaldehida, membentuk produk kondensasi dengan mudah. Reaksi antara aseton dengan fenilhidrazin menghasilkan fenilhidrazon sedangkan dengan hidrosilamin menghasilkan asetoksim (aseton oksim).

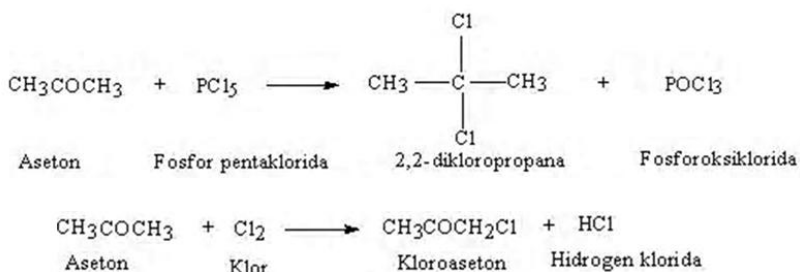


Aseton mengalami kondensasi bila didistilasi dengan asam sulfat pekat. Tiga molekul aseton bergabung membentuk trimetilbenzena (mesitilena).



f) Klorinasi

Aseton dapat diklorinasi melalui dua cara. Pertama, aseton bereaksi dengan fosfor pentaklorida pada suhu kamar membentuk 2,2-dikloropropana. Kedua, jika klor dialirkan ke dalam aseton pada suasana hangat, atom hidrogen digantikan oleh atom klor sehingga reaksi ini menghasilkan kloroaseton.



g) Reaksi iodoform

Reaksi antara aseton dengan larutan kalium iodida (KI) dan larutan natrium hipoklorit (NaOCl) dalam suasana hangat, atau dengan larutan iodin dan soda kaustik menghasilkan endapan iodoform ( $\text{CHI}_3$ ) yang berwarna kuning.

h) Reaksi polimerisasi

Aseton tidak dapat membentuk polimer dengan mudah.

#### 4. Kegunaan Keton

Senyawa keton yang paling dikenal dalam kehidupan sehari-hari adalah aseton (propanon). Kegunaan aseton adalah sebagai berikut:

- Sebagai pelarut senyawa karbon. Misalnya untuk membersihkan cat kuku (kutek), melarutkan lilin, dan plastik.
- Aseton terutama sekali digunakan sebagai pelarut getah dan resin, dan sebagai bahan untuk membuat plastik selulosa asetat, dan beberapa zat warna.
- Aseton juga digunakan untuk membersihkan dan mengeringkan bagian peralatan yang presisi karena aseton memiliki titik didih yang rendah ( $56^\circ\text{C}$ ) dan menguap dengan mudah.



- d. Metil etil keton (2-butanon), atau sering disingkat MEK, juga digunakan sebagai cairan pembersih dan pelarut dalam pembersih cat, pernis, dan pelapis.
- e. Dietil keton (3-pentanon) kadang-kadang digunakan sebagai pelarut, tetapi penggunaan yang utama adalah dalam sintesis obat-obatan dan senyawa organik, misalnya kloroform (obat bius tetapi sekarang tidak digunakan lagi karena dapat menimbulkan kerusakan hati), iodoform (obat luka/ disinfektan) dan plastik seperti gelas (perspex). Keton mudah terbakar dan memerlukan penanganan yang hati-hati.

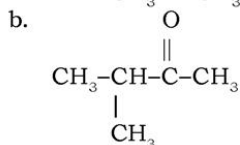
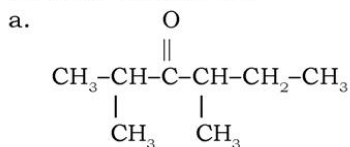
### 5. Identifikasi Senyawa Keton

Aseton dapat dikenali atau diidentifikasi sebagai endapan putih senyawa hasil adisi yaitu aseton-bisulfit, dan endapan kuning iodoform. Identifikasi lain adalah melalui reaksi dengan pereaksi Schiff yang menghasilkan produk dengan warna ungu yang nampak secara lambat. Aseton juga dapat dikenali karena aseton tidak mampu mereduksi larutan Fehling menjadi  $\text{Cu}_2\text{O}$  atau larutan perak oksida amoniakal menjadi cermin perak.

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan menimbulkan **tantangan belajar**, kerjakan Latihan 4.7 berikut.

#### Latihan 4.7

1. Sebutkan kegunaan senyawa keton!
2. Sebutkan nama dari senyawa yang mempunyai rumus struktur berikut ini:



## F. Asam Alkanoat (Asam Karboksilat)

Buah jeruk mengandung asam sitrat yang merupakan contoh asam karboksilat. Asam karboksilat tergolong asam organik alifatik yang memiliki gugus fungsional -COOH yang disebut gugus karboksil. Asam karboksilat disebut juga asam alkanoat. Semua asam alkanoat adalah asam lemah. Dalam pelarut air, sebagian molekulnya terionisasi dengan melepas ion  $H^+$ . Asam karboksilat dapat memiliki lebih dari satu gugus fungsional. Asam karboksilat yang memiliki dua gugus karboksil disebut asam dikarboksilat (alkandioat), sedang jika terdapat tiga gugus karboksil disebut asam trikarboksilat (alkantrioat), dan seterusnya.

### Kilas Kimia

Gugus karboksil dalam senyawa organik ini mengakibatkan zat ini bersifat asam lemah

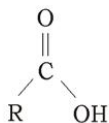
Deret asam karboksilat alifatik yang memiliki massa rumus rendah merupakan cairan yang mudah menguap (*volatile*) dan tak berwarna. Senyawa tersebut berbau tak enak. Bau mentega yang tengik disebabkan oleh asam butirat. Senyawa asam karboksilat suku tinggi merupakan padatan lilin dengan titik leleh tinggi dan bersifat *nonvolatile*. Asam stearat diperoleh dari lemak sapi (C-18) dan digunakan untuk membuat lilin yang murah. Asam stearat dan asam lemak rantai panjang lainnya hampir tak berbau.

Asam karboksilat dapat membentuk ikatan hidrogen intermolekul sedang alkohol tidak dapat membentuk ikatan ini. Oleh karena itu asam karboksilat memiliki titik didih dan titik leleh yang lebih tinggi daripada senyawa lain dengan massa rumus yang hampir sama.

Gugus karboksil dalam asam karboksilat adalah polar dan dengan mudah membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Asam format, asam asetat, asam propionat, dan asam butirat dapat bercampur dengan air secara sempurna. Kelarutan asam karboksilat dalam air dengan massa rumus makin tinggi turun secara tajam. Pada umumnya asam karboksilat larut dalam pelarut organik seperti etanol atau aseton.

### 1. Struktur Asam Alkanoat

Rumus struktur asam alkanoat adalah:



R (radikal), dapat berupa gugus fungsional lain.

## 2. Tata Nama Asam Alkanoat

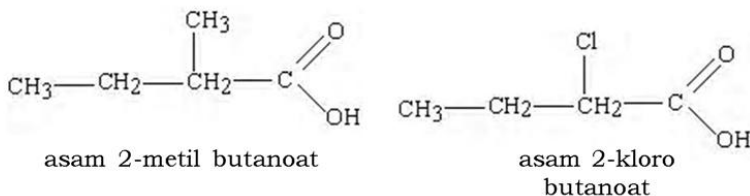
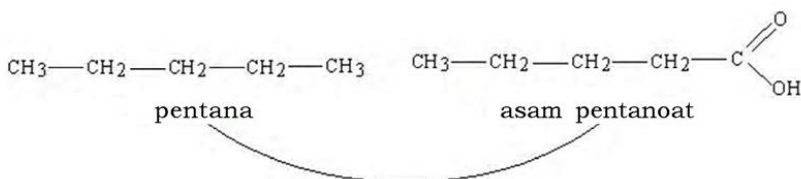
Asam alkanoat dapat dinamai sesuai aturan IUPAC dan cara umum.

### a. Nama IUPAC

Nama asam alkanoat menurut aturan IUPAC sesuai penamaan alkana, yaitu dengan menambahkan awalan asam diikuti nomor-nomor dan nama cabang, kemudian akhiran **a** pada alkana diganti **oat**. Untuk senyawa yang mempunyai isomer, cara penamaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Rantai pokok adalah rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi -COOH.
- 2) Penomoran dimulai dari gugus -COOH.
- 3) Penulisan nama dimulai dengan nama cabang atau gugus lain yang disusun menurut abjad kemudian nama rantai pokok. Posisi gugus fungsi tidak perlu disebutkan karena selalu menjadi atom karbon nomor satu.

### Contoh:



### b. Nama Trivial

Nama umum asam alkanoat didasarkan pada sumber alam asam tersebut. Sebagai contoh asam metanoat diberi nama umum asam format atau asam semut, sebab asam ini diekstraksikan dari semut (nama Latinnya *Formica*)

**Tabel 4.6 Nama Asam Alkanoat  
Menurut Aturan IUPAC dan Nama Trivial**

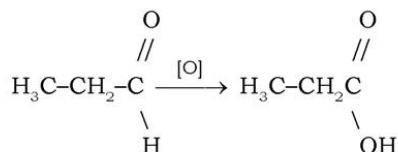
Rumus Struktur	Nama IUPAC	Nama Trivial (Sumber)	Titik Leleh (°C)
HCOOH	asam metanoat	asam format (semut merah)	8
CH <sub>3</sub> -COOH	asam etanoat	asam <b>asetat</b> (cuka)	17
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	asam propanoat	asam <b>propionat</b> (lemak pertama susu)	-22
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	asam butanoat	asam butirat (mentega)	-6
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -COOH	asam pentanoat	asam valerat (akar velere)	
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> -COOH	asam dodekanoat	asam laurat (sejenis kacang)	44
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> -COOH	asam heksadekanoat	asam palmitat (minyak palma)	63
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> -COOH HOCCCCOOH	asam oktadekanoat asam etanadioat	asam stearat (lemak) asam oksalat (tumbuhan oksalis)	70

Sumber : *Chemistry and Our World (Charles G. Gebelen)*

### 3. Pembuatan Asam Alkanoat

Asam karboksilat dapat dibuat dari oksidasi alkanal (aldehida).

**Contoh:**



### 4. Beberapa Asam Alkanoat Penting

#### a. Asam Metanoat atau Asam Format

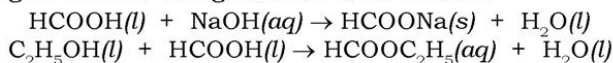
##### 1) Sifat Fisik Asam Format

Asam format adalah cairan tak berwarna, memiliki titik leleh 8°C dan berbau tajam. Asam format bersifat higroskopis dan dapat bercampur dengan air dalam semua perbandingan. Larutan asam format yang pekat bersifat korosif. Asam format dan asam asetat memiliki titik didih yang tinggi (101°C), meskipun massa rumusnya kecil. Ketidaknormalan titik didih ini disebabkan karena kedua zat mampu membentuk ikatan hidrogen.

## 2) Sifat Kimia Asam Format

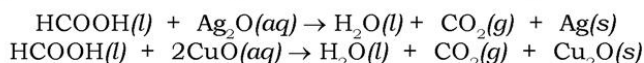
### a) Asam format sebagai asam

Asam format adalah asam monobasis yang lemah ( $K_a = 1,8 \times 10^{-4}$ ), yang bergabung dengan alkalis membentuk garam format dan dengan alkohol menghasilkan ester format.



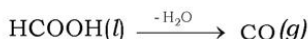
### b) Asam format sebagai pereduksi

Asam format berbeda dengan asam asetat dalam hal sebagai pereduksi. Asam format mereduksi (karena memiliki gugus aldehida) larutan perak oksida dalam suasana amonia (pereaksi Tollens) membentuk cermin perak, mereduksi merkuri klorida menjadi endapan putih merkuro klorida, dan mereduksi pereaksi Fehling membentuk endapan merah bata dari  $\text{Cu}_2\text{O}$ .



### c) Asam format mengalami dehidrasi

Asam format terdehidrasi menghasilkan air dan karbon monoksida bila dipanaskan sampai  $100^\circ\text{C}$  dengan asam sulfat pekat



### d) Kestabilan asam format

Asam format kurang stabil daripada asam asetat dan terurai di atas suhu  $150^\circ\text{C}$ .



## 3) Kegunaan Asam Format

Asam format digunakan dalam penyepuhan (*electroplating*), penyamakan kulit (*tanning*), dan pemrosesan tekstil. Asam format juga digunakan sebagai disinfektan dan penggumpal lateks karet.

### **b. Asam Asetat (Asam Etanoat)**

#### 1) Sifat Fisik Asam Asetat

Asam asetat atau asam cuka atau asam etanoat adalah cairan tak berwarna dengan bau menyengat. Asam asetat mudah larut dalam air dan dapat bercampur dalam semua perbandingan. Asam asetat anhidrat yang meleleh pada  $17^\circ\text{C}$  dikenal sebagai asam asetat glasial karena pada cuaca yang dingin, membeku menjadi kristal



seperti es. Asam asetat bersifat higroskopis dan korosif, memiliki titik didih  $118^{\circ}\text{C}$  yang lebih tinggi daripada hidrokarbon dengan massa rumus hampir sama.

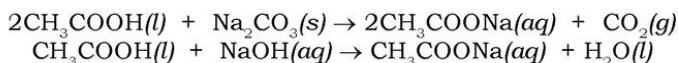
## 2) Sifat Kimia Asam Asetat

### a) Sebagai asam

Asam asetat adalah asam lemah ( $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ ) yang terdisosiasi sedikit menjadi ion-ion dalam larutan berair.

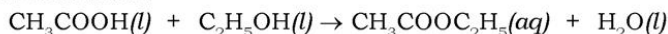


Asam asetat adalah monobasis yaitu hanya satu atom hidrogen dalam setiap molekul dapat digantikan oleh sebuah suatu logam. Asam asetat bereaksi dengan karbonat membentuk gas  $\text{CO}_2$ , dan menetralkan basa membentuk garam asetat.



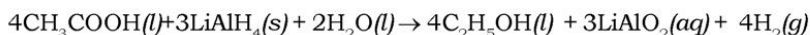
### b) Esterifikasi

Asam asetat bergabung dengan alkohol membentuk ester asetat secara reversibel.



### c) Reduksi

Asam asetat tahan terhadap reduksi, tak terpengaruh oleh pereduksi pada umumnya, tetapi tereduksi oleh litium aluminium hidrida.



### d) Kestabilan

Asam asetat adalah senyawa yang sangat stabil, tidak mudah terurai oleh panas, tidak terpengaruh bahkan oleh pengoksidasi terkuat (asam format atau kalium permanganat) atau pengdehidrasi (asam sulfat pekat).

## 3) Kegunaan Asam asetat

Penggunaan terbesar adalah dalam pembuatan industri selulosa asetat. Asam asetat digunakan sebagai pelarut dan untuk membuat asam asetat anhidrida, aseton, timbal putih, berbagai garam asetat, dan pewarna. Asam asetat juga digunakan sebagai penggumpal lateks karet dan sebagai cuka untuk pengawet dan penyedap makanan.



Sumber. Ilmu Pengetahuan Populer  
**Gambar 4.5** Asam cuka (asam asetat) untuk penyedap makanan



#### 4. Identifikasi Asam Alkanoat

Asam alkanoat seperti asam asetat dan asam format dapat diidentifikasi dengan berbagai cara, antara lain:

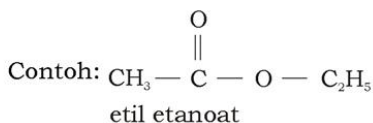
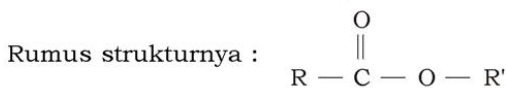
- Asam asetat dan asam format dikenali lewat sifat-sifat asamnya dan juga warna merah tajam yang diperoleh bila larutan netral format atau asetat ditambahkan ke dalam larutan feri klorida ( $\text{FeCl}_3$ ).
- Asam format dapat dibedakan dari asam asetat bila direaksikan dengan larutan kalium permanganat atau larutan amoniakal perak oksida atau larutan merkuri klorida. Semua larutan ini tak tereduksi oleh asam asetat.
- Asam asetat dan asam format juga dapat dibedakan berdasarkan bau yang khas dan dengan memanaskannya dengan asam sulfat pekat, apabila asam format maka akan memberikan gas yang terbakar dengan nyala biru terang.

### G. Alkil Alkanoat (Ester)

Ester adalah senyawa karbon dengan gugus fungsi  $-\text{COOR}'$ . Ester turunan asam alkanoat disebut alkil alkanoat. Dalam kehidupan sehari-hari ester dikenal dengan nama essence.

#### 1. Rumus Struktur

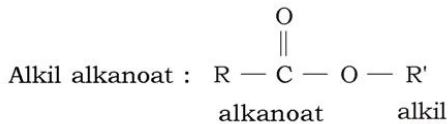
Ester mempunyai rumus molekul:  $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}-\text{COO}-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  dengan ketentuan nilai  $m$  dan  $n$  dapat bernilai sama ataupun berbeda.



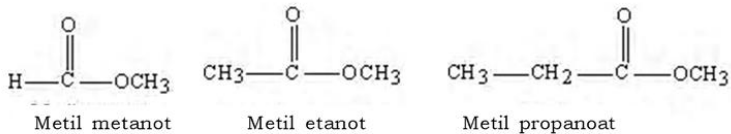
#### 2. Tata Nama

##### a. Cara IUPAC

Penamaan senyawa ester hampir sama dengan penamaan asam karboksilat. Hanya saja karena atom H dari gugus  $-\text{OH}$  diganti dengan nama alkil. Jadi, penamaannya dengan menyebutkan nama alkil terlebih dahulu, baru kemudian alkanoat.

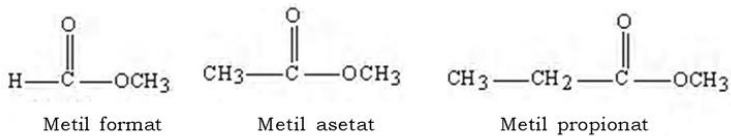


**Contoh:**



**b. Cara Trivial (Umum)**

Nama umum ester terdiri dari dua kata. Kata pertama ialah nama gugus alkil yang terikat pada oksigen ester, dan kata kedua ialah nama asam karboksilatnya dengan membuang kata asam.



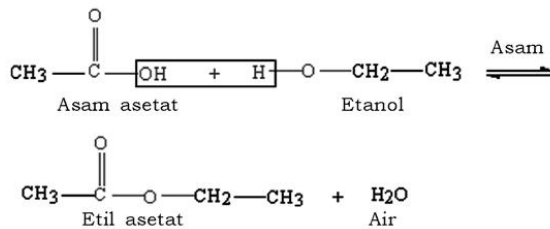
**3. Sifat Kimia dan Sifat Fisika Ester**

Semua ester memiliki sifat kimia yang mirip, sehingga hanya salah satu yang dipelajari secara mendalam. Etil asetat dipilih untuk tujuan ini karena etil asetat adalah ester paling sederhana dan telah dikenal dengan baik.

**a. Sifat Kimia**

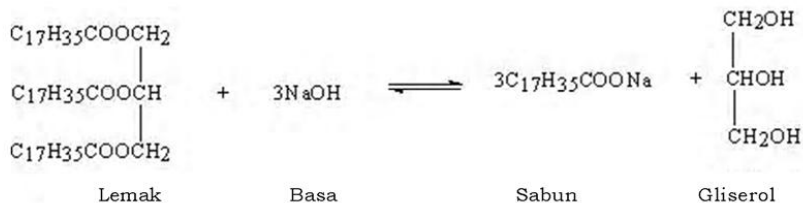
1) *Reaksi Esterifikasi*

Ester disintesis dengan mereaksikan asam dengan alkohol. Contoh etil asetat disintesis melalui reaksi asam asetat dan etanol. Dalam sintesis etil asetat, kesetimbangan terjadi bila reaksi telah mencapai sekitar 67%, dengan kata lain, sekitar 33% asam asetat dan 33% etanol tetap tak bereaksi.



### 2) Reaksi Saponifikasi

Ester bereaksi dengan basa menghasilkan sabun (garam karboksilat). Reaksi ini dikenal dengan reaksi saponifikasi (penyabunan).

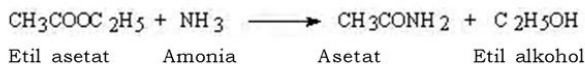


### 3) Reaksi Hidrolisis

Ester dapat terhidrolisis menghasilkan asam karboksilat dan alkohol. Reaksi hidrolisis ini merupakan kebalikan dari reaksi esterifikasi.

### 4) Reaksi dengan Amonia

Reaksi antara etil asetat dengan larutan amonia pekat menghasilkan asetamida.



## b. Sifat Fisika

Etil asetat merupakan cairan tak berwarna, dengan titik didih  $77^\circ\text{C}$ , massa jenis  $0,90 \text{ g/cm}^3$ , dan berbau seperti buah-buahan. Etil asetat sukar larut dalam air tetapi larut dengan mudah dalam pelarut organik. Senyawa ester dengan  $M_r$  besar memiliki titik didih tinggi. Ester dengan  $M_r$  kecil memiliki bau yang harum.

#### 4. Kegunaan Ester

Ester merupakan senyawa yang penting tidak hanya dalam kosmetika dan penyedap tetapi juga dalam aplikasi yang lain. Senyawa ester dengan rantai pendek disebut ester buah-buahan. Contoh ester buah-buahan untuk penyedap atau *essence* adalah etil asetat beraroma pisang selai, etil butirat beraroma strawberry, n-oktil asetat beraroma jeruk, iso-amil butirat beraroma buah pear, dan n-amil asetat beraroma pisang.



Sumber: Dok. Penerbit  
**Gambar 4.6** Ester untuk penyedap berbau buah-buahan

Lilin lebah (*beeswax*) yaitu campuran ester seperti  $C_{25}H_{51}COO-C_{30}H_{61}$ , dan lilin carnauba, ester yang lain, digunakan sebagai pemoles (semir) mobil, lantai, dan barang-barang mebel.

Lemak dan minyak (bukan minyak petroleum) merupakan ester dari gliserol dengan asam lemak. Lemak dan minyak penting dalam pola makan (diet). Minyak dan lemak digunakan untuk bahan baku pembuatan sabun dan margarin.

Ester aspirin dan metil salisilat digunakan dalam obat analgesik dan anti peradangan (inflammasi). Etil asetat digunakan sebagai pembersih cat kuku dan pelarut selulosa nitrat dalam pernis.

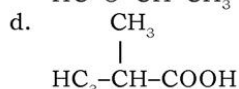
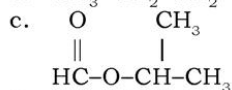
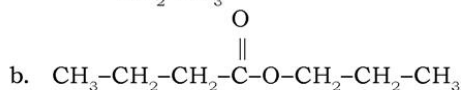
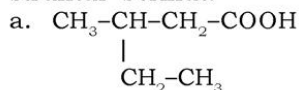
#### 5. Identifikasi Ester

Suatu ester kadang-kadang dikenali melalui baunya yang khas, tetapi cara yang umum adalah dengan menghidrolisis dan mengidentifikasi hasilnya. Jika suatu ester direfluks dengan suatu alkalis selama setengah jam, ester tersebut berubah menjadi alkohol yang mudah menguap (*volatile*) dan garam tertentu yang nonvolatile. Alkohol dan garam yang telah diasamkan, kemudian diuji dengan cara tertentu. Contoh, etil asetat yang dihidrolisis akan menghasilkan etil alkohol dalam distilat pertama dan asam asetat dalam distilat (diasamkan) kedua, sehingga berdasarkan kedua zat ini dapat disimpulkan ester apa yang terdapat dalam contoh atau cuplikan.

Untuk lebih mengembangkan **berpikir kritis** kalian, kerjakan Latihan 4.8 berikut.

### Latihan 4.8

1. Berilah nama IUPAC senyawa yang mempunyai rumus struktur berikut.



2. Tuliskan struktur molekul dari senyawa berikut.

- asam 2,3-dietil-4-metil-2,3-dipropil heptanoat.
- butil oktanoat.

## H. Isomer

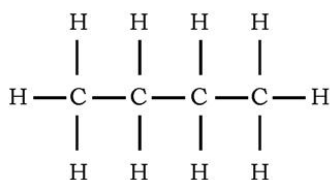
Kalian tentu telah mempelajari senyawa hidrokarbon alifatik seperti alkana, alkena, dan alkuna. Senyawa ini dapat memiliki gejala isomer atau keisomeran. Senyawa-senyawa yang memiliki rumus molekul sama disebut *isomer*. Keisomeran terjadi karena perbedaan struktur rangka, macam, dan posisi gugus fungsional atau struktur ruang senyawa tersebut. Keisomeran dibedakan atas keisomeran struktur dan keisomeran ruang. Keisomeran struktur dibedakan lagi menjadi 3 keisomeran, sedangkan keisomeran ruang dibedakan atas keisomeran geometris dan optis.

### 1. Keisomeran Struktur

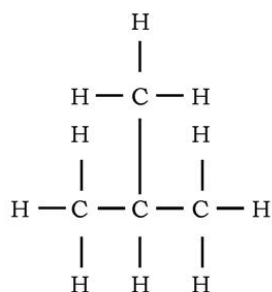
#### a. Keisomeran Rantai

Keisomeran rantai terjadi karena perbedaan cara atom-atom karbon tersusun dalam senyawa-senyawa karbon yang memiliki rumus molekul sama. Keisomeran ini terjadi pada alkana. Contoh, butana memiliki dua isomer yaitu n-butana dan isobutana.





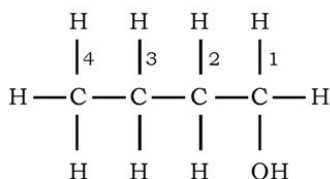
n - butana



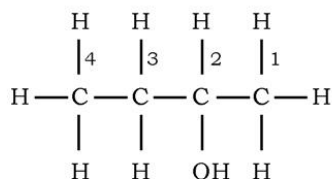
Isobutana

### b. Keisomeran Posisi

Keisomeran posisi terjadi karena perbedaan posisi gugus fungsional pada rantai atom karbon dalam senyawa-senyawa karbon yang memiliki rumus molekul sama dan mengandung gugus fungsional sama pula.



1-butanol



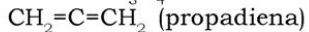
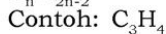
2-butanol

Senyawa butanol juga memiliki keisomeran rantai selain keisomeran posisi. Coba kalian tulis struktur isobutil alkohol, dan t-butil alkohol! Berapakah jumlah isomer untuk butanol?

### c. Keisomeran Fungsional

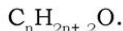
Keisomeran fungsional terjadi karena perbedaan gugus fungsional dalam senyawa karbon yang memiliki rumus molekul sama. Coba kalian ingat-ingat kembali pasangan homolog yang berisomer fungsional berikut.

- 1) Alkana berisomer fungsi dengan alkadiena, rumus umumnya



Coba kalian tulis struktur  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  untuk molekul 1-heksena dan sikloheksana! Tahukah kalian yang mana, tergolong alkana dan alkena?

- 2) Alkohol berisomer fungsi dengan eter, rumus umumnya



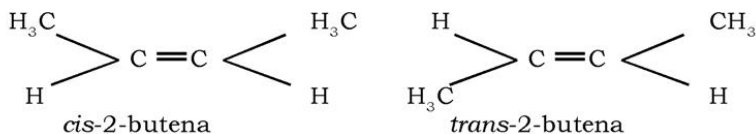


- Contoh:  $C_2H_6O$   
 $CH_3CH_2OH$  (etil alkohol)       $CH_3OCH_3$  (dimetil eter)
- 3) Aldehida berisomer fungsi dengan keton, rumus umumnya  $C_nH_{2n}O$   
 Contoh:  $C_3H_6O$   
 $CH_3CH_2CHO$  (propanal)       $CH_3COCH_3$  (propanon)
- 4) Asam karboksilat berisomer fungsi dengan ester, rumus umumnya  $C_nH_{2n}O_2$   
 Contoh:  $C_3H_6O_2$   
 $CH_3CH_2COOH$  (asam propanoat)       $CH_3COOCH_3$  (metil etanoat)

## 2. Keisomeran Ruang

### a. Keisomeran Geometris

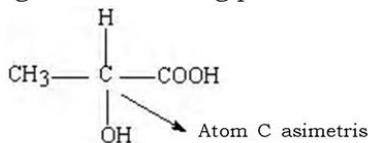
Isomer ini terdapat dalam senyawa yang memiliki ikatan rangkap. Keisomeran geometris terjadi karena perbedaan kedudukan gugus-gugus sejenis di sekitar ikatan rangkap ( $C=C$ ). Apabila gugus-gugus terletak sepihak (pada sisi sama) disebut *cis*, sedangkan jika terletak berseberangan disebut *trans*. Atom karbon yang berikatan rangkap tidak dapat berotasi. Oleh karena itu bentuk *cis*-2-butana tidak dapat diubah menjadi bentuk *trans*-2-butana.

