

Wening Sukmanawati



# Kimia

Untuk SMA dan MA Kelas XII

Jilid 3 untuk SMA dan MA Kelas XII

Wening Sukmanawati



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional

3

Wening Sukmanawati

# Kimia

**Untuk SMA dan MA Kelas XII**



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional

3

# Kimia 3

## untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Wening Sukmanawati

Editor : Sri Untari

Perancang Sampul : Alfianto Subandi

Perancang Tata Letak Isi : Alfianto Subandi

Penata Letak Isi : Lilik Koerniawan

Ilustrator : Lilik Koerniawan

Ukuran Buku : 20,5 x 28 cm

540.7

WEN WENING Sukmanawati

k Kimia 3 : Untuk SMA dan MA Kelas XII / penulis, Wening  
Sukmanawati ; editor, Sri Untari ; ilustrator, Lilik Koerniawan. -- Jakarta  
: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009  
vi, 266 hlm. : ilus. ; 30 cm.

Bibliografi : hlm. 257

Indeks

ISBN 978-979-068-725-7 (no. jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-731-8

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Sri Untari  
III. Lilik Koerniawan

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional  
dari penerbit PT. Sekawan Cipta Karya.

Diterbitkan oleh Pusat Perbuan  
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 2009, 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 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007.

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 (*down load*), 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

kata pengantar

Puji syukur kita panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku Kimia untuk SMA dan MA ini.

Seiring dengan perkembangan teknologi dan perkembangan ilmu pengetahuan maka kamu juga harus membekali diri dengan pengetahuan, pemahaman, dan sejumlah kemampuan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kamu harus mempunyai kemampuan berpikir, bekerja, dan bersikap ilmiah, serta berkomunikasi sebagai salah satu aspek penting kecakapan hidup.

Buku Kimia untuk SMA dan MA ini sangat tepat kamu gunakan dalam pembelajaran Kimia, karena buku ini memberikan pengalaman belajar secara langsung melalui penggunaan dan keterampilan proses dan sikap ilmiah.

Pada awal setiap bab disajikan peta konsep yang akan memudahkan kamu dalam belajar konsep kimia sehingga materi yang disajikan dapat kamu terima tanpa adanya mis-konsepsi. Adanya penjelasan materi yang singkat mempermudah kamu untuk memahami konsep, prinsip, hukum, dan teori kimia, serta keterkaitannya, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Latihan-latihan dan tugas laboratorium akan menuntun kamu dalam mengembangkan kemampuan ilmiah dan kerja ilmiah. Buku ini juga menyajikan pengetahuan serta info-info yang menunjang sehingga kamu dapat mengembangkan kemampuan intelektualmu.

Akhirnya, penulis berharap semoga Buku Kimia ini dapat membantumu dalam mempelajari ilmu Kimia di SMA/MA. Semoga yang kamu pelajari dapat bermanfaat bagi dirimu sendiri, masyarakat, dan lingkungan sekitarmu. Selamat belajar.

Surakarta, Juli 2007

Penyusun

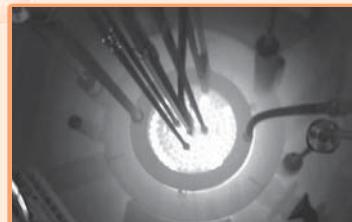
# Daftar Isi

daftar isi

<b>Kata Sambutan .....</b>	iii
<b>Kata Pengantar .....</b>	iv
<b>Daftar Isi .....</b>	v
<b>BAB I Sifat Koligatif Larutan .....</b>	3
A. Satuan Konsentrasi Larutan .....	5
B. Sifat Koligatif Larutan .....	8
C. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit.....	18
Latih Kemampuan I .....	21
<b>BAB II Reaksi Oksidasi Reduksi dan Elektrokimia .....</b>	23
A. Penyetaraan Persamaan Reaksi Redoks .....	25
B. Elektrokimia .....	30
C. Korosi .....	36
Latih Kemampuan II .....	41
<b>BAB III Reaksi Elektrolisis dan Hukum Faraday .....</b>	43
A. Redoks dalam Elektrolisis .....	45
B. Hukum Faraday .....	49
C. Penggunaan Elektrolisis dalam Industri .....	54
Latih Kemampuan III .....	56
<b>BAB IV Unsur-Unsur Utama .....</b>	59
A. Sifat Fisika dan Kimia Unsur-Unsur Utama .....	61
B. Kelimpahan Unsur-Unsur Utama di Alam .....	78
C. Pembuatan dan Unsur dan Senyawa .....	81
D. Kegunaan Unsur dan Senyawa .....	87
E. Dampak Negatif Unsur-Unsur Utama .....	93
Latih Kemampuan IV .....	97
<b>BAB V Unsur Transisi .....</b>	99
A. Anggota Unsur Transisi .....	101
B. Sifat-Sifat Unsur Transisi .....	101
C. Kelimpahan Unsur Transisi .....	106
D. Kegunaan Unsur Transisi .....	107
E. Pembuatan Unsur Transisi .....	109
F. Dampak Negatif Unsur Transisi .....	112
Latih Kemampuan V .....	113
<b>BAB VI Unsur Radioaktif .....</b>	115
A. Unsur Radioaktif .....	117
B. Penggunaan Radioisotop .....	128
C. Pengaruh Radiasi pada Makhluk Hidup .....	131
Latih Kemampuan VI .....	133
Latihan Semester 1 .....	135

<b>BAB VII Senyawa Organik .....</b>	<b>141</b>
A. Gugus Fungsi.....	143
B. Sifat-Sifat Gugus Fungsi .....	157
C. Pembuatan Senyawa Gugus Fungsi .....	169
D. Kegunaan Senyawa Gugus Fungsi .....	173
Latih Kemampuan VII .....	181
<b>BAB VIII Benzena .....</b>	<b>183</b>
A. Struktur Benzena .....	185
B. Tata Nama Benzena .....	186
C. Sifat-Sifat Senyawa Benzena .....	188
D. Senyawa Turunan Benzena dan Kegunaannya .....	189
Latih Kemampuan VIII .....	192
<b>BAB IX Makromolekul .....</b>	<b>195</b>
A. Polimer Sintetis .....	197
B. Polimer Alam.....	207
C. Asam Amino dan Protein .....	220
Latih Kemampuan IX .....	234
<b>BAB X Lemak .....</b>	<b>237</b>
A. Lemak .....	239
B. Senyawa Lipid dan Kegunaannya.....	245
Latih Kemampuan X .....	250
Latihan Semester 2 .....	252
Glosarium .....	255
Daftar Pustaka .....	257
Tabel-Tabel .....	258
Kunci Jawaban .....	259
Indeks .....	263

# Semester I



semester  
gasai



# BAB I

## Sifat Koligatif Larutan



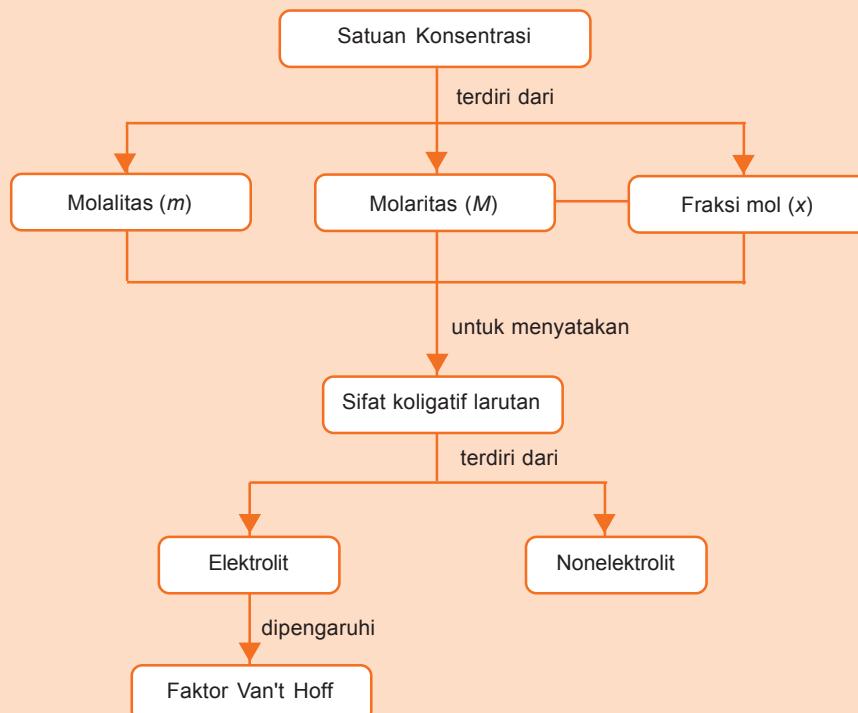
Sumber: *Tempo*, 20 Agustus 2006

Kamu tentu pernah menjenguk orang sakit di rumah sakit. Pernahkah kamu melihat orang sakit yang diberi cairan infus. Apakah sebenarnya cairan infus itu? Cairan infus yang diberikan harus mempunyai tekanan osmotik yang sama dengan cairan dalam sel darah, atau bersifat isotonik. Tekanan osmotik termasuk sifat koligatif larutan. Apakah sebenarnya sifat koligatif larutan itu? Dan, apa saja sifat-sifat koligatif larutan itu?



# Peta Konsep

peta konsep



Kata kunci : tekanan uap, titik didih, titik beku, tekanan osmotik

**A**pakah perbedaan dua sendok gula yang dilarutkan dalam satu gelas air dengan lima sendok gula yang dilarutkan dalam satu gelas air? Larutan yang kedua tentu lebih manis dan konsentrasinya lebih besar. Apakah konsentrasi itu?

Marilah kita pelajari kembali mengenai konsentrasi larutan sebelum kita mempelajari sifat koligatif larutan.

## ➤ A. Satuan Konsentrasi Larutan

Satuan konsentrasi ada beberapa macam, antara lain adalah molalitas ( $m$ ), molaritas ( $M$ ), dan fraksi mol ( $x$ ).

### 1. Molalitas ( $m$ )

Apakah yang kamu ketahui tentang molalitas?

Molalitas merupakan satuan konsentrasi yang penting untuk menentukan sifat-sifat yang tergabung dari jumlah partikel dalam larutan.

*Molalitas* didefinisikan sebagai banyak mol zat terlarut yang dilarutkan dalam satu kilogram (1.000 gram) pelarut. Misalkan jika 2 mol garam dapur (NaCl) dilarutkan dalam 1.000 gram air maka molalitas garam dapur tersebut adalah 2 molal.

Secara matematis pernyataan tersebut dinyatakan seperti berikut.

$$m = n \times \frac{1.000}{p} \quad \dots (1-1)$$

Keterangan:

$m$  = molalitas larutan

$n$  = jumlah mol zat terlarut

$p$  = massa pelarut (gram)

Jumlah mol zat terlarut ( $n$ ) dapat kita tentukan dari massa zat terlarut ( $m$ ) dibagi dengan massa molekul relatif zat terlarut ( $Mr$ ). Jadi persamaan (1 – 1) dapat juga kita tuliskan seperti berikut.

$$m = \frac{m}{Mr} \times \frac{1.000}{p} \quad \dots (1-2)$$

### Contoh

Jika kita melarutkan 9 gram gula sederhana ( $C_6H_{12}O_6$ ) ke dalam 500 gram air maka berapakah molalitas glukosa tersebut dalam larutan?

**Penyelesaian:**

Diketahui :  $m = 9$  gram

$Mr C_6H_{12}O_6 = 180$

$p = 500$  gram

Ditanya : molalitas ( $m$ ) ...?

## Info Kimia

Larutan dengan jumlah zat terlarut yang sangat besar disebut *pekat*. Adapun larutan dengan jumlah zat terlarut yang relatif sedikit disebut *encer*.

Sumber: *Kamus Kimia Bergambar*

$$\begin{aligned}Jawab : m &= \frac{m}{Mr} \times \frac{1.000}{p} \\&= \frac{9 \text{ gr}}{180} \times \frac{1.000}{500 \text{ gr}} \\&= 0,1 \text{ molal}\end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi glukosa tersebut adalah 0,1 molal.

## 2. Molaritas (*M*)

Pada saat kamu di laboratorium kimia, pernahkah kamu menemukan tulisan yang tertulis pada botol wadah larutan kimia misal 0,5 M HCl? Apakah arti 0,5 M tersebut? 0,5 M HCl berarti bahwa larutan HCl mengandung 0,5 mol HCl dalam air yang cukup untuk membuat volume total 1 liter.

Jadi *molaritas* (*M*) adalah jumlah mol zat terlarut dalam 1 liter larutan. Secara matematik dinyatakan sebagai berikut.

$$M = \frac{n}{V} \quad \dots (1-3)$$

*Keterangan:*

*M* = molaritas

*n* = mol

*V* = volume

## Contoh

Hitunglah konsentrasi larutan yang dibuat dari 12 gram kristal  $\text{MgSO}_4$  yang dilarutkan dalam 250 mL air ( $Mr \text{ MgSO}_4 = 120$ )!

*Penyelesaian:*

$$\begin{aligned}Diketahui : \text{ Massa } \text{MgSO}_4 &= 12 \text{ gram} \\Mr \text{ MgSO}_4 &= 120 \\Volume \text{ air} &= 250 \text{ mL} = 0,25 \text{ L}\end{aligned}$$

*Ditanya :* Molaritas (*M*)...?

$$\begin{aligned}Jawab : Mol (n) &= \frac{\text{massa } \text{MgSO}_4}{Mr \text{ MgSO}_4} \\&= \left( \frac{12}{120} \right) \text{mol} \\&= 0,1 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{n}{v} \\&= \frac{0,1 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} \\&= 0,4 \text{ M}\end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi larutan  $\text{MgSO}_4$  adalah 0,4 M.

### 3. Fraksi Mol ( $x$ )

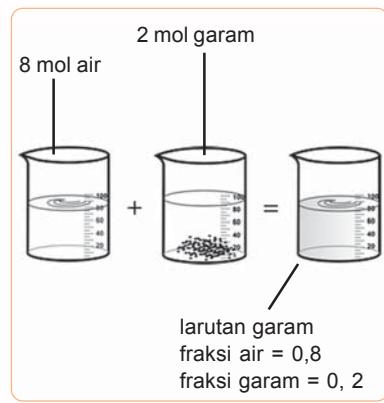
Fraksi mol ( $x$ ) menyatakan perbandingan mol salah satu komponen dengan jumlah mol semua komponen-komponen.