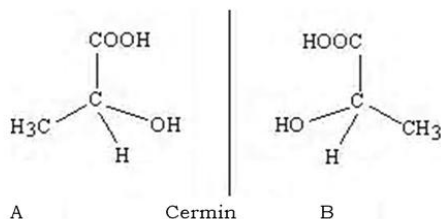


### b. Keisomeran Optis

Senyawa yang dapat memutar bidang polarisasi (bidang cahaya terkutub) disebut bersifat optis aktif. Cahaya terpolarisasi (cahaya terkutub) adalah cahaya yang bergetar pada satu bidang saja. Bidang getar ini disebut bidang polarisasi atau bidang cahaya terkutub.

Senyawa yang aktif optis yaitu senyawa yang memiliki C asimetris. Contoh, asam laktat memiliki C asimetris karena mengikat empat gugus atom yang berbeda. Asam laktat memiliki dua isomer optis, yaitu asam laktat yang memutar bidang polarisasi  $3,8^\circ$  ke kanan dan asam laktat yang memutar bidang polarisasi  $3,8^\circ$  ke kiri.





**Gambar 4.7** Dua bentuk konfigurasi asam laktat

Kedua bentuk (konfigurasi) asam laktat di atas tak dapat saling dihindarkan, meskipun strukturnya sama. Perhatikanlah ketika guru kalian menerangkan dengan model molekul atau molimod!

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian, kerjakan Latihan 4.9 berikut.

#### Latihan 4.9

- Tuliskan nama IUPAC dan trivial senyawa berikut:
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCHCH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{C}_2\text{H}_5\text{CHCH}_3\text{CHC}_2\text{H}_5\text{COOH}$
- Tuliskan struktur dari:
  - isopropil asetat
  - etil pentanoat
  - asam 2,3-dimetil pentanoat
  - asam 2-hidroksi propionat
- Tuliskan isomer dari senyawa yang memiliki rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ !

#### Rangkuman

- Gugus fungsional atau gugus pengganti merupakan gugusan penentu sifat senyawa dan yang akan bereaksi dengan senyawa lain.
- Haloalkana adalah turunan alkana dengan mengganti atom H dengan atom halogen.
- Alkohol merupakan senyawa turunan alkana dengan satu atom H diganti dengan gugus hidroksil ( $-\text{OH}$ ).
- Eter adalah senyawa karbon yang gugus fungsinya mengikat dua alkil yang sama atau berbeda. Gugus fungsi eter  $-\text{O}-$ .

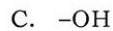
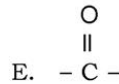
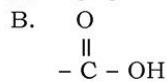
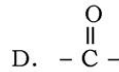
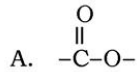
5. Aldehida adalah senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi  $\text{-CHO}$ .
6. Alkanon (keton) merupakan senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi karbonil ( $\text{-CO-}$ ) diantara alkil.
7. Asam karboksilat tergolong asam organik alifatik yang memiliki fungsi karboksilat ( $\text{-COOH}$ ).
8. Ester merupakan senyawa turunan asam karboksilat, dimana atom H dari gugus hidroksil diganti dengan alkil

### Evaluasi

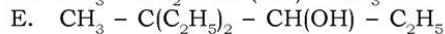
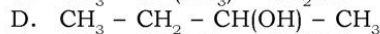
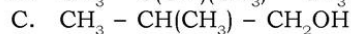
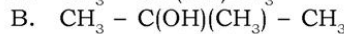
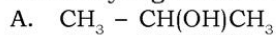
#### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Gugus fungsional dalam senyawa hidrokarbon menentukan . . . .
  - A. macam unsur dalam senyawa
  - B. pusat reaksi kimia senyawa
  - C. sifat fisika senyawa
  - D. tatanan atom dalam rumus molekul senyawa
  - E. macam ikatan antara atom-atom senyawa
2. Titik didih alkohol lebih tinggi daripada titik didih eter yang mempunyai jumlah atom C sama. Alasan yang tepat untuk menjelaskan peristiwa tersebut adalah . . . .
  - A. ester memiliki molekul alkohol terdapat ikatan hidrogen
  - B. alkohol mudah larut dalam air
  - C. massa rumus alkohol lebih besar daripada eter
  - D. massa jenis alkohol lebih besar daripada eter
  - E. alkohol mudah beresolasi dengan logam-logam alkali
3. Formulasi yang banyak digunakan sebagai pengawet preparat anatomi adalah larutan 40% dari . . . .
  - A. metanol
  - B. etanol
  - C. aseton
  - D. asam formiat
  - E. asam asetat

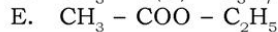
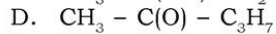
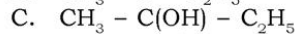
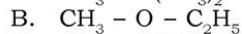
4. Keton merupakan senyawa yang mengandung gugus fungsi . . . .



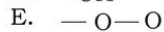
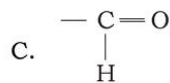
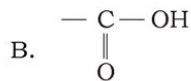
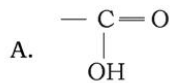
5. Berikut yang termasuk alkohol primer adalah . . . .



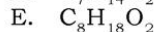
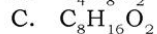
6. Senyawa di bawah ini termasuk golongan alkanon adalah . . . .



7. Gugus fungsi dari senyawa asam karboksilat adalah . . . .



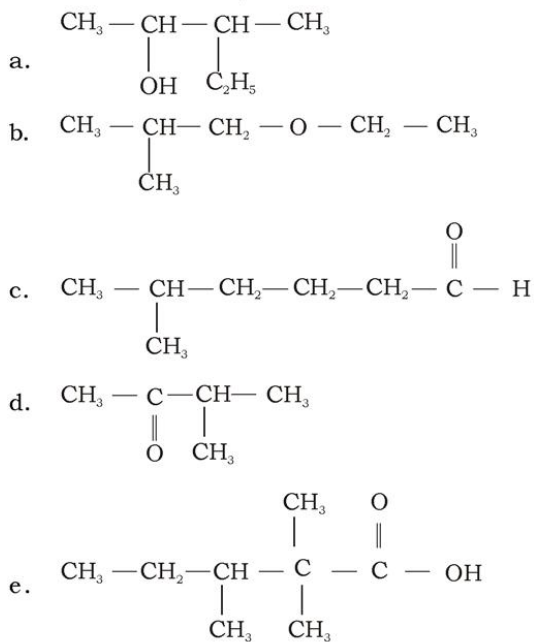
8. Asam 2,2-diethyl butanoat mempunyai rumus molekul . . . .

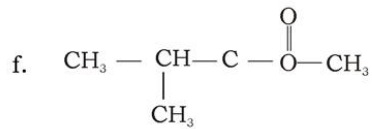


9. Jika 2-propanol direaksikan dengan asam metanoat akan menghasilkan ... .
- propil metanoat
  - metil propanoat
  - isopropil metanoat
  - etil asetat
  - metil butanoat
10. Senyawa haloalkana yang digunakan sebagai obat bius adalah ... .
- $\text{CHCl}_3$
  - $\text{CCl}_4$
  - CFC
  - etil klorida
  - metil bromida

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Tuliskan nama senyawa berikut menurut IUPAC





2. Tuliskan struktur molekul nama senyawa berikut!
  - a. 3,4-dimetil-3,4-dipropil-2-oktanol
  - b. 2,2-dimetil pentanol
  - c. 2,5,5-trimetil-3-heksanon
  - d. asam-2,3-dimetil butanoat
  - e. isopropil etanoat
  - f. 4-bromo-3-kloro-2-fluoro butana
3. Sebutkan kegunaan alkohol dan eter!
4. Bagaimana cara membedakan antara aldehida dengan keton? Berikan penjelasan!
5. Tuliskan struktur dan berilah nama ester dari setiap reaksi berikut!
  - a. Asam format + metanol →
  - b. Asam butirat + etanol →
  - c. Asam asetat + propanol →



# Bab V

## Benzena dan Turunannya

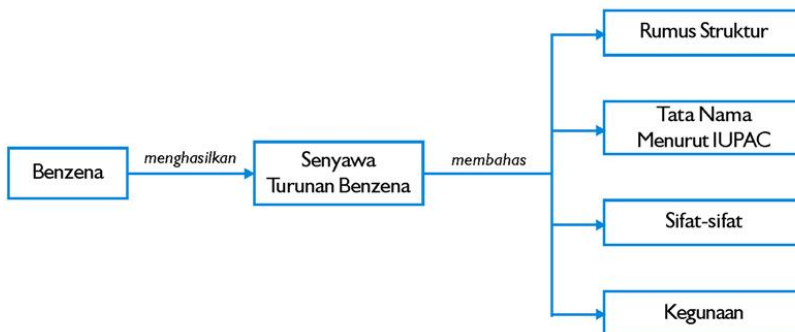
Sumber: Dok. Penerbit

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat mengidentifikasi struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, kegunaan senyawa benzena dan turunannya.

### Peta Konsep

Untuk mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran tersebut, perhatikanlah peta konsep berikut.



### Kata Kunci

Setelah peta konsep kalian kuasai, perhatikan kata kunci yang merupakan kunci pemahaman materi dalam bab ini. Berikut ini adalah kata kunci dalam bab V.

Benzena  
Senyawa aromatik  
Turunan benzena



Sumber: Dok Penerbit

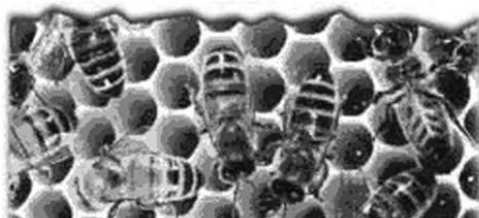
**Gambar 5.1** Saus dan kecap menggunakan zat pengawet yang disebut natrium benzoat

Tahukah kalian bahan makanan yang kita konsumsi kebanyakan sudah tidak alami lagi? Bahan makanan tersebut banyak mengandung bahan pengawet makanan. Salah satu zat pengawet buatan yang sering digunakan untuk pengawet makanan dan minuman misalnya saus, kecap, mie instan, minuman ringan, dan sebagainya adalah natrium benzoat. Natrium benzoat merupakan senyawa turunan dari benzena.

Benzena ditemukan pada tahun 1825 oleh seorang ilmuwan Inggris, Michael Faraday, yang mengisolasiannya dari gas minyak dan menamakannya *bikarburet* dari hidrogen. Pada tahun 1833, kimiawan Jerman, Eilhard Mitscherlich menghasilkan benzena melalui distilasi asam benzoik (dari benzoin karet/*gum benzoin*) dan kapur. Mitscherlich memberinya nama benzin. Pada tahun 1845, kimiawan Inggris, Charles Mansfield, yang sedang bekerja di bawah August Wilhelm von Hofmann, mengisolasi benzena dari tir (*coal tar*). Empat tahun kemudian, Mansfield memulai produksi benzena berskala besar pertama menggunakan metode tir tersebut.

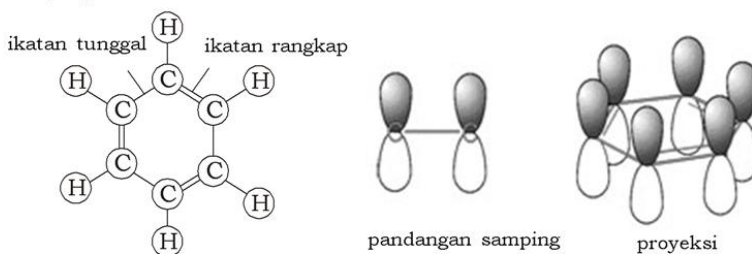
## A. Struktur Benzena dan Turunannya

Benzena memiliki sifat tidak seperti sikloalkana dan dimasukkan dalam kelas tersendiri. Benzena dan senyawa seperti benzena (yang mengandung cincin benzena berbentuk heksagon mirip dengan bentuk sarang lebah) disebut senyawa aromatik karena sebagian besar memiliki bau aromatik. Meskipun demikian benzena dan banyak senyawa aromatik bersifat toksik.



Sumber : <http://www.harunyahya.com/>

**Gambar 5.2** Sarang lebah berbentuk heksagon yang menyerupai bentuk cincin benzena



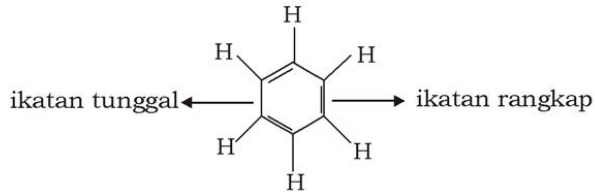
**Gambar 5.3** Struktur benzena

Struktur senyawa aromatik yang bertanggung jawab atas sifat kimia adalah cincin benzena. August Kekule (1865) mengemukakan bahwa cincin benzena berbentuk siklik (rantai tertutup) dan segenam beraturan dengan sudut antaratom karbon  $120^{\circ}\text{C}$ . Setiap atom C yang lain sehingga terdapat tiga buah ikatan rangkap dua yang berselang-seling dengan ikatan tunggal. Menurut sejarahnya struktur berbentuk cincin ini diilhami oleh mimpi Kekule yang melihat seekor ular menggigit ekornya.

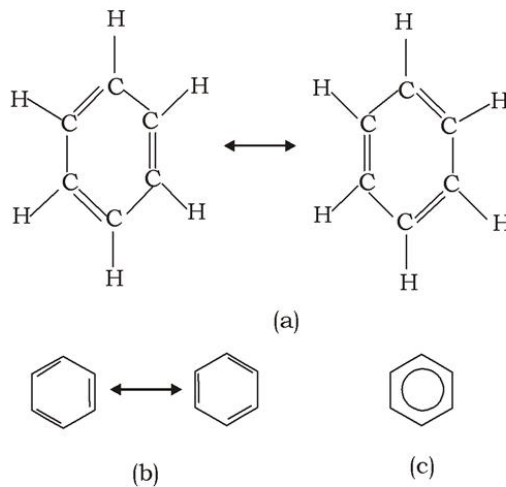


Sumber : *Jendela Iptek*

**Gambar 5.4** August Kekule



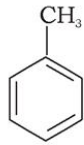
Secara eksperimen ditemukan bahwa semua panjang ikatan C-C dalam benzena sama. Oleh karena itu struktur benzena sering digambarkan sebagai struktur resonansi.



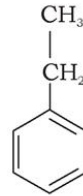
**Gambar 5.5** Struktur resonansi benzena. (a) Struktur dilengkapi dengan menggambarkan atom C dan H, (b) Struktur tanpa diperlihatkan atom C dan H, (c) Struktur dengan resonansi elektron diwakili oleh bulatan di tengah cincin

Resonansi merupakan perubahan posisi elektron pada atom-atom dalam suatu senyawa. Struktur resonansi sebenarnya merupakan dua atau lebih struktur yang digunakan untuk menggambarkan satu molekul senyawa. Struktur sesungguhnya bukan salah satu dari struktur ini melainkan gabungan dari struktur-struktur tersebut.

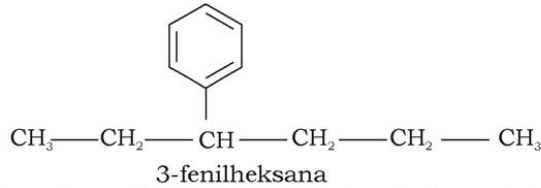
Senyawa yang mengandung gugus pengganti yang terikat pada cincin benzena dinamai **turunan benzena**. Cincin benzena kadang-kadang disebut sebagai gugus pengganti pada alkana dan disebut gugus fenil. Perhatikan struktur turunan benzena berikut dan tunjukkan gugus pengantinya!



metil benzena



etil benzena



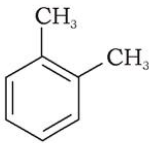
Agar kalian dapat **berpikir kritis** dan **belajar lebih jauh**, kerjakan Latihan 5.1 berikut.

### Latihan 5.1

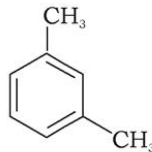
Tuliskan struktur senyawa berikut:

- propilbenzena
- 2-fenilpropana
- 1,4-dimetil-2-fenil-heksana

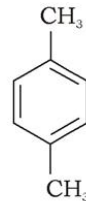
Sebagian turunan benzena memiliki dua gugus pengganti. Turunan demikian disebut benzena tersubstitusi rangkap. Struktur senyawa aromatik cair dimetilbenzena,  $C_6H_4(CH_3)_2$  memiliki tiga isomer. Sifat fisik isomer struktur berbeda seperti ditunjukkan pada titik didihnya.



1,2-dimetilbenzena  
(*o*-dimetilbenzena, *o*-ksilena) (bp 144°C)



1,3-dimetilbenzena  
(*m*-dimetilbenzena, *m*-ksilena) (bp 139°C)



1,4-dimetilbenzena  
(*p*-dimetilbenzena) *p*-ksilena (bp 138°C)

## B. Tata Nama Benzena dan Turunannya

Dalam sistem pemberian nama menurut IUPAC, posisi dua gugus pengganti dalam benzena tersubstitusi ditandai 1,2; 1,3; atau 1,4. Nama-nama umum untuk benzena tersubstitusi menggunakan istilah *orto*, *meta*, dan *para* (disingkat *o*, *m*, dan *p*) sebagai ganti angka. Dimetil benzena juga disebut ksilena.

Jika kalian menulis turunan benzena tersubstitusi seharusnya menunjukkan atom tersubstitusi terikat pada inti benzena. Perhatikan beberapa contoh turunan benzena berikut.

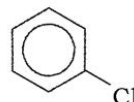
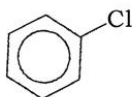
### 1. Turunan Benzena dengan Satu Gugus Fungsional

Salah satu turunan benzena dengan satu gugus fungsional adalah klorobenzena ( $C_6H_5Cl$ ) dengan struktur:

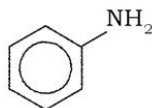


Klorobenzena

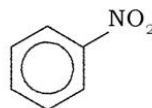
Semua enam atom H dalam benzena adalah ekivalen, sehingga tak masalah posisi yang dipilih bagi substituen (gugus pengganti) dalam suatu turunan mono. Oleh karena itu semua turunan klorobenzena ini adalah identik:



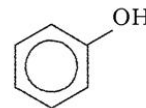
metilbenzena  
(toluena)



aminobenzena  
(anilin)



nitrobenzena



hidroksibenzena  
(fenol)

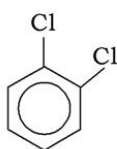


## 2. Turunan Benzena dengan Dua Gugus Fungsional

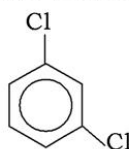
Jika suatu senyawa turunan benzena memiliki dua gugus fungsional, maka senyawa ini akan memiliki tiga isomer, yaitu isomer posisi *orto* (*o*-) *meta* (*m*-), dan *para* (*p*-). Apakah sebenarnya arti *orto*, *meta*, dan *para* itu? Posisi *orto* adalah posisi (1,2), *meta* (1,3), dan *para* (1,4).

Turunan dengan dua atom atau gugus pengganti yang bertetangga dinamakan *orto* (*o*-) untuk membedakannya dari *meta* (*m*-) dan *para* (*p*-) dan disebut isomer posisi, yang memiliki sifat kimia sangat mirip meskipun memiliki sifat fisik yang berbeda.

Diklorobenzena memiliki tiga isomer posisi yang dinyatakan dengan rumus struktur sebagai berikut.



1,2-diklorobenzena  
(*o*-diklorobenzena)



1,3-diklorobenzena  
(*m*-diklorobenzena)

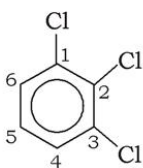


1,4-diklorobenzena  
(*p*-diklorobenzena)

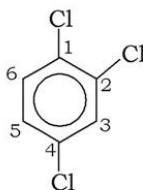
## 3. Turunan Benzena dengan Tiga atau Lebih Gugus Fungsional

Turunan benzena dengan tiga atau lebih gugus fungsional ini masing-masing dapat mengandung gugus fungsional yang sama atau berbeda. Contohnya adalah pada triklorobenzena yang mengandung tiga atom klor dan TNT (trinitrotoluena) yang mengandung satu gugus metil dan tiga gugus nitro.

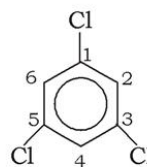
Tiga isomer triklorobenzena telah diketahui. Untuk menunjukkan posisi atom klor dalam cincin, atom karbon diberi nomor sesuai arah jarum jam (dengan satuan yang dipilih sedemikian sehingga memberikan nomor terendah).



1,2,3-triklorobenzena



1,2,4-triklorobenzena



1,3,5-triklorobenzena

Semua isomer triklorobenzena memiliki rumus molekul  $C_6H_3Cl_3$ , tetapi sesuai dengan perjanjian atom karbon dan hidrogen dihilangkan dari rumus cincin.  $C_6H_5-$  disebut radikal fenil. Radikal seperti ini, yang menawarkan ikatan langsung ke atom karbon dalam inti benzena dikenal sebagai radikal aril untuk membedakannya dari radikal alkil dari deret alifatik. Benzena dan homolognya dikenal sebagai arena.

## C. Sifat-sifat Benzena dan Turunannya

### 1. Sifat-sifat Fisik Benzena

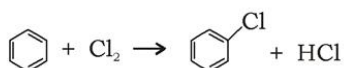
Benzena adalah senyawa kimia organik yang merupakan cairan tak berwarna dan mudah terbakar serta mempunyai bau yang manis. Benzena adalah sejenis karsinogen (penyebab penyakit kanker). Benzena adalah salah satu komponen dalam bensin dan merupakan pelarut yang penting dalam dunia industri. Benzena merupakan cairan tak berwarna yang beracun, memiliki titik didih  $80^\circ C$ , titik leleh  $5,5^\circ C$ , massa jenis  $0,88 \text{ g/mL}$ , dengan bau aromatik. Benzena tak dapat bercampur dengan air yang membentuk dua lapisan, tetapi dapat bercampur dengan alkohol dan eter dalam semua perbandingan.

### 2. Sifat Kimia Benzena

Reaksi-reaksi benzena dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### a. Substitusi oleh Halogen

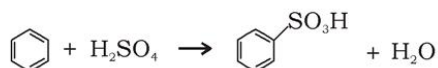
Bila gas klorin dialirkan ke dalam benzena pada temperatur kamar yang kena cahaya dalam keberadaan katalis yang dikenal sebagai pembawa halogen (misal, iodin atau besi(III) halida), klorobenzena terbentuk:



**Klorinasi** yang lebih lama pada kondisi ini menyebabkan substitusi lebih lanjut, membentuk diklorobenzena  $C_6H_4Cl_2$ , trikloro benzena  $C_6H_3Cl_3$  dan sebagainya. Bromin dapat juga bereaksi dengan benzena, membentuk bromobenzena, tetapi tak mudah tersubstitusi seperti halnya klorin.

### b. Substitusi dengan Asam Sulfat

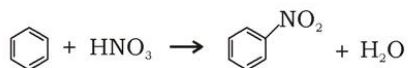
Reaksi antara benzena dengan asam sulfat pekat membentuk asam benzena sulfonat tidak terjadi pada suhu kamar, tetapi bila dua senyawa tersebut direfluks bersama selama 20 jam.



Jika asam sulfat berasap digunakan, maka **sulfonasi** yaitu proses substitusi dengan gugus  $-\text{SO}_3\text{H}$  terjadi dengan cepat pada temperatur kamar.

### c. Substitusi dengan Asam Nitrat

Benzena bereaksi dengan asam nitrat pekat sendiri, bahkan pada pemanasan. Tetapi substitusi gugus nitro ( $-\text{NO}_2$ ) sebagai pengganti atom H (dikenal sebagai nitrasi) terjadi dengan cepat bila benzena dicampur dengan asam nitrat pekat dan asam sulfat pekat:



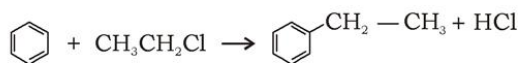
Perlakuan lebih lanjut dengan campuran penitrasi panas memberikan dinitrobenzena  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$ , bahkan trinitrobenzena  $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_3$  terbentuk jika benzena dipanaskan dengan campuran asam nitrat berasap dan asam sulfat pekat.

### d. Reaksi Friedel-Craft

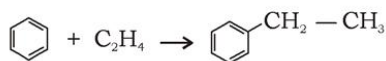
Bila benzena direaksikan dengan olefin atau alkil klorida (alkil halida) dengan katalis aluminium klorida akan terbentuk produk homolog lebih tinggi yang disebut alkil benzena.



**Contoh:**



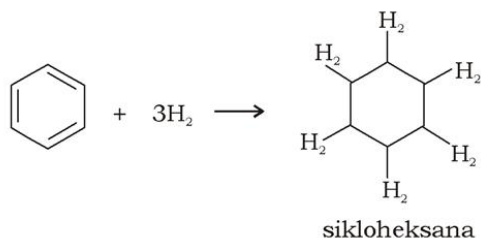
etil klorida



etena (olefin)      etil benzena

### e. Adisi Hidrogen

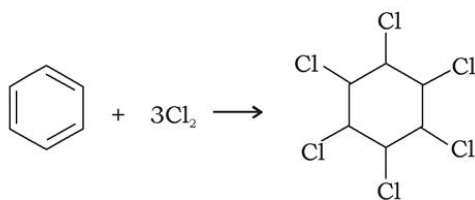
Jika uap benzena dicampur dengan hidrogen dan dilewatkan pada katalis nikel halus pada 200°C akan terbentuk sikloheksana.



Sikloheksana merupakan cairan tak berwarna dengan titik didih 81°C, yang digunakan sebagai pelarut dan untuk pembuatan nilon.

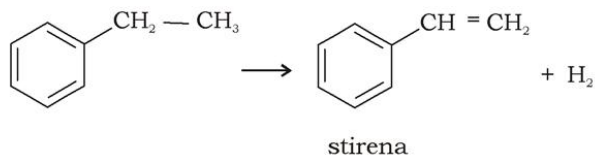
### f. Adisi Halogen

Bila klorin dialirkan ke dalam benzena mendidih atau benzena dikenai cahaya ultraviolet kuat akan terbentuk heksakloro-sikloheksana (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>)



## D. Kegunaan Benzena

Benzena terutama digunakan untuk pembuatan etil benzena. Produk lalu didehidrogenasi dengan mengalirkannya pada 600°C melewati katalis oksida logam:



Stirena diperlukan untuk dua tujuan yaitu dicampur dengan butadiena dan dikopolimerisasi menjadi karet sintetik atau diubah dengan bantuan katalis peroksida menjadi polistirena yang bersifat termoplastik.

Dalam jumlah besar, benzena digunakan dalam pembuatan fenol, anilin, nilon, DDT, benzena heksakhlorida (BHC), macam-macam pewarna dan alkil aril sulfonat detergen. Benzena juga menjadi pelarut yang baik untuk minyak, lemak, resin, iodin, sulfur, dan karet.

## E. Senyawa Turunan Benzena

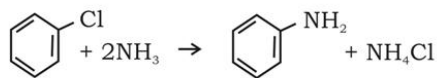
### 1. Klorobenzena

Klorobenzena atau fenil klorida mempunyai rumus  $C_6H_5Cl$ . Klorobenzena merupakan cairan tidak berwarna dengan bau menyengat, memiliki titik didih  $131-132^\circ C$ , tidak larut dalam air, tetapi mudah larut dalam benzena, kloroform, dan eter, dengan massa jenis  $1,107 \text{ g/mL}$ . Klorobenzena digunakan dalam pembuatan fenol, anilin, DDT, pelarut cat, dan media pemindah panas.