Perhatikan contoh berikut. Misalkan 2 mol garam (NaCl) yang dinotasikan dengan A dilarutkan dalam 8 mol air yang dinotasikan dengan B, maka fraksi mol garam ( $x_A$ ) = 0,2 dan fraksi mol air ( $x_B$ ) = 0,8.

Perhatikan gambar di samping!

Jadi, fraksi mol masing-masing komponen dalam suatu larutan dapat ditentukan sebagai berikut.

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \text{ dan } x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \dots (1-4)$$



**Gambar 1.1** Larutan Garam dengan Fraksi Mol Garam 0,2

Keterangan:

$x_A$  = fraksi mol zat A

$n_A$  = mol zat A

$x_B$  = fraksi mol zat B

$n_B$  = mol zat B

#### Contoh

Hitunglah fraksi mol zat terlarut bila 117 gram NaCl dilarutkan dalam 360 air! ( $Mr\ NaCl = 58,7$ )

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= \frac{\text{massa NaCl}}{Mr\ NaCl} \\ &= \left( \frac{117}{58,7} \right) \text{mol} = 2 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol H}_2\text{O} &= \frac{\text{massa H}_2\text{O}}{Mr\ H_2\text{O}} \\ &= \left( \frac{360}{18} \right) \text{mol} = 20 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fraksi Mol NaCl} &= \frac{2}{2+20} \\ &= 0,091 \end{aligned}$$

Jadi, fraksi mol NaCl adalah 0,091.

#### Latihan 1.1

1. Hitunglah molaritas dari masing-masing larutan berikut ini.
  - a. gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) 72 gram dilarutkan dalam 1.000 ml air,
  - b. metanol ( $CH_3OH$ ) 20 gram dilarutkan dalam 100 ml air. ( $Ar\ C = 12$ ,  $Ar\ H = 1$ ,  $Ar\ O = 16$ )
2. Berapakah fraksi mol benzena ( $C_6H_6$ ) dalam suatu larutan yang disiapkan dengan melarutkan 28,6 gram benzena dalam 18 gram air?

3. Hitunglah molaritas suatu larutan yang dibuat dengan melarutkan 8 gram kalsium bromida ( $\text{CaBr}_2$ ) dalam air untuk memperoleh 100 ml larutan!
4. Hitunglah massa  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$  (etilen glikol) dalam 8.000 gram air dengan molalitas larutan 0,527 m!
5. Hitung molalitas larutan etil alkohol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) yang dibuat dengan melarutkan 13,8 gram etil alkohol ke dalam 27,0 gram air!

## B. Sifat Koligatif Larutan

Pada saat kamu memasak air, apa yang terjadi jika air tersebut mendidih kamu tambahkan gula? Air yang semula mendidih akan berhenti beberapa saat ketika kamu tambahkan gula, kemudian akan mendidih kembali. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi kenaikan titik didih. Titik didih air murni lebih rendah daripada titik didih larutan gula. Kenaikan titik didih ini bergantung jumlah zat terlarut yang ditambahkan pada pelarut, dalam contoh ini bergantung jumlah gula yang ditambahkan pada air. Sifat inilah disebut *sifat koligatif larutan*.

Sifat koligatif larutan yang lain adalah penurunan tekanan uap, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik. Jadi sifat koligatif larutan tergantung pada konsentrasi zat terlarut dan tidak dipengaruhi oleh jenis zat terlarut. Agar lebih jelas, marilah kita pelajari uraian dari masing-masing sifat koligatif larutan.

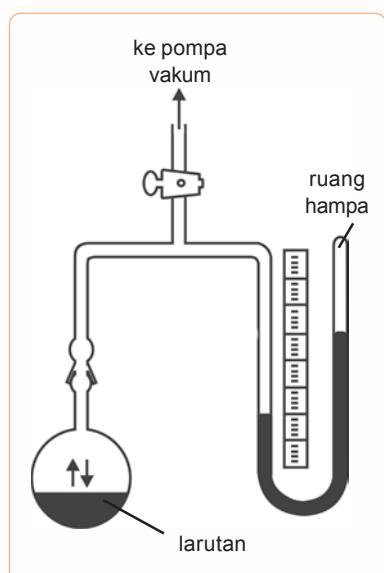
### 1. Penurunan Tekanan Uap Jenuh

Pernahkah kamu melihat peristiwa penguapan? Pada peristiwa penguapan terjadi perubahan dari zat cair menjadi gas. Jika zat cair dimasukkan ke dalam suatu ruangan tertutup maka zat tersebut akan menguap hingga ruangan tersebut jenuh. Pada keadaan ini proses penguapan tetap berlangsung dan pada saat yang sama juga terjadi proses pengembunan. Laju penguapan sama dengan laju pengembunan. Keadaan ini dikatakan terjadi kesetimbangan dinamis antara zat cair dan uap jenuhnya. Artinya bahwa tidak akan terjadi perubahan lebih lanjut tetapi reaksi atau proses yang terjadi masih terus berlangsung.

Tekanan yang disebabkan oleh uap jenuh dinamakan tekanan uap jenuh. Besarnya tekanan uap jenuh dipengaruhi oleh jumlah zat dan suhu. Makin besar tekanan uap suatu cairan, makin mudah molekul-molekul cairan itu berubah menjadi uap.

Tekanan uap suatu larutan dapat diukur dengan alat manometer merkurium. Perhatikan Gambar 1.2!

Pada alat tersebut setelah larutan dimasukkan dalam labu, semua udara dalam pipa penghubung dikeluarkan melalui pompa vakum. Jika keran ditutup, maka uap yang ada dalam pipa penghubung hanyalah uap dari pelarut larutan tadi sehingga uap itu disebut tekanan uap larutan tersebut. Semakin tinggi suhu cairan semakin banyak uap yang berada di atas permukaan cairan dan tekanan uap yang terbaca semakin tinggi.

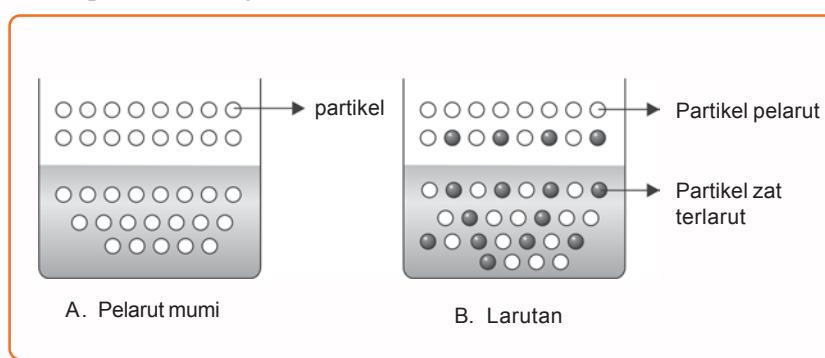


Gambar 1.2 Manometer merkurium

Sumber: *Kimia untuk Universitas*

Untuk mengetahui penurunan tekanan uap maka pada tahun 1880-an kimiawan Perancis **F.M. Raoult** mendapati bahwa melarutkan suatu zat terlarut mempunyai efek penurunan tekanan uap dari pelarut.

Apabila pada pelarut murni kita tambahkan sejumlah zat terlarut yang tidak mudah menguap, apa yang akan terjadi? Coba perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 1.3 Partikel-Partikel Pelarut Murni dan Larutan

Sumber: *Kimia untuk Universitas*

Dari gambar di atas dapat kita lihat bahwa jumlah partikel pelarut pada pelarut murni (Gambar A) di permukaan lebih banyak dibandingkan pada larutan (Gambar B). Partikel-partikel pada larutan lebih tidak teratur dibandingkan partikel-partikel pada pelarut murni. Hal ini menyebabkan tekanan uap larutan lebih kecil daripada pelarut murni. Inilah yang dinamakan penurunan tekanan uap jenuh. Selisih antara tekanan uap murni dengan tekanan uap larutan jenuh dapat dituliskan secara matematis seperti berikut.

$$\Delta P = P^0 - P \quad \dots (1-5)$$

Keterangan:

$\Delta P$  = penurunan tekanan uap

$P^0$  = tekanan uap pelarut murni

$P$  = tekanan uap jenuh larutan

Bagaimana hubungan penurunan tekanan uap dengan jumlah partikel? Menurut Raoult, besarnya tekanan uap pelarut di atas suatu larutan ( $P$ ) sama dengan hasil kali tekanan uap pelarut murni ( $P^0$ ) dengan fraksi mol zat pelarut dalam larutan ( $x_B$ ).

$$P = x_B \cdot P^0 \quad \dots (1-6)$$

Persamaan (1 – 6) di atas dikenal dengan hukum Raoult. Hukum Raoult hanya berlaku pada larutan ideal dan larutan tersebut merupakan larutan encer tetapi pada larutan encer yang tidak mempunyai interaksi kimia di antara komponen-komponennya, hukum Raoult berlaku pada pelarut saja.

Adapun banyaknya penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ) sama dengan hasil kali fraksi mol terlarut ( $x_A$ ) dan tekanan uap pelarut murni ( $P^0$ ). Pernyataan ini secara matematis dapat dituliskan seperti berikut.

$$\Delta P = x_A \cdot P^0 \quad \dots (1-7)$$

Keterangan:

- $x_A$  = fraksi mol zat terlarut  
 $x_B$  = fraksi mol zat pelarut

### Contoh

Fraksi mol urea dalam air adalah 0,5. Tekanan uap air pada 20°C adalah 17,5 mmHg. Berapakah tekanan uap jenuh larutan tersebut pada suhu tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui :  $x_A = 0,5$   
 $P^0 = 17,5 \text{ mmHg}$

Ditanya :  $P \dots ?$

Jawab :  $\Delta P = x_A \cdot P^0$   
=  $0,5 \cdot 17,5 \text{ mmHg}$   
=  $8,75 \text{ mmHg}$

$$P = P^0 - \Delta P$$
$$= 17,5 \text{ mmHg} - 8,75 \text{ mmHg}$$
$$= 8,75 \text{ mmHg}$$

## Latihan 1.2

1. Suatu cairan mempunyai tekanan uap 300 mmHg pada 25°C. Sebanyak 300 gram zat X yang tidak menguap dilarutkan ke dalam 10 mol cairan tersebut. Bila tekanan uap larutan ini sama dengan 250 mmHg, tentukan  $Mr$  zat X tersebut!
2. Tentukan penurunan tekanan uap jenuh dari larutan NaOH 10% dalam air pada suhu 27°C, bila tekanan uap jenuh air pada 27°C adalah 20 mmHg!
3. Suatu campuran terdiri dari benzene (1) dan toluena (2). Fraksi mol masing masing zat adalah  $x_1 = 0,2$  dan  $x_2 = 0,8$ . Pada suhu 20°C tekanan uap benzene 75 mmHg dan tekanan uap toluena 25 mmHg. Berapakah fraksi mol benzene dalam campuran uap di atas?
4. Tentukan tekanan uap jenuh dari 1,8 gram glukosa ( $Mr = 180$ ) yang terlarut dalam 900 gram air, bila tekanan uap jenuh air 40 cmHg!
5. Tekanan uap jenuh larutan 124 gram zat X dalam 648 gram air adalah 76 mmHg. Pada suhu yang sama, hitung massa molekul relatif zat X jika tekanan uap jenuh air murni 80 mmHg.

## 2. Kenaikan Titik Didih ( $\Delta T_b$ )

Tahukah kamu bagaimana terjadinya pendidihan?

Pendidihan terjadi karena panas meningkatkan gerakan atau energi kinetik, dari molekul yang menyebabkan cairan berada pada titik di mana cairan itu menguap, tidak peduli berada di permukaan teratas atau di bagian terdalam cairan tersebut.

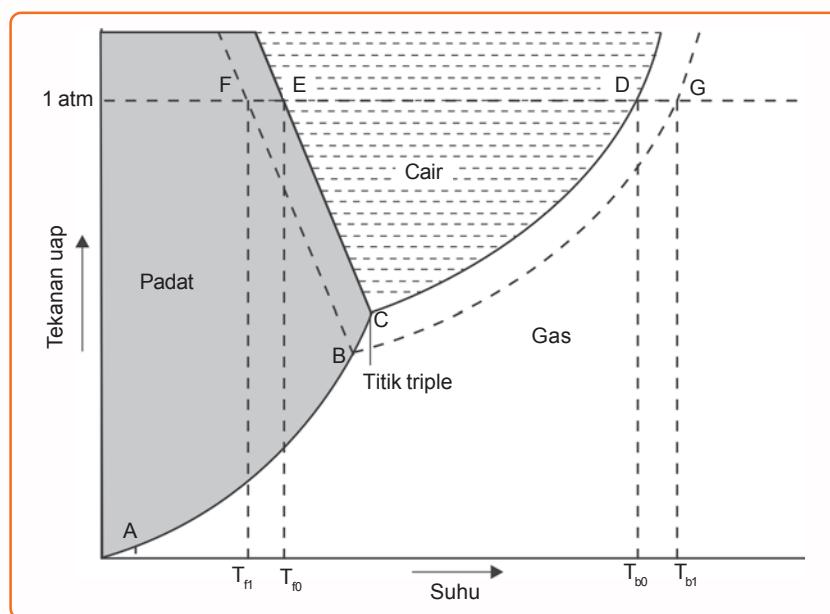
Titik didih cairan berhubungan dengan tekanan uap. Bagaimana hubungannya? Coba perhatikan penjelasan berikut ini.

Apabila sebuah larutan mempunyai tekanan uap yang tinggi pada suhu tertentu, maka molekul-molekul yang berada dalam larutan tersebut mudah untuk melepaskan diri dari permukaan larutan. Atau dapat dikatakan pada suhu yang sama sebuah larutan mempunyai tekanan uap yang rendah, maka molekul-molekul dalam larutan tersebut tidak dapat dengan mudah melepaskan diri dari larutan. Jadi larutan dengan tekanan uap yang lebih tinggi pada suhu tertentu akan memiliki titik didih yang lebih rendah.