### 2. Anilin

Anilin atau aminobenzena ( $C_6H_5NH_2$ ) dibuat dengan dua metode, yaitu:

- Nitrobenzena direduksi dengan asam klorida pekat dan serbuk timah. Bila reduksi telah sempurna, campuran dibuat alkalis dengan kapur mati dan uap terdistilasi.
- Klorobenzena dipanaskan bersama amonia dalam jumlah berlebihan sampai temperatur  $200^\circ C$  pada tekanan sekitar  $6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  (60 atm) dalam keberadaan katalis tembaga oksida. Pada kondisi ini atom Cl diganti dengan gugus amino. Reaksinya



#### a. Sifat-sifat Anilin

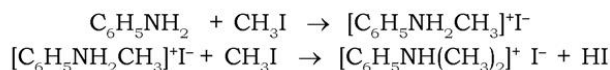
Anilin adalah cairan tidak berwarna, beracun, dengan titik didih  $184^\circ C$ , massa jenis  $1,02 \text{ g/cm}^3$ , dengan bau aromatik. Jika terkena cahaya dan udara, lambat laun berubah menjadi kuning, coklat, atau bahkan hitam, karena teroksidasi. Anilin hanya sedikit larut dalam air, tetapi larut dengan mudah dalam pelarut organik.



## b. Reaksi-reaksi dengan Anilin

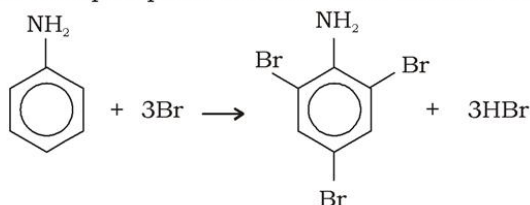
### 1) Alkilasi

Jika anilin dengan metil iodida dipanaskan dalam tabung tertutup, maka metil anilin dan dimetilanilin sebagai hidriodida:



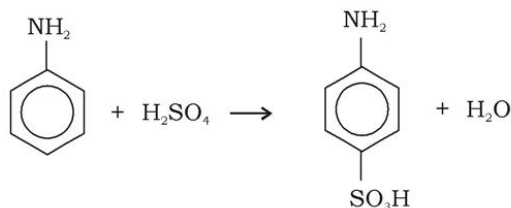
### 2) Halogenasi

Gugus amino yang terikat pada inti dapat mengalami substitusi lebih lanjut. Jadi, bila anilin direaksikan dengan air klorin atau air bromin pada suhu kamar, maka segera diperoleh endapan putih trikloro- atau tribromo-anilin.



### 3) Sulfonasi

Bila anilin direaksikan dengan asam sulfat pekat, maka akan segera diperoleh asam sulfanilat. Produk ini penting sebagai sumber pewarna dan obat sulfanilamida yang berharga.



### 4) Nitration

Anilin bereaksi dengan asam nitrat pekat secara cepat, mengalami nitration dan oksidasi secara serentak.

### 5) Oksidasi

Anilin teroksidasi dengan berbagai cara tergantung pengoksidasinya. Contoh, serbuk pemutih (*bleach powder*) memberikan warna ungu, dengan feri klorida (FeCl<sub>3</sub>) memberikan warna hijau, dan asam kromat memberikan warna hitam.



### c. Kegunaan Anilin

Kegunaan utama anilin adalah dalam pembuatan antioksidan dan pemercepat vulkanisasi pada industri ban. Dalam jumlah besar juga digunakan dalam pembuatan pewarna khususnya pewarna-azon dan untuk sintesis obat.

### 3. Fenol



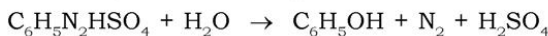
Gambar 5.6 Pabrik pembuatan fenol dan asam-fenol merah

Sumber: en. wikipedia.org

Fenol adalah senyawa aromatik yang mengandung satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat langsung pada cincin benzena.

Fenol, atau hidroksibenzena ( $C_6H_5OH$ ) dibuat dengan cara:

- Anilin dilarutkan ke dalam asam sulfat encer berlebihan dan ditambah larutan natrium nitrit sedikit berlebihan pada suhu  $5 - 10^\circ C$ . Pada pemanasan lanjut akan terbentuk fenol.



Fenol diambil dengan cara distilasi uap dan diekstrak dengan eter. Larutan eter ini dikeringkan dengan kalium karbonat anhidrat dan didistilasi menggunakan pendingin udara.

- Natrium benzena sulfonat direaksikan dengan natrium hidroksida pada  $250^\circ C$  dalam krus nikel, dengan reaksi:



Residu dilarutkan dalam air dan diasamkan dengan asam klorida, fenol akan terpisah sebagai lapisan seperti minyak.



#### a. Sifat-sifat Fenol

Fenol merupakan padatan kristalin, tak berwarna, higroskopis, dengan titik leleh  $42^\circ C$ , titik didih  $181^\circ C$ , dengan bau khas karbolik (sering dinamai asam karbolat). Fenol sangat beracun dan

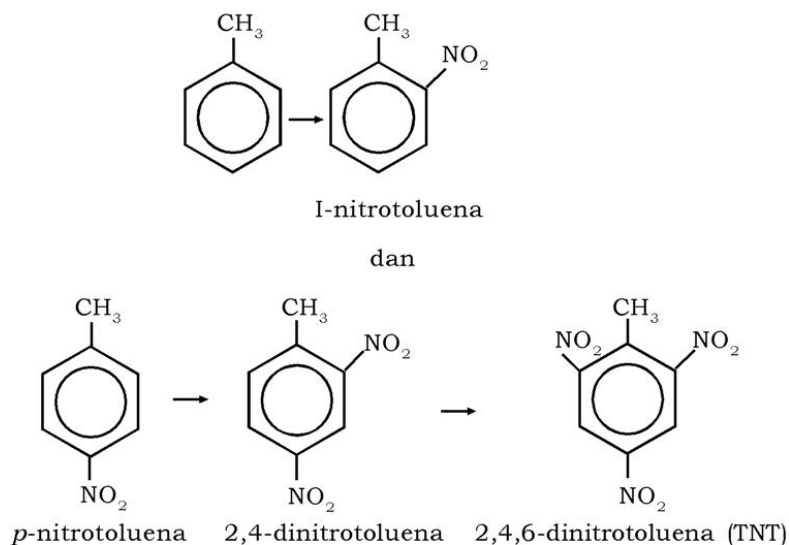
melepuhkan kulit bila kontak. Di atas suhu 65,8°C fenol dapat bercampur dengan air dalam semua perbandingan, tetapi di bawah suhu ini hanya dapat larut sebagian. Fenol mudah larut dalam alkohol, eter, dan benzena.

#### b. Kegunaan Fenol

Kegunaan utama fenol adalah dalam pembuatan plastik dan resin. Pada kondisi tertentu fenol memadat dan berpolimerisasi dengan formaldehid, menghasilkan suatu plastik yang disebut *bakelit*. Fenol juga digunakan untuk membuat nilon, asam pikrat, asam salisilat, aspirin, dan pewarna-azo. Turunan fenol menjadi germisida yang ampuh dan juga dapat sebagai antiseptik. Senyawa-senyawa yang dibuat dari fenol telah digunakan sebagai pengembang fotografik, detergen, dan pengawet makanan.

#### 4. TNT (2,4,6-Trinitrotoluena)

Jika toluena direaksikan dengan campuran asam nitrat pekat dan asam sulfat pekat, maka toluena ternitiasi menghasilkan *orto* dan *para*-nitrotoluena.



Nitrasi lebih lanjut dengan asam nitrat berasap dan asam sulfat pekat memberikan dinitrotoluena dan trinitrotoluena (TNT). TNT adalah padatan berwarna kuning pucat, dengan titik leleh 81°C. TNT saja atau dicampur dengan amonium nitrat telah digunakan sebagai bahan peledak dalam perang dunia II. Nitrotoluena sangat mirip secara kimia dengan nitrobenzena.

Untuk mengembangkan **wawasan kontekstual** dan **produktivitas** kalian, kerjakan Latihan 5.2 berikut.

#### Fokus Kimia

#### Merangsang keingintahuan

Tahukah kalian berdasarkan penelitian ternyata rokok mengandung benzena. Padahal benzena merupakan senyawa beracun. Oleh karena itu hindarilah rokok. Naftalena merupakan senyawa aromatik yang lebih dikenal dengan kapur barus. Zat ini digunakan untuk pewangi ruangan dan mengusir ngengat. Coba kalian cari senyawa turunan benzena lainnya yang ada di sekitar kalian!

### Latihan 5.2

1. Tuliskan rumus bangun, rumus struktur, dan sebutkan kegunaan zat berikut:
  - a. toluena
  - b. fenol
  - c. TNT
  - d. anilin
2. Paracetamol, BHT, dan BHA adalah senyawa turunan benzena. Paracetamol berkhasiat seperti aspirin. BHT dan BHA untuk mencegah bau tengik pada minyak dan mentega. Apa akibatnya bila digunakan berlebihan?

### Rangkuman

1. Benzena ditemukan oleh Michael Faraday dari isolasi gas minyak dan dinamakan bikarburet dari hidrogen.
2. Benzena termasuk senyawa aromatik karena sebagian besar memiliki bau aromatik.
3. Benzena mempunyai rumus  $C_6H_6$ .
4. Benzena merupakan cairan tak berwarna yang beracun, titik didih 80°C, mudah menguap dan terbakar.
5. Benzena dapat bereaksi dengan senyawa lain menghasilkan senyawa turunan benzena.
6. Benzena banyak digunakan dalam pembuatan fenol, anilin,

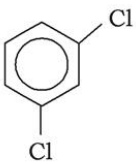
nilon, DDT, benzena heksaklorida (BHC), macam-macam pewarna dan alkil aril sulfanat detergen.

7. Klorobenzena ( $C_6H_5Cl$ ) digunakan dalam industri cat, pembuatan insektisida, juga untuk mensintesa senyawa-senyawa lain.
8. Anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) digunakan untuk pembuatan antioksidan dan pemercepat vulkanisasi pada industri ban, serta pembuatan pewarna azo.
9. Fenol ( $C_6H_5OH$ ) digunakan dalam pembuatan plastik dan resin.

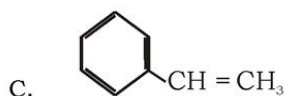
### Evaluasi

#### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Jenis reaksi benzena dengan asam nitrat yang mengandung asam sulfat adalah . . . .
  - A. eliminasi
  - B. substitusi
  - C. adisi
  - D. oksidasi
  - E. esterifikasi
2. Rumus molekul senyawa toluena adalah . . . .
  - A.  $C_6H_5NH_2$
  - B.  $C_6H_5CH_3$
  - C.  $C_6H_5NO_2$
  - D.  $C_6H_5OH$
  - E.  $C_6H_5COOH$
3. Hasil reaksi benzena dengan klorin adalah . . . .
  - A. klorobenzena
  - B. ortoklorobenzena
  - C. 1,2,3,4,5,6-heksakloroheksana
  - D. 1,3,5-triklorobenzena
  - E. 1,2,3,4,5,6-heksaklorosikloheksana

4. Larutan fenol yang digunakan dalam rumah tangga berfungsi sebagai . . . .
- pengharum rumah tangga
  - penjernih air
  - pembunuh kuman
  - pengganti kaporit
  - mengkilapkan lantai
5. Benzena sukar diadisi karena terjadi . . . .
- perpindahan atom H
  - perpindahan atom C
  - resonansi netron
  - resonansi proton
  - resonansi elektron
6. Jika atom H dari benzena diganti dengan gugus  $-\text{CH}_2\text{OH}$ , nama senyawa yang terbentuk adalah . . . .
- toluena alkohol
  - metil fenol
  - benzil alkohol
  - benzol
  - fenol
7. Yang **bukan** termasuk senyawa golongan aromatik adalah . . . .
- benzil alkohol
  - sikloheksadiena
  - toluena
  - anilin
  - fenol
8.  Nama senyawa di samping adalah . . . .
- 1,2-diklorobenzena
  - 1,3-diklorobenzena
  - m*-diklorobenzena
  - 1,5-diklorobenzena
  - p*-dimetilbenzena
9. Oksidasi sempurna senyawa toluena menghasilkan . . . .
- fenol
  - anilin
  - benzaldehyd
  - asam benzoat
  - nitrobenzoat

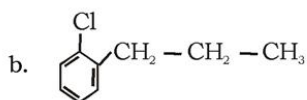
10. Senyawa turunan benzena yang merupakan bahan dasar pembuatan asam benzoat adalah . . . .



**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

- Sebutkan kegunaan senyawa benzena!
- Tuliskan reaksi antara zat-zat berikut ini!
  - Benzena +  $\text{Cl}_2$  dengan katalis  $\text{FeCl}_3$ .
  - Benzena +  $\text{HNO}_3$  pekat dalam  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat.
- Tuliskan rumus struktur senyawa berikut.
  - asam asetilo salisilat
  - 2,4-dihidrosibenzoat

4. Apa nama dari senyawa benzena berikut?



5. Mengapa benzena membentuk turunannya dengan reaksi substitusi dan bukan reaksi adisi?



# Bab VI

## Makromolekul



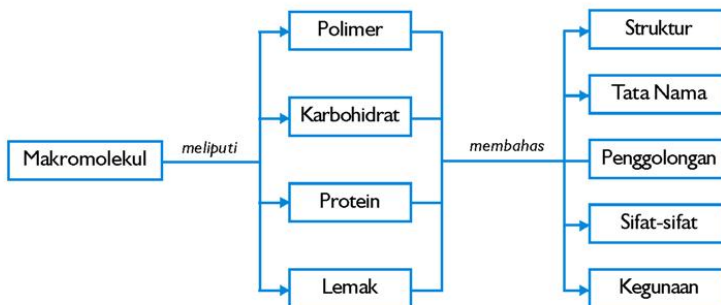
Sumber: iel.ipb.ac.id

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat mengidentifikasi struktur, penulisan, tata nama, sifat, dan kegunaan makromolekul (polimer, karbohidrat, protein, dan lemak)

### Peta Konsep

Untuk mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran tersebut, perhatikanlah peta konsep berikut.

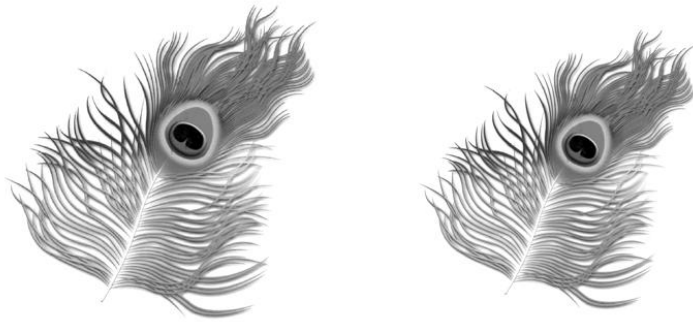


### Kata Kunci

Setelah peta konsep kalian kuasai, perhatikan kata kunci yang merupakan kunci pemahaman materi dalam bab ini. Berikut ini adalah kata kunci dalam bab VI.

Polimer  
Karbohidrat

Protein  
Lemak



**Gambar 6.1** Bulu burung merak dibentuk oleh protein serat (fibrous)  
Sumber: Kamus Visual

Perhatikan gambar di atas! Bulu burung merak yang terlihat sangat indah tersebut dibentuk oleh protein serat (fibrous). Protein merupakan polimer alam, yaitu biomolekul yang membentuk lebih kurang 15% tubuh kita. Polimer merupakan suatu makromolekul (molekul yang besar) yang terdiri dari monomer-monomer (molekul tunggal). Senyawa makromolekul yang lain adalah karbohidrat dan lemak.

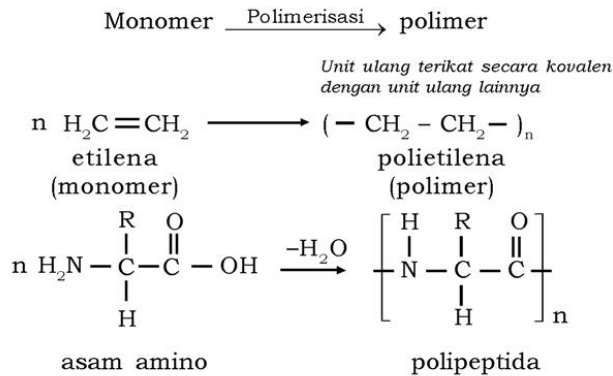
## A. Polimer

Apakah polimer itu? Polimer adalah molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana yang tergabung dengan ikatan kovalen. Nama polimer berasal dari bahasa Yunani: *poly* berarti "banyak" dan *mer* berarti "bagian". Makromolekul adalah sinonim dari polimer, sedangkan monomer merupakan bahan baku pembuatan polimer. Monomer adalah zat yang dapat diubah menjadi suatu polimer. Contoh, etilena adalah monomer yang dapat dipolimerisasi menjadi polietilena. Asam amino termasuk monomer juga, yang dapat dipolimerisasi menjadi polipeptida dengan pelepasan air. Makromolekul adalah molekul raksasa (*giant*) yang tersusun paling sedikit seribu atom terikat bersama oleh ikatan kovalen. Makromolekul ini dapat berupa rantai




Sumber: iel.tpb.ac.id  
**Gambar 6.2** Beberapa polimer dalam kehidupan sehari-hari

linier, bercabang, atau jaringan tiga dimensi. Coba kalian perhatikan reaksi pembentukan polimer polietilena dan polipeptida berikut.



Unit ulang dapat memiliki struktur linier atau bercabang. Unit ulang bercabang dapat membentuk polimer jaringan tiga dimensi. Tabel 6.1 menunjukkan beberapa contoh polimer, monomer, dan unit ulangnya.

**Tabel 6.1. Nama, Golongan, Monomer Satuan Ulang, Beberapa Polimer**

Nama, Nama Dagang, Nama Singkatan	Golongan	Monomer	Satuan Ulangan
Polietilena, PE	A	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2\text{CH}_2-$
Polipropilena, PP	A	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2\text{CH}-$   $\text{CH}_3$
Poli(vinil klorida), PVC	A	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$	$-\text{CH}_2\text{CH}-$   $\text{Cl}$
Polistirena, PSt	A	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	$-\text{CH}_2\text{CH}-$   
Poli(tetrafluoroetilena), Teflon, PTFE	A	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	$-\text{CF}_2\text{CF}_2-$

poli(amida), nilon 66	K	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NH <sub>2</sub> dan HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	(-HN-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NH- OC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CO-) <sub>n</sub>
Poli(amida), nilon 610	K	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -NH <sub>2</sub> dan (HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -COOH)	(-HN-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -NH-OC- (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -CO-) <sub>n</sub>

Keterangan: K = Kondensasi, A = Adisi

## 1. Tata Nama

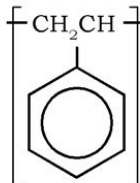
Jumlah yang sangat besar dari struktur polimer menuntut adanya sistem tatanama yang mudah dimengerti. Berikut ini adalah aturan pemberian nama **polimer vinil** yang didasarkan atas nama monomer (nama sumber atau umum), *taktisitas* dan *isomer*.

### a. Nama Monomer Satu Kata

Ditandai dengan awalan poli pada nama monomer.

**Contoh:**

Polistirena



Poli(etilena)



Politetrafluoroetilena  
(teflon, merk dari duPont)

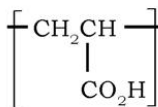


### b. Nama Monomer Lebih dari Satu Kata atau Didahului Sebuah Huruf atau Angka

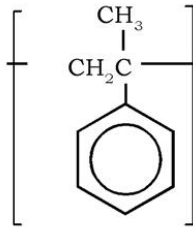
Nama monomer diletakkan dalam kurung diawali poli.

Contoh:

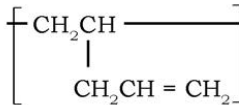
Poli(asam akrilat)



Poli( $\alpha$ -metil stirena)



Poli(1-pentena)



**c. Untuk Taktisitas Polimer**

Diawali huruf *i* untuk isotaktik atau *s* (sindiotaktik) sebelum poli. Contoh: *i*-polistirena (polimer polistirena dengan taktisitas isotaktik).

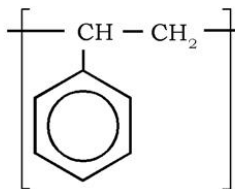
**d. Untuk Isomer Struktural dan Geometrik**

Ditunjukkan dengan menggunakan awalan *cis* atau *trans* dan 1,2- atau 1,4- sebelum poli.

Contoh: *trans*-1,4-poli(1,3-butadiena)

Menurut IUPAC, nama polimer diturunkan dari struktur unit dasar atau unit ulang konstitusi (CRU singkatan dari *constitutional repeating unit*) melalui tahapan sebagai berikut.

- Pengidentifikasi unit struktural terkecil (CRU).
- Subunit CRU ditetapkan prioritasnya berdasarkan titik pengikatan dan ditulis prioritasnya menurun dari kiri ke kanan (lihat penulisan nama polistirena).



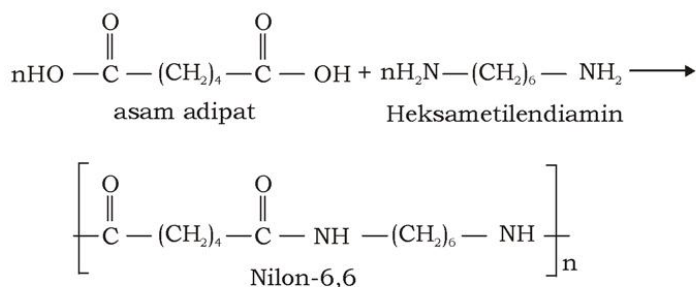
- Substituen-substituen diberi nomor dari kiri ke kanan.
- Nama CRU diletakkan dalam kurung biasa (atau kurung siku dan kurung biasa kalau perlu), dan diawali dengan poli.

**Tabel 6.2 Contoh Pemberian Beberapa Nama Polimer Menurut Sumber Monomernya dan IUPAC**

Nama Sumber	Nama IUPAC
Polietilena	Poli(metilena)
Politetrafluoroetilena	Poli(difluorometilena)
Polistirena	Poli(1-feniletilena)
Poli(asam akrilat)	Poli(1-karboksilatoetilena)
Poli( $\alpha$ -metilstirena)	Poli(1-metil-1-feniletilena)
Poli(1-pentena)	Poli[1-(1-propil)etilena]

Untuk tata nama polimer nonvinil seperti polimer kondensasi umumnya lebih rumit daripada polimer vinil. Polimer-polimer ini biasanya dinamai sesuai dengan monomer mula-mula atau gugus fungsional dari unit ulang.

Contoh: nilon, umumnya disebut nilon-6,6 (66 atau 6/6), lebih deskriptif disebut poli(heksametilen adipamida) yang menunjukkan poliamidasi heksametilendiamin (disebut juga 1,6-heksan diamin) dengan asam adipat. Lihat reaksi berikut.



## 2. Klasifikasi Polimer

Polimer secara umum digolongkan sebagai polimer alam atau sintetis. Marilah kita pelajari masing-masing polimer ini.

### a. Polimer Alam

Polimer alam merupakan molekul yang penting bagi kehidupan yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan mineral. Contoh polimer alam yang berasal dari tumbuhan adalah karet alam, selulosa,



protein, dan DNA sedangkan yang berasal dari hewan adalah glikogen, wool, kapas, dan sutera. Polimer yang merupakan mineral adalah zeolit yang terdiri dari aluminium silikat.



Sumber: Oxford Ensiklopedi Pelajar

**Gambar 6.3** Karet merupakan polimer

### **b. Polimer Sintetis**

Polimer sintetis terbentuk dari hasil reaksi bahan-bahan kimia. Polimer sintetis itu sendiri digolongkan lebih lanjut sesuai dengan sifat termal, struktur fisik, kegunaan, dan metode pembuatan.

#### **1) Sifat Termal (Panas)**

Penggolongan polimer di industri tergantung pada sifatnya bila dipanaskan. Polimer dibedakan atas termoplastik dan termosetting.

- a) Polimer termoplastik tersusun dari molekul-molekul lurus atau bercabang, melunak setiap saat bila dipanaskan, sehingga polimer termoplastik dapat dicetak kembali berulang-ulang.

Lebih dari 80% polimer industri adalah termoplastik, meliputi poli(etilena), poli(vinil klorida), poli(etilen tereftalat) (misalkan, Dacron atau mylar), nilon dan akrilat.



Sumber: iel.ipb.ac.id

**Gambar 6.4** Produk dari polietilena

- b) Polimer termosetting tersusun dari molekul-molekul yang tersambung silang. Sambung silang ini terbentuk saat reaksi berlangsung dan mengeras selama proses pemanasan. Polimer

termosetting tidak melunak bila didinginkan dan tidak dapat dicetak kembali melalui pemanasan, meskipun dapat dibentuk ulang dengan mesin atau alat fisik lain. Polimer termosetting meliputi bakelit (yang dibuat dari fenol dan formaldehida), polimer urea-formaldehida, dan polimer melamin formaldehida (misalkan, melmac).

## 2) Struktur Fisik (Lurus, Bercabang, atau Jaringan)

Penggolongan polimer yang lain berdasarkan struktur fisiknya, yaitu polimer rantai lurus (linier), bercabang, dan jaringan. Polimer linier terdiri dari rantai panjang yang berpilin bersama seperti spaghetti yang telah masak. Polimer bercabang mirip dengan polimer linier, tetapi polimer ini memiliki cabang-cabang yang kecil pada interval yang tidak teratur. Pada polimer jaringan, rantai-rantai terhubung membentuk sebuah jaringan. Struktur fisik polimer menentukan berbagai sifat polimer. Misalkan, polimer lurus dan bercabang umumnya dapat larut dalam pelarut dan mengalir karena pengaruh tekanan atau panas. Polimer jaringan pada dasarnya tidak larut dalam semua pelarut dan tidak mengalir akibat tekanan atau panas. Kebanyakan polimer lurus atau bercabang adalah juga termoplastik, sementara polimer termosetting adalah polimer jaringan. Polimer kecil yang terdiri dari hanya beberapa satuan saja disebut *oligomer*.

Fokus Kimia
Merangsang kreativitas
<p>Kalian dapat membuat plastik dengan cara mendidihkan susu (susu dengan kadar lemak yang rendah akan lebih baik) dengan cuka. Setelah terbentuk dadih, didihkan susu selama 10 menit, kemudian pisahkan padatan polimer, cuci berulang kali dengan air sampai air cucian jernih. Plastik elastik ini disebut kasein, yang dulu digunakan sebagai pelapis dan perekat. Oleh karena tidak stabil, polimer kasein akan terurai setelah beberapa saat. Peruraian dapat dicegah dengan menambahkan larutan formaldehida, hasilnya berupa plastik yang keras, yang dapat digunakan untuk membuat tombol peralatan elektronik.</p>

## 3) Kegunaan

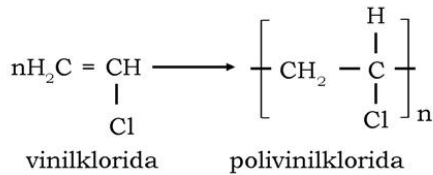
Polimer sintesis banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kegunaan polimer ditunjukkan pada Tabel 6.3

**Tabel 6.3 Beberapa Kegunaan Polimer Sintesis**

Polimer Sintesis	Kegunaan atau Manfaat
Polietilena massa jenis rendah (LDPE)	Lapisan pengemas, isolasi kawat, kabel, barang mainan, botol yang lentur, dan bahan pelapis.



**Contoh:**



Untuk lebih mengembangkan **wawasan kontekstual** dan **kecakapan akademik** kalian, kerjakan Latihan 6.1 berikut.

### Latihan 6.1

1. Apa perbedaan antara monomer dan unit ulang?
2. Berilah contoh monomer dan polimernya dengan menuliskan reaksi pembentukannya!
3. Jelaskan klasifikasi/penggolongan polimer serta kegunaannya!