Cairan akan mendidih ketika tekanan uapnya menjadi sama dengan tekanan udara luar. Titik didih cairan pada tekanan udara 760 mmHg disebut *titik didih standar* atau titik didih normal. Jadi yang dimaksud dengan *titik didih* adalah suhu pada saat tekanan uap jenuh cairan itu sama dengan tekanan udara luar (tekanan pada permukaan cairan).

Telah dijelaskan di depan bahwa tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarutnya. Hal ini disebabkan karena zat terlarut itu mengurangi bagian atau fraksi dari pelarut sehingga kecepatan penguapan berkurang.

Hubungan antara tekanan uap jenuh dan suhu air dalam larutan berair ditunjukkan pada Gambar 1.4 berikut.



Gambar 1.4 Diagram PT Air dan Larutan Berair

Sumber: *Kimia untuk Universitas*

Garis mendidih air digambarkan oleh garis CD, sedangkan garis mendidih larutan digambarkan oleh garis BG. Titik didih larutan dinyatakan dengan  $T_{b1}$ , dan titik didih pelarut dinyatakan dengan  $T_{b0}$ . Larutan mendidih pada tekanan 1 atm. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa titik didih larutan (titik G) lebih tinggi daripada titik didih air (titik D).

Supaya lebih jelas mengenai kenaikan titik didih, lakukan kegiatan berikut.

## Kegiatan 1.1

### Titik Didih Larutan

#### A. Tujuan

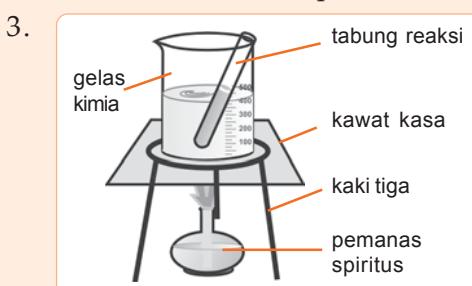
Mengamati titik didih larutan.

#### B. Alat dan Bahan

- Tabung reaksi
- Gelas kimia 400 mL
- Termometer ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Pemanas spiritus
- Kawat kasa
- Kaki tiga
- Air suling
- Aquades
- Larutan urea 0,1 m dan 0,5 m
- Larutan NaCl 0,1 m dan 0,5 m

#### C. Cara Kerja

1. Masukkan air suling ke dalam gelas kimia 400 mL dan panaskan dengan pemanas spiritus hingga mendidih.
2. Masukkan 10 mL aquades ke dalam tabung reaksi.



Masukkan tabung reaksi ke dalam air mendidih dalam gelas kimia di atas.

Perhatikan gambar di samping!

- 3.
4. Amati dan catat perubahan suhu aquades dalam tabung reaksi setiap 15 detik sampai diperoleh suhu tetap.
5. Ulangi langkah 1 – 4 di atas untuk larutan urea 0,1 m dan 0,5 m, serta pada larutan NaCl 0,1 m dan 0,5 m.
6. Hitung selisih titik didih dari titik didih aquades dengan titik didih larutan.

#### D. Hasil Percobaan

No.	Larutan	Titik Didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	Selisih Titik Didih ( $^{\circ}\text{C}$ )
1.	Aquades		
2.	Urea 0,1 m		
3.	Urea 0,5 m		
4.	NaCl 0,1 m		
5.	NaCl 0,5 m		

#### E. Analisa Data

1. Bagaimana pengaruh besarnya molalitas terhadap kenaikan titik didih untuk larutan yang sama?
2. Bagaimana pengaruh jenis zat (elektrolit atau nonelektrolit) terhadap titik didih larutan dengan molalitas yang sama?
3. Apakah kesimpulan dari kegiatan di atas?

Dari percobaan di atas dapat diketahui bahwa titik didih suatu larutan dapat lebih tinggi ataupun lebih rendah dari titik didih pelarut, bergantung pada kemudahan zat terlarut tersebut menguap.

Selisih titik didih larutan dengan titik didih pelarut disebut *kenaikan titik didih* ( $\Delta T_b$ ).

$$\Delta T_b = \text{titik didih larutan} - \text{titik didih pelarut} \quad \dots (1-8)$$

Menurut hukum Raoult, besarnya kenaikan titik didih larutan sebanding dengan hasil kali dari molalitas larutan ( $m$ ) dengan kenaikan titik didih molal ( $K_b$ ).

Oleh karena itu, kenaikan titik didih dapat dirumuskan seperti berikut.

$$\Delta T_b = K_b \cdot m \quad \dots (1-9)$$

*Keterangan:*

$\Delta T_b$  = kenaikan titik didih molal

$K_b$  = tetapan kenaikan titik didih molal

$m$  = molalitas larutan

## Contoh

Natrium hidroksida 1,6 gram dilarutkan dalam 500 gram air. Hitung titik didih larutan tersebut! ( $K_{b\text{ air}} = 0,52 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^{-1}$ , Ar Na = 23, Ar O = 16, Ar H = 1)

**Penyelesaian:**

Diketahui :  $m = 1,6 \text{ gram}$

$p = 500 \text{ gram}$

$K_b = 0,52 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^{-1}$

Ditanya :  $T_b \dots ?$

Jawab :  $\Delta T_b = m \cdot K_b$

$$\begin{aligned} &= \frac{m}{Mr\text{NaOH}} \times \frac{1.000}{p} \times K_b \\ &= \frac{1,6\text{ gr}}{40} \times \frac{1.000}{500\text{ gr}} \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^{-1} \\ &= 0,04 \times 2 \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 0,0416 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ T_d &= 100 \text{ }^{\circ}\text{C} + \Delta T_b \\ &= 100 \text{ }^{\circ}\text{C} + 0,0416 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 100,0416 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, titik didih larutan NaOH adalah 100,0416 °C.

## Tugas Kelompok

Distilasi merupakan proses pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih. Menurut pendapatmu, apakah tekanan uap berpengaruh pada proses distilasi? Jika iya, jelaskan dan diskusikan dengan teman semejamu.

### 3. Penurunan Titik Beku ( $\Delta T_f$ )

Penurunan titik beku pada konsepnya sama dengan kenaikan titik didih. Larutan mempunyai titik beku yang lebih rendah dibandingkan dengan pelarut murni. Perhatikan Gambar 1.4 kembali. Lakukan kegiatan berikut ini terlebih dahulu agar lebih jelas.

#### Kegiatan 1.2

##### Penurunan Titik Beku Larutan

###### A. Tujuan

Mengamati penurunan titik beku larutan.

###### B. Alat dan Bahan

- |                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| - Tabung reaksi               | - Aquades                         |
| - Gelas kimia 400 mL          | - Larutan glukosa 0,1 m dan 0,5 m |
| - Termometer (-10 °C – 50 °C) | - Garam dapur (NaCl)              |
| - Spatula                     | - Es batu                         |

###### C. Cara Kerja

1. Masukkan potongan-potongan kecil es batu ke dalam gelas kimia hingga 3/4 tinggi gelas kimia. Kemudian tambahkan 10 sendok teh garam dapur. Campur es batu dan garam dapur tersebut. Campuran ini kita sebut campuran pendingin.
2. Isilah tabung reaksi dengan aquades hingga setinggi 2 – 3 cm.
3. Masukkan tabung reaksi tersebut ke dalam campuran pendingin tadi. Ukur suhu aquades dengan termometer sambil sesekali diaduk hingga aquades tersebut membeku.  
Perhatikan gambar!
4. Setelah suhu tidak turun lagi, angkat tabung reaksi dari campuran pendingin.
5. Ukur kembali suhu aquades yang telah membeku setiap 15 detik hingga mencair lagi. Tulis hasil pengamatan dalam bentuk tabel.
6. Ulangi langkah 2 sampai 5 di atas untuk larutan glukosa 0,1 m dan 0,5 m serta pada larutan NaCl 0,1 m dan 0,5 m.



## D. Hasil Percobaan

No.	Larutan	Titik Beku (°C)	Selisih Titik Beku (°C)
1.	Aquades		
2.	Urea 0,1 m		
3.	Urea 0,5 m		
4.	NaCl 0,1 m		
5.	NaCl 0,1 m		

## E. Analisa Data

1. Bagaimana pengaruh besarnya molalitas terhadap penurunan titik beku untuk larutan yang sama?
2. Bagaimana pengaruh jenis zat (elektrolit atau nonelektrolit) terhadap titik didih larutan dengan molalitas yang sama?
3. Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

Dari percobaan di atas dapat diketahui bahwa makin tinggi konsentrasi zat terlarut makin rendah titik beku larutan.

Perhatikan kembali Gambar 1.4. Selisih antara titik beku pelarut dengan titik beku larutan dinamakan penurunan titik beku larutan ( $\Delta T_f$  = *freezing point*).

$$\Delta T_f = \text{Titik beku pelarut} - \text{titik beku larutan} \quad \dots (1 - 10)$$

Menurut hukum Raoult penurunan titik beku larutan dirumuskan seperti berikut.

$$\Delta T_f = m \cdot K_f \quad \dots (1 - 11)$$

Keterangan:

$\Delta T_f$  = penurunan titik beku

$m$  = molalitas larutan

$K_f$  = tetapan penurunan titik beku molal

## Latihan 1.3

1. Untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi 100,1 °C ditambahkan gula. Jika tekanan udara luar 1 atm ( $K_b = 0,5^\circ\text{C}\text{m}^{-1}$ ), hitung jumlah zat gula yang harus ditambahkan.
2. Larutan urea 0,1 molal dalam air mendidih pada suhu 100,05 °C. Pada volume yang sama, larutan glukosa 0,1 molal dan sukrosa 0,3 molal dicampurkan. Hitung titik didih campuran tersebut!
3. Campuran sebanyak 12,42 gram terdiri dari glukosa dan sukrosa dilarutkan dalam 100 gr air. Campuran tersebut mendidih pada suhu 100,312 °C ( $K_{b,\text{air}} = 0,52^\circ\text{C}\text{m}^{-1}$ ). Tentukan massa masing-masing zat dalam campuran jika tekanan udara pada saat itu 1 atm!
4. Hitung titik beku suatu larutan yang mengandung 1,19 gram  $\text{CHI}_3$  ( $Mr \text{ CHI}_3 = 119$ ) yang dilarutkan dalam 50 gram benzena dengan  $K_f$  benzena = 4,9!
5. Dalam 900 gram air terlarut 30 gram suatu zat X ( $Mr = 40$ ). Larutan ini membeku pada suhu -5,56 °C. Berapa gram zat X harus dilarutkan ke dalam 1,2 kilogram air agar diperoleh larutan dengan penurunan titik beku yang sama?

## 4. Tekanan Osmotik ( $\pi$ )

Pernahkah kamu sakit dan dirawat di rumah sakit? Adakalanya seorang pasien di rumah sakit harus diberi cairan infus. Sebenarnya apakah cairan infus tersebut? Larutan yang dimasukkan ke dalam tubuh pasien melalui pembuluh darah haruslah memiliki tekanan yang sama dengan tekanan sel-sel darah. Apabila tekanan cairan infus lebih tinggi maka cairan infus akan keluar dari sel darah. Prinsip kerja infus ini pada dasarnya adalah tekanan osmotik. Tekanan di sini adalah tekanan yang harus diberikan pada suatu larutan untuk mencegah masuknya molekul-molekul *solut* melalui membran yang semipermeabel dari pelarut murni ke larutan.

Sebenarnya apakah osmosis itu? Cairan murni atau larutan encer akan bergerak menembus membran atau rintangan untuk mencapai larutan yang lebih pekat. Inilah yang dinamakan *osmosis*. Membran atau rintangan ini disebut membran semipermeabel.

Untuk lebih memahami prinsip tekanan osmotik, lakukan percobaan berikut ini.

### Kegiatan 1.3

#### Tekanan Osmotik

##### A. Tujuan

Mempelajari tekanan osmotik.

##### B. Alat dan Bahan

- Tabung osmotik
- Gelas kimia 400 mL
- Plastik selafon (dari bungkus rokok)
- Aquades
- Larutan sirop berwarna merah

##### C. Cara Kerja

1. Masukkan aquades ke dalam gelas kimia 400 mL hingga 3/4 tinggi gelas.
2. Isi tabung osmotik dengan sirop merah dan tutup tabung dengan plastik.
3. Masukkan tabung osmotik ke dalam gelas kimia yang berisi aquades tadi.
4. Amati dan catat perubahan yang terjadi!

##### D. Hasil Percobaan

1. Perubahan warna aquades dalam gelas kimia = ....
2. Perubahan warna sirop dalam tabung osmotik = ....

##### E. Analisa Data

1. Bagaimana proses osmotik yang terjadi pada percobaan ini?
2. Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

Pada proses osmosis, air mengalir melalui membran semi-permeabel masuk ke dalam larutan sirop, mengencerkan larutan. Molekul sirop tidak dapat melalui membran. Jadi air yang berada di luar tabung osmotik tetap murni.

Tekanan osmotik termasuk dalam sifat-sifat koligatif karena besarnya hanya tergantung pada jumlah partikel zat terlarut.

**J.H. Vant Hoff** menemukan hubungan antara tekanan osmotik larutan-larutan encer dengan persamaan gas ideal, yang dituliskan seperti berikut:

$$\pi V = nRT \quad \dots (1 - 12)$$

*Keterangan:*

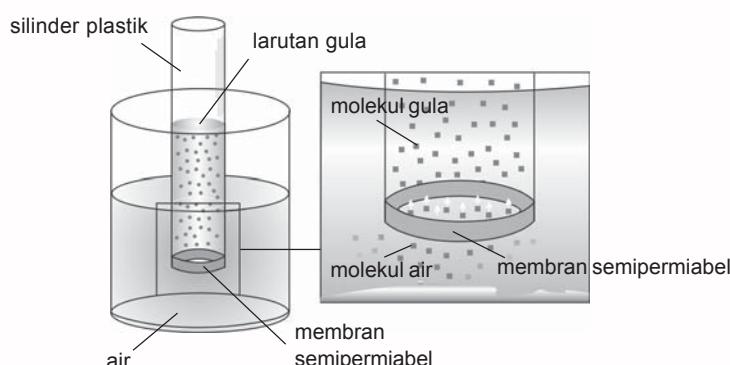
$\pi$  = tekanan osmotik

$V$  = volume larutan ( $L$ )

$n$  = jumlah mol zat terlarut

$R$  = tetapan gas ( $0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

$T$  = suhu mutlak (K)



Gambar 1.5 Proses osmosis

Sumber: Microsoft Student 2006

Persamaan (1 – 12) dapat juga dituliskan seperti berikut.

$$\pi = \frac{n}{V} RT \quad \dots (1 - 13)$$

Ingat bahwa  $\frac{n}{V}$  merupakan kemolaran larutan ( $M$ ), sehingga persamaan (1 – 13) dapat diubah menjadi  $\pi = MRT \dots (1 - 14)$

### Contoh

Seorang pasien memerlukan larutan infus glukosa. Bila kemolaran cairan tersebut 0,3 molar pada suhu tubuh  $37^\circ\text{C}$ , tentukan tekanan osmotiknya! ( $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

#### Penyelesaian:

Diketahui :  $M = 0,3 \text{ mol L}^{-1}$

$T = 37^\circ\text{C} + 273 = 310 \text{ K}$

$R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

Ditanya :  $\pi \dots ?$

Jawab :  $\pi = 0,3 \text{ mol L}^{-1} \times 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 310 \text{ K}$   
 $= 7,626 \text{ L}$

Dalam sistem analisis, dikenal **larutan hipertonik** yaitu larutan yang mempunyai konsentrasi terlarut tinggi, **larutan isotonik** yaitu dua larutan yang mempunyai konsentrasi terlarut sama, dan **larutan hipotonik** yaitu larutan dengan konsentrasi terlarut rendah. Air kelapa merupakan contoh larutan isotonik alami. Secara ilmiah, air kelapa muda mempunyai komposisi mineral dan gula yang sempurna sehingga memiliki kesetimbangan elektrolit yang nyaris sempurna setara dengan cairan tubuh manusia.

Proses osmosis juga terjadi pada sel hidup di alam. Contoh bintang laut dan kepiting memiliki cairan sel yang bersifat isotonik dengan lingkungannya. Jika cairan sel bersifat hipotonik maka sel tersebut akan mendapatkan banyak air. Tetapi jika sel berada pada larutan hipertonik maka sel akan kehilangan banyak molekul air.

## Latihan 1.4

1. Pada suhu 25 °C tekanan osmosis rata-rata darah adalah 7,7 atm. Berapakah konsentrasi molar dari larutan glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) yang isotonik dengan darah?
2. Untuk membuat 100 ml larutan urea yang isotonik dengan larutan glukosa 0,1 M ( $Mr = 60$ ), berapa gram urea yang diperlukan?
3. Hitunglah tekanan osmotik dari 18 gram glukosa ( $Mr = 180$ ) yang dilarutkan dalam air sehingga volume larutan menjadi 500 mL pada suhu 37 °C! ( $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )
4. Berapa gram urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , harus dilarutkan untuk membuat 200 mL larutan agar isotonis dengan larutan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,1 M?

## C. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Tahukah kamu bahwa larutan terdiri dari larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit. Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Sifat koligatif larutan nonelektrolit telah kita pelajari di depan, bagaimana dengan sifat koligatif dari larutan elektrolit?

Larutan elektrolit memiliki sifat koligatif yang lebih besar daripada nonelektrolit. Lihat kembali Kegiatan 1.1 dan Kegiatan 1.2 di depan, bahwa penurunan titik beku  $\text{NaCl}$  lebih besar daripada glukosa. Perbandingan harga sifat koligatif larutan elektrolit dengan larutan nonelektrolit dinamakan dengan faktor *Van't Hoff* dan dilambangkan dengan *i*. Perhatikan contoh penghitungan harga *i* berikut.

$\Delta T_f$  untuk larutan  $\text{NaCl}$  0,01 molal adalah  $0,0359 \text{ }^\circ\text{C}$  dan  $\Delta T_f$  untuk larutan urea 0,01 molal adalah  $0,0186 \text{ }^\circ\text{C}$ , maka harga *i* adalah seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{\Delta T_f \text{ larutan NaCl } 0,01 \text{ m}}{\Delta T_f \text{ larutan urea } 0,01 \text{ m}} \\
 &= \frac{0,0359 \text{ }^{\circ}\text{C}}{0,0186 \text{ }^{\circ}\text{C}} \\
 &= 1,93
 \end{aligned}$$

Perhatikan harga  $i$  beberapa jenis larutan pada tabel berikut.

**Tabel 1.1** Faktor  $i$  (faktor Van't Hoff) Berbagai Larutan

Elektrolit	Harga $i$			Batas teoritis
	0,100 m	0,010 m	0,005 m	
NaCl	1,87	1,93	1,94	2
KCl	1,86	1,94	1,96	2
MgSO <sub>4</sub>	1,42	1,62	1,69	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,46	2,77	2,86	3
HCl	1,91	1,97	1,99	2
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,22	2,59	2,72	3

Menurut ilmuwan Swedia bernama **Svante Arrhenius**, suatu larutan terurai menjadi ion positif dan ion negatif. Misalkan pada larutan NaCl maka akan terionisasi menjadi ion Na<sup>+</sup> dan ion Cl<sup>-</sup>



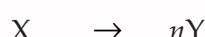
Bagaimana hubungan harga  $i$  dengan derajat ionisasi ( $\alpha$ )?

Besarnya derajat ionisasi ( $\alpha$ ) dinyatakan sebagai berikut.

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

Untuk larutan elektrolit kuat, harga  $\alpha$  mendekati 1 sedangkan untuk elektrolit lemah harga  $\alpha$  berada di antara 0 dan 1 ( $0 < \alpha < 1$ )

Misalkan sebuah partikel elektrolit X mengion menjadi  $n$  ion Y dan molalitas elektrolit X mula-mula  $m$  serta derajat ionisasi  $\alpha$ , maka



$$\begin{array}{lll}
 \text{mula-mula} & : m & - \\
 \text{ionisasi} & : -m\alpha & +nm\alpha \\
 \text{Setimbang} & : m - m\alpha & nm\alpha
 \end{array}$$

Maka konsentrasi partikel dalam larutan adalah

$$\begin{aligned}
 &= \text{konsentrasi partikel elektrolit X} + \text{konsentrasi ion-ion Y} \\
 &= m - m\alpha + nm\alpha \\
 &= m[1 + (n - 1)\alpha] \quad (\text{harga } 1 + (n - 1)\alpha \text{ disebut dengan faktor Van't Hoff (}i\text{)}) \\
 &= m \times i
 \end{aligned}$$

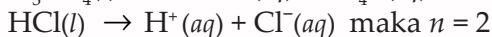
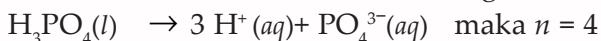
*Keterangan:*

$n$  = jumlah koefisien kation dan anion

$\alpha$  = derajat ionisasi

Bagaimana menentukan harga  $n$ ?

Perhatikan contoh menentukan harga  $n$  berikut.



Pada larutan elektrolit, maka rumus sifat koligatif larutan menjadi seperti berikut.

$$\Delta P = X_A \times P^0 \times i$$

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

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

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

### Contoh

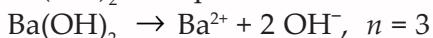
Pada suhu 37 °C ke dalam air dilarutkan 1,71 gram Ba(OH)<sub>2</sub> hingga volume 100 mL ( $Mr \text{ Ba(OH)}_2 = 171$ ). Hitung besar tekanan osmotiknya! ( $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

**Penyelesaian:**

$$\begin{aligned} Diketahui : \quad m &= 1,71 \text{ gram} \\ V &= 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L} \\ Mr \text{ Ba(OH)}_2 &= 171 \\ R &= 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} \\ T &= 37^\circ\text{C} = 310 \text{ K} \end{aligned}$$

Ditanya :  $\pi$  ...?

Jawab : Ba(OH)<sub>2</sub> merupakan elektrolit.



$$\text{mol Ba(OH)}_2 = \frac{1,71 \text{ gram}}{171 \text{ gram/mol}} = 0,01 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \pi &= M \times R \times T \times i \\ &= 0,1 \text{ mol L}^{-1} \times 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} \\ &\quad \times 310 \text{ K} \times (1 + (3 - 1)1) = 7,626 \text{ atm} \end{aligned}$$

### Latihan 1.5

- Tentukan titik didih dan titik beku, dari:
  - Natrium klorida 11,7 gram yang dilarutkan dalam 720 gram air.
  - Barium hidroksida 100 gram yang dilarutkan dalam 250 gram air.
- Tentukan derajat ionisasi larutan elektrolit biner 0,05 mol dalam 100 gram air ( $K_f = 1,86$ ) yang membeku pada suhu -1,55 °C!
- Hitung massa molekul relatif zat X, bila 15 gram zat X dilarutkan dalam 100 gram air! Tekanan uap larutan 28,85 mmHg dan tekanan uap pelarutnya 30 mmHg.

## Rangkuman

- ✓ Satuan konsentrasi yang digunakan dalam penentuan sifat koligatif larutan antara lain molalitas, molaritas, dan fraksi mol. Sifat koligatif adalah sifat-sifat larutan yang tidak bergantung pada jenis zat terlarut, tetapi hanya bergantung pada jumlah zat terlarut dalam larutan.
- ✓ Sifat koligatif larutan meliputi penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ), kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ), penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ ), dan tekanan osmotik ( $\pi$ ).
- ✓ Sifat koligatif larutan nonelektrolit dapat dirumuskan sebagai berikut.
  - $\Delta P = x_A \times P^0$
  - $\Delta T_b = m \times K_b$
  - $\Delta T_f = m \times K_f$
  - $\pi = M \times R \times T$
- ✓ Besarnya sifat koligatif larutan elektrolit sama dengan larutan nonelektrolit dikalikan dengan faktor Van't Hoff ( $i$ ).
- ✓ Harga faktor Van't Hoff adalah  $1 + (n - 1) \alpha$ .

## Latih Kemampuan I

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Masa jenis suatu larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  5,2 M adalah 1,04 g/ml. Jika  $Mr \text{ CH}_3\text{COOH} = 60$ , maka konsentrasi larutan tersebut jika dinyatakan dalam persen berat asam asetat adalah ....  
A. 18%                    D. 36%  
B. 24%                    E. 40%  
C. 30%
2. Kemolalan larutan  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $Mr = 46$ ) dengan persen berat 20% adalah ....  
A. 0,4                    D. 5,4  
B. 3,4                    E. 6,4  
C. 4,4
3. Fraksi mol suatu larutan metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam air adalah 0,5. Konsentrasi metanol dalam larutan ini jika dinyatakan dalam persen berat adalah ....  
A. 40%                    D. 64%  
B. 50%                    E. 75%  
C. 60%
4. Volume larutan  $\text{NaOH}$  0,25 M yang dibuat dengan melarutkan 1 gram  $\text{NaOH}$  adalah .... ( $Mr = 40$ )  
A. 50 mL                    D. 150 mL  
B. 100 mL                    E. 250 mL  
C. 125 mL
5. Kelarutan  $\text{CaCl}_2$  dalam air pada suhu 0 °C adalah 5,4 molal. Jika  $K_f = 1,86$  maka penurunan titik beku larutan  $\text{CaCl}_2$  tersebut adalah ....  
A. 1,0 °C                    D. 3,0 °C  
B. 2,0 °C                    E. 5,0 °C  
C. 2,7 °C
6. Jika titik beku larutan glukosa 0,1 m dalam air adalah -0,18 °C, maka diharapkan titik beku 0,2 molal  $\text{CaCl}_2$  dalam air adalah ....  
A. -3,36 °C                    D. 5,40 °C  
B. -0,54 °C                    E. -1,08 °C  
C. -0,18 °C
7. Penurunan titik beku 15 gram asam sulfat dalam 250 gram air sama dengan penurunan titik beku 15 gram  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dalam 1.250 gram air. Derajat ionisasi asam sulfat dalam larutan tersebut adalah ....  
A. 0,5                    D. 0,8  
B. 0,6                    E. 0,95  
C. 0,75

8. Di antara kelima larutan berikut ini yang mempunyai titik didih paling rendah adalah ....
- $K_2SO_4$  0,03 M
  - $Al_2(SO_4)_3$  0,01 M
  - $NaCl$  0,02 M
  - $C_6H_{12}O_6$  0,03 M
  - $Mg(NO_3)_2$  0,02 M
9. Titik beku larutan  $NaCl$  0,2 molal dan glukosa 0,4 molal akan sama, sebab kedua larutan tersebut ....
- mempunyai molekul yang sama besarnya
  - mempunyai derajat ionisasi yang sama
  - menghasilkan partikel yang sama banyaknya
  - sama-sama larutan elektrolit
  - sama-sama larutan nonelektrolit
10. Glukosa ( $Mr = 180$ ) 18 gram dilarutkan dalam air sehingga volume larutan menjadi 500 mL. Tekanan osmotik larutan tersebut pada suhu  $37^\circ C$  ( $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) adalah ....
- 4,92 atm
  - 9,84 atm
  - 4,47 atm
  - 5,08 atm
  - 10 atm
11. Perbandingan harga  $K_f$  terhadap  $K_b$  untuk air adalah 3,65. Jika suatu larutan dalam air membeku pada suhu  $-0,8020^\circ C$ , maka larutan tersebut akan mendidih pada suhu ....
- $100,22^\circ C$
  - $103,65^\circ C$
  - $100,80^\circ C$
  - $100^\circ C$
  - $99,20^\circ C$
12. Untuk membuat 200 mL larutan urea yang isotonik sama dengan larutan  $NaCl$  1 M diperlukan urea ( $Mr = 60$ ) sebanyak ....
- 1,2 gram
  - 2,4 gram
  - 3 gram
  - 4,6 gram
  - 7,2 gram
13. Suatu elektrolit kuat dalam air dengan konsentrasi 0,2 M membeku pada suhu  $-0,86^\circ C$ . Bila  $K_f = 1,86$  maka jumlah ion elektrolit tersebut adalah ....
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
14. Lemak 10 gram dilarutkan dalam 100 gram benzena, ternyata larutan itu membeku pada suhu  $0,3^\circ C$  di bawah titik beku benzena murni. Jika  $K_f$  benzena 5,1 maka massa molekul relatif lemak tersebut adalah ....
- 40
  - 510
  - 1.000
  - 1.510
  - 1.500
15. Tetapan penurunan titik beku molal  $K_b$  menunjukkan ....
- besarnya titik beku larutan pada konsentrasi 1 molal
  - besarnya penurunan titik beku larutan 1 molal
  - besarnya penurunan titik beku pelarut dalam larutan 1 molal
  - besarnya penurunan titik beku pelarut dalam larutan 1 molal
  - besarnya titik beku zat pelarut sebanyak 1 molal

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

- Hitung konsentrasi campuran antara 150 mL asam sulfat 0,2 M dengan 100 mL larutan asam sulfat 0,3 M!
- Suatu larutan sebanyak 50 gr dibuat dengan mencampurkan 23 gr etanol dengan 27 gr air. Jika tekanan uap air pada suhu ruangan adalah 30 mmHg, hitung tekanan uap larutan!
- Senyawa nonelektrolit 3 gram dilarutkan dalam 250 gram air. Larutan ini mempunyai penurunan titik beku setengah dari penurunan titik beku 5,85 gram garam dapur ( $Mr = 58,5$ ) dalam 500 gram air. Tentukan massa molekul relatif zat nonelektrolit tersebut!  $K_{f,air} = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Suatu larutan asam lemah 0,1 M mempunyai tekanan osmotik 1,88 atm pada suhu  $27^\circ C$ . Jika asam tersebut terionisasi 10%, hitung jumlah ion (n) dari asam tersebut?
- Berapa gram urea ( $CO(NH_2)_2$ ), harus dilarutkan untuk membuat 200 mL larutan agar isotonis dengan larutan  $NH_4NO_3$  0,1 M?