## B. Karbohidrat

Sakarida atau karbohidrat tentu telah kalian kenal dengan baik. Nasi, jagung yang kalian makan, dan madu yang kalian minum mengandung karbohidrat atau sakarida. Selulosa (serat tumbuhan) adalah suatu polimer sakarida yang paling umum di bumi ini. Sakarida-sakarida yang lain seperti amilum (pati) juga termasuk polimer. Apakah sebenarnya sakarida itu?



**Sumber :** Chemistry (addison-Wesley) dan dok. penerbit

**Gambar 6.5** Nasi, jagung, madu, susu, dan gandum merupakan sumber karbohidrat

Istilah sakarida berasal dari kata Latin *saccharon*, yang berarti gula (sugar). Nama karbohidrat muncul karena banyak sakarida merupakan hidrat dari karbon. Glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), dapat ditulis sebagai  $C_6(H_2O)_6$ , yaitu hidrat dari enam karbon. Sukrosa dapat juga ditulis  $C_{12}(H_2O)_{11}$ , yaitu hidrat dari 12 karbon. Sebenarnya tak ada molekul air yang terdapat dalam gula, tetapi nama karbohidrat tetap saja dipertahankan. Tabel 6.3 berisi beberapa sakarida yang umum dengan nama berakhiran *osa*.

**Tabel 6.4 Beberapa Molekul Sakarida**

Nama	Golongan	Rumus
Ribosa	Monosakarida	$C_5H_{10}O_5$
Deoksiribosa	Monosakarida	$C_5H_9O_4$
Glukosa	Monosakarida	$C_6H_{12}O_6$
Fruktosa	Monosakarida	$C_6H_{12}O_6$
Galaktosa	Monosakarida	$C_6H_{12}O_6$
Sukrosa	Disakarida	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Laktosa	Disakarida	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Maltosa	Disakarida	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Amilum	Polisakarida	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Selulosa	Polisakarida	$(C_6H_{10}O_5)_n$

Karbohidrat digolongkan menjadi beberapa golongan berdasarkan jumlah satuan sakarida, yaitu:

1. Monosakarida memiliki satu satuan sakarida.
2. Disakarida memiliki dua satuan sakarida.
3. Polisakarida memiliki banyak satuan sakarida.

Disakarida, seperti sukrosa, terhidrolisis menjadi dua gula sederhana, yaitu glukosa dan fruktosa. Selulosa dan amilum yang termasuk polisakarida, terhidrolisis menjadi banyak satuan glukosa.

Karbohidrat adalah senyawa yang terjadi secara alami yang mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen, dengan

#### Fokus Kimia

Karbohidrat memiliki peran penting dalam kehidupan, karena dapat menyimpan energi sebagai amilum dan glikogen. Karbohidrat penting secara struktural sebagai selulosa dalam tumbuhan atau sebagai kitin dalam kerangka luar serangga.



Sumber : Biochemistry (<http://www.cogitomedia.com/>)



unsur H dan O dalam perbandingan yang sama seperti dalam air. Semua karbohidrat memiliki rumus molekul umum  $C_x(H_2O)_y$ . Senyawa yang memiliki rumus ini belum tentu termasuk karbohidrat. Formaldehid (HCOH) dan asam asetat ( $CH_3COOH$ ) tidak termasuk karbohidrat.

## 1. Monosakarida (Aldosa dan Ketosa)

### a. Penggolongan Monosakarida

Monosakarida digolongkan berdasarkan jumlah atom karbon dalam molekul dan berdasarkan gugus fungsional.

#### 1) Monosakarida Sesuai dengan Gugus Fungsional

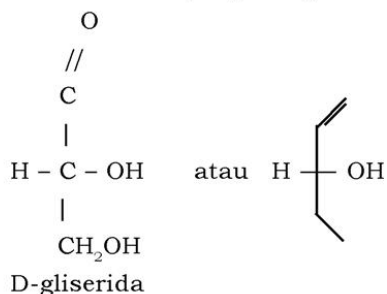
Monosakarida mengandung gugus aldehida, keton dan hidroksi. Monosakarida yang mengandung gugus aldehida disebut *aldosa* dan yang mengandung gugus keton disebut *ketosa*.

#### 2) Monosakarida Sesuai dengan Jumlah Atom C

Monosakarida disebut dengan istilah triosa (memiliki 3 atom C), tetrosa (memiliki 4 atom C), pentosa (memiliki 5 atom C) dan heksosa (memiliki 6 atom C). Monosakarida disebut gula sederhana karena monosakarida tidak dapat terhidrolisis menjadi satuan sakarida yang lebih kecil.

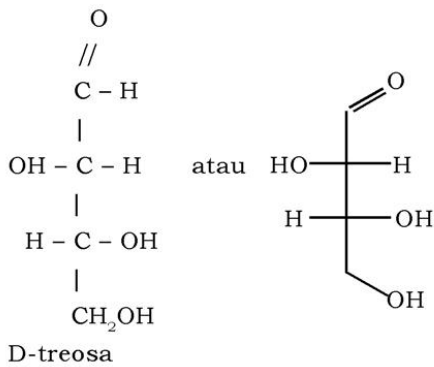
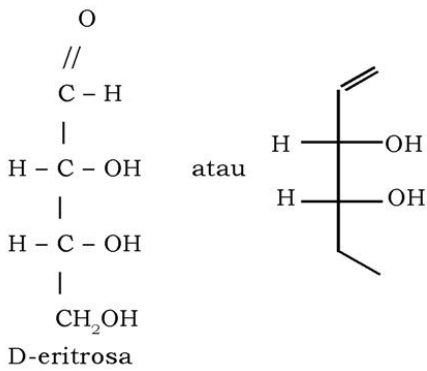
Berikut ini gula aldosa dengan berbagai jumlah atom C.

#### a) Monosakarida yang mengandung 3 atom C

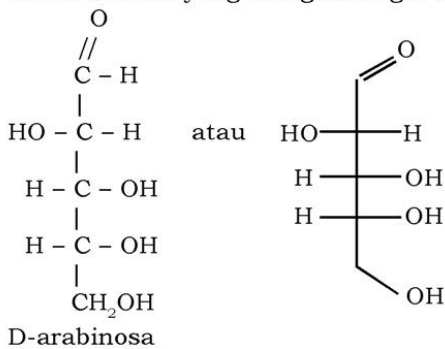


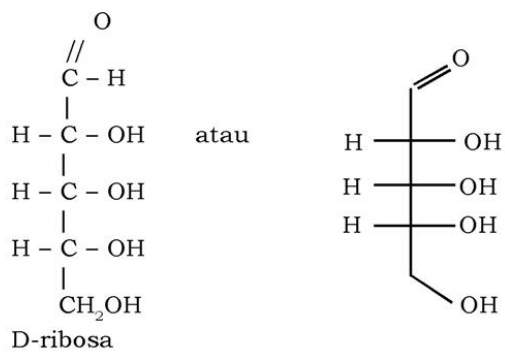
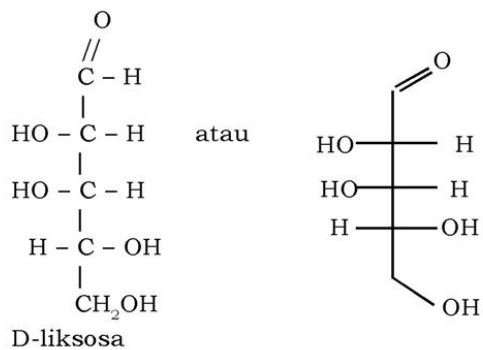
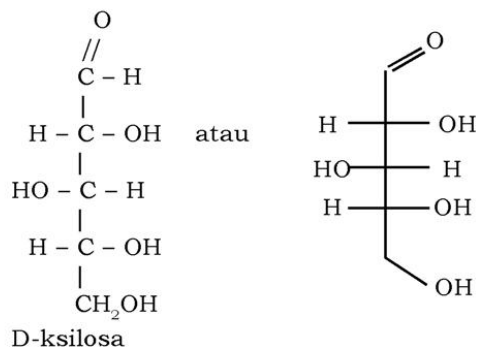


b) Monosakarida yang mengandung 4 atom C

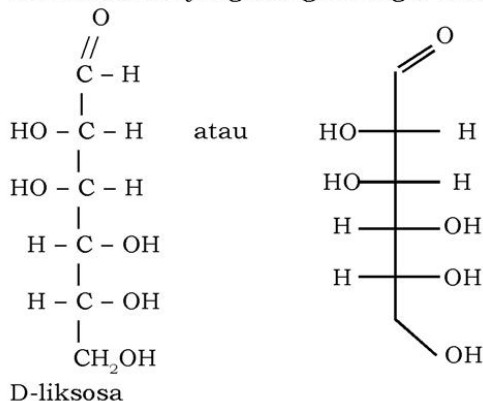


c) Monosakarida yang mengandung 5 atom C

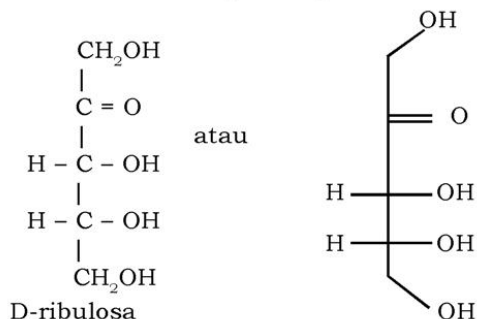




d) Monosakarida yang mengandung 6 atom C



Struktur berikut merupakan gula ketosa dengan 5 atom C.



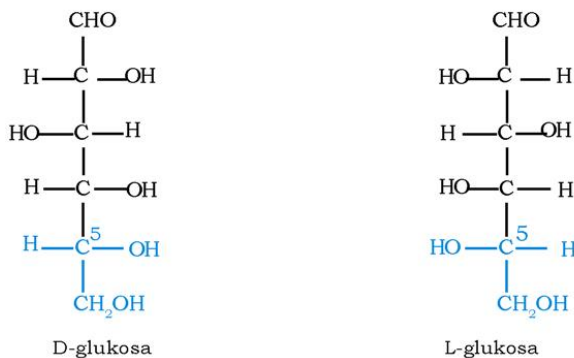
### b. Peralihan Bentuk dan Kiralitas Monosakarida

Monosakarida yang paling penting adalah glukosa, fruktosa, ribosa, dan deoksiribosa. Beberapa monosakarida terdapat dalam bentuk siklik dan rantai terbuka yang dapat beralih bentuk dari satu bentuk ke bentuk lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 6.7. Coba kalian perhatikan ini! Pada gambar tersebut ternyata ada dua bentuk siklik dan hanya satu bentuk rantai terbuka untuk glukosa. Perbedaan antara  $\alpha$  - dan  $\beta$  -glukosa terjadi pada karbon paling kanan dalam setiap struktur, dalam bentuk- $\alpha$  , gugus -OH ke bawah, sedangkan dalam bentuk-  $\beta$ , gugus -OH ke atas. Sakarida yang lebih tinggi terdiri dari satuan siklik, bukan rantai terbuka.



Glukosa dan fruktosa, dengan enam atom C disebut heksosa. Ribosa dan deoksiribosa, dengan lima atom C disebut pentosa. Monosakarida dalam bentuk rantai terbuka memiliki gugus aldehida dan keton dan untuk itu masing-masing disebut juga aldosa dan ketosa. Atom C pada ujung rantai memiliki ikatan C=O dan tidak kiral. Jadi, aldohexosa memiliki enam atom C (termasuk C pada C=O) dan empat atom kiral. Kethexosa juga memiliki enam atom C (termasuk C pada C=O dan secara normal memiliki 3 atom kiral). Empat atom C pusat dalam glukosa rantai terbuka (Gambar 6.7) adalah kiral, dan setiap dari empat atom C ini memiliki isomer dengan -OH pada sisi yang lain menghasilkan 16 isomer aldohexosa  $C_6H_{12}O_6$ .

Coba kalian lihat lagi Gambar 6.6! Gugus -OH pada atom C kiral nomor 5 (nomor terbesar) dalam glukosa bentuk rantai terbuka terletak pada sisi kanan. Monosakarida dengan penempatan gugus -OH pada sisi kanan seperti ini disebut D-gula (D-nya berasal dari kata *dextro* artinya kanan). Pada dasarnya semua monosakarida alam terdapat dalam bentuk D, dan semua asam amino alam yang penting terdapat dalam bentuk L. Jika gugus -OH pada atom C ke lima terletak pada sisi kiri, maka gula seharusnya dalam bentuk-L, dari *levo*, artinya kiri. Aldohexosa memiliki 8 isomer-D dan 8 isomer-L.



**Gambar 6.8** Glukosa sering di sebut D-glukosa dan L-glukosa sesuai letak gugus -OH yang terikat atom C kiral nomor 5 (nomor C kiral terbesar.)

### c. Monosakarida dalam Kehidupan Sehari-hari

#### 1) Glukosa

Glukosa merupakan monosakarida yang paling penting. Glukosa adalah blok pembangun (atau satuan ulang) bagi amilum dan selulosa, dan juga untuk sakarida di- atau yang lebih tinggi. Glukosa disebut juga dekstrosa karena glukosa memutar cahaya terpolarisasi ke kanan (searah jarum jam). Glukosa yang terdapat dalam darah (disebut gula darah) dan tubuh kita menggunakannya untuk memproduksi energi. Glukosa sebagai sukrosa (biasanya sebagai gula meja) digunakan sekitar 74% sebagai pemanis. Sumber-sumber alam glukosa yang lain adalah madu (juga mengandung fruktosa), tetapi sumber utama glukosa adalah hasil hidrolisis selulosa atau amilum (misal, dari singkong).

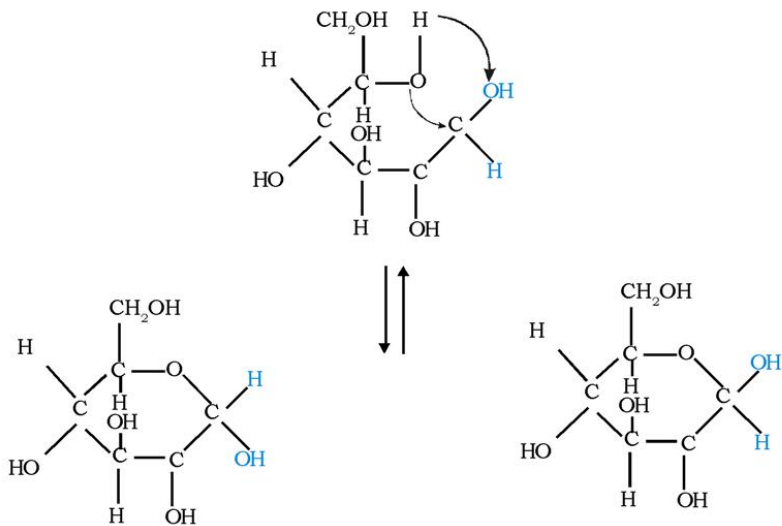


Amilum mudah terhidrolisis dalam tubuh kita, tetapi selulosa tidak terhidrolisis karena tubuh manusia tidak mempunyai enzim yang sesuai. Dengan kata lain, kita dapat mencerna amilum tetapi kita tidak dapat mencerna selulosa.

Struktur gula sering digambarkan dalam bentuk rantai lurus meskipun molekul gula tidak berada lebih dominan dalam bentuk rantai lurus. Rantai molekul gula melingkar ke atas dan gugus karbonil bereaksi dengan gugus alkohol (-OH). Aldehida dan alkohol bereaksi menghasilkan suatu hemiasetal (senyawa yang memiliki gugus -OH, OR, dan atom H terikat pada atom C yang sama) sedang keton dan alkohol bereaksi menghasilkan hemiketal (mirip dengan hemiasetal, hanya saja atom H diganti dengan R"). Jika posisi OH mengarah ke bawah, disebut bentuk (alfa) sedangkan OH yang mengarah ke atas disebut bentuk (beta)

Monosakarida dengan struktur cincin segi enam (piran) disebut *piranosa* sedangkan monosakarida dengan struktur segilima (furan) disebut *furanosa*. Dalam hal glukosa, hemiasetal disebut  $\alpha$ -D-glukopiranosa dan  $\beta$ -D-glukopiranosa.





**Sumber:** *General Chemistry (Brady, J.E.)*  
**Gambar 6.9** Struktur siklik *D*-glukosa. (a)  $\alpha$ -*D*-glukopiranososa (OH mengarah ke bawah).  
 (b)  $\beta$ -*D*-glukopiranososa (OH mengarah ke atas).

Glukosa bermanfaat sebagai sumber energi bagi tubuh kita. Glukosa sering digunakan untuk cairan infus bagi pasien yang menjalani operasi atau mengalami diare. Glukosa juga banyak digunakan sebagai bahan dalam pembuatan permen, dan roti karena tidak mudah meleleh dan tidak bersifat higroskopis.

## 2) Fruktosa

Fruktosa merupakan ketoheksosa yang ditemukan dalam madu dan jus buah-buahan (gula buah). Fruktosa juga disebut levulosa karena fruktosa memutar cahaya terpolarisasi ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam). Kemanisan fruktosa adalah 1,73 kali lebih manis daripada sukrosa dan 2,3 kali lebih manis daripada glukosa. Oleh karena itulah madu terasa sangat manis.

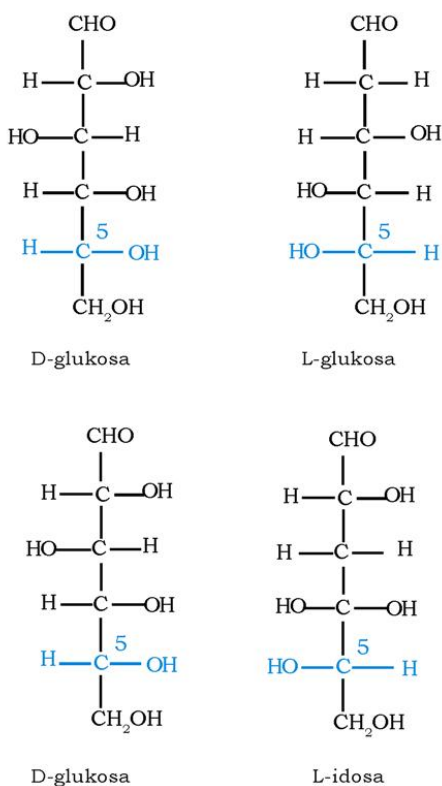
## 3) Ribosa dan Deoksiribosa

Aldopentosa ribosa dan deoksiribosa menarik perhatian para ahli kimia, karena memerlukan waktu yang lama membuatnya di laboratorium, meskipun kedua gula ini sebenarnya terdapat di berbagai jenis tumbuhan, binatang, dan jaringan manusia. Para ahli kimia telah mempelajari kedua gula ini dan menyatakan bahwa

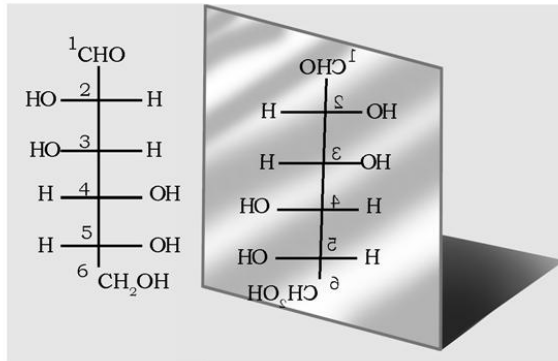
kedua gula tersebut sangat penting karena ribosa membentuk dasar RNA, dan deoksiribosa menjadi dasar untuk DNA. Molekul RNA dan DNA merupakan molekul esensial untuk keturunan.

#### d. Enantiomer dan Diastereomer

Enantiomer adalah molekul-molekul yang merupakan bayangan cermin satu terhadap lainnya. Pada struktur pada gambar berikut ditunjukkan untuk D- dan L-glukosa. Perhatikan bahwa konfigurasi pada masing-masing dari empat pusat kiral adalah berlawanan dalam D-glukosa terhadap L-glukosa. Jika kalian mengubah konfigurasi hanya pada karbon nomor 5, kalian akan memperoleh L-idosa bukan L-glukosa.

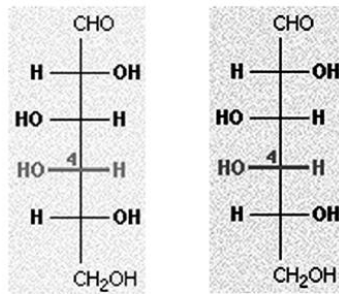


**Gambar 6.10** Pengubahan letak satu gugus OH pada atom C kiral nomor 5 D-glukosa memberikan L-idosa bukan L-glukosa



**Gambar 6.11** Bentuk enantiomer D-glukosa terhadap L-glukosa

Pasangan gula yang identik yang memiliki konfigurasi pada satu atau lebih pusat kiral disebut *diastereomer*. Jika pasangan itu berbeda dalam konfigurasi di satu pusat kiral saja, maka molekul-molekul ini digolongkan menjadi bagian dari diastereomer yang disebut epimer. Satu pasangan penting dari *epimer* adalah glukosa dan galaktosa, yang berbeda konfigurasi pada atom C nomor 4.



**Sumber :** *An Electronic Companion to Biochemistry TM*

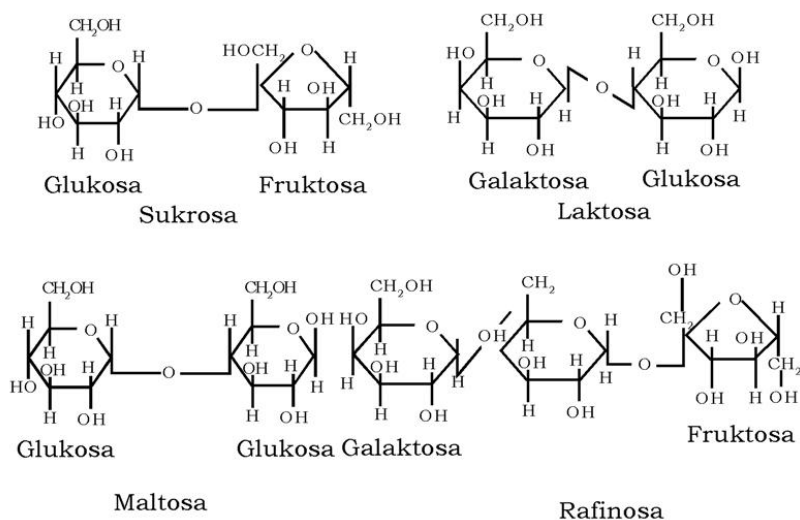
**Gambar 6.12** Epimer D-glukosa terhadap D-galaktosa

## 2. Oligosakarida (Sukrosa, Maltosa, dan Laktosa)

Oligosakarida yang terdiri dari dua satuan sakarida disebut disakarida. Oligosakarida sebenarnya terdiri dari 2 sampai 10 satuan sakarida sedangkan polisakarida terdiri dari lebih dari 10 satuan sakarida. Disakarida yang utama adalah sukrosa, yang

terbentuk dari gabungan glukosa dan fruktosa. Sukrosa diperoleh dari gula tebu atau gula beet. Laktosa adalah disakarida lain yang terbentuk dari glukosa dan galaktosa dan terdapat dalam susu, itulah sebabnya disebut gula susu. Maltosa dibentuk dari dua satuan glukosa, ditemukan dalam taoge dan rebung. Raffinosa merupakan oligosakarida yang terdiri dari tiga satuan sakarida yaitu galaktosa, glukosa, dan fruktosa.

Disakarida secara enzimatis dapat dihidrolisis tubuh kita menghasilkan dua monosakarida. Asam kuat juga dapat menghasilkan reaksi ini, dan sukrosa sering diubah menjadi campuran gula invert dari glukosa dan fruktosa. *Gula invert* adalah 23% lebih manis daripada sukrosa, kira-kira semanis madu.

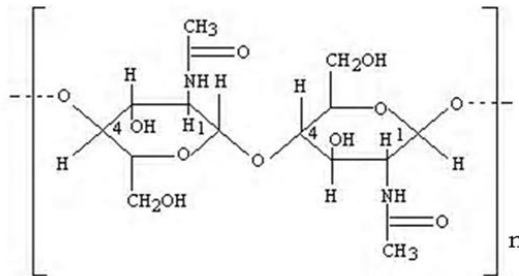


**Gambar 6.13** Struktur oligosakarida : sukrosa, laktosa, maltosa, dan Raffinosa

### 3. Polisakarida

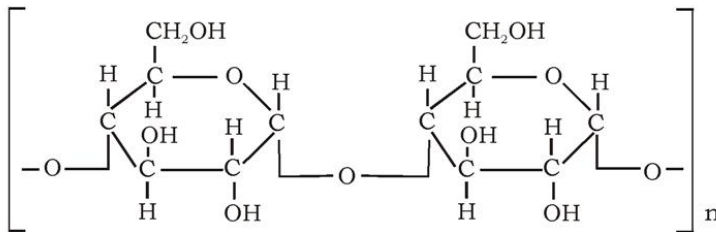
Polisakarida terdiri dari banyak satuan sakarida. Selulosa adalah polisakarida paling umum di dunia ini, membentuk komponen struktural pada pohon dan tumbuhan. Amilum (pati) adalah polisakarida yang digunakan sebagai cadangan energi bagi tumbuhan. Selulosa dan amilum keduanya adalah polimer glukosa. Kitin adalah polisakarida lain yang ditemukan pada kulit serangga, udang lobster dan kerang, membentuk komponen struktural pada

kerangka bagian luar (kulit keras). Kitin adalah polimer aminosakarida yang mengandung gugus amin. Hasil hidrolisis kitin dalam suasana asam menghasilkan glukosamin dan asam asetat. Struktur kitin sebagai berikut.



**a. Amilum (Starch), (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>**

Amilum ditemukan terutama dalam butiran padi, kentang, gandum, sayur-sayuran, dan buah-buahan. Amilum terdapat dalam dua bentuk yang berbeda struktur dan kelarutannya dalam air. Bentuk yang pertama adalah amilosa yang dapat larut dalam air. Amilopektin adalah bentuk yang kedua, yang tak dapat larut dalam air. Pada umumnya amilum tumbuhan mengandung sekitar 20% amilosa dan 80 % amilopektin. Keduanya adalah homopolimer dari glukosa, tetapi amilosa adalah polimer lurus sedangkan amilopektin adalah polimer bercabang. Amilum dapat terhidrolisis yang menghasilkan dekstrin, maltosa dan glukosa. Struktur amilum sebagai berikut.





### 1) Kegunaan Amilum

Amilum merupakan sumber gula yang terdapat dalam makanan sehari-hari. Amilum yang berasal dari jagung, kentang dan tapioka digunakan sebagai bahan pengisi dan pengental, misalnya dalam pembuatan saus, krim, dan biskuit. Amilum juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula cair seperti glukosa cair, fruktosa cair, atau gula invert.

Para ahli kimia telah lama menggunakan amilum dalam aplikasi industri dan konsumen (bahan pangan). Misalnya, amilum digunakan sebagai pengikat (binder) untuk mengikat pigmen putih pada kertas sehingga warna kertas lebih sesuai untuk penulisan atau pencetakan. Amilum juga digunakan untuk mengurangi kekerutan pada kain melalui peningkatan kekakuan selama fabrikasi.

### 2) Sifat dan Identifikasi Amilum

Amilum adalah serbuk putih tak berasa atau berbau, titik lelehnya tidak diketahui dan tak larut dalam air dingin. Dengan demikian yang disebut "larutan amilum" biasanya dibuat dengan cara menambahkan suspensi amilum ke dalam air mendidih dan dididihkan lebih lanjut selama beberapa menit. Jika produknya disaring dan filtrat diberi alkohol, maka terbentuk endapan amilum yang akan larut dalam air dingin. Oleh karena molekul amilum sangat besar dengan berat molekul jutaan, maka larutan amilum sebenarnya adalah koloid.

Amilum tidak dapat mereduksi larutan Fehling atau pereaksi Tollens, tidak dapat membentuk osazon. Amilum bereaksi dengan larutan iodin, memberikan warna biru tajam dan tak muncul lagi bila dipanaskan dan muncul kembali pada pendinginan. Hal ini merupakan uji yang peka terhadap amilum atau iodin. Bila amilum dididihkan dengan asam encer, maka amilum terhidrolisis menjadi glukosa:



Perlakuan dengan enzim diastase (juga dikenal sebagai enzim amilase), mengubah amilum menjadi dekstrin dan maltosa. Hal ini merupakan langkah pertama dalam proses pencernaan dan pembuatan bir.