# BAB II

## Reaksi Oksidasi Reduksi dan Elektrokimia



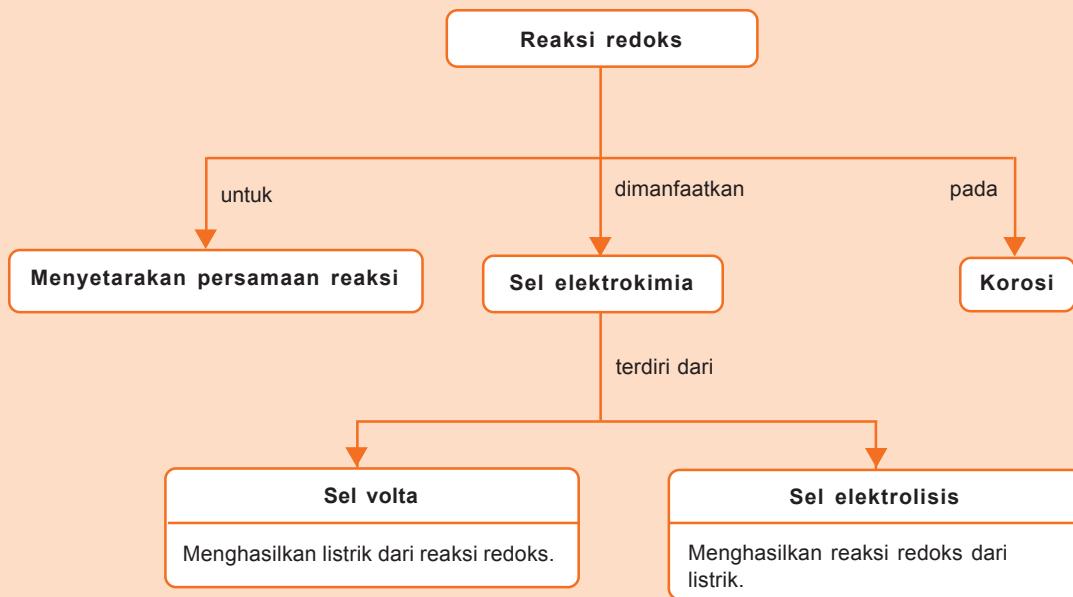
Sumber: Dokumen Penerbit

Kamu tentu sudah tahu baterai. Baterai banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misal pada radio dan lampu senter. Baterai kering ditemukan oleh Leclancle. Prinsip kerja baterai memanfaatkan reaksi oksidasi-reduksi.

Perhatikan benda-benda yang terbuat dari besi di sekitarmu? Ketika cat yang melapisinya terkelupas maka lama-kelamaan benda tersebut akan berkarat dan berubah menjadi cokelat. Keadaan demikian disebabkan reaksi oksidasi pada besi tersebut. Apakah reaksi oksidasi-reduksi itu? Dan apa saja manfaatnya?



# Peta Konsep



Kata kunci : reduksi, oksidasi, katode, anode, potensial sel

**K**amu tentu masih ingat konsep reaksi redoks. Berdasarkan bilangan oksidasi, yang dimaksud reaksi redoks ialah reaksi yang melibatkan reaksi reduksi yaitu penurunan bilangan oksidasi dan reaksi oksidasi yaitu penambahan bilangan oksidasi. Penerapan konsep reaksi redoks ini sangat banyak, antara lain pada sel elektrokimia, sel elektrolisis, dan penyepuhan. Mari kita pelajari reaksi redoks dalam elektrokimia agar lebih jelas.

## ➤ A. Penyetaraan Persamaan Reaksi Redoks

Seperti halnya perubahan kimia lainnya, reaksi reduksi dan oksidasi juga ditunjukkan oleh persamaan kimia. Oleh karena itu, persamaan reaksi redoks juga harus disetarakan. Sekarang perhatikan reaksi redoks berikut ini.



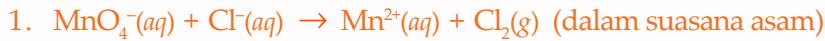
Apakah kamu dapat menyetarakan reaksi tersebut? Untuk mempermudah menyetarakan reaksi redoks, kamu dapat menggunakan metode bilangan oksidasi dan metode setengah reaksi. Mari kita pelajari kedua metode itu agar kamu dapat menyetarakan reaksi di atas.

### 1. Metode Bilangan Oksidasi

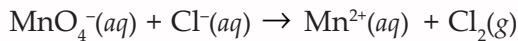
Untuk menyetarakan reaksi redoks dengan metode bilangan oksidasi, kamu harus dapat menentukan bilangan oksidasi unsur yang terlibat dalam reaksi. Jika kamu sudah memahami cara menentukan bilangan oksidasi, kamu dapat menyetarakan reaksi redoks dengan mudah. Langkah-langkah dalam menyetarakan persamaan reaksi redoks dengan metode bilangan oksidasi adalah seperti berikut.

1. Menentukan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.
2. Memberi koefisien yang sesuai pada unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.
3. Menentukan jumlah penambahan bilangan oksidasi untuk reaksi oksidasi dan penurunan bilangan oksidasi untuk reaksi reduksi. Kalikan jumlah unsur yang terlibat dengan muatannya.
4. Menyetarakan perubahan bilangan oksidasi dengan memberi koefisien yang sesuai.
5. Setarkan muatan dengan menambahkan  $\text{H}^+$  (dalam suasana asam) dan  $\text{OH}^-$  (dalam suasana basa).
6. Setarkan jumlah atom H dengan menambahkan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Perhatikan contoh berikut agar lebih jelas.



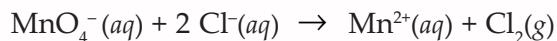
**Langkah 1** Menentukan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



Unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi adalah Mn, yaitu dari +7 menjadi +2 dan Cl yaitu dari -1 menjadi 0.

**Langkah 2** Memberi koefisien yang sesuai pada unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.

Atom Mn sudah setara. Atom Cl belum setara, di ruas kanan terdapat 2 atom Cl sedangkan di sebelah kiri hanya terdapat satu atom Cl. Untuk menyetarakan, atom Cl di ruas kiri diberi koefisien 2.



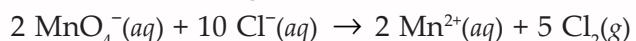
**Langkah 3** Menentukan jumlah penambahan bilangan oksidasi untuk reaksi oksidasi dan penurunan bilangan oksidasi untuk reaksi reduksi. Kalikan jumlah unsur yang terlibat dengan muatannya.

Perubahan bilangan oksidasi Mn dari +7 menjadi +2 = 5.

Perubahan bilangan oksidasi Cl dari -2 (= 2 × (-1)) menjadi 0 = 2.

**Langkah 4** Menyetarakan perubahan bilangan oksidasi dengan memberi koefisien yang sesuai.

Untuk menyetarakan reaksi, maka koefisien Mn dikalikan 2 sedangkan koefisien Cl dikalikan 5.



**Langkah 5** Setarakan muatan dengan menambahkan H<sup>+</sup> (dalam suasana asam) dan OH<sup>-</sup> (dalam suasana basa).

Total muatan di sebelah kiri adalah (-2) + (-10) = -12

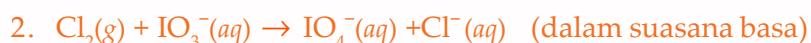
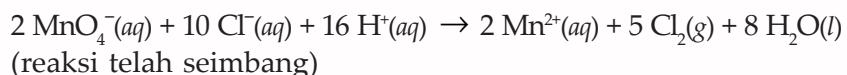
Total muatan di sebelah kanan adalah (+4) + 0 = +4

Oleh karena dalam suasana asam, agar muatan seimbang maka tambahkan 16 ion H<sup>+</sup> di sebelah kiri, sehingga persamaan reaksi menjadi seperti berikut.



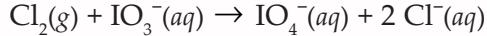
**Langkah 6** Setarakan jumlah atom H dengan menambahkan H<sub>2</sub>O.

Jumlah atom H di sebelah kiri = 16 dan di sebelah kanan tidak terdapat atom H, sehingga di sebelah kanan ditambahkan 8 molekul H<sub>2</sub>O.



**Langkah 1** Unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi adalah I, yaitu dari +5 menjadi +7 dan Cl yaitu dari 0 menjadi -1.

**Langkah 2** Di ruas kiri terdapat 2 atom Cl sedangkan di sebelah kanan hanya terdapat satu atom Cl. Untuk menyetarakan, atom Cl di ruas kanan diberi koefisien 2. Adapun jumlah atom I sudah setara.

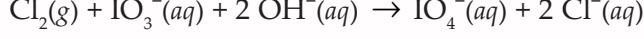


**Langkah 3** Perubahan bilangan oksidasi I dari +5 menjadi +7 = 2.

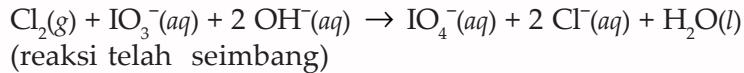
Perubahan bilangan oksidasi Cl dari 0 menjadi  $-2(2 \times -1) = 2$ .

**Langkah 4** Koefisien Cl maupun I sudah setara.

**Langkah 5** Total muatan di sebelah kiri adalah  $0 + -1 = -1$ . Total muatan di sebelah kanan adalah  $(-1) + (-2) = -3$ . Oleh karena dalam suasana basa, agar muatan seimbang maka tambahkan 2 ion OH<sup>-</sup> di sebelah kiri, sehingga persamaan reaksi menjadi seperti berikut.



**Langkah 6** Jumlah atom H di sebelah kiri = 2 dan di sebelah kanan tidak terdapat atom H, sehingga di sebelah kanan ditambahkan 1 molekul H<sub>2</sub>O.



## Latihan 2.1

Setarkan reaksi redoks berikut dengan metode bilangan oksidasi

1. Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>(aq) + Br<sup>-</sup>(aq) → Cr<sup>3+</sup>(aq) + Br<sub>2</sub>(g)
2. ClO<sup>-</sup>(aq) + I<sup>-</sup>(aq) → Cl<sup>-</sup>(aq) + I<sub>2</sub>(g)
3. MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>(aq) + C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(l) + H<sub>2</sub>O(l) → MnO<sub>2</sub>(s) + OH<sup>-</sup>(aq) + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>(l)

## 2. Metode Setengah Reaksi

Dasar dari metode ini adalah jumlah elektron yang dilepaskan pada reaksi oksidasi dan reduksi sama. Untuk menyetarakan reaksi redoks dengan metode setengah reaksi, perhatikan langkah-langkah berikut.

**Langkah 1** Pisahkan reaksi redoks menjadi reaksi reduksi dan reaksi oksidasi.

**Langkah 2** Setarkan masing-masing setengah reaksi.

Setarkan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dengan memberi koefisien.

**Langkah 3** Setarkan oksigen dan hidrogen.

Untuk larutan asam atau netral tambahkan molekul satu H<sub>2</sub>O jika kekurangan satu atom oksigen pada ruas yang kekurangan atom oksigen. Selanjutnya setarkan jumlah atom H dengan menambahkan ion H<sup>+</sup> pada ruas yang kekurangan atom H.

Untuk larutan basa tambahkan molekul satu  $\text{H}_2\text{O}$  untuk setiap kelebihan satu atom oksigen pada ruas yang kelebihan atom oksigen. Selanjutnya setarakan pada ruas lainnya dengan menambahkan ion  $\text{OH}^-$  dua kali lebih banyak.

**Langkah 4** Setarakan muatan dengan cara menambahkan elektron pada ruas yang muatannya lebih besar.

**Langkah 5** Samakan jumlah elektron pada setengah reaksi oksidasi dengan jumlah elektron pada setengah reaksi reduksi.

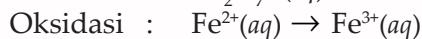
Perhatikan contoh berikut agar lebih jelas.

Setarakan reaksi redoks berikut ini.



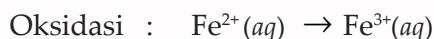
**Langkah 1** Memisahkan reaksi redoks menjadi reaksi reduksi dan reaksi oksidasi.

Bilangan oksidasi Cr pada  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} = +6$  sedangkan bilangan oksidasi pada  $\text{Cr}^{3+} = +3$ , berarti terjadi reaksi reduksi. Fe mengalami reaksi oksidasi dengan perubahan bilangan oksidasi dari +2 menjadi +3.



**Langkah 2** Setarakan masing-masing setengah reaksi.

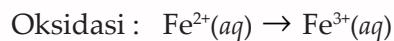
Pada reaksi reduksi jumlah Cr di ruas kiri adalah 2, maka di ruas kanan ion  $\text{Cr}^{2+}$  diberi koefisien 2, sedangkan pada reaksi oksidasi jumlah Fe di ruas kiri dan kanan sudah sama, maka tidak perlu penambahan koefisien.