### **b. Selulosa**

Selulosa banyak ditemukan dalam cabang dan akar tumbuhan, misal kapas, kertas, dan rami. Selulosa digunakan sebagai sumber utama untuk bahan baku industri. Kayu mengandung sekitar 50% selulosa, sedangkan kapas dianggap 100% selulosa.



### 1) Sifat Selulosa

Selulosa adalah padatan putih, tidak larut dalam air, alkohol, atau eter. Selulosa juga merupakan bahan baku pembuatan rayon. Proses umumnya adalah bubur kayu (*wood pulp*) direaksikan dengan larutan natrium hidroksida dan karbon disulfida yang menghasilkan natrium selulosa xantat, yang larut dalam soda kaustik menghasilkan larutan kental. Bila dikeluarkan melalui lubang kecil masuk ke dalam bak yang berisi asam sulfat encer, selulosa yang telah keluar dari larutan membentuk benang yang disebut rayon atau sutera buatan.

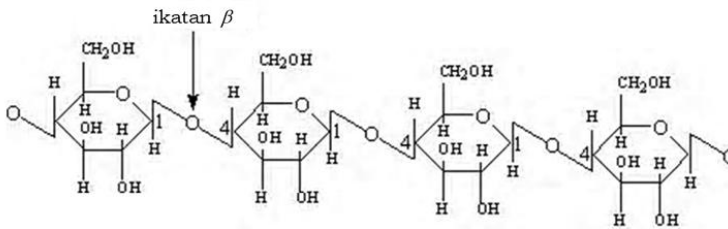


Sumber: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

**Gambar 6.14** Kapas mengandung hampir 100 % selulosa

Selulosa adalah polimer glukosa yang linier (lurus) dengan satuan-satuan diikat melalui ikatan- $\beta$ . Meskipun manusia tidak dapat mencerna selulosa, sebagian binatang (misalnya, sapi) dan serangga (anai-anai/rayap) dapat mencerna selulosa dengan baik karena bakteri dalam sistem pencernaannya mengandung enzim yang sesuai (enzim selulose). Berbagai penelitian menyarankan bahwa serat yang dapat larut dapat mengurangi resiko kanker kolon (usus besar), selulosa tak dapat larut, tetapi selulosa merupakan serat yang baik untuk diet.

### Struktur selulosa



Selulosa adalah homopolimer dari glukosa yang mengandung ikatan (1,4). Perubahan konfigurasi ikatan glikosida (ikatan antarmolekul glukosa) memiliki akibat struktural yang besar. Ikatan glikosida (1,4) menyebabkan sisa glukosa menjadi planar, sehingga membolehkan pembentukan jaringan ikatan hidrogen antara rantai-rantai polimer tetangga. Beberapa rantai dapat berinteraksi

membentuk serat selulosa yang memiliki kekuatan tarik yang besar. Serat inilah yang menahan pohon sehingga berdiri, dan membentuk kertas, dan kain.

## 2) Kegunaan Selulosa

Orang telah menggunakan selulosa selama berabad-abad, katun dan kayu paling sering digunakan. Selulosa tidak dapat dicetak dan digunakan sebagai plastik kecuali kalau dimodifikasi secara kimia. Dua contoh plastik selulosa adalah selulosa nitrat dan selulosa asetat.

Selulosa digunakan sebagai bahan baku pembuatan cellophane, jika direaksikan dengan gliserol dapat digunakan sebagai bahan tali. Campuran asam nitrat dan asam sulfat pekat mengubah selulosa menjadi ester nitrat yang dikenal sebagai *gun-cotton* atau selulosa trinitrat, yang digunakan sebagai bahan peledak gelignite dan cordite.

Selulosa trinitrat (juga disebut nitroselulosa) dapat dicetak, tetapi ia mudah terbakar. Piroksilin yaitu selulosa ternitrat sebagian, dapat dijumpai sebagai larutan eter-alkohol yang disebut kolodion, kadang-kadang digunakan untuk menutup luka. Selulosa asetat tidak dapat terbakar sama sekali dan digunakan dalam tekstil, film, pernis, dan pita fotografi atau magnetik.

Untuk merangsang **etos kerja** dan mengembangkan **kecakapan vokasional** kalian, lakukan percobaan 6.1 berikut.

### Percobaan 6.1

#### Tujuan:

Membedakan amilum dan selulosa.

#### Alat:

1. Pipet tetes
2. Kaca arloji
3. Lumpang porselin
4. Gelas kimia
5. Pembakar spiritus dan kaki tiga

#### Bahan:

1. Larutan iodin
2. Kertas saring/kapas
3. Amilum (nasi atau kentang)
4. Larutan  $H_2SO_4$
5. Larutan NaOH 6 m
6. Kertas lakmus
7. Larutan Fehling

**Cara Kerja:**

1. Tambahkan 3 - 5 tetes larutan iodine pada amilum (nasi atau kentang) yang diletakkan di atas kaca arloji. Perhatikan warna yang terjadi!
2. Ulangi langkah no. 1 dengan kertas/kapas dan bandingkan hasilnya!
3. Letakkan  $\frac{1}{2}$  sendok makan nasi atau kentang ke dalam lumpang porselin. Tambahkan 8 - 10 tetes asam sulfat pekat tetes demi tetes sambil digerus sampai nasi/kentang larut menjadi sangat halus. Pindahkan larutan dalam gelas kimia dan dididihkan beberapa menit. Netralkan larutan dengan 6 M NaOH, gunakan kertas lakmus untuk mengetahui kenetralannya. Ujilah larutan netral itu dengan larutan Fehling dan catat hasilnya!
4. Ulangi langkah nomor 3 dengan kertas saring/kapas dan bandingkan hasilnya!

**Data Pengamatan**

No.	Kegiatan yang Dilakukan	Hasil Pengamatan
1.	Amilum yang ditetesi iodine	.....
2.	Kertas saring/kapas yang ditetesi iodine	.....
3.	Pengujian terhadap amilum dengan larutan Fehling	.....
4.	Pengujian terhadap kertas saring/kapas dengan larutan Fehling	.....

**Kesimpulan:**

Buatlah kesimpulan dari percobaan ini!

**Pertanyaan:**

1. Apa pengaruh asam sulfat pekat pada zat yang terdapat pada kertas saring, kapas, dan amilum?
2. Tulislah reaksi persamaan hidrolisis selulosa dan amilum menjadi glukosa.

**c. Glikogen**

Glikogen adalah homopolimer seperti amilum, dibuat dalam hati sebagai penyimpan jika kelebihan sedikit glukosa. Glikogen termasuk polimer bercabang dengan cabang yang lebih banyak

daripada amilopektin dan memiliki cabang yang lebih pendek. Tubuh manusia mengandung enzim yang dapat menghidrolisis ikatan- $\beta$  dalam amilum atau glikogen menjadi glukosa, tetapi tubuh kita tidak dapat menghidrolisis ikatan- $\beta$  dalam selulosa. Glikogen ditemukan dalam sel binatang, terutama pada otot rangka, dan hati. Glikogen terdiri dari rantai panjang molekul glukosa yang terikat (1,4) dengan titik-titik cabang terbentuk melalui ikatan (1,6).

Untuk merangsang **keingintahuan** dan mengembangkan **kecakapan personal** kalian, kerjakan latihan 6.2 berikut.

### Latihan 6.2

1. Jelaskan apa yang kalian ketahui tentang monosakarida, disakarida, dan polisakarida! Berikan contohnya!
2. Apa sebenarnya yang dimaksud larutan amilum itu?
3. Bagaimana uji pereaksi Fehling atau Tollens terhadap amilum?
4. Bagaimana cara menguji amilum dengan larutan iodin?
5. Tuliskan reaksi hidrolisis amilum!

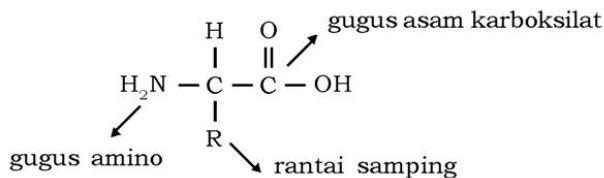
## C. Protein

Protein adalah salah satu senyawa penyusun sel hidup, yang terdapat dalam semua jaringan hidup baik tumbuhan, manusia, dan hewan. Molekul protein terdiri dari unsur karbon (50-55%), hidrogen ( $\pm 7\%$ ), oksigen ( $\pm 23\%$ ), dan nitrogen ( $\pm 16\%$ ). Beberapa protein juga mengandung unsur lain, seperti besi terdapat pada hemoglobin, iodium terdapat pada tiroglobulin dan fosfor terdapat dalam kasein. Molekul protein merupakan protein yang tersusun dari asam-asam amino.

### 1. Struktur Protein

Asam amino adalah senyawa yang mengandung gugus amino ( $-\text{NH}_2$ ) dan asam karboksilat ( $-\text{COOH}$ ) dalam molekul yang sama. Dua puluh asam amino yang umum di alam memiliki gugus amino dan asam karboksilat yang terikat secara kovalen ke atom pusat. Dua gugus sisa pada atom karbon pusat adalah hidrogen dan gugus R yang mengatur rantai samping asam amino.



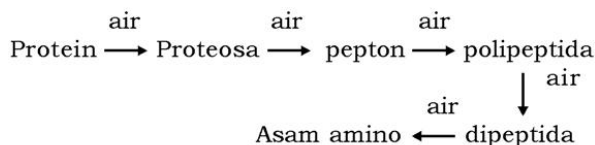


Protein terdiri dari satuan asam-asam amino yang berikatan sambung-menyambung dengan ikatan peptida. Bentuknya merupakan mata rantai peptida yang sangat panjang, lurus, maupun berbelit-belit. Namun tidak semua ikatan-ikatan peptida dari asam amino dapat disebut protein. Menurut **Paul Karlson**, protein adalah suatu rantai peptida dari asam amino, apabila dihidrolisis akan menghasilkan paling sedikit 100 sisa asam amino. Apabila kurang dari 100 asam amino, maka rantai peptida itu belum dikatakan protein, tetapi cukup dikatakan polipeptida.

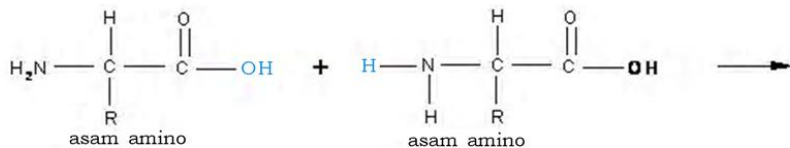
#### Fokus Kimia

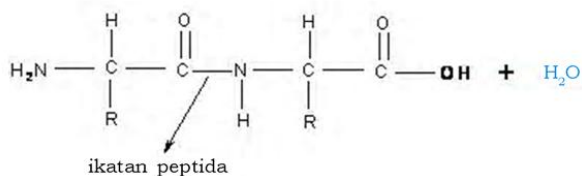
Struktur protein ditentukan oleh gen. Setiap gen mengatur pembuatan sebuah protein yang berbeda.

Protein terhidrolisis dengan adanya penambahan asam, basa, atau enzim *proteosa*. Hidrolisis terjadi secara bertingkat sebagai berikut.



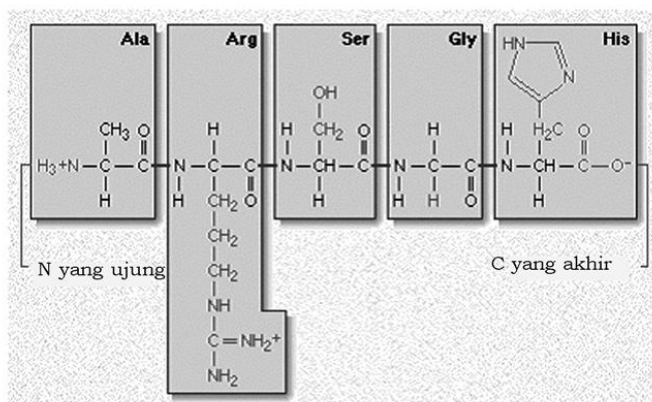
Sebuah peptida adalah gabungan asam amino, yaitu gugus amino dari salah satu asam amino disatukan dengan gugus asam karboksilat dari asam amino yang lain. Ikatan antara asam-asam amino selalu melibatkan gugus amino dan asam karboksilat pusat. Rantai-rantai samping tidak dilibatkan.





**Gambar 6.15** Pembentukan ikatan peptida

Asam amino yang lebih banyak dapat ditambahkan untuk membentuk rantai panjang. Pembentukan dipeptida ini melalui polimerisasi kondensasi. Ikatan antara gugus asam karboksilat dari salah satu asam amino dan nitrogen dari asam amino yang lain dalam rantai peptida disebut *ikatan peptida*. Satuan asam amino dalam polipeptida disebut sisa atau residu. Setiap peptida yang memiliki lebih dari sepuluh sisa asam amino disebut polipeptida.



**Gambar 6.16** Polipeptida Ala-Arg-Ser-Gly-His.

Rangkaian asam amino yang membentuk protein dikelompokkan dalam empat tingkatan struktur, yaitu primer, sekunder, tersier, dan kuarterner.



#### a. Struktur Primer

Struktur primer merupakan rantai pendek dari asam-asam amino dan dianggap lurus.

#### b. Struktur Sekunder

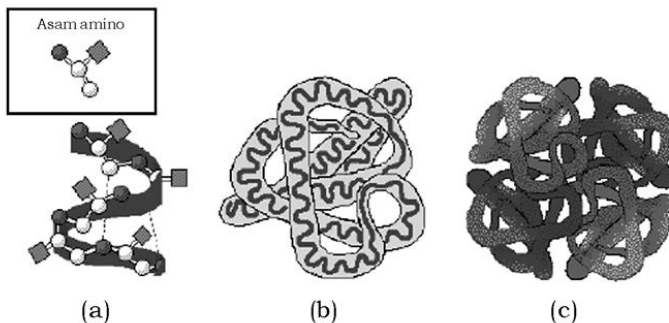
Struktur sekunder merupakan rangkaian lurus (struktur primer) dari asam amino, tetapi setiap gugus mengadakan ikatan hidrogen sehingga rantai asam amino membentuk struktur heliks, seperti pegas atau per. Bentuk heliks itu terjadi secara spontan karena ikatan hidrogen antara gugus C=O dari ikatan peptida yang satu dengan gugus -NH dari ikatan peptida yang lainnya.

#### c. Struktur Tersier

Struktur tersier terbentuk jika rangkaian heliks (struktur sekunder) menggulung karena adanya tarik-menarik antarbagian polipeptida sehingga membentuk satu subunit protein yang disebut struktur tersier.

#### d. Struktur Kuarterner

Beberapa protein hanya mengandung rantai tunggal polipeptida, tetapi ada juga protein yang mempunyai dua atau lebih rantai yang disebut *protein oligomer*. Contoh, hemoglobin memiliki empat rantai. Setiap rantai merupakan satu subunit protein. Susunan subunit-subunit dalam protein oligomer disebut struktur kuarterner protein.



Sumber: *Chemistry and Our World* (Charles G. Gebelein)

**Gambar 6.17** Struktur protein. (a) Struktur sekunder ( $\alpha$ -heliks), (b) Struktur tersier dan (c) Struktur kuarterner

## 2. Klasifikasi Protein

Klasifikasi protein didasarkan pada:

### a. Susunan Kimia dan Kelarutannya

- 1) Protein sederhana yaitu protein yang jika dihidrolisis hanya menghasilkan asam amino. Termasuk dalam golongan ini adalah albumin, globulin, glutelin, prolamin, albuminoid, histon, protamin.
- 2) Protein majemuk yaitu protein yang jika dihidrolisis selain menghasilkan asam amino, juga menghasilkan zat nonprotein yaitu nukleoprotein, glikoprotein, fosfoprotein, kromoprotein, lipoprotein.

**Tabel 6.5 Contoh Protein Majemuk**

Golongan	Gugus Protetik	Contoh
Lipoprotein	Lipid	Lipoprotein darah
Glikoprotein	Karbohidrat	$\gamma$ -globulin darah
Fosfoprotein	Gugus fosfat	Kasein susu
Hemoprotein	Heme	Hemoglobin
Logam protein	Besi, seng, tembaga	Alkohol Dehidrogenase

- 3) Derivat protein yaitu zat yang terjadi bila protein dipanaskan, ditambah asam, basa, atau enzim. Termasuk dalam golongan ini adalah metaprotein, protein koagulasi, proteosa, pepton, dan peptida.

### b. Bentuknya

#### 1) Protein Globular

Pada protein globular, rantai-rantai polipeptidanya berlipat rapat menjadi bentuk globular atau bulat padat, larut dalam air, mudah berdifusi, dan memiliki fungsi gerak atau dinamis, seperti enzim yaitu protein transpor dalam darah dan antibodi.



Sumber: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

**Gambar 6.18** Ulat sutera yang memintal kokon sutera menghasilkan protein fibroin

2) *Protein Serabut*

Protein serabut merupakan serabut panjang dan tidak berlipat menjadi globular. Protein serabut tak larut dalam air dan hampir semuanya memiliki fungsi struktural atau pelindung, misalnya: keratin pada rambut dan wol, fibroin dari sutera, dan kolagen dari urat.

**c. Fungsi Biologis**

Berdasarkan fungsi biologis, protein dibedakan atas 7 golongan, yaitu:

1) *Enzim*

Yaitu protein yang berfungsi sebagai biokatalisator, misalkan ribonuklease dan tripsin.

2) *Protein Transpor*

Yaitu protein yang mengikat dan memindahkan molekul atau ion spesifik. Contoh, hemoglobin dalam darah merah mengikat oksigen dari paru-paru, dan membawanya ke jaringan periferi, lipoprotein dalam plasma darah membawa lipid dari hati ke organ lain.

3) *Protein Nutrien dan Penyimpan*

Yaitu protein sebagai cadangan makanan. Contoh, protein yang terdapat dalam biji-bijian jagung, gandum dan beras, ovalbumin pada telur, dan kasein dalam susu merupakan protein nutrien.

4) *Protein Kontraktil*

Yaitu protein yang memberikan kemampuan pada sel dan organisme untuk mengubah bentuk atau bergerak. Contohnya aktin dan miosin, yaitu protein yang berperan dalam sistem kontraksi otot kerangka.

5) *Protein Struktur*

Yaitu protein yang berperan sebagai penyanggah untuk memberikan struktur biologi kekuatan atau perlindungan. Contohnya kolagen, yaitu komponen utama dalam urat dan tulang rawan. Contoh lain adalah keratin yang terdapat dalam rambut, kuku, dan bulu ayam/burung; fibroin, yaitu komponen utama dalam serat sutera dan jaring labah-labah.

6) *Protein Pertahanan (Antibodi)*

Yaitu protein yang melindungi organisme terhadap serangan organisme lain (penyakit). Contohnya adalah imunoglobulin atau antibodi yang terdapat dalam vertebrata, dapat mengenali dan menetralkan bakteri, virus, atau protein asing dari spesi lain. Fibrinogen dan trombin merupakan protein penggumpal darah jika sistem pembuluh terluka.

7) *Protein Pengatur*

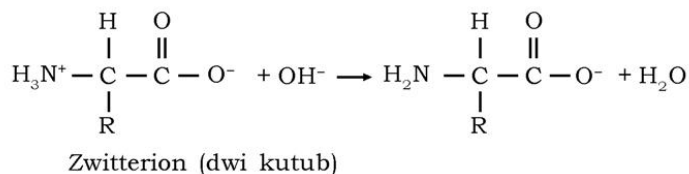
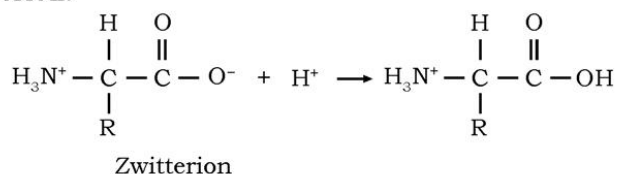
Yaitu protein yang berfungsi mengatur aktivitas seluler atau fisiologi. Contohnya ialah hormon, seperti insulin yang mengatur metabolisme gula darah. Kekurangan insulin akan menyebabkan penyakit diabetes. Contoh lain adalah hormon pertumbuhan dan hormon seks.

### 3. Sifat Protein

Sifat-sifat protein, antara lain:

#### a. *Protein Membentuk Ion Dwi Kutub*

Protein membentuk larutan koloid dan tidak dapat melewati membran selaput binatang. Protein adalah koloid hidrofil dan mempunyai daya serap air yang besar. Protein mempunyai sifat kimia yang bermacam-macam dan sensitif terhadap beberapa pereaksi serta keadaan lingkungan. Baik protein maupun asam amino bersifat amfoter, artinya dapat bereaksi dengan asam dan basa. Hal ini disebabkan gugus asam amino bersifat basa dan gugus karboksilat bersifat asam. Asam amino dapat dalam keadaan **zwitterion**.



Oleh karena itu asam amino dan protein adalah buffer yang baik. Tiap protein memiliki pH saat semua molekul asam amino netral atau tidak bermuatan, pH tersebut disebut **titik isoelektrik** dari protein. Pada pH rendah protein bermuatan positif dan pada pH tinggi protein bermuatan negatif.



### b. Denaturasi dan Presipitasi (Pengendapan atau Penggumpalan) Protein

Denaturasi adalah pemecahan struktur heliks dari molekul protein pada bagian yang paling melintang. Hal ini terjadi bila protein diberi asam, basa, alkohol, sinar ultraviolet, panas, dan agitasi. Walaupun ikatan peptida tidak putus, tetapi sifat biologis dan aktivitas protein berubah. Protein yang terdenaturasi kurang larut tetapi lebih mudah dihidrolisis. Akibat denaturasi protein akan mengendap atau menggumpal. Namun demikian, bila pengendapan dilakukan secara hati-hati, maka tidak akan terjadi denaturasi dan proteinnya dapat dilarutkan kembali.

Protein dapat diendapkan dengan cara pemanasan dan penambahan etanol, asam dan basa anorganik, garam logam berat, reagensia alkaloid.



Sumber: Dok. Penerbit

**Gambar 6.19** Telur yang digoreng berubah menjadi kecokelatan karena mengalami denaturasi

### 4. Ciri-ciri Protein

Ciri utama molekul protein adalah:

- Memiliki massa molekul relatif yang cukup besar mencapai jutaan. Hal ini disebabkan karena protein merupakan suatu polimer asam amino (makromolekul).
- Disusun oleh 20 macam asam amino. Asam-asam amino penyusun protein membentuk ikatan kovalen yang relatif kuat dengan membentuk ikatan peptida. Ikatan peptida terbentuk antara gugus  $\alpha$ -karboksil asam amino yang satu dengan gugus  $\alpha$ -amino dari asam amino berikutnya.
- Terdapat ikatan kimia selain ikatan peptida. Hal ini menyebabkan protein mampu membentuk struktur tiga dimensi. Ikatan yang mungkin adalah ikatan sulfida, ikatan hidrofob, ikatan hidrogen, dan lain-lain.
- Struktur tidak stabil. Kestabilan struktur protein sangat ditentukan oleh kondisi lingkungannya, misalnya pH, suhu, pelarut, garam, logam, dan lain sebagainya. Jika protein berubah dari aslinya dinamakan *terdenaturasi*, karena sudah mengalami perubahan dari aslinya (*nature*).
- Bersifat reaktif dan spesifik. Sifat protein yang demikian ini disebabkan adanya gugus yang sangat spesifik yang dimiliki oleh protein.

- f. Bersifat amfoter.
- g. Bermuatan listrik.
- h. Sifatnya mirip dengan asam amino penyusunnya.

## 5. Uji Protein

### a. Uji Biuret

Uji ini untuk mengetahui adanya ikatan peptida. Caranya dengan meneteskan NaOH kemudian  $\text{CuSO}_4$  encer pada protein. Hasil positif ditandai terbentuknya warna ungu.

### b. Uji Xantoprotein

Uji ini untuk mengetahui adanya cincin benzena pada protein. Caranya dengan meneteskan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat pada protein. Hasil positif ditandai terbentuknya endapan putih yang jika dipanaskan menjadi berwarna kuning.

### c. Uji Belerang

Uji ini untuk mengetahui adanya gugus fenol pada protein, caranya dengan memanaskan larutan protein dan larutan NaOH pekat, kemudian ditetesi timbal asetat. Hasil positif ditandai terbentuknya endapan hitam timbal sulfida ( $\text{PbS}$ ).

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan akademik**, dan **menumbuhkan rasa ingin tahu**, kalian kerjakan Latihan 6.3 berikut.

### Latihan 6.3

1. Gambarkan salah satu struktur asam amino! Tuliskan bentuk zwitterionnya!
2. Gambarkan reaksi pembentukan dipeptida! Jelaskan apa yang dimaksud dengan ikatan peptida?
3. Klasifikasikan protein berdasarkan susunan kimianya! Berikan contohnya!
4. Sebutkan beberapa ciri molekul protein!
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan denaturasi protein!



## D. Lipid

Lipid seringkali dikenal sebagai lemak, yang merupakan sumber energi. Kalian tentu tak asing lagi dengan istilah lemak, bahkan hampir setiap hari kalian menyantap makanan yang mengandung lemak. Susu, kacang-kacangan, mentega, dan daging kambing mengandung lemak.

### Fokus Kimia

Lemak menghasilkan energi 38 kJ/g, sedang karbohidrat dan protein hanya 17 kJ/g selama oksidasi



(a)



(b)

Sumber: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

**Gambar 6.20** (a) Susu dan (b) minyak zaitun merupakan sumber lemak atau minyak

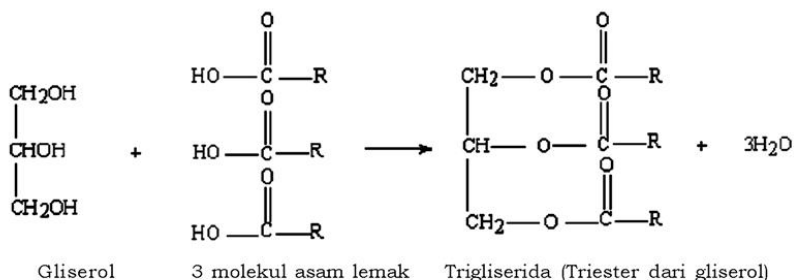
Lipida adalah senyawa yang dapat larut dalam pelarut organik nonpolar, seperti kloroform, eter, dan karbon tetraklorida tetapi sukar larut dalam air. Senyawa yang termasuk lipida, adalah:

1. Trigliserida (lemak dan minyak)
2. Fosfolipid (lipida membran biologis)
3. Hormon steroid
4. Lipoprotein

Lipid sukar larut dalam air tetapi karbohidrat, protein, dan asam nukleat mudah larut dalam air. Coba kalian jelaskan mengapa dapat terjadi demikian! Kalian telah mengenal karbohidrat sebagai polimer glukosa dan protein sebagai polimer asam amino. Apakah lipid juga termasuk polimer? Apakah hormon yang mengatur seksual termasuk lipid? Kalian akan dapat menjelaskan masalah ini setelah kalian mempelajari pokok bahasan ini.

## 1. Trigliserida (Lemak dan Minyak)

Pada suhu normal, lemak berwujud padat dan minyak berwujud cair. Meskipun demikian, lemak dan minyak memiliki struktur dasar yang sama. Lemak dan minyak merupakan triasilgliserol (umumnya disebut trigliserida), yaitu ester yang terbentuk dari gliserol (suatu trihidroksi alkohol) dan tiga asam lemak (asam karboksilat rantai panjang).



**Gambar 6.21** Reaksi umum pembentukan trigliserida

### a. Asam Lemak





Lemak dan minyak mengandung asam lemak yaitu molekul rantai panjang yang biasanya memiliki karbon 12, 14, 16, 18, 20, 22, atau 24 buah. Asam lemak tersebut bisa jenuh (mengandung ikatan tidak rangkap) atau tak jenuh (mengandung ikatan rangkap satu atau lebih). Molekul lemak atau minyak biasanya terbentuk dari dua atau tiga asam lemak yang berbeda. Tabel 6.7 meringkas struktur asam lemak yang paling umum.