**Langkah 3** Setarakan oksigen dan hidrogen.

Disetarakan jumlah atom O terlebih dahulu, kemudian setarakan jumlah atom H. Pada reaksi reduksi, jumlah atom O dalam  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  adalah 7, maka di ruas kanan perlu ditambah 7  $\text{H}_2\text{O}$ . Penambahan 7  $\text{H}_2\text{O}$  di ruas kanan menyebabkan jumlah atom H menjadi 14, maka di ruas kiri perlu ditambah 14  $\text{H}^+$  (suasana asam).

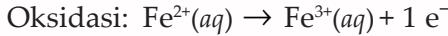
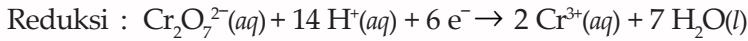
Pada reaksi oksidasi tidak terdapat atom O ataupun atom H.



**Langkah 4** Setarakan muatan dengan cara menambahkan elektron pada ruas yang muatannya lebih besar.

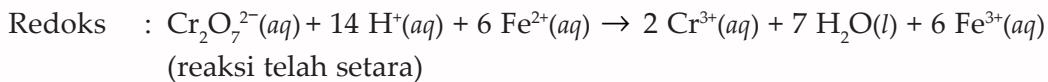
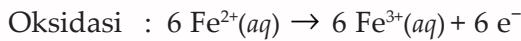
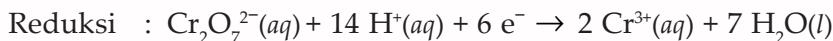
Pada reaksi reduksi jumlah muatan di ruas kiri adalah  $-2 + 14 = +12$ , sedangkan jumlah muatan

di ruas kanan  $2 \times (+3) + 0 = +6$ . Disetarakan jumlah muatannya dengan menambahkan  $6 e^-$  di ruas kiri. Pada reaksi oksidasi jumlah muatan di ruas kiri = +2 dan di ruas kanan = +3, maka di ruas kanan ditambah  $1 e^-$ .



**Langkah 5** Samakan jumlah elektron pada setengah reaksi oksidasi dengan jumlah elektron pada setengah reaksi reduksi.

Pada reaksi reduksi jumlah elektron = 6 sedangkan pada reaksi oksidasi jumlah elektron = 1, maka kalikan koefisien dari setengah reaksi oksidasi dengan 6 supaya jumlah elektron yang dibebaskan menjadi 6.



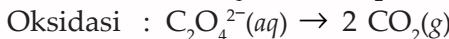
**Langkah 1** Memisahkan reaksi redoks menjadi reaksi reduksi dan reaksi oksidasi.



**Langkah 2** Pada reaksi reduksi jumlah Mn di ruas kiri dan di ruas kanan sudah sama. Adapun pada reaksi oksidasi jumlah C di ruas kiri = 2 dan di ruas kanan = 1 maka atom C di sebelah kanan diberi koefisien 2.

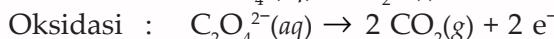


**Langkah 3** Disetarakan jumlah atom O terlebih dahulu, kemudian setarakan jumlah atom H. Pada reaksi reduksi, jumlah atom O dalam  $\text{MnO}_4^-$  adalah 4 sedangkan di ruas kanan jumlah atom O = 2, maka di ruas kiri perlu ditambah 2  $\text{H}_2\text{O}$ . Penambahan 2  $\text{H}_2\text{O}$  di ruas kiri menyebabkan jumlah atom H menjadi 4, maka di ruas kanan perlu ditambah 4  $\text{OH}^-$  (dalam suasana basa). Pada setengah reaksi oksidasi, jumlah atom O sudah sama.

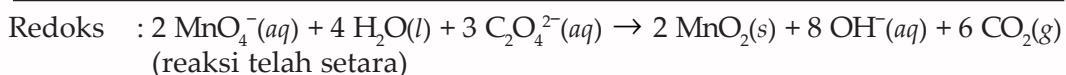
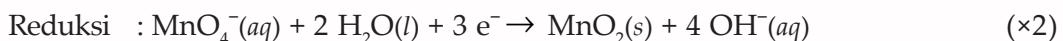


**Langkah 4** Pada reaksi reduksi jumlah muatan di ruas kiri adalah  $-1 + 0 = -1$ , sedangkan jumlah muatan di ruas kanan  $0 + (4 \times -1) = -4$ . Disetarakan jumlah muatannya dengan menambahkan  $3 e^-$  di ruas kiri.

Pada reaksi oksidasi jumlah muatan di ruas kiri = -2 dan di ruas kanan = 0, maka di ruas kanan ditambah  $2 e^-$ .



**Langkah 5** Pada reaksi reduksi jumlah elektron = 3 sedangkan pada reaksi oksidasi jumlah elektron = 2, maka kalikan koefisien dari setengah reaksi reduksi dengan 2 dan kalikan 3 pada setengah reaksi oksidasi.



Kamu telah mempelajari dua metode untuk menyetarakan suatu persamaan reaksi. Kamu dapat memilih salah satu metode yang tepat dan mudah untuk menyetarakan suatu persamaan reaksi. Sebelum memilih metode yang akan kamu gunakan, kamu perlu mencermati persamaan reaksi yang akan disetarakan.

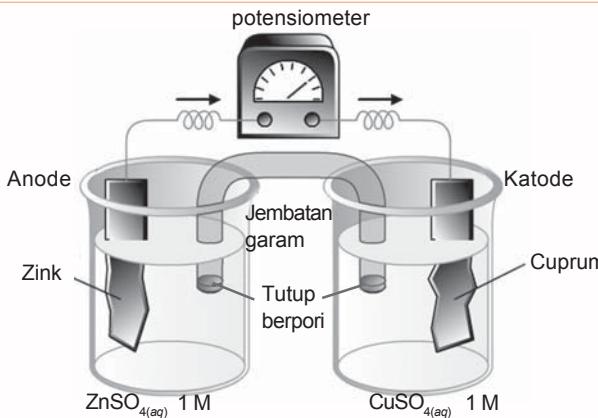
## Latihan 2.2

Setarakan reaksi berikut dengan metode setengah reaksi!

- $I_2(g) + CO^-(aq) \rightarrow IO_3^-(aq) + Cl^-(aq)$  (asam)
- $Cl^-(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g)$  (asam)
- $S_2^-(aq) + I_2(g) \rightarrow SO_4^{2-}(aq) + I^-(aq)$  (basa)

## B. Elektrokimia

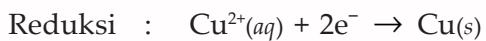
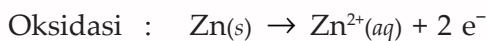
Tahukah kamu, sebelum ada listrik kita menggunakan aki sebagai alat untuk menimbulkan arus listrik untuk menyalakan TV. Sekarang ini penggunaan aki juga masih luas, antara lain pada kendaraan bermotor. Arus listrik pada aki timbul karena adanya perpindahan elektron yang terjadi pada reaksi kimia, dalam hal ini reaksi redoks. Bagaimana reaksi redoks dapat menimbulkan arus listrik? Alat yang memanfaatkan reaksi kimia untuk menghasilkan listrik adalah sel elektrokimia. Sel elektrokimia ada dua jenis yaitu sel Volta (menghasilkan listrik dari reaksi redoks) dan sel elektrolisis (menghasilkan reaksi redoks dari listrik). Pada bab ini akan kita pelajari sel elektrokimia saja, untuk sel elektrolisis akan kita pelajari di bab selanjutnya. Oleh karena keadaan cair lebih memungkinkan terjadinya reaksi daripada gas atau padat, sebagian besar sel elektrokimia dibuat dengan memakai zat cair yang disebut elektrolit yaitu suatu larutan yang mengandung ion dan menimbulkan arus listrik.



**Gambar 2.1** Sel Volta  
Sumber: [www.chem-is-try.org](http://www.chem-is-try.org)

## 1. Sel Volta

Apa yang terjadi jika sepotong logam zink (seng) dicelupkan dalam larutan cuprum (II) sulfat? Permukaan logam zink akan segera ditutupi dengan lapisan cuprum (Cu) dan sedikit demi sedikit logam zink akan larut. Pada kasus ini telah terjadi reaksi redoks, yaitu reaksi reduksi pada ion cuprum (II) dan reaksi oksidasi pada zink. Reaksi tersebut dituliskan seperti berikut.



Elektron berpindah dari Zn ke  $\text{Cu}^{2+}$ . Ion-ion Cu menyelimuti logam Zn, menyerap elektron kemudian mengendap. Adapun atom Zn setelah melepas elektron larut, berubah menjadi  $\text{Zn}^{2+}$ . Pada reaksi ini tidak timbul arus listrik, karena perpindahan elektron terjadi secara langsung yaitu dari logam Zn ke logam Cu. Kedua logam di atas (Zn dan Cu) harus dipisahkan dengan jembatan garam untuk menghasilkan arus listrik. Rangkaian inilah yang dinamakan sel Volta. Perhatikan Gambar 2.1!

Logam zink dicelupkan dalam larutan yang mengandung ion  $\text{Zn}^{2+}$  yaitu larutan zink sulfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) dan logam cuprum dicelupkan dalam larutan yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$  yaitu cuprum (II) sulfat. Masing-masing logam dihubungkan dengan voltmeter.

Untuk menetralkan muatan pada larutan maka dibuatlah tabung penghubung antara larutan. Tabung ini berisi larutan garam misal  $\text{NaCl}$  atau  $\text{KNO}_3$  dalam agar-agar. Tabung penghubung ini disebut *jembatan garam*.

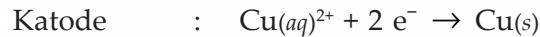
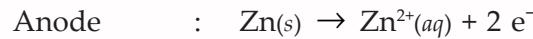
*Bagaimana proses yang terjadi pada sel Volta?*

Logam zink yang dicelupkan dalam larutan zink sulfat akan mengalami oksidasi dengan melepaskan dua elektron membentuk ion  $\text{Zn}^{2+}$ . Elektron yang dilepaskan mengalir melalui kawat pengantar menuju logam Cu dan ditangkap oleh ion  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga ion  $\text{Cu}^{2+}$  mengalami reduksi membentuk Cu. Terjadinya aliran elektron dari logam Zn ke logam Cu ditun-

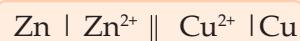
rukkan dengan penyimpangan jarum voltmeter. Larutan dalam jembatan garam berfungsi menetralkan kelebihan ion positif (ion  $Zn^{2+}$ ) dalam larutan  $ZnSO_4$  dengan menetralkan kelebihan ion negatif (ion  $SO_4^{2-}$ ) dalam larutan.

Elektrode di mana reaksi oksidasi terjadi disebut *anode*. Adapun elektrode di mana reaksi reduksi terjadi disebut *katode*.

Reaksi yang terjadi pada sel Volta dapat dituliskan seperti berikut.



Susunan sel Volta dinyatakan dengan notasi singkat yang disebut *diagram sel*. Diagram sel pada sel Volta di atas dapat dituliskan seperti berikut.

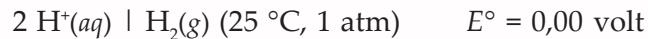
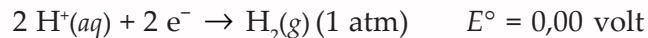


Notasi tersebut menyatakan bahwa pada anode terjadi reaksi oksidasi Zn menjadi  $Zn^{2+}$ . Adapun di katode terjadi reaksi reduksi  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi Cu. Dua garis sejajar ( $||$ ) menyatakan jembatan garam dan garis tunggal sejajar ( $|$ ) menyatakan batas antarfase.

## 2. Potensial Elektrode Standar

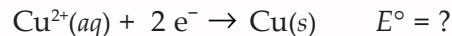
Untuk mengukur potensial dipilih elektrode hidrogen sebagai elektrode pembanding. Hidrogen diabsorpsi oleh logam platina murni (*inert*) sehingga ion  $H^+$  dari larutan bersentuhan dengan hidrogen. Potensial sel yang dihasilkan oleh suatu elektrode yang dibandingkan dengan elektrode hidrogen disebut dengan *potensial elektrode* dengan lambang  $E$ . Jika pengukuran dilakukan pada keadaan standar yaitu pada suhu  $25^\circ\text{C}$ , tekanan 1 atm dengan konsentrasi ion-ion 1 M disebut *potensial elektrode standar* yang diberi lambang  $E^\circ$ .

Kondisi ini dapat dituliskan seperti berikut.

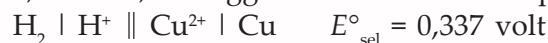


Bagaimana cara menentukan potensial elektrode baku, untuk elektrode yang lainnya?

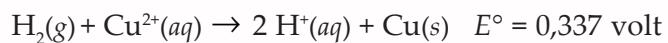
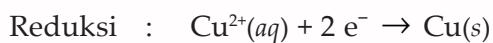
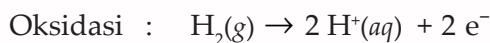
Misalkan kita mempunyai elektrode Cu dan Cl, maka kita menuliskannya:



Untuk mengukur  $E^\circ$  elektrode di atas maka kita menggunakan  $\text{H}_2$  sebagai elektrode standar dan Cu ditempatkan pada elektrode selanjutnya. Ternyata perbedaan potensial yang diukur adalah 0,337 volt, sehingga kondisi tersebut dapat dituliskan:



Jadi, reaksi yang terjadi pada sel Volta adalah seperti berikut.



Harga potensial elektrode standar dapat kamu lihat pada lampiran.

### a. Potensial sel

Potensial sel ( $E^\circ_{\text{sel}}$ ) merupakan beda potensial yang terjadi pada kedua elektrode. Potensial dapat ditentukan dengan cara mengukur potensial listrik yang timbul dari pengga-bungan dua setengah sel menggunakan voltmeter atau potensiometer.