Minyak sayur, yang mengandung asam lemak tak jenuh, merupakan cairan pada suhu kamar. Hal ini disebabkan oleh asam-asam lemak dengan ikatan rangkap menyebabkan molekul terlipat, sehingga sulit untuk diluruskan. Sebaliknya, lemak hewan, yang tersusun dari molekul lemak jenuh lebih mudah diluruskan, untuk itu biasanya padat pada suhu kamar. Triasilgliserol digunakan oleh berbagai organisme sebagai cadangan energi dalam waktu lama. Kelebihan makanan disimpan dalam bentuk lemak, apakah makanan tersebut berasal dari karbohidrat, protein, atau lemak itu sendiri? Lemak adalah sumber energi kimia. Lemak yang tersimpan dalam tubuh hewan berfungsi sebagai pelindung rasa dingin dan pelindung organ tubuh yang lunak. Lemak jenuh yang berasal dari hewan memiliki titik leleh yang lebih tinggi, sehingga cocok untuk fungsi tersebut daripada minyak yang berwujud cair.

Asam lemak merupakan penyusun lemak dan minyak. Asam lemak jenuh hanya mengandung ikatan C-C tunggal, sedangkan asam lemak tak jenuh mengandung satu atau lebih ikatan rangkap C=C. Beberapa asam lemak disajikan dalam Tabel 6.7 Coba kalian perhatikan! Asam lemak jenuh ternyata padat dengan titik leleh lebih besar daripada 32°C, sedangkan asam lemak tak jenuh berwujud cair dengan titik leleh 16°C atau lebih kecil daripada 16°C. Lemak mengandung asam lemak jenuh padat dengan proporsi yang tinggi, seperti asam stearat (18 atom C) atau asam palmitat (16 atom C). Minyak memiliki jumlah asam lemak tak jenuh cair yang tinggi, seperti asam oleat, linoleat, dan linolenat (masing-masing terdiri dari 18 atom C, tetapi dengan satu, dua, atau tiga ikatan rangkap C=C seperti terlihat dalam Tabel 6.6).

Lemak terutama ditemukan dalam hewan, sementara minyak berasal dari tumbuh-tumbuhan, tetapi perkecualian tetap saja ada, misalnya minyak palm dan kelapa mengandung asam lemak tak jenuh yang rendah dan asam lemak jenuh yang tinggi, sementara minyak ikan mengandung asam lemak tak jenuh yang cukup tinggi.

**Tabel 6.6 Asam Lemak dengan Memiliki Derajat Ketidakjenuhan yang Berbeda untuk Jumlah Atom C 18**

Asam	Stearat	Oleat	Linoleat	Linolenat
Jumlah karbon	18	18	18	18
Derajat ketidakjenuhan	18:0	18:1	18:2	18:3
Struktur (semua ikatan rangkap adalah cis)				

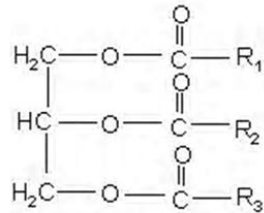
Asam lemak, khususnya asam lemak tak jenuh adalah sangat penting bagi tubuh kita karena asam lemak tersebut menjadi bagian struktur sel. Beberapa asam lemak tak jenuh, misalkan asam linoleat dan linolenat, disebut esensial karena tubuh manusia tidak dapat mensintesisnya

**Tabel 6.7 Struktur, Sumber, dan Kegunaan Beberapa Asam Lemak**

Nama Umum	Nama IUPAC	Titik Leleh (°C)	Struktur	Sumber Utama	Kegunaan
<b>Jenuh</b>					
Kaprat	n-dekanoat	32	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	Minyak kelapa, kambing	Rasa buah, parfum, surfaktan
Laurat	n-dodekanoat	44	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Minyak kelapa	Surfaktan, kosmetik, insektisida
<b>Jenuh</b>					
Nama Umum	Nama IUPAC	Titik Leleh (°C)	Struktur	Sumber Utama	Kegunaan
<b>Jenuh</b>					
Miristat	n-tetradekanoat	54	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Minyak kelapa	Sabun, kosmetik, penyedap, parfum
Palmitat	n-heksadekanoat	63	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Lemak alam	Sabun, zat anti air
Stearat	n-oktadekanoat	70	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Lemak binatang	Sabun, pelitur, minyak pelumas
Arakidat	n-eikosanoat	77	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Kacang, tumbuhan	Gemuk, lilin

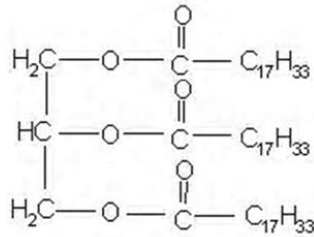
Tak Jenuh					
Palmitoleat	Cis-9-heksadekenoat	0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Marine oil	Sintesis organik
Oleat	Cis-9-oktadekenoat	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Minyak zaitun	Sabun, kosmetik, pelumas
Linoleat	Cis, cis-9,12-oktadekadienoat	5	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Minyak biji rami	Margarin, obat-obatan
Linolenat	Cis,cis,cis-9,12-15-oktadekatrienoat	-11	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Minyak biji rami, lemak biji-bijian	Minyak pengering (cat), obat-obatan
arakidonat	Semua cis-5,8,11,14-eikosatetraenoat	-50	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Lesitin, hati	Plastik, pelumas

Lemak adalah ester dari gliserol dengan asam-asam lemak (asam karboksilat). Nama IUPAC dari lemak dan minyak adalah triasilgliserol, tetapi yang digunakan adalah trigliserida. Penamaan lemak atau minyak diawali dengan kata gliseril yang diikuti nama asam lemaknya. Jika gugus R sama, penamaannya diawali dengan kata tri. Struktur lemak dapat ditulis sebagai berikut.

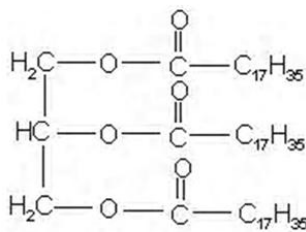


$\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ , dan  $\text{R}_3$  adalah gugus nonpolar dengan jumlah atom C antara tiga (3) sampai dengan tujuhbelas (17). Perhatikan contoh penamaan lemak dan minyak berikut.

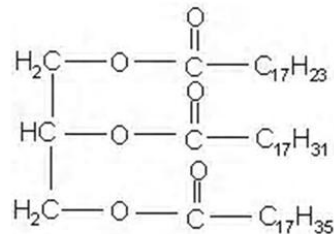




gliseril triolet (triolein)  
(minyak)



gliseril tristearat (tristearin)  
(lemak)



gliseril lauropalmitostearat  
(gliserida campuran, lemak)

## b. Sifat Fisik dan Kimia Trigliserida

### 1) Sifat Fisik Trigliserida

Lemak yang berwujud cair pada suhu kamar dikenal sebagai minyak. Minyak umumnya berasal dari tumbuhan, seperti minyak kelapa, minyak jagung dan minyak zaitun. Wujud lemak berkaitan dengan asam lemak pembentuknya. Lemak berwujud cair (minyak) banyak mengandung asam lemak tak jenuh, seperti asam oleat ( $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ ), asam linoleat, asam linolenat. Lemak padat banyak mengandung asam lemak jenuh, seperti asam stearat dan asam palmitat. Asam lemak jenuh memiliki titik cair yang lebih tinggi daripada asam lemak tak jenuh. Perbedaan antara lemak dan minyak dapat dilihat di Tabel 6.8.



**Tabel 6.8 Perbedaan Minyak dan Lemak**

Perbedaan	Lemak	Minyak
Wujud	Padat	Cair
Penyusun	Asam lemak jenuh	Asam lemak tak jenuh
Sumber	Hewan	Tumbuhan

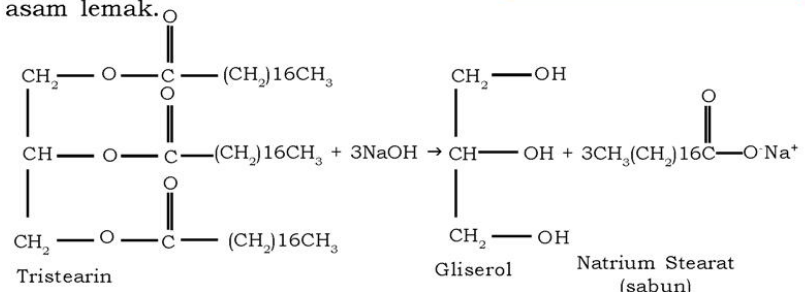
2) Sifat Kimia Trigliserida

a) Hidrolisis minyak maupun lemak dengan larutan basa kuat

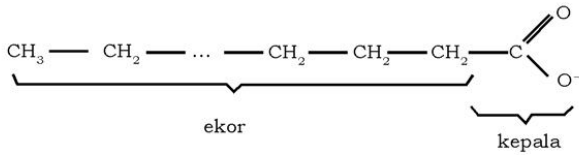
Hidrolisis minyak atau lemak dengan cara mendidihkannya dengan basa kuat yang menghasilkan garam asam lemak dan gliserol bebas. Proses hidrolisis ini disebut *saponifikasi* (penyabunan). Proses ini digunakan untuk pembuatan sabun. Sabun adalah garam logam alkali (Na, K, atau Li) dari asam lemak.

**Fokus Kimia**

Sabun yang dibuat dengan KOH cenderung lunak atau bahkan cair. Sabun yang dibuat dari NaOH bersifat keras. Sabun toilet mengandung gliserol berlebihan agar licin.



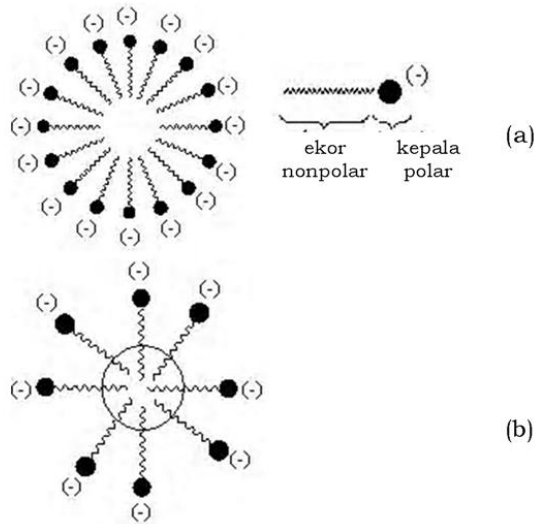
Dalam struktur sabun terlihat adanya muatan negatif (anion) dan memiliki sifat akibat dari kepala hidrofilik yang polar dan ekor hidrofobik nonpolar. Kalian dapat melihatnya pada struktur berikut.



Bagian ujung anion yang polar cenderung dapat larut dalam air sementara ujung yang lain, ekor hidrokarbon nonpolar, cenderung tak dapat larut dalam air tetapi dapat larut dalam pelarut nonpolar.

Gugus anion ini mengelompok dalam air membentuk tetesan (*globule*) kecil yang disebut misel (*micelles*), yang ditunjukkan pada Gambar 6.21 Ekor yang bersifat nonpolar larut dalam partikel lemak dan kepala yang polar larut dalam air. Hal ini menyebabkan partikel lemak dalam air dapat dibersihkan.

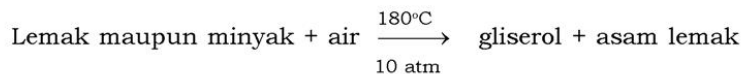
Hidrofilik berarti cinta air, hidrofobik berarti benci air



Sumber: General Chemistry (James E. Brady) dan Chemskech Freeware (software)

**Gambar 6.22** (a) Pembentukan misel dengan sabun. (b) Pelarutan tetesan lemak oleh sabun

- b) Lemak maupun minyak mudah mengalami hidrolisis dengan adanya air.



- c) Proses penengikan (*rancidity*)

Minyak atau lemak dapat mengalami proses hidrolisis yang menghasilkan asam lemak bebas, bila teroksidasi oleh udara di sekitar akan menghasilkan senyawa aldehid, keton, maupun asam

lemak yang lebih sederhana. Hasil oksidasi inilah yang mengakibatkan bau tengik. Proses penengikan ini dapat dicegah dengan penambahan zat antioksidan (misal, tokoferol/vitamin E) atau minyak tersebut disimpan dalam ruang gelap.

### c. Kegunaan Lemak

Lemak dalam kehidupan memiliki berbagai kegunaan, yaitu:

- 1) Lemak dalam tubuh berfungsi sebagai cadangan makanan atau sumber energi. Pembakaran 1 gram lemak menghasilkan sekitar 9 kkal (kilo kalori). Disarankan lebih banyak mengonsumsi lemak tak jenuh daripada lemak jenuh, karena lemak jenuh dapat menyebabkan penyakit jantung dan pembuluh darah.
- 2) Lemak digunakan sebagai bahan baku pembuatan sabun.
- 3) Lemak dan minyak juga menjadi sumber utama gliserol, dan minyak pengering yang digunakan dalam cat dan pernis, dan untuk asam lemak yang lebih tinggi digunakan untuk membuat lilin dan gemuk.

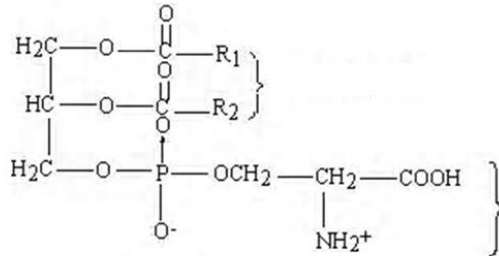
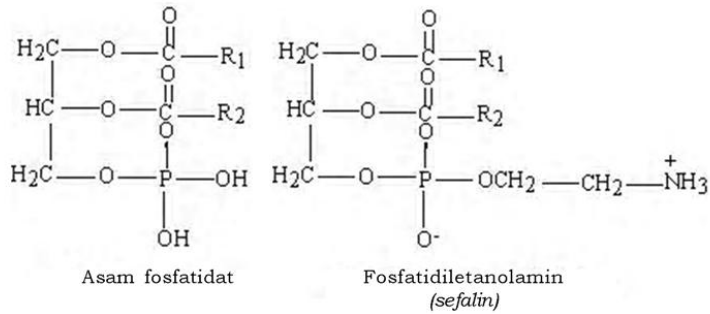
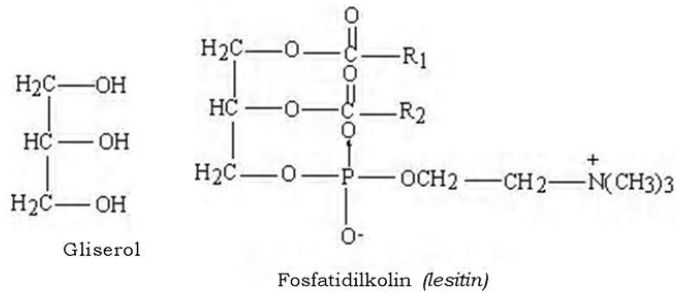
Untuk menimbulkan **tantangan belajar** kalian, kerjakan Latihan 6.4 berikut.

#### Latihan 6.4

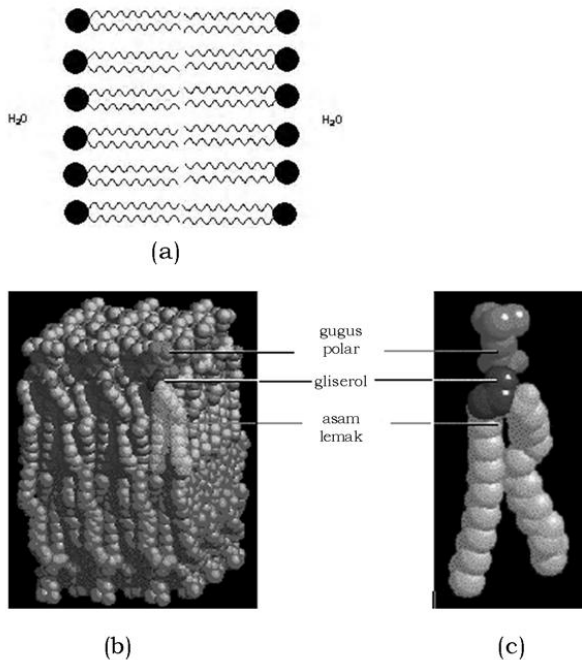
1. Mengapa lemak berwujud padat dan minyak berwujud cair pada suhu kamar?
2. Bagaimana kelarutan minyak dan lemak dalam air dan pelarut organik nonpolar?
3. Sebutkan beberapa manfaat dari lemak!
4. Tuliskan dan berilah nama sebuah struktur lemak!
5. Apakah sabun itu? Bagaimana ia membentuk misel? Apa yang menyebabkan sabun dapat melarutkan lemak?

## 2. Fosfolipid

Golongan lipid lain yang tidak kalah penting adalah fosfolipid. Fosfolipid adalah lipid yang polar dan merupakan ester gliserol seperti lemak. Namun pada fosfolipid hanya dua gugus OH dari gliserol yang diganti oleh gugus asil (asam karboksilat), sedangkan gugus OH ketiga diganti oleh asam fosfat, yang selanjutnya terikat pada suatu alkohol yang mengandung nitrogen. Fosfolipid yang sering terdapat dalam sel hidup adalah fosfatidilkolin (lesitin), fosfatidiletanolamin (sefalin), dan fosfatidil serin. Fosfolipid mengandung gugus nonpolar (R) dan gugus polar.



Membran sel tersusun dari fosfolipid dan protein dengan komposisi yang hampir sama. Fosfolipid dalam membran tersusun dalam lapisan rangkap atau bilayer. Dalam lapisan ini ekor yang nonpolar berhadap-hadapan, sedangkan kepala yang polar masuk lingkungan air. Fosfolipid bersifat amfifik karena memiliki sifat nonpolar (hidrofob) dan polar (hidrofil). Fosfolipid merupakan pengemulsi minyak yang baik, karena dapat tertarik ke dalam air maupun ke dalam minyak.



**Sumber:** *General Chemistry (James E. Brady) dan Chemsketch Freeware (software)*  
**Gambar 6.23** (a) Pembentukan bilayer oleh fosfolipid. Ekor nonpolar saling berhadapan. Kepala yang polar masuk ke lingkungan air. (b) Penampang lintang bilayer dan (c) fosfolipid

### 3. Steroid

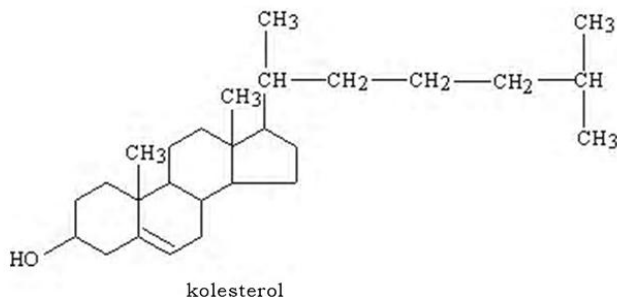
Steroid, tidak mengandung asam lemak dan gliserol serta tidak mengalami saponifikasi. Steroid adalah lipid yang berfungsi sebagai hormon. Steroid adalah senyawa yang mengandung cincin empat yang menyatu. Gambar 6.23 menunjukkan beberapa contoh senyawa steroid yang penting.

Kolesterol merupakan bahan awal hormon steroid, yang terjadi dalam jaringan tubuh (10% terjadi dalam otak), tubuh akan mensintesis kolesterol jika cadangannya turun terlalu rendah. Hormon-hormon seksual adalah steroid, sehingga tidak mengherankan bahwa bahan-bahan kimia yang mengontrol kelahiran menyerupai struktur steroid. Tabel 6.9 menyajikan sumber dan fungsi hormon steroid.

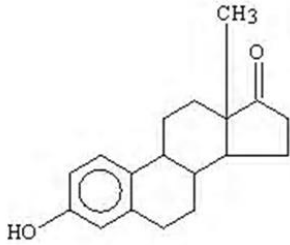
**Tabel 6.9 Sumber dan Fungsi Beberapa Hormon Steroidal**

Nama	Sumber	Fungsi
Estradiol	Indung telur (ovaries)	Mengatur siklus menstruasi, karakteristik seksual sekunder.
Progesteron	Indung telur (ovaries)	Meningkatkan ovulasi, mempertahankan kehamilan.
Testosteron	Buah pelir (testicles)	Mengontrol karakteristik seksual sekunder laki-laki.
Kortison	Kelenjar adrenalin	Memiliki pengaruh pada sintesis protein, peradangan, kestimbangan air.
Aldosteron	Kelenjar adrenalin	Menjaga kesetimbangan garam-garam dalam tubuh.
Digitoksin	Tumbuhan dengan bunga seperti bentuk bel/lonceng berwarna putih atau ungu	Mengobati berbagai bentuk penyakit jantung.

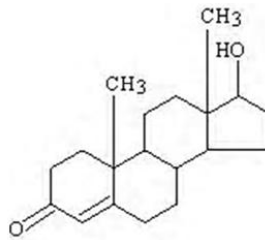
Sumber : *Chemistry and Our world (Charles G. Gebelein)*



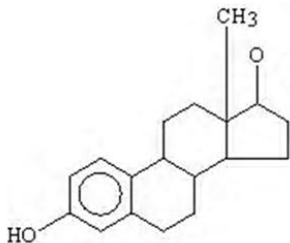




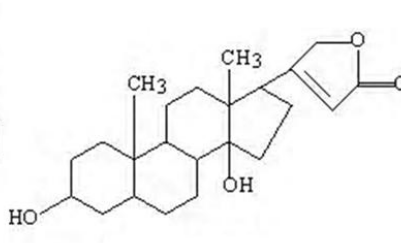
Estron  
(hormon seks wanita)



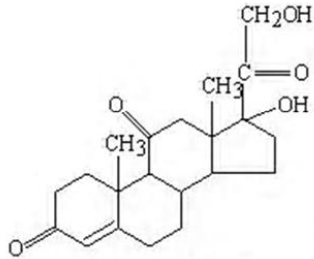
Testosteron  
(hormon seks laki-laki)



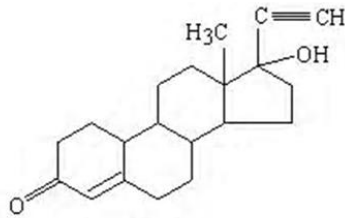
Estradiol  
(hormon seks wanita)



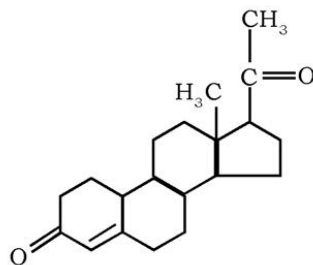
Digitoksin  
(obat gagal jantung)



Kortison  
(metabolisme protein)



Norlutin  
(kontrasepsi/obat pencegah kehamilan)



19-Norprogesteron  
(kontrasepsi)

Sumber : Chemistry and Our world (Charles G. Gebelein)

**Gambar 6.24** Beberapa struktur hormon steroid

Steroid yang paling banyak terdapat dalam tubuh manusia adalah kolesterol, yang merupakan bahan baku pembuatan garam-garam empedu, dan beberapa hormon yang lain. Semua hormon seks, yaitu estron, progesteron, dan testosteron juga termasuk steroid.

### Fokus Kimia

Wawasan Kontekstual

#### TES KOLESTEROL

Tes kolesterol akhir-akhir cukup meningkat karena masyarakat kita sangat khawatir terhadap penyakit jantung. Tes darah telah menyebar di berbagai tempat, kalian dapat lihat di supermarket, *health fair* dan tempat-tempat kerja. Pasien yang akan mengeteskan darahnya, diharapkan berpuasa selama duabelas jam sebelum diambil darahnya. Darah tersebut dibawa ke laboratorium rumah sakit atau klinik untuk dites sesungguhnya. Di laboratorium sel darah dipisahkan dan diambil serumnya. Serum dites untuk mengetahui kandungan kolesterolnya. Metoda penentuan kadar kolesterol yang digunakan bermacam-macam, tetapi berdasarkan pada intensitas warna yang dihasilkan kalau serum ditambahi asam sulfat dan bahan-bahan kimia lain. Dalam beberapa tes, larutan feri klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) ditambahkan ke serum darah yang telah diasamkan. Warna yang muncul dibandingkan dengan warna yang dihasilkan oleh kolesterol standar (konsentrasi kolesterol telah diketahui) dan dinyatakan sebagai mg kolesterol/100 mL serum

Untuk menumbuhkan **rasa ingin tahu** dan **berpikir kritis** kalian, kerjakan Latihan 6.5 berikut

#### Latihan 6.5

1. Apakah yang dimaksud dengan asam lemak jenuh dan tak jenuh?
2. Sebutkan beberapa hormon dan fungsinya dalam tubuh?
3. Bagaimana bentuk molekul hormon seksual dengan molekul untuk kontrasepsi?
4. Sebutkan perbedaan fosfolipid dengan lemak!
5. Jelaskan cara menguji kadar kolesterol dalam darah!

Untuk lebih mengembangkan **kecakapan sosial** dan **vokasional** kalian, lakukan Percobaan 6.2 berikut

### Percobaan 6.2

**Tujuan:**

Mengetahui sifat minyak atau lemak jenuh dan tak jenuh.

**Alat:**

1. Gelas beker
2. Pipet tetes
3. Tabung reaksi

**Bahan:**

1. Pereaksi Hubl iod
2. Kloroform
3. Minyak kelapa
4. Minyak kedelai
5. Lemak sapi atau kambing

**Cara Kerja:**

1. Sediakan 10 mL kloroform pada gelas beker. Kemudian tambahkan tetes reagen Hubl iod (larutan iod dalam alkohol yang mengandung sedikit  $HgCl_2$ ), maka akan terjadi perubahan warna.
2. Bagilah larutan warna ini ke dalam 3 tabung reaksi dengan volume yang sama.
3. Ke dalam tabung reaksi pertama, tambahkan minyak kelapa tetes demi tetes hingga warna larutan tepat hilang.
4. Amati dan catatlah berapa jumlah tetes minyak kelapa yang dipakai.
5. Lakukan percobaan ini untuk tabung reaksi kedua, dan tiga masing-masing dengan minyak kedelai, dan lemak sapi.
6. Amati dan catatlah jumlah tetesan yang dipakai.

**Data Pengamatan:**

Lemak/Minyak	Jumlah Tetesan
Minyak kelapa	.....
Minyak kacang kedelai	.....
Lemak sapi	.....

**Pertanyaan:**

1. Tuliskan reaksi antara  $I_2$  dengan asam lemak tak jenuh!
2. Bagaimana hubungan antara jumlah tetesan dengan ketidak jenuhan lemak?

**Rangkuman**

1. Polimer adalah molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana yang tergabung dengan ikatan kovalen.
2. Polimer dapat diklasifikasikan berdasarkan asal (sumbernya), struktur, kegunaan, dan metode pembuatan.
3. Polivinilklorida (PVC) digunakan sebagai bahan bangunan, pipa, bahan untuk lantai, isolasi kawat, dan kabel.
4. Karbohidrat dibedakan menjadi monosakarida, disakarida, dan polisakarida.
5. Monosakarida merupakan karbohidrat yang tidak mengalami hidrolisis.
6. Disakarida jika dihidrolisis menghasilkan dua molekul monosakarida.
7. Polisakarida merupakan karbohidrat yang jika dihidrolisis menghasilkan banyak monosakarida.
8. Protein terdiri dari satuan asam-asam amino yang berikatan sambung-menyambung dengan ikatan peptida.
9. Protein maupun asam amino bersifat amfoter, yaitu dapat bereaksi dengan asam dan basa.
10. Denaturasi adalah pemecahan struktur heliks dari molekul protein pada bagian yang paling melintang.
11. Lemak adalah ester dari gliserol dengan asam-asam lemak (asam karboksilat).
12. Lemak yang pada suhu kamar berupa cairan, biasanya disebut minyak.
13. Penengikan (*rancidity*) yaitu proses terurainya sebagian lemak atau minyak dengan terbentuknya asam lemak bebas yang menimbulkan bau tengik dan rasa rangsang.

## Evaluasi

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Dalam tubuh terdapat berbagai jenis lipid seperti lemak, fosfolipid, dan steroid. Lipid yang berfungsi sebagai sumber energi adalah . . . .
  - A. lemak
  - B. fosfolipid
  - C. steroid
  - D. lemak dan fosfolipid
  - E. fosfolipid dan steroid
2. Hidrolisis lemak akan menghasilkan . . . .
  - A. air dan alkena
  - B. etanol dan asam amino
  - C. gliserol dan asam lemak
  - D. gliserol dan sabun
  - E. gliserol dan asam amino
3. Polimerisasi monomer  $\text{CF}_2=\text{CF}_2$  memberikan produk yang disebut . . . .
  - A. teflon
  - B. polivinil
  - C. steroform
  - D. bakelit
  - E. polietilena
4. Hidrolisis protein akan menghasilkan . . . .
  - A. alkohol dan asam
  - B. gliserol dan sabun
  - C.  $\alpha$ -asam amino
  - D. hidrokarbon aromatik
  - E. jawaban A, B, C, dan D salah
5. Zat yang termasuk disakarida adalah . . . .
  - A. glukosa
  - B. amilum
  - C. sukrosa
  - D. selulosa
  - E. dekstroza

6. Pemecahan zat berikut yang hanya menghasilkan glukosa saja adalah . . . .
  - A. selulosa
  - B. sukrosa
  - C. protein
  - D. lemak
  - E. sabun
7. Titik isoelektrik suatu asam amino adalah . . . .
  - A. pH netral, 7,00
  - B. pH saat semua asam dalam bentuk anion
  - C. pH saat semua asam dalam bentuk kation
  - D. pH pada saat asam paling sedikit terlarut dalam air
  - E. jawaban A, B, C, dan D salah
8. Yang tergolong monosakarida adalah . . . .
  - A. glukosa dan galaktosa
  - B. laktosa dan galaktosa
  - C. maltosa dan glukosa
  - D. glukosa dan laktosa
  - E. sukrosa dan fruktosa
9. Reaksi antara lemak dengan basa merupakan reaksi . . . .
  - A. adisi
  - B. saponifikasi (penyabunan)
  - C. reduksi
  - D. oksidasi
  - E. eliminasi
10. Hidrolisis etil asetat menghasilkan . . . .
  - A. etanol dan metanol
  - B. metanol dan asam asetat
  - C. etanol dan asam etanoat
  - D. etanol
  - E. asam asetat

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Mengapa asam amino dalam air bersifat amfoter? Jelaskan!
2. Tuliskan reaksi hidrolisis disakarida di bawah ini!
  - a. sukrosa
  - b. maltosa
  - c. laktosa



3. Jelaskan mengapa lemak pada suhu kamar bentuknya padat, sedangkan minyak bentuknya cair ditinjau dari struktur molekulnya!
4. Teflon adalah jenis plastik yang tersusun dari monomer tetrafluoroetilena  $F_2C = CF_2$ .
  - a. Tuliskan struktur polimer tersebut!
  - b. Berdasarkan metode pembuatannya, termasuk polimerisasi apakah teflon tersebut?
5. Apa yang dimaksud dengan asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh?

Untuk lebih mengembangkan **wawasan produktivitas**, **kontekstual** dan menumbuhkan **keingintahuan**, kerjakan proyek berikut.

### Proyek

Plastik merupakan polimer yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun plastik juga menimbulkan masalah yang besar. Carilah artikel tentang dampak plastik pada kehidupan dan bagaimana solusinya! Apakah sampah plastik bisa dijadikan peluang usaha? Coba diskusikan dengan teman kalian, kemudian buatlah laporan tertulisnya!

## Evaluasi Semester II

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Gugus fungsi dalam senyawa karbon menentukan . . . .
  - A. macam unsur dalam senyawa
  - B. sifat kimia senyawa
  - C. sifat fisika senyawa
  - D. jumlah atom dalam rumus molekul senyawa
  - E. macam ikatan antara atom-atom karbon
2. Beberapa sifat senyawa dinyatakan sebagai berikut.
  - 1) dapat bercampur baik dengan air
  - 2) dapat bereaksi dengan logam Na
  - 3) tidak dapat terbakar
  - 4) bersifat basa
  - 5) titik didih lebih tinggi dibandingkan dengan eter yang mempunyai atom C sama

Semua pernyataan di atas merupakan sifat-sifat alkohol, **kecuali** . . . .

- A. 1
  - B. 2
  - C. 3
  - D. 4
  - E. 5
3. Nama yang tepat untuk senyawa eter yang mempunyai rumus struktur di bawah ini adalah . . . .
$$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$$
    - A. metil propil eter
    - B. etil propil eter
    - C. propil metil eter
    - D. propil etil eter
    - E. metil etil eter
  4. Senyawa berikut ini yang dapat digunakan sebagai obat bius adalah . . . .
    - A. metanol
    - B. etanol
    - C. glikol
    - D. gliserol
    - E. dietil eter

5. Senyawa di bawah ini yang diperoleh melalui reaksi halogenasi dengan benzena, **kecuali** . . . .
  - A.  $C_6H_5Cl$
  - B.  $C_6H_4Cl_2$
  - C.  $C_6H_5Br$
  - D.  $C_6H_3Cl_3$
  - E.  $C_6H_5SO_3H$
6. Senyawa benzena dan senyawa yang mengandung cincin benzena termasuk golongan senyawa . . . .
  - A. siklik
  - B. sikloalkana
  - C. aromatik
  - D. asam karboksilat
  - E. ester
7. Rumus molekul senyawa toluena adalah . . . .
  - A.  $C_6H_5NH_2$
  - B.  $C_6H_5NO_2$
  - C.  $C_6H_5COOH$
  - D.  $C_6H_5CH_3$
  - E.  $C_6H_5OH$
8. Senyawa berikut yang tergolong **bukan** senyawa turunan benzena adalah . . . .
  - A. toluena
  - B. fenol
  - C. anisol
  - D. asam benzoat
  - E. asam pentanoat
9. Senyawa berikut ini yang merupakan bahan dasar pembuatan polimer yang bersifat termoplastik adalah . . . .
  - A. toluena
  - B. anilin
  - C. fenol
  - D. BHT
  - E. stirena
10. Polimerisasi monomer  $CF_2=CF_2$  memberikan produk yang disebut . . . .
  - A. teflon
  - B. polivinil
  - C. bakelit
  - D. polietilena
  - E. stiroform

11. Monomer dari polipeptida adalah . . . .
- A. etilena
  - B. peptida
  - C. asam amino
  - D. asam askorbat
  - E. basa nitrogen
12. Di antara senyawa berikut yang termasuk monosakarida adalah . . . .
- 1) laktosa
  - 2) ribosa
  - 3) fruktosa
  - 4) glukosa
  - 5) sukrosa
  - 6) arabinosa
- A. 1,2,3,4
  - B. 2,3,4,5
  - C. 3,4,5,6
  - D. 2,3,4,6
  - E. 1,2,3,5
13. Asam lemak tak jenuh tunggal disebut juga . . . .
- A. omega-3
  - B. omega-6
  - C. omega-9
  - D. omega-5
  - E. omega-1
14. Gugus fungsional yang terdapat pada asam amino adalah gugus . . . .
- A. karboksil + amino
  - B. karbonil + amino
  - C. hidroksil + amino
  - D. karboksil + hidroksil
  - E. karbonil + hidroksil
15. Asam amino esensial yaitu asam amino yang harus ada dalam tubuh, salah satunya adalah . . . .
- A. glisin
  - B. alanin
  - C. valin
  - D. glutamin
  - E. serin

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Tuliskan sebuah struktur alkohol, eter, ester, dan asam karboksilat ! Sebutkan perbedaan dan persamaan sifat-sifat yang dimiliki keempat senyawa ini!
2. Mengapa benzena sulit sekali mengalami reaksi adisi?
3. Tuliskan sebuah reaksi polimerisasi kondensasi! Sebutkan kegunaan berbagai macam polimer yang kalian ketahui!
4. Sebutkan senyawa-senyawa yang tergolong lemak, karbohidrat, dan protein!
5. Jelaskan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein!

## Evaluasi Akhir

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Bila larutannya berupa padat, pelarutnya juga berupa padat, tetapi zat terlarutnya berupa zat cair, contohnya adalah . . . .
  - A. oksigen dalam air
  - B. alkohol dalam air
  - C. hidrogen dalam paladium
  - D. merkuri dalam perak
  - E. perak dalam emas
2. Dalam 400 mg sampel bahan terdapat 50 mg perak dan 20 mg emas. Persentase perak dan emas berturut-turut adalah . . . .
  - A. 5% dan 12,5%
  - B. 10% dan 25 %
  - C. 12,5% dan 5%
  - D. 25% dan 10%
  - E. 50% dan 20%
3.
  1. Larutan zat yang sangat encer
  2. Larutan asam
  3. Larutan nonelektrolit
  4. Larutan satu garam
  5. Larutan yang mudah menguapSyarat berlakunya hukum Raoult adalah . . . .
  - A. 1,2,3
  - B. 1,2,4
  - C. 1,2,5
  - D. 1,3,4
  - E. 1,3,5
4. Jika solut berkelakuan ideal sebagai elektrolit kuat, larutan 0,500 mol  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  ( $M_r = 666$ ) dalam 838 g air seharusnya mendidih pada . . . °C di atas titik didih air. ( $K_b$  untuk air = 0,51 °C/m).
  - A. 0,51
  - B. 1,02
  - C. 1,28
  - D. 2,55
  - E. 0,26



5. Berat molekul ( $M_r$ ) solut molekul nonvolatil, apabila 1,68% larutan *solute* ini mendidih  $0,026^\circ\text{C}$  lebih tinggi daripada air murni pada tekanan atmosfer yang sama . . . .
- 48
  - 85
  - 170
  - 340
  - 400
6. Diketahui potensial reduksi  $\text{Co}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Co}$  sebesar  $-0,28$  V dan  $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  sebesar  $+0,77$  V. Potensial ( $E_{\text{sel}}^\circ$ ) untuk sel:  $\text{Co} \mid \text{Co}^{2+} \parallel \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} \parallel \text{Pt}$  adalah . . . .
- 1,82 V
  - 0,49 V
  - 1,05 V
  - 0,72 V
  - 1,26 V
7. Larutan KI 1,0 M sebanyak 1,0 L dielektrolisis menggunakan arus 5,0 A, sampai pH = 13,00. Massa  $\text{I}_2$  yang akan terbentuk adalah . . . .
- 10,0 g
  - 5,0 g
  - 13 g
  - 25 g
  - 26 g
8. Zat berikut yang merupakan pereduksi terbaik adalah . . . .
- 1 M HCl
  - $\text{Mn}^{2+}$
  - $\text{Zn}^{2+}$
  - Zn(s)
  - Ag(s)
9. Keadaan “charge” baterai asam-timbal (aki) dapat ditentukan dengan mengukur rapatannya atau massa jenis larutan elektrolit karena . . . .
- $\text{PbO}_2$  terbentuk pada saat *discharge* (aki dipakai)
  - besar emf adalah 2,00 V
  - $\text{PbSO}_4$  terbentuk pada saat *charging*
  - timbal bertambah berat
  - asam sulfat termakan saat *charging* (aki diisi ulang)

10. Apabila arus listrik sebesar 1,00 A telah mengalir dari sel Daniel ( $\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+} \parallel \text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$ ) selama 1,00 jam, maka jumlah elektron yang dipaksa melalui penghantar luar adalah . . . .
- $1,3 \times 10^{19}$
  - $2,2 \times 10^{22}$
  - $1,3 \times 10^{15}$
  - $9,0 \times 10^{22}$
  - $3,6 \times 10^{23}$
11. Pada elektrolisis larutan NaCl dengan elektroda karbon, pada ruang katoda terbentuk . . . .
- Na
  - $\text{OH}^-$
  - $\text{Cl}^-$
  - $\text{H}^+$
  - $\text{Cl}_2$
12. Korosi benda yang terbuat besi dapat dicegah dengan cara . . . .
- benda tersebut diletakkan dalam lingkungan asam
  - benda tersebut diletakkan dalam lingkungan basa
  - menghubungkan dengan unsur yang lebih elektronegatif
  - menghubungkan dengan unsur yang lebih elektropositif
  - membasahi permukaannya
13. Dalam sel volta terjadi perubahan energi, yaitu . . . .
- energi listrik menjadi energi kimia
  - energi kimia menjadi energi listrik
  - energi panas menjadi energi listrik
  - energi listrik menjadi energi mekanik
  - energi kimia menjadi energi mekanik
14. Aluminium sebenarnya tergolong logam aktif, akan tetapi aluminium tahan korosi dan tidak larut dalam asam oksidator, seperti  $\text{HNO}_3$  dan asam sulfat pekat. Kekurangaktifan aluminium itu disebabkan oleh . . . .
- aluminium mempunyai tiga elektron valensi
  - aluminium tidak larut dalam air
  - aluminium mempunyai massa jenis yang relatif rendah
  - permukaan aluminium ditutupi lapisan oksida
  - aluminium bersifat amfoter

15. Untuk reaksi  ${}^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{116}_{84}\text{Po} + X$ , X adalah . . . .
- sinar alfa
  - sinar beta
  - sinar gamma
  - positron
  - elektron
16. Fenol merupakan zat disinfektan karena . . . .
- membunuh kuman atau bakteri
  - mencegah bau tak sedap
  - menghilangkan rasa nyeri
  - dapat mengawetkan makanan
  - menyebabkan mual
17. Mentega dan minyak goreng mengandung BHT dan BHA. Fungsi senyawa tersebut adalah ...
- disinfektan
  - bleaching
  - antioksidan
  - emulsifier
  - analgesik
18. Pereaksi yang dapat digunakan untuk menguji kadar gula dalam darah adalah..
- uji Biuret
  - uji Millon
  - uji Belerang
  - pereaksi Fehling
  - uji Molisch
19. Cairan infus untuk pasien yang mengalami kesulitan makan biasanya banyak mengandung .....
- fruktosa
  - glukosa
  - sukrosa
  - maltosa
  - amilum
20. 1. *kuku*                      4. *antibodi*  
 2. *enzim*                      5. *kulit*  
 3. *tulang*                      6. *membran*
- Yang termasuk protein serat adalah...
- 1, 2, 3
  - 2, 3, 5
  - 1, 3, 4
  - 1, 3, 6
  - 1, 3, 5

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Beberapa makanan terurai melalui reaksi kimia dengan oksigen di udara. Apakah jenis reaksi yang mungkin terjadi dalam proses peruraian makanan tersebut? Bagaimanakah kalian dapat mencegah proses peruraian makanan ini?
2. Fruktosa sebanyak 20,00 g dilarutkan ke dalam 500 mL air. Hitunglah titik beku dan titik didih larutan! ( $K_b$  air = 0,52 °C/m,  $K_f$  air = 1,86 °C/m)
3. Oksidasi I<sup>-</sup> menjadi I<sub>2</sub> lebih mudah terjadi daripada oksidasi air, dan reduksi Ni<sup>2+</sup> terjadi lebih mudah daripada reduksi air. Tuliskan setengah reaksi pada anoda, katoda, dan reaksi sel untuk elektrolisis larutan Ni<sub>2</sub>!
4. Berapakah tekanan yang diperlukan dalam osmosis balik untuk memurnikan air laut pada 25°C? Anggap bahwa konsentrasi mula-mula NaCl adalah 0,5 mol/L air laut dan harus lebih kecil dari 10<sup>-4</sup> mol/L.
5. Sebutkan macam-macam isomer yang terjadi dalam senyawa organik!
6. Apakah yang dimaksud dengan zwitterion? Jelaskan!
7. Tuliskan reaksi esterifikasi antara gliserol dan asam lemak!
8. Jelaskan mengapa minyak goreng yang telah digunakan sering terasa tengik!
9. Sebut dan tuliskan beberapa molekul asam amino! Sebutkan asam amino yang termasuk asam amino esensial!
10. Jelaskan tentang penggolongan polimer!

## Glosarium

**Aki.** Accumulator. Merupakan sel/baterai dengan elektroda timbal sebagai anoda dan timbal dioksida sebagai katoda dengan larutan elektrolit asa sulfat; aki merupakan baterai yang dapat diisi ulang. (65)

**Aldehid.** Senyawa karbon dengan gugus fungsi -CHO yang disebut gugus formil. Nama IUPAC alkanal. (152,153)

**Alkohol.** 1) Etanol  $C_2H_5OH$ ; 2) Secara umum: senyawa organik dengan gugus OH pada atom karbon jenuh. (143, 144, 146)

**Aluminium.** Unsur dengan nomor atom 95; lambang Al,  $M_r = 26,9815$ ; logam berwarna putih, ringan dan dapat mulur. (108, 109)

**Amfoter.** Bersifat asam maupun basa tergantung pada keadaan lingkungannya. (230)

**Amilum.** Karbohidrat putih, tanpa bau dan tanpa rasa, sangat penting bagi tumbuhan, terdiri atas rantai bercabang molekul-molekul glukosa yang dihasilkan pada proses fotosintesis dalam tumbuhan. (214, 218, 219, 220)

**Anilin.** Senyawa organik dengan rumus  $C_6H_5NH_2$ ; bersifat basa lemah, tidak berwarna dan jika terkena udara menjadi cokelat. Merupakan bahan dasar pembuatan warna dan obat-obatan serta bahan peledak. (184, 189)

**Anion.** Atom atau gugus bermuatan listrik negatif. (46, 72, 239)

**Asam amino.** Asam organik yang mengandung paling sedikit satu gugusan amino ( $NH_2$ ) dan paling sedikit satu gugusan karboksil ( $COOH$ ) atau turunannya, merupakan molekul dasar yang diikat satu sama lain melalui ikatan peptida membentuk molekul protein yang lebih besar. (224, 225, 227, 230)

**Asam asetat.** Asam etanoat ( $CH_3COOH$ ) disebut juga asam cuka. (165, 167)

**Asam format.** Mempunyai rumus  $HCOOH$ , asam organik yang biasa terdapat pada semut sehingga disebut juga asam semut. (165, 167)

**Asam karboksilat.** Asam organik yang mengandung gugusan karboksil ( $-COOH$ ), asam alkanolat. (135)

**Asam lemak jenuh.** Asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap. (235, 238)

**Asam lemak tak jenuh.** Asam lemak yang memiliki ikatan rangkap. (235, 238)

**Bakelit.** Hasil kondensasi formaldehid dan fenol; digunakan sebagai bahan plastik. (192)

**Benzena.** Senyawa organik dengan rumus  $C_6H_6$ ; keenam atom karbon membentuk sebuah segi enam beraturan dan keenam atom hidrogen terletak pada bidang segi enam itu juga. (180, 181, 184, 186,188)

**DDT.** Insektisida dengan rumus diklorodifeniltrikloretana. (180)

**Deret Volta.** Deretan yang menggambarkan urutan kereaktifan unsur; makin ke kiri letak logam dalam deret Volta maka logam makin reaktif; merupakan reduktor yang semakin kuat. (59)

**Diastereoisomer.** Isomer-isomer yang bukan enansiomer. (216)

**Disakarida.** Senyawa karbohidrat yang terdiri atas dua monosakarida. (207, 217)

**Elektrode.** Alat atau bagian alat untuk mengalirkan arus listrik ke dalam atau ke luar dari alat, tubuh atau sel: dapat berupa sepotong kawat biasa, tetapi dapat pula rumit, seperti elektroda kalomel, bahkan dapat pula berarti tempat alat itu sendiri. (46, 62)

**Elektrokimia.** Kajian tentang sifat dan reaksi kimia yang melibatkan ion dalam larutan, termasuk elektrolisis dan sel listrik. (33, 44, 78)

**Enansiomer.** Dua isomer yang merupakan bayangan cermin satu dengan yang lainnya. (216)

**Ester.** Senyawa karbon dengan gugus fungsi  $-COOR'$ . Nama IUPAC eseter adalah alkil alkanoat. (167)

**Esterifikasi.** Reaksi pembentukan ester dari asam (biasanya asam organik dan alkohol). (144, 168)

**Etanol.** Lihat alkohol (145)

**Eter.** Senyawa dengan gugus fungsi  $-O-$  yang terikat pada dua gugus alkil. Nama IUPAC eter adalah alkoksi alkana. (147, 148, 191)

**Fenol.** Senyawa organik dengan rumus  $C_6H_5OH$ ; dapat melephkan kulit dan digunakan sebagai desinfektan. (184)

**Fraksi mol.** Perbandingan antara jumlah mol zat dengan jumlah mol total yang terdapat dalam larutan. (3, 4, 5)

**Fruktosa.** Monosakarida yang sering disebut levulosa, mempunyai rumus kimia  $C_6H_{12}O_6$  tetapi mempunyai gugus keton (215)

**Gliserol.** Nama lain gliserin, merupakan trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon; zat cair kental, tidak berwarna, dan mempunyai rasa manis. Mudah larut dalam air, merukana zat hasil samping dalam pembuatan sabun. (241, 245)

**Glukosa.** Monosakarida yang sering disebut gula darah, mempunyai rumus kimia  $C_6H_{12}O_6$ , dengan gugus aldehida. (214, 215)

**Haloalkana.** Turunan alkana dengan menggantikan satu atau lebih atom hidrogen dengan atom-atom golongan halogen. (135, 137, 138)

**Halogen.** golongan unsur yang menempati golongan VIIA dalam tabel periodik unsur; mempunyai elektron valensi 7, merupakan unsur non logam yang reaktif.

**Hidrolisis.** Reaksi kimia antara air dan suatu zat lain yang menghasilkan satu zat baru atau lebih. (88, 93, 135)

**Hipertonik.** Larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih tinggi. (18)

**Hipotonik.** Larutan yang mempunyai tekanan yang lebih rendah. (18)

**Hukum Faraday.** hukum Faraday ada 2: 1. massa zat yang dilepaskan selama elektrolisis berbanding dengan jumlah listrik yang digunakan; 2. massa zat yang dilepaskan pada elektrolisis berbanding lurus dengan massa ekuivalen zat itu. (72)

**Hukum Raoult.** Tekanan uap jenuh larutan = fraksi mol pelarut dikalikan dengan tekanan uap jenuh pelarut murni. (8, 9, 10)

**Ikatan peptida.** Ikatan yang menghubungkan sisa asam amino dalam suatu molekul protein. (226)

**Isomer.** Senyawa yang memiliki rumus molekul sama tetapi berbeda dalam rumus bangun atau strukturnya. (171)



**Isotonik.** Larutan yang mempunyai tekanan osmosis sama. (18)

**Karbohidrat.** Merupakan senyawa makromolekul yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, dengan rumus empiris  $\text{CH}_2\text{O}$ . Banyak terdapat dalam bahan nabati baik berupa gula sederhana, maupun yang lebih kompleks seperti pektin, pati, dan selulosa. (206)

**Kation.** Ion yang bermuatan positif. (71)

**Keton.** Senyawa karbon dengan gugus fungsi  $-\text{CO}-$  (karbonil. Nama IUPAC keton adalah alkanon. (155, 156, 157, 161)

**Korosi.** 1) Secara umum: perusakan lambat benda atau bahan oleh zat kimia dan secara kimia, khususnya secara elektrokimia; 2) Secara khusus reaksi kimia dan elektrokimia antara logam dan sekitarnya. (76, 77, 78, 79)

**Kromium.** unsur dengan nomor atom 24, lambang Cr dan Ar = 51,996; logam putih perak, getas dan keras; ditemukan oleh Vanquelin pada tahun 1797. (119, 120)

**Membran semipermeabel.** Selaput/lapisan yang hanya dapat dilalui oleh partikel zat pelarut tetapi tidak dapat dilalui oleh partikel zat terlarut. (17, 18)

**Molaritas.** Perbandingan antara jumlah mol zat terlarut dengan massa dalam kilogram (kg) pelarut, kemolalan mempunyai satuan mol/kg. (3, 4, 5, 6, 17)

**Monosakarida.** Gula sederhana, karbohidrat yang tidak dapat diuraikan secara hidrolisis. (207, 208, 214)

**Nitrobenzena.** Senyawa organik dengan rumus  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ , merupakan zat berwarna kuning dan beracun, digunakan sebagai bahan pewangi sabun. (184)

**Oksidasi.** Berbagai proses yang pada hakekatnya menaikkan valensi (bilangan oksidasi) dari unsur utama dalam sistem itu; mula-mula berupa reaksi dari unsur itu dengan oksigen, kemudian juga dengan halogen dan akhirnya reaksi yang unsur utamanya kehilangan elektron valensinya. (31, 33, 190)

**Osmosis.** Penyebaran (difusi) cairan atau gas melewati dinding berpori atau membran semi permeabel; penyebaran ini disebabkan oleh gaya tarik antara molekul pelarut dan molekul zat terlarut. (17, 18))

**Polimer.** 1) Senyawa yang terbentuk dari gabungan dua molekul atau lebih senyawa lain; perbandingan banyaknya unsur tetap, contoh: pada formaldehida dari tiga molekul formaldehida; 2) Tiap-tiap anggota deret senyawa yang terbuat dari penyusun yang sama berdasarkan ikatan kovalen: contoh  $\text{C}_x-\text{C}_n$  dengan  $n = 50$  atau lebih, misal senyawa polivinil. (198)

**Polimerisasi adisi.** Pembentukan polimer dengan cara bergabungnya molekul-molekul monomer yang berikatan rangkap satu dengan lain membentuk rantai panjang. (205)

**Polimerisasi kondensasi.** Pembentukan polimer dimana monomer-monomernya bergabung dengan membebaskan molekul sederhana. (205)

**Polisakarida.** Karbohidrat yang mengandung lebih dari 3 molekul sederhana. (207, 217)

**Protein.** Merupakan komponen utama penyusun sel makhluk hidup. Merupakan polipeptida yang mempunyai massa molekul yang besar mulai dari  $500^\circ\text{C}$  hingga lebih dari satu juta. (224, 225, 229, 230, 231)

**Redoks.** Kependekan dari reduksi-oksidasi; reaksi yang melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi secara bersamaan. (30, 31, 33, 36, 41)

**Sel elektrolisis.** Rangkaian alat (sel) yang menghasilkan reaksi kimia karena adanya arus listrik. (68, 69)

**Sel primer.** Sel Volta yang reaksi kimianya tidak reversibel sehingga sel tidak dapat dicas atau disetrum. (63)

**Sel sekunder.** Sel Volta yang reaksi kimianya menghasilkan potensial listrik dan bersifat reversibel sehingga sel dapat dicas dengan melewatkan arus ke dalamnya. (63)

**Sel volta.** Penataan bahan kimia dan penghantar listrik yang memberikan aliran elektron lewat rangkaian luar dari suatu zat kimia yang teroksidasi ke zat kimia yang direduksi. (44, 46, 48, 51, 53, 62, 67)

**Selulosa.** Karbohidrat penyusun dinding sel tumbuhan ( $C_6H_{10}O_5$ ). (206, 218, 221, 222)

**Sifat koligatif.** Sifat fisika yang hanya tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak tergantung pada jenis partikel zat terlarut, misalnya tekanan osmosis, titik didih, titik beku, dan tekanan uap. (2, 7, 8, 20)

**Silikon.** Unsur dengan nomor atom 14, lambang Si dan Ar = 28,086; unsur bukan logam dari golongan karbon yang terdapat dalam beberapa bentuk (amorf, kristalin, mirip grafit, dan mirip intan); terdapat dalam kerak bumi sebagai silikat. (113, 114, 145)

**Sukrosa.** Karbohidrat disakarida, hablur putih; pada hidrolisis menghasilkan glukosa dan fruktosa. (217, 218)

**Tekanan osmotik.** Tekanan untuk mencegah aliran pelarut melintasi membran dari pelarut ke dalam larutan. (2, 16, 17, 18)

**Tekanan uap.** Tekanan yang terdapat tepat di atas permukaan zat cair; tekanan yang ditimbulkan oleh uap jenuh. (8, 11)

**Termoplastik.** Jenis polimer yang melunak ketika terkena panas dan mengeras kembali setelah didinginkan. (203)

**Termosetting.** Jenis polimer yang tetap keras (tidak lunak) ketika terkena panas. (203)

**Titik beku.** Suhu yang dicapai ketika tekanan uap jenuh cairan sama dengan tekanan uap padatnya. (12)

**Titik didih.** Suhu yang dicapai ketika tekanan uap jenuh sama dengan tekanan luar; zat mendidih pada suatu suhu di bawah tekanan 1 atmosfer; artinya pada suhu itu tekanan uap jenuh zat itu sama dengan 1 atmosfer. (11)

**Titik tripel.** Titik tempat tiga fase membentuk kesetimbangan; misal titik triple air pada tekanan 1 atmosfer adalah 0°C artinya pada suhu tersebut terdapat kesetimbangan antara uap air-es dan cair. (12)

**Zat pelarut.** Solven, komponen dalam larutan yang berjumlah lebih banyak; berfungsi sebagai pelarut. (4, 5)

**Zat terlarut.** Solute, komponen dalam larutan berjumlah lebih sedikit; merupakan zat yang terlarut oleh pelarut. (2, 3, 4, 6, 9)

## Daftar Pustaka

- Brady, James E. 1986. *General Chemistry Principles and Structure*. John Wiley and Sons, Inc: Canada
- Brown, Theodore L . *Chemistry. The Central Science*. Prentice Hall.
- Ebbing Darell D. 1996. *General Chemistry*. Houghton Mifflin Company: Boston.
- Encarta Premium. 2006. *Encyclopedia* . Microsoft.
- Gebelein, Charles G. 1997. *Chemistry and Our World*. WCB Publisher: Boston.
- Hicks, John. 1970. *Comprehensive Chemistry*. The Macmillan Press LTD: London.
- Latifah, Retno Kusumaningsih, dan Sulistyaningsih. *Kimia*. Sekawan Cipta Pustaka: Solo.
- Long G. Gilbert dan Hentz Forrest C. *Problem Exercises For General Chemistry*: John Wiley and Sons, Inc: Canada.
- Michael Purba. 1996. *Ilmu Kimia untuk SMU Kelas 3*. Erlangga: Jakarta.
- Mona Group LLC. 2000. *Understanding Biochemistry*. Software
- Nana Sutresna. 2005. *Kimia untuk SMA Kelas III*. Grafindo Media Pratama: Bandung.
- Parlan dan Wahjudi. 2005. *Kimia Organik I*. UM Press : Malang.
- Wells, Michael A dan Tupy, Jonathan L. 1998. *An Electronic Companion To Biochemistry*. Software.
- Wilbraham. *Chemistry*. Addison-Wesley Publishing Company: California.