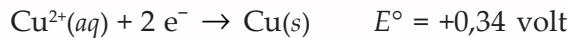
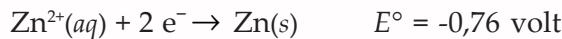
Potensial sel juga dapat dihitung dengan cara menghitung selisih potensial elektrode yang digunakan. Secara matematis dapat dituliskan seperti berikut.

$$E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$$

Katode merupakan elektrode yang mempunyai harga  $E^\circ$  lebih besar, sedangkan anode merupakan elektrode yang mempunyai harga  $E^\circ$  lebih kecil.

### Contoh

Pada sel Volta diketahui dua elektrode Zn dalam larutan  $\text{Zn}^{2+}$  dan elektrode Cu dalam  $\text{Cu}^{2+}$ .



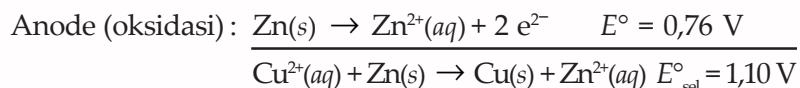
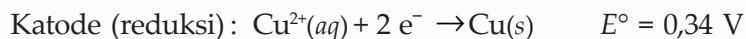
- Tentukan elektrode sebagai anode dan katode.
- Tentukan potensial sel ( $E^\circ_{\text{sel}}$ ).
- Tuliskan reaksi pada sel Volta.

### Penyelesaian:

- Oleh karena  $E^\circ_{\text{sel}} \text{Zn} < E^\circ_{\text{sel}} \text{Cu}$ , maka Zn sebagai anode dan Cu sebagai katode.

$$\begin{aligned} b. \quad E^\circ_{\text{sel}} &= E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}} \\ &= E^\circ_{\text{Cu}} - E^\circ_{\text{Zn}} \\ &= 0,34 - (-0,76) \\ &= 1,1 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- Reaksi pada sel Volta



Bagaimana hubungan potensial sel dengan reaksi spontan?

Jumlah potensial setengah reduksi dan setengah reaksi oksidasi reaksi redoks dapat dituliskan seperti berikut.

$$E^\circ_{\text{redoks}} = E^\circ_{\text{reduksi}} - E^\circ_{\text{oksidasi}}$$

### Info Kimia

Alessandro Volta, Penemu  
Baterai (1745 – 1827)



Alessandro Giuseppe Antonia Anastasio Volta lahir di Como, Italia. Penemu baterai pertama ini lahir pada 18 Februari 1745.

Sekarang, Volta dikenang sebagai penemu listrik arus tetap. Ia juga menemukan elektrostatika, meteorologi, dan pneumatik. Baterai listrik adalah puncak karya Volta.

Sumber: Microsoft Student 2006

Tabel 2.1 Deret Volta

Logam	$E^\circ$ (V)
Li	-3,04
K	-2,92
Ba	-2,90
Ca	-2,87
Na	-2,71
Mg	-2,37
Al	-1,66
Mn	-1,18
Zn	-0,76
Cr	-0,74
Fe	-0,44
Ni	-0,28
Co	-0,28
Sn	-0,14
Pb	-0,13
(H)	0,00
Cu	+0,34
Hg	+0,79
Ag	+0,80
Au	+1,52

Sumber: Kimia Universitas

Potensial reaksi redoks ini digunakan untuk meramalkan apakah suatu reaksi berlangsung spontan atau tidak.

- Bila  $E^\circ_{\text{sel}}$  positif maka reaksi akan terjadi spontan
- bila  $E^\circ_{\text{sel}}$  negatif maka reaksi tidak akan terjadi spontan

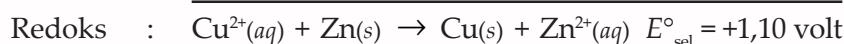
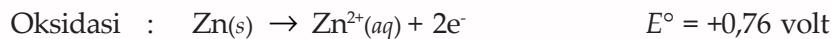
### Contoh

Diketahui data potensial elektrode sebagai berikut:



Ramalkan apakah reaksi tersebut dapat berlangsung spontan?

*Penyelesaian:*



Oleh karena  $E^\circ$  positif, berarti reaksi berlangsung spontan.

*Bagaimakah aliran elektron pada elektrokimia?*

Oleh karena sel elektrokimia mempunyai dua kutub, berarti bahwa salah satu dari elektrode tersebut adalah positif (katode) dan elektrode yang lain adalah negatif, sehingga aliran elektron mengalir secara spontan dari anode ke katode.

### b. Deret Volta

Perhatikan kembali sel Volta di halaman 29!

Mengapa logam zink yang mengalami oksidasi, bukan logam tembaga?

Unsur-unsur logam disusun berdasarkan potensial elektrode standarnya. Susunan ini disebut **deret Volta**. Berikut deret Volta. Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

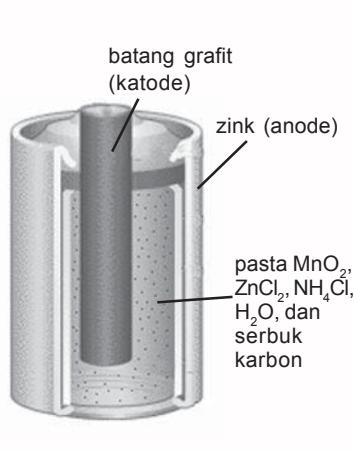
Pada deret Volta, dari kiri ke kanan makin mudah mengalami reaksi reduksi atau dari kanan ke kiri makin mudah mengalami reaksi oksidasi. Logam-logam di sebelah kiri atom H memiliki harga  $E^\circ$  negatif. Adapun logam-logam di sebelah kanan atom H memiliki harga  $E^\circ$  positif. Perhatikan harga potensial elektrode standar dari deret volta pada Tabel 2.1. Jadi hal inilah yang menyebabkan dalam sel Volta yang mengalami oksidasi adalah logam zink bukan logam tembaga.

### 3. Beberapa Sel Volta

#### a. Sel Leclanche atau Sel Kering

Sel kering banyak digunakan pada alat-alat elektronika, misal lampu senter. Sel kering ditemukan oleh **Leclanche**, sehingga sering disebut *sel Leclanche*.

Pada sel Leclanche, reaksi oksidasi terjadi pada zink dan reaksi reduksi terjadi pada karbon yang inert. Elektrolitnya adalah

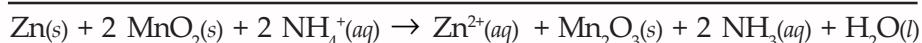
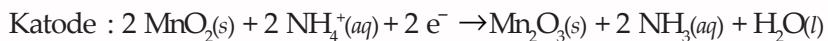
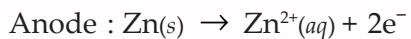


Gambar 2.2 Sel Leclanche

Sumber: Microsoft Student 2006

pasta yang basah terdiri dari  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NHCl}$  dan karbon hitam. Disebut sel kering karena dalam sel tidak terdapat cairan yang bebas.

Reaksi yang terjadi pada sel Leclanche dapat dituliskan seperti berikut.

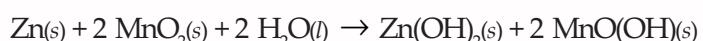
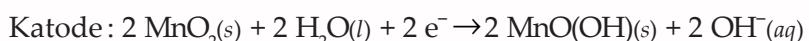
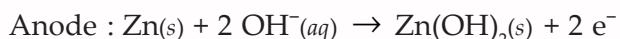


$\text{Zn}^{2+}$  dapat bereaksi dengan  $\text{NH}_3$  membentuk ion kompleks  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

Potensial tiap sel Leclanche adalah 1,5 volt. Sel Leclanche tidak dapat diisi ulang, sehingga disebut *sel primer*. Contoh sel kering antara lain baterai yang biasanya digunakan dalam senter dan baterai berbentuk kancing yang digunakan dalam arloji dan kalkulator.

Sel Leclanche sekarang bisa diganti oleh baterai alkalin. Baterai ini terdiri dari anode zink, katode mangan dioksida, dan elektrolit kalium hidroksida.

Reaksi yang terjadi pada sel Leclanche dapat dituliskan seperti berikut.

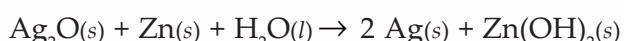
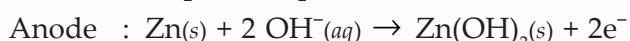
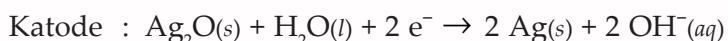


Potensial dari baterai alkalin adalah 1,5 volt. Kelebihan baterai alkalin dibanding sel Leclance adalah lebih tahan lama.

#### b. Baterai Perak Oksida

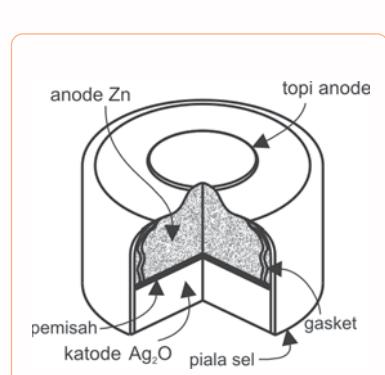
Pernahkah kamu mendengar orang memakai alat bantu pendengaran? Alat bantu pendengaran menggunakan baterai perak oksida.

Reaksi yang terjadi pada baterai perak oksida seperti berikut.



#### c. Baterai Merkurium (II) Oksida

Baterai ini menggunakan kalium hidroksida sebagai elektrolit dengan voltasenya sekitar 1,4 volt. Anodenya adalah zink dan katodenya biasanya digunakan oksida yang mudah direduksi atau suatu elektrode lamban yang bersentuhan dengan oksida.



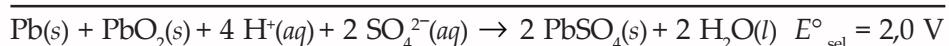
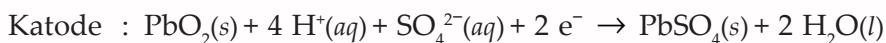
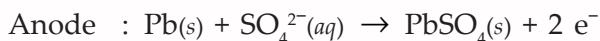
**Gambar 2.3** Baterai Perak Oksida  
Sumber: *Kimia untuk Universitas*



**Gambar 2.4** Aki  
Sumber: Dokumen Penerbit

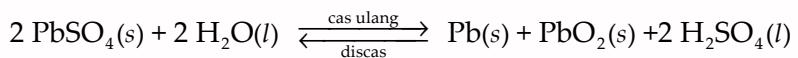
#### d. Aki (Sel Penyimpan Timbel)

Kamu tentu sudah melihat aki. Aki merupakan sel Volta yang banyak digunakan dalam kendaraan bermotor. Selain itu aki juga dapat diisi ulang kembali. Tahukah kamu bagian dalam aki? Aki disusun dari lempeng timbel (Pb) dan timbel oksida ( $PbO_2$ ) yang dicelupkan dalam larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Apabila aki memberikan arus maka lempeng timbel Pb bertindak sebagai anode dan lempeng timbel dioksida ( $PbO_2$ ) sebagai katode. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Pada kedua elektrode terbentuk timbel sulfat ( $PbSO_4$ ). Hal ini dikarenakan timbel sulfat terdepositakan pada elektrode di mana garam ini terbentuk, bukannya terlarut ke dalam larutan.

Apabila keping tertutup oleh  $PbSO_4$  dan elektrolitnya telah diencerkan oleh air yang dihasilkan, maka sel akan menjadi kosong. Untuk mengisi kembali, maka elektron harus dialirkan dalam arah yang berlawanan menggunakan sumber listrik dari luar. Timbel sulfat dan air diubah kembali menjadi timbel, timbel dioksida dan asam sulfat dengan reaksi seperti berikut.

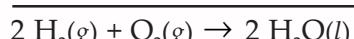


#### e. Sel bahan bakar

Sel bahan bakar telah digunakan pesawat ruang angkasa dalam program Appolo ke bulan.

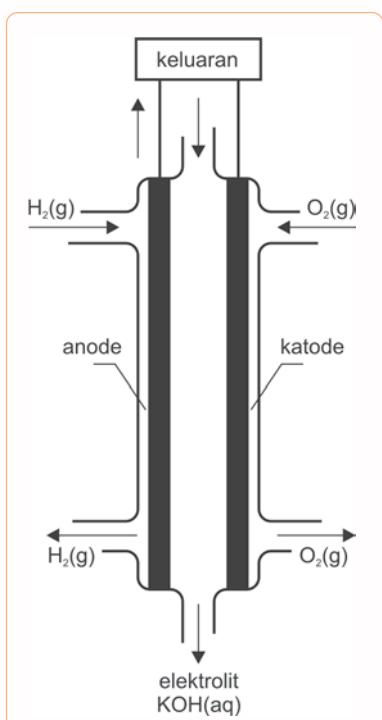
Pada sel bahan bakar biasanya menggunakan oksigen di katode dan satu gas yang dapat dioksidasi pada anode.

Adapun reaksi yang terjadi pada sel bahan bakar adalah:



Uap air yang dihasilkan diembunkan dan ditambahkan dalam persediaan air minum untuk para astronot. Sel bahan bakar ini memiliki kelebihan yaitu efisien, sedikit pembakaran, bebas polusi, tidak berisik, dan mudah dibawa.

Sel bahan bakar tidak berhenti memberikan muatan selama ada sumber bahan bakar, biasanya hidrogen dari gas alam dan oksigen dari udara.



**Gambar 2.5** Skema Sel Bahan Bakar

Sumber: Kimia untuk Universitas

## C. Korosi

Kata korosi merupakan kata yang akrab kita dengar, korosi selalu berhubungan dengan logam. Korosi dapat kita artikan sebagai serangan kimia pada suatu logam oleh lingkungannya.

Pada hakikatnya korosi adalah suatu reaksi, di mana suatu logam dioksidasi. Jadi tidak selamanya reaksi reduksi-oksidasi menguntungkan.

Bagaimana cara mencegah korosi? Untuk memahami peristiwa korosi dan cara mencegahnya lakukan percobaan berikut ini.

## Kegiatan 2

### Korosi pada Besi

#### A. Tujuan

Memahami peristiwa korosi pada besi dan pengaruh logam lain terhadap korosi besi.