## Indeks

### A

aki 65  
aldehida 152, 153  
aldosa 208  
alfa 122  
alkanal 150  
alkilasi 190  
alkohol 143, 144, 146  
alumen 108  
aluminium 108  
amfoter 230  
amilum 214, 218, 219, 220  
anilin 184, 189  
anion 46, 72, 239  
anoda 45, 46, 48, 52, 62, 64  
anoda tumbal 79  
Antoine Henri Becquerel 121  
Antoine Jerome Balard 101  
argon 90  
asam alkanoat 163, 164  
asam amino 224, 225, 227, 230  
asam asetat 165, 167  
asam format 165, 167  
asam karboksilat 152, 162, 163, 164  
asam lemak 234, 243  
asam lemak jenuh 235, 238  
asam lemak tak jenuh 235, 238  
aseton 160  
August Kekule 181  
August Wilhelm von Hofmann 180

### B

bakelit 192  
baterai 62  
baterai alkali 64  
baterai asam-timbal 66  
baterai nikel-kadmium 66  
belerang 112  
benzena 180, 181, 184, 186, 188  
besi tergalvanisasi 79  
bilangan oksidasi 30, 33

### C

cara bilangan oksidasi 43  
cara setengah reaksi 36  
Charles Mansfield 180  
clathrate 91

### D

DDT 140  
denaturasi 231  
deret volta 59  
derivat protein 228  
diastereomer 216  
disakarida 207, 217

### E

elektroda 46, 62  
elektroda hidrogen standar 54  
elektrokimia 33, 44, 78  
elektrolit 13, 21, 46  
emf sel 53  
emf sel volta 54, 61  
enantiomer 216  
ester 167, 168  
esterifikasi 144, 168  
etanol 145  
eter 147, 148, 191  
etilen glikol 7, 8

### F

faktor van't Hoff 20, 21  
fenol 184  
formaldehida 153  
formalin 153  
fosfolipid 241, 242  
fosfor 107  
fraksi mol 3, 4, 5  
freon 134, 139, 140  
fruktosa 215

## **G**

gas mulia 88, 89  
gaya gerak listrik 50, 52  
gliserol 241, 243  
glukosa 214, 215  
golongan utama 88  
gugus fenil 182

## **H**

haloalkana 135, 137, 139  
halogen 88, 93, 135  
halogenasi 190  
helium 90  
hidrolisis 137  
hipertonik 18  
hipotonik 18  
hukum Faraday 72  
hukum kekekalan massa 35  
hukum kekekalan muatan 35  
hukum Raoult 8, 9, 10

## **I**

ikatan peptida 226  
Iodoform 139  
isomer 171  
isotonik 18

## **J**

jembatan garam 46

## **K**

karbohidrat 206  
kation 71  
katoda 45, 48, 52, 62, 64, 77  
keisomeran fungsional 172  
keisomeran geometris 173  
keisomeran optis 173  
keisomeran posisi 172  
keisomeran rantai 171  
keisomeran ruang 173  
keisomeran struktur 171  
kenaikan titik didih 13  
keton 155, 156, 157, 161  
ketosa 208

klorinasi 186  
klorobenzena 189  
kloroform 139  
korosi 76, 77, 78, 79  
kripton 91  
kromium 119, 120

## **L**

larutan ideal 10  
larutan nonelektrolit 10, 20  
lemak 234, 237, 238  
lemak jenuh 235  
lipid 233

## **M**

membran semipermeabel 17, 18  
metanol 146  
michael faraday 73, 180  
minyak 234, 237, 238  
mitscherlich 180  
molaritas 3, 4, 5, 6, 17  
monosakarida 207, 208, 214

## **N**

natrium benzoat 180  
neon 90  
nitrase 190  
nitrobenzena 184  
nonelektrolit 13  
nonvolatil 8

## **O**

oksidasi 31, 33, 190  
oksidasi 30, 77  
oligosakarida 217  
osmosis 17, 18  
osmosis balik 18

## **P**

Paul Karlson 225  
pelarut 2, 9  
pengoksidasi 31, 35, 57  
penurunan tekanan uap 8  
penyepuhan logam 75

pereduksi 31, 35, 57  
periode ketiga 88  
perlindungan katodik 79  
Piere Curie 121  
polietilena 198  
polimer 198  
polimer alam 202  
polimer bercabang 204  
polimer jaringan 204  
polimer linier 204  
polimerisasi adisi 205  
polimerisasi kondensasi 205  
polisakarida 207, 217  
potensial anoda 53  
potensial elektroda standar  
53, 54, 57, 61  
potensial katoda 53  
ppb 3, 4  
pph 3  
ppm 3  
presipitasi 231  
protein 224, 225, 229, 230, 231  
protein globular 228  
protein majemuk 228  
protein oligomer 227  
protein sederhana 228  
protein serabut 229

## **R**

radiasi beta 123  
radiasi gamma 124  
radon 91  
raoult 9  
reaksi Friedel-Craft 187  
redoks 30, 31, 33, 36, 41  
reduksi 30, 31, 33

## **S**

saponifikasi 169, 239  
sel bahan bakar 67  
sel daniel 61  
sel elektrolisis 68, 69  
sel primer 63  
sel sekunder 63  
sel volta 44, 46, 48, 51, 53, 62, 67  
selulosa 206, 218, 221, 222  
selulosa trinitrat 222

## **268**

semipermeabel 16  
sifat koligatif 2, 7, 8, 20  
Sifat koligatif larutan elektrolit 20  
sikloheksana 188  
silikon 113, 114, 115  
steroid 243  
stirena 189  
sukrosa 217, 218  
sulfonasi 190  
sulfur 110, 111

## **T**

tekanan osmosis 2, 16, 17, 18  
tekanan uap 8, 11  
termoplastik 203  
termosetting 203  
tetapan kenaikan titik didih mola  
13  
tetapan penurunan titik beku molal  
14  
tetraklorometan 140  
titanium 118, 119  
titik beku 12  
titik didih 11  
titik isoelektrik 230  
titik tripel 12  
TNT 185, 192, 193  
toluena 184  
trigliserida 238  
turunan benzena 182, 185, 189

## **U**

unsur transisi 117

## **V**

volatil 8, 9, 20  
voltmeter 52

## **X**

xenon 91

## **Z**

zat pelarut 4, 5  
zat terlarut 2, 3, 4, 6, 9  
zwitterion 230



## Lampiran

### A. Tekanan Uap Air Pada Berbagai Suhu

Suhu (°C)	Tekanan (mmHg)	Suhu (°C)	Tekanan (mmHg)
0	4,6	27	26,7
5	6,5	28	28,3
10	9,2	29	30,0
11	9,8	30	31,8
12	10,5	35	42,2
13	11,2	40	55,3
14	12,0	45	71,9
15	12,8	50	92,5
16	13,6	55	118,0
17	14,5	60	149,4
18	15,5	65	187,5
19	16,5	70	233,7
20	17,5	75	289,1
21	18,7	80	355,1
22	19,8	85	433,6
23	21,1	90	525,8
24	22,4	95	633,9
25	23,8	100	760,0
26	25,2	105	906,1

Sumber: *General Chemistry (Ebbing)*

## B. Sifat-sifat Asam Amino

Symbol	Nama	Rumus Molekul	$M_r$	$t_m$ (°C)	$pK_a$	$pK_b$	pI	S(g/ kg)
Ala	Alanin	$C_3H_7NO_2$	89,09	297	2,33	9,71	6,00	165,0
Arg	Arginin	$C_6H_{14}N_4O_2$	174,20	244	2,03	9,00	10,76	182,6
Asn	Asparagin	$C_4H_8N_2O_3$	132,12	235	2,16	8,73	5,41	25,1
Asp	Asam aspartat	$C_4H_7NO_4$	133,10	270	1,95	9,66	2,77	4,95
Cys	Sistein	$C_3H_7NO_2S$	121,16	240	1,91	10,28	5,07	v. s
Glu	Asam glutamat	$C_5H_9NO_4$	147,13	160	2,16	9,58	3,22	8,61
Gln	Glutamin	$C_5H_{10}N_2O_3$	146,15	185	2,18	9,00	5,65	42
Gly	Glisin	$C_2H_5NO_2$	75,07	290	2,34	9,58	5,97	250,9
His	Histidin	$C_6H_9N_3O_2$	155,16	287	1,70	9,09	7,59	43,5
Ile	Isoleusin	$C_6H_{13}NO_2$	131,17	284	2,26	9,60	6,02	34,2
Leu	Leusin	$C_6H_{13}NO_2$	131,17	293	2,32	9,58	5,98	22,0
Lys	Lisin	$C_6H_{14}N_2O_2$	146,19	224	2,15	9,16	9,74	5,8
Met	Metionin	$C_5H_{11}NO_2S$	149,21	281	2,16	9,08	5,74	56
Phe	Fenilalanin	$C_9H_9NO_2$	165,19	283	2,18	9,09	5,48	27,9
Pro	Prolin	$C_5H_9NO_2$	115,13	221	1,95	10,47	6,30	1623
Ser	Serin	$C_3H_7NO_3$	105,09	228	2,13	9,05	5,68	50,2
Thr	Treonin	$C_4H_9NO_3$	119,12	256	2,20	8,96	5,60	98,1
Trp	Triptofan	$C_{11}H_{12}N_2O_2$	204,23	289	2,38	9,34	5,89	13,2
Tyr	Tirosin	$C_9H_9NO_3$	181,19	343	2,24	9,04	5,66	0,46
Val	Valin	$C_5H_{11}NO_2$	117,15	315	2,27	9,52	5,96	88,5

Sumber: CRC Handbook of Chemistry and Physics

### Keterangan :

- $M_r$  : Massa rumus molekul relatif  
 $t_m$  : titik leleh (°C)  
 $pK_a, pK_b$  : negatif logaritma tetapan disosiasi, masing-masing untuk asam dan basa  
pI : *pH* pada titik isoelektrik  
S : kelarutan (*solubility*) senyawa dalam air pada 25°C dalam g kg<sup>-1</sup>.

### C. Potensial Reduksi

Reaksi Setengah Sel (Reduksi)	Potensial Standar, $E^\circ$ (V)
$\text{Li}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Li}(s)$	-3,04
$\text{K}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{K}(s)$	-2,92
$\text{Ca}^{2+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Ca}(s)$	-2,76
$\text{Na}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-,271
$\text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}(s)$	-2,38
$\text{Al}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}(s)$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(s)$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}(s)$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s)$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0,04
$2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g)$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(aq) + 4e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}(aq)$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+(aq)$	0,16
$\text{ClO}_4^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{ClO}_3^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,17
$\text{AgCl}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{Cl}^-(aq)$	0,22
$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0,34
$\text{ClO}_3^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,35
$\text{IO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightleftharpoons \text{I}^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	0,49

Reaksi Setengah Sel (Reduksi)	Potensial Standar, E° (V)
$\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,52
$\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(\text{aq})$	0,54
$\text{ClO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0,59
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	0,77
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\text{l})$	0,80
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	0,80
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l})$	0,85
$\text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0,90
$2\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}(\text{aq})$	0,90
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	0,96
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1,07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,36
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	1,44
$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,49
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,78
$\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}(\text{aq})$	1,82
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	2,01
$\text{O}_3(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	2,07
$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(\text{aq})$	2,87

Sumber: Chemistry (Brown)

## D. Tabel Periodik Unsur

NON-METALS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Atomic Number = Number of Protons = Number of Electrons																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Chemical Symbol																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Chemical Name																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Atomic Weight = Number of Protons + Number of Neutrons																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	2																	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

### E. Tetapan Kenaikan Titik Didih Molal Pelarut ( $K_b$ )

Pelarut	$K_b(^{\circ}\text{C}/\text{m})$	Pelarut	$K_b(^{\circ}\text{C}/\text{m})$
Asam asetat	3,22	Metil asetat	2,21
Aseton	1,80	N-metilanilin	4,3
Asetonitril	1,44	N-metilformamida	2,2
Anilin	3,82	Nitrobenzena	5,2
Anisol	4,20	Nitrometana	2,09
Benzaldehid	4,24	1-oktanol	5,06
Benzena	2,64	Fenol	3,54
1-butanol	2,17	1-Propanol	1,66
Karbon disulfida	2,42	2-Propanol	1,58
Klorobenzena	4,36	Piridin	2,83
1-klorobutana	3,13	Pirol	2,33
Sikloheksana	2,92	Pirolidin	2,32
Sikloheksanol	3,5	Tetrakloroetilena	6,18
Dekana	6,10	Tetraklorometana	5,26
Diklorometana	2,42	Toluena	3,40
Dietil eter	2,20	Trikloroetilana	4,52
Dimetilsulfoksida	3,22	Triklorometana	3,80
1,4-dioksana	3,01	Air	0,513
Etanol	1,23	<i>o</i> -ksilena	4,25
Etil asetat	2,82		
Etilen glikol	2,26		
Heptana	3,62		
Heksana	2,90		
Idometana	4,31		
Metanol	0,86		

Sumber: Chemistry (Brown)



**F. Tetapan Penurunan Titik Beku Molal Pelarut ( $K_f$ )**

Pelarut	$K_f(^{\circ}\text{C}/\text{m})$	Pelarut	$K_f(^{\circ}\text{C}/\text{m})$
Asetamida	3,92	1,4-dioksana	4,63
Asam asetat	3,63	Difenilamina	8,38
Asetofenon	5,16	Etilen glikol	3,11
Anilin	5,23	Formamida	4,25
Benzena	5,07	Asam format	2,38
Benzonitril	5,35	Gliserol	3,56
Benzofenon	0,58	Metil sikloheksana	2,60
(+)-kamfer	37,8	Naftalena	7,45
1-kloronaftalena	7,68	Nitrobenzena	6,87
<i>o</i> -kresol	5,92	Fenol	6,84
<i>m</i> -kresol	7,76	Piridin	4,26
<i>p</i> -kresol	7,20		
Sikloheksana	20,8	Quinolin	6,73
Sikloheksanol	42,2	Sucinonitril	19,3
<i>cis</i> -dekahidro-naftalena	6,42	1,1,2,2-tetrabromoetana	21,4
<i>trans</i> -dekahidro-naftalena	4,70	1,1,2,2-tetrakloro-1,2-difluoroetana	41,0
Dibenzil eter	6,17	Toluena	3,55
<i>p</i> -diklorobenzena	7,57	<i>p</i> -tohudina	4,91
Dietanolamina	3,16	Tribromometana	15,0
Dimetilsulfoksida	3,85	Air	1,86
		<i>p</i> -ksilena	4,31

Sumber: Chemistry (Brown)

### G. Unsur-unsur Kimia

Nilai dalam kurung kurawal menunjukkan massa dari jenis atom unsur bersangkutan yang sudah lama dikenal.

Unsur	Simbol Atom	Nomor Atom	Massa Atom (sma)	Bilangan Oksidasi	Elektro-negativitas
Aktinium	Ac	89	227	+3	1,1
Aluminium	Al	13	27	+3	1,5
Amerisium	Am	95	[243]	+3	1,3
Antimon	Sb	51	122	+3; +5; -3	1,9
Argentum (perak)	Ag	47	108	+1	1,9
Argon	Ar	18	40	$\pm 0$	
Arsen	As	33	75	+3; +5; -3	2,0
Astatin	At	85	[210]	-1	2,2
Aurun (emas)	Au	79	197	+1; +3	2,4
Barium	Ba	56	137	+2	0,9
Barkelium	Bk	97	[247]	+3	1,3
Berilium	Be	4	9	+2	1,5
Bismut	Bi	83	209	+3; -3	1,9
Boron	B	5	11	+3	2,0
Brom	Br	35	80	+1; +5; -1	2,8
Disprosium	Dy	66	162,5	+3	1,2
Einsteinium	Es	99	[252]		1,3
Erbium	Er	68	167	+3	1,2
Eropium	Eu	63	152	+3	1,2
Fermium	Fm	100	[257]		1,3
Ferrum (besi)	Fe	26	56	+2; +3; +6	1,8
Fluor	F	9	19	-1	4,0
Fosfor	P	15	31	+3; +5; -3	2,1
Fransium	Fr	87	[223]	+1	0,7
Gadolinium	Gd	64	157	+3	1,1
Gallium	Ga	31	70	+3	1,6
Germanium	Ge	32	72,5	+4	1,8
Hafnium	Hf	72	178,5	+4	1,3
Helium	He	2	4	$\pm 0$	
Hidrogen	H	1	1	+1; -1	2,1
Holmium	Ho	67	165	+3	1,2
Indium	In	49	115	+3	1,7
Iod	I	53	127	+1; +5; +7; -1	2,5
Iridium	Ir	77	192	+3; +4	2,2
Itterbium	Yb	70	173	+3	1,1
Itrium	Y	39	89	+3	1,3

Unsur	Simbol Atom	Nomor Atom	Massa Atom (sma)	Bilangan Oksidasi	Elektro-negativitas
Kadmium	Cd	48	112,5	+2	1,7
Kalifornium	Cf	98	[251]	+3	1,3
Kalium	K	19	39	+1	0,8
Kalsium	Ca	20	40	+2	1,0
Karbon	C	6	12	+2; +4; -2	8,5
Klor	Cl	17	35,5	+1; +3; +5; +7; -1	3,0
Kobalt	Co	27	59	+2; +3	1,8
Kripton	Kr	36	84	±0	
Krom	Cr	24	52	+2; +3; +6	1,6
Kurium	Cm	96	[247]	+3	1,3
Lantanum	La	57	139	+3	1,1
Litium	Li	3	7	+1	1,0
Lutesium	Lu	71	175	+3	1,2
Magnesium	Mg	12	24	+2	1,2
Mangan	Mn	25	55	+2; +4; +6; +7	1,5
Molibdenum	Mo	42	96	+6	1,8
Natrium	Na	11	23	+1	0,9
Neodimium	Nd	60	144	+3	1,2
Neon	Ne	10	20	±0	
Neptunium	Np	93	[237]	+5	1,3
Nikel	Ni	28	59	+2	1,8
Niobium	Nb	41	93	+5	1,6
Nitrogen	N	7	14	+3; +5; -3	3,0
Oksigen	O	8	16	-2	3,5
Osmium	Os	76	190	+4; +8	2,2
Paladium	Pd	46	106	+2; +4	2,2
Platina	Pt	78	195	+2; +4	2,2
Plutonium	Pu	94	[244]	+4	1,3
Polonium	Po	84	[209]	+4; -2	2,0
Praseodimium	Pr	59	141	+3	1,1
Prometium	Pm	61	[145]	+3	1,2
Protaktinium	Pa	91	231	+5	1,5
Radium	Ra	88	226	+2	0,9
Radon	Rn	86	[222]	±0	
Raksa (hidrogrum)	Hg	80	200,5	+1; +2	1,9
Renium	Re	75	186	+7	1,9
Rodium	Rh	45	103	+3; +4	2,2
Rubidium	Rb	37	85,5	+1	0,8
Rutenium	Ru	44	101	+4; +8	2,2
Sesium	Cs	55	133	+1	0,7
Samarium	Sm	62	150	+3	1,2
Selenium	Se	34	79	+4; +6; -2	2,4

Unsur	Simbol Atom	Nomor Atom	Massa Atom (sma)	Bilangan Oksidasi	Elektro-negativitas
Seng	Zn	30	65	+2	1,6
Serium	Ce	58	140	+3	1,1
Silisium	Si	14	28	+4; -4	1,8
Skandium	Sc	21	45	+3	1,3
Strontium	Sr	38	87,5	+2	1,0
Sulfur	S	16	32	+4; +6; -2	2,5
Talium	Tl	81	204	+3	1,8
Tantal	Ta	73	181	+5	1,5
Teknesium	Tc	43	[98]	+7	1,9
Telurium	Te	52	127,5	+4; +6; -2	2,1
Tembaga	Cu	29	63,5	+1; +2	1,9
Terbium	Tb	65	159	+3	1,2
Timah	Sn	50	119	+2; +4	1,8
Timbal	Pb	82	207	+2; +4	1,8
Titan	Ti	22	48	+4	1,5
Torium	Th	90	232	+4	1,3
Tulium	Tm	69	169	+3	1,2
Uranium	U	92	238	+4; +5; +6	1,7
Vanadium	V	23	51	+5	1,6
Wolfram	W	74	184	+6	1,7
Xenon	Xe	54	131	$\pm 0$	
Zirkonium	Zr	40	91	+4	1,4

Sumber: Tabel Referensi Lengkap

#### H. Jari-jari Atom dan Ion dari Beberapa Unsur ( $10^{-12}$ m)

Simbol Atom	Jari-jari Atom	Jari-jari Ion	Simbol Atom	Jari-jari Atom	Jari-jari Ion	Simbol Atom	Jari-jari Atom	Jari-jari Ion
Al	143	50 (+3)	I	133	216 (-1)	S	104	184 (-2)
Ba	217	135 (+2)	K	231	133 (+1)	Se	117	198 (-2)
Be	112	31 (+2)	Cu	128	72 (+2)	Ag	144	126 (+1)
Br	114	195 (-1)	Li	152	60 (+1)	Si	117	41 (+4)
Cs	262	169 (+1)	Mg	160	65 (+2)	N	70	171 (-3)
Ca	197	97 (+2)	Na	186	95 (+1)	Sr	215	113 (+2)
Cl	99	181 (-1)	P	110	212 (-3)	Te	137	221 (-2)
Fe	124	64 (+3)	Rb	244	148 (+1)	Zn	133	74 (+2)
F	64	136 (-1)	O	66	140 (-2)			

Sumber: Tabel Referensi Lengkap

## Kunci Panduan Pembelajaran Kimia XII SMA/MA

### BAB 1 Sifat-sifat Koligatif Larutan

#### A. Pilihan Ganda

2. E    4. E    6. C    8. C    10. C

#### B. Esai

2. a. 0,56 M  
b. 1,97 M  
c. 13,33 M  
4. gliserin, fenol, dan KBr

### BAB II Reaksi Redoks dan Elektrokimia

#### A. Pilihan Ganda

2. C    4. B    6. B    8. A    10. D

#### B. Esai

2. a. Bukan redoks  
b. Autoreduksi  
c. Bukan redoks  
d. Redoks, S mengalami oksidasi dan Br mengalami reduksi  
4. a.  $\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2e^-$  (Oksidasi)  
b.  $4\text{H}^+ + \text{TiO}_2 + 2e^- \rightarrow \text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$  (Reduksi)  
c.  $2\text{H}^+ + 2\text{HOCl} + 2e^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (Reduksi)  
d.  $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$  (Reduksi)

### BAB III Kelimpahan Unsur di Alam dan Identitasnya

#### A. Pilihan Ganda

2. C    4. D    6. D    8. E    10. D

#### B. Esai

2. a. Dari atas ke bawah (dari F ke I) titik leleh dan titik didih bertambah.  
b.  $\text{F}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  berwujud gas,  $\text{Br}_2$  berwujud cair, sedangkan  $\text{I}_2$  berwujud padat.  
c. Molekul halogen berwarna.  
4. Melalui pemanasan serbuk karbon dan pasir berlebihan dalam tanur listrik sampai suhu tinggi. Reaksi:  $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$

### Evaluasi Semester I

#### A. Pilihan Ganda

2. E    4. C    6. B    8. E    10. C    12. D    14. A

#### B. Esai

2.  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 > \text{glukosa} > \text{LiBr}$   
4. 2,46 atm

### BAB IV Senyawa Turunan Alkana

#### A. Pilihan Ganda

2. A.    4. D    6. D    8. C    10. A

#### B. Esai

2. a. 3-metil-2-pentanol  
b. 2-etoksi-2-metil propana  
c. 5-metil heksanal  
d. 3-metil-2-butanol

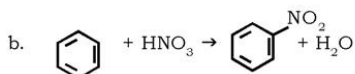
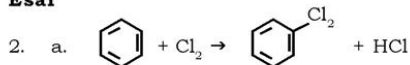
4. Aldehida dapat dioksidasi dengan pereaksi Fehling dan Tollens, sedangkan keton tidak dapat.

#### BAB V Benzena Dan Turunannya

##### A. Pilihan Ganda

2. B    4. C    6. B    8. B    10. E

##### B. Esai



4. a. Diklorodifenitrikloroetana  
b. 1-kloro-2-propilbenzena

#### BAB VI Makromolekul

##### A. Pilihan ganda

2. B    4. C    6. A    8. A    10. C

##### B. Esai

2. a. Sukrosa + H<sub>2</sub>O → glukosa + fruktosa  
b. Maltosa + H<sub>2</sub>O → glukosa  
c. Laktosa + H<sub>2</sub>O → glukosa + galaktosa  
4. a. (-CF<sub>2</sub>-CF<sub>2</sub>-)<sub>n</sub>  
b. Polimerisasi adisi

#### Evaluasi Semester II

##### A. Pilihan Ganda

2. C    4. E    6. C    8. E    10. B    12. D    14. A

##### B. Esai

2. Terjadi delokalisasi elektron dalam cincin sehingga stabil.  
4. Lemak: kolesterol; karbohidrat: glukosa; protein: hemoglobin

#### Evaluasi Akhir

##### A. Pilihan Ganda

2. C    4. C    6. C    8. D    10. B  
12. D    14. D    16. A    18. D    20. E

##### B. Esai

2.  $T_f = 272,736 \text{ K}$ ;  $T_b = 373,264 \text{ K}$   
4.  $\pi = 24,473 \text{ atm}$   
6. Molekul yang mengandung dua muatan, yaitu positif dan negatif seperti yang terjadi dalam larutan asam amino atau protein.  
8. Karena teroksidasi  
10. Polimer alam dan buatan









Panduan Pembelajaran

# Kimia

Untuk SMA & MA

Kelas

**XII**

ISBN 978-979-068-717-2 (No. Jld lengkap)

ISBN 978-979-068-720-2

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 9 Tahun 2009 Tanggal 12 Februari 2009 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp.14.471,-