#### B. Alat dan Bahan

- Tabung reaksi dan rak
- Cawan petri
- Gelas kimia
- Elektrode C
- Kabel dan jepit buaya
- Baterai 12 V dan wadahnya
- Kertas amplas
- Tabung U
- Pita Mg
- Lempeng Zn, Pb, Sn, Cu
- Indikator fenolftalein (PP)
- Paku
- Larutan NaOH
- Larutan  $\text{Fe}^{2+}$  ( $\text{FeCl}_2$ )
- Larutan  $\text{Fe}^{3+}$  ( $\text{FeCl}_3$ )
- Larutan  $\text{Zn}^{2+}$  ( $\text{ZnCl}_2$ )
- Larutan kalium heksasianoferat(III) ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  5%)
- Larutan agar-agar, dibuat dengan
  1. tambahkan 6 gram agar-agar dan 15 gram NaCl ke dalam 500 mL air kemudian panaskan hingga semua larut,
  2. tambahkan 10 mL larutan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  5% dan 4 mL indikator PP.

#### C. Cara Kerja

1. Percobaan pendahuluan (untuk membedakan ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ ). Siapkan 3 tabung reaksi berisi masing-masing larutan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  5% kemudian tambahkan pada masing-masing tabung tersebut larutan  $\text{Fe}^{2+}$ , larutan  $\text{Fe}^{3+}$ , dan larutan  $\text{Zn}^{2+}$ . Amati perubahan yang terjadi. Tambahkan indikator PP ke dalam larutan.
2. Setelah melakukan percobaan pendahuluan lakukan percobaan berikut:
  - a. Letakkan sepotong paku yang bersih pada cawan petri.
  - b. Lilitkan sepotong pita Mg erat-erat pada paku kedua. Letakkan paku tersebut dalam cawan petri. Lilitkan lempeng-lempeng logam lain (Zn, Pb, Sn, dan Cu) masing-masing pada paku 3, 4, 5, dan 6. Letakkan masing-masing logam itu pada cawan petri yang berbeda.

- Tuangkan larutan agar-agar yang suam-suam kuku ke dalam keenam cawan petri tersebut dan larutan PP sampai menutupi paku.
- Amati tiap jam dan catat hasil pengamatamu.

#### D. Hasil Percobaan

- Tabel hasil percobaan pendahuluan

Larutan	Pengamatan
$K_3Fe(CN)_6 + Fe^{2+}$	
$K_3Fe(CN)_6 + Fe^{3+}$	
$K_3Fe(CN)_6 + Zn^{2+}$	

- Tabel pengamatan

Logam	Pengamatan	
	Paku	Logam yang dililitkan
Paku Paku yang dililit dengan: a. Mg b. Zn c. Pb d. Sn e. Cu		

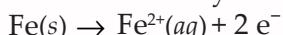
#### E. Analisa Data

- Perhatikan harga potensial reduksi dan logam-logam yang kamu gunakan dalam percobaan ini. Bagaimana hubungan antara potensial reduksi dengan proses perkaratan?
- Berdasarkan harga potensial reduksi, logam apa saja yang dapat digunakan untuk melapisi besi agar tidak mudah berkarat?
- Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

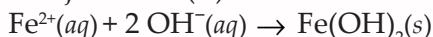
Dari percobaan di atas pada paku yang belum dilapisi logam lain setelah dimasukkan pada agar-agar dalam air, sepanjang batang paku berwarna jingga dan timbul endapan biru. Ini menunjukkan adanya besi (II) yang memicu terjadinya korosi.

Adapun paku yang telah dililit dengan logam lain tidak mengalami korosi. Proses terjadinya korosi pada besi dapat dijelaskan sebagai berikut.

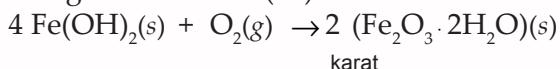
Pada mulanya besi teroksidasi menjadi ion besi (II).



Selanjutnya ion besi (II) bereaksi dengan ion hidroksil menjadi besi (II) hidroksida.



Besi (II) hidroksida kemudian dioksidasi oleh oksigen menghasilkan besi (III) oksida atau disebut *karat*.



Jadi karat terbentuk saat besi (Fe) teroksidasi oleh oksigen di udara dengan bantuan air. Proses korosi akan terus berlanjut hingga logam tersebut berkarat seluruhnya. Perkaratan ini sangat merugikan karena merusak struktur logam.

Untuk melindungi besi dari karat, kita dapat memanfaatkan reaksi reduksi oksidasi. Perlindungan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain seperti berikut.

#### 1. *Tin Plating*

Tin plating yaitu pelapisan dengan timah, dilakukan dengan elektrolisis yang dikenal dengan *electroplating*. Perlindungan dengan timah hanya efektif jika lapisan utuh, jika lapisan timah ada yang rusak maka timah justru mempercepat korosi besi.

#### 2. *Galvanisasi*

Galvanisasi merupakan pelapisan dengan zink. Oleh karena potensial elektrode besi lebih negatif daripada zink maka besi bertindak sebagai katode dan zink mengalami oksidasi.

#### 3. *Cromium Plating*

Cromium plating merupakan pelapisan dengan kromium. Pelapisan ini menjadikan logam mengilap.

#### 4. *Sacrificial Protection*

Perlindungan ini disebut juga pengorbanan anode, karena logam pelapisnya yaitu magnesium lebih mudah berkarat daripada besi. Oleh karena itu, jika magnesium dikontakkan dengan besi maka besi tidak berkarat sedangkan yang berkarat adalah magnesium.

### Tugas Mandiri

Coba rancang suatu percobaan untuk melakukan *cromium plating* secara sederhana. Presentasikan hasil rancanganmu di depan kelas untuk mendapat tanggapan dari teman-temanmu.

## Latihan 2.3

1. Hitung  $E_{\text{sel}}^{\circ}$  dari sel berikut. (Tabel harga  $E^{\circ}$  dapat kamu lihat di lampiran)
  - a. Cu | Cu<sup>2+</sup> || Cl<sup>-</sup> | Cl<sub>2</sub>
  - b. Zn | Zn<sup>2+</sup> || Sn<sup>2+</sup> | Sn
2. Ramalkan reaksi berikut dengan memperhatikan harga  $E^{\circ}$ , apakah terjadi reaksi spontan atau tidak?
  - a. Sn(s) + Zn<sup>2+</sup>(aq) → Sn<sup>2+</sup>(aq) + Zn(s)
  - b. 2 Fe<sup>3+</sup>(aq) + 2 I<sup>-</sup>(aq) → 2 Fe<sup>2+</sup>(aq) + I<sub>2</sub>(g)
3. Mengapa sumber arus listrik pada sel bahan bakar tidak menimbulkan bahaya dan pencemaran? Jelaskan!

## Rangkuman

- ✓ Reaksi reduksi-oksidasi merupakan reaksi kimia yang disertai perubahan bilangan oksidasi.
- ✓ Suatu reaksi redoks dikatakan setara, apabila:
  - Jumlah atom di ruas kiri sama dengan jumlah atom di ruas kanan.
  - Jumlah muatan ion di ruas kiri sama dengan jumlah muatan di ruas kanan.
- ✓ Persamaan reaksi redoks dapat disetarkan dengan dua metode yaitu metode bilangan dan metode setengah reaksi.
- ✓ Sel elektronikimia memanfaatkan reaksi kimia untuk menghasilkan listrik.
- ✓ Pada sel Volta atau sel Galvani reaksi redoks spontan menghasilkan energi listrik. Dalam sel terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Anode adalah elektrode tempat terjadinya reaksi oksidasi. Katode adalah elektrode tempat terjadinya reaksi reduksi. Arah gerak arus listrik adalah dari anode menuju katode. Pada sel Volta terdapat jembatan garam yang berfungsi menyetimbangkan ion-ion dalam larutan.
- ✓ Potensial elektrode merupakan ukuran besarnya kecenderungan suatu unsur untuk melepas/menyerap elektron. Potensial yang dihasilkan oleh suatu elektrode yang dihubungkan dengan elektrode disebut potensial elektrode standar.

Potensial sel dirumuskan:

$$E_{\text{sel}}^{\circ} = E_{\text{reduksi}}^{\circ} - E_{\text{oksidasi}}^{\circ}$$

- ✓ Beberapa sel Volta dalam kehidupan sehari-hari:

- sel aki
- sel kering
- baterai perak oksida
- baterai merkurium (II) oksida
- sel bahan bakar

- ✓ Korosi terjadi sebagai akibat dari reaksi oksidasi karena adanya oksigen dan uap air. Perlindungan logam terhadap korosi dapat dilakukan dengan memanfaatkan prinsip elektrokimia, antara lain *tin plating*, *galvanisasi*, *cromium plating*, dan *sacrificial protection*.

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Belerang mempunyai bilangan oksidasi paling tinggi terdapat pada senyawa ....
 

A. $\text{HSO}_3^-$	D. $\text{H}_2\text{SO}_4$
B. $\text{H}_2\text{S}$	E. $\text{H}_2\text{SO}_3$
C. $\text{SO}_2$	
2. Perhatikan persamaan reaksi redoks berikut.  
 a  $\text{MnO}_4^- + 16 \text{H}^+ + 5 \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow$   
 b  $\text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}_2\text{O} + 10 \text{CO}_2$   
 a dan b berturut-turut adalah ....
 

A. 2 dan 3	D. 3 dan 5
B. 2 dan 2	E. 2, 4, dan 5
C. 2 dan 5	
3. Perhatikan reaksi berikut (belum setara).  
 $\text{Cr(OH)}_4^- + \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{CrO}_4^-$   
 Jumlah mol  $\text{Cr(OH)}_4^-$  yang dapat dioksidasi oleh 1 mol  $\text{MnO}_4^-$  adalah ....
 

A. 3 mol	D. $\frac{1}{2}$ mol
B. 2 mol	E. $\frac{1}{3}$ mol
C. 1 mol	
4.  $\text{H}_2\text{S}$  dapat dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{MnO}_2$ . Dalam reaksi ini setiap mol  $\text{H}_2\text{S}$  melepaskan ....
 

A. 2 mol elektron	D. 6 mol
B. 4 mol elektron	E. 8 mol
C. 5 mol elektron	
D. 7 mol elektron	
E. 8 mol elektron	
5.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HI} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 Satu mol asam sulfat dapat menghasilkan hidrogen iodida sebanyak ....
 

A. 1 mol	D. 6 mol
B. 2 mol	E. 8 mol
C. 4 mol	
6. Jika diketahui harga  $E^\circ$  untuk Zn dan Cu yaitu:  
 $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn} \quad E^\circ = -0,76 \text{ volt}$   
 $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu} \quad E^\circ = +0,34 \text{ volt}$   
 Potensial sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu yang berjalan spontan adalah ....
 

A. 0,34 volt	D. 0,42 volt
B. 1,10 volt	E. 3,14 volt
C. 2,20 volt	
7. Aki mobil mempunyai elektrode Pb dan  $\text{PbO}_2$ . Jika dalam aki itu digunakan elektrode-elektrode Pb dan  $\text{PbO}_2$  akan mengalami perubahan yaitu ....
 

A. Pb berubah menjadi $\text{PbO}_2$ dan $\text{PbO}_2$ tidak mengalami perubahan
B. Pb berubah menjadi $\text{PbSO}_4$ dan $\text{PbO}_2$ tidak mengalami perubahan
C. Kedua elektrode tidak mengalami perubahan
D. Pb larut, sedangkan $\text{PbO}_2$ berubah menjadi $\text{PbSO}_4$
E. Pb dan $\text{PbO}_2$ berubah menjadi $\text{PbSO}_4$
8. Diketahui potensial standar untuk reaksi sel seperti berikut.  
 $\text{Pb}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Pb} + \text{Zn}^{2+} \quad E^\circ = 0,63 \text{ volt}$   
 $\text{Cu}^{2+} + \text{Pb} \rightarrow \text{Cu} + \text{Pb}^{2+} \quad E^\circ = 0,57 \text{ volt}$   
 Berdasarkan harga potensial sel di atas maka urutan ketiga logam yang sesuai dengan urutan reduktor yang menurun yaitu ....
 

A. Zn, Cu, Pb	D. Cu, Zn, Pb
B. Cu, Pb, Zn	E. Pb, Zn, Cu
C. Zn, Pb, Cu	
9. Suatu sel Volta terdiri dari elektrode Ag yang dicelupkan di dalam larutan  $\text{Ag}^+$  1 M dan elektrode Zn yang dicelupkan ke dalam larutan  $\text{Zn}^{2+}$  1 M. Jika diketahui  $E^\circ$  reduksi seperti berikut.  
 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} \quad E^\circ = +0,80 \text{ volt}$   
 $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn} \quad E^\circ = -0,76 \text{ volt}$   
 Berdasarkan data di atas pernyataan di bawah ini benar, *kecuali* ....
 

A. elektrode Ag bertindak sebagai katode
B. elektrode Zn bertindak sebagai anode
C. potensial standar sel ialah 2,36 volt
D. reaksi selnya $2 \text{Ag}^+ + \text{Zn}_2 \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Zn}^{2+}$
E. logam Ag mengendap pada elektrode Ag
10. Logam yang dapat mencegah korosi pada besi yang ditanam di dalam tanah adalah ....
 

A. Cu	D. Mg
B. Pb	E. Ni
C. Sn	

11. Diketahui potensial elektrode standar seperti berikut.
- |                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| $Zn^{2+} + 2 e^- \rightarrow Zn$ | $E^\circ = -0,76$ volt |
| $Cu^{2+} + 2 e^- \rightarrow Cu$ | $E^\circ = +0,34$ volt |
| $Mg^{2+} + 2 e^- \rightarrow Mg$ | $E^\circ = -2,34$ volt |
| $Cr^{3+} + 3 e^- \rightarrow Cr$ | $E^\circ = -0,74$ volt |
- Harga potensial sel yang paling kecil terdapat pada:
- $Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu$
  - $Zn | Zn^{2+} || Cr^{3+} | Cr$
  - $Mg | Mg^{2+} || Cr^{3+} | Cr$
  - $Cr | Cr^{3+} || Cu^{2+} | Cu$
  - $Mg | Mg^{2+} || Cu^{2+} | Cu$
12. Logam A dapat mendesak logam B dari larutannya, logam C dapat mendesak logam B dari larutannya, logam C tidak dapat mendesak logam A dari larutannya. Urutan potensial reduksi yang semakin meningkat adalah ....
- A, B, C
  - A, C, B
  - C, B, A
  - B, C, A
  - C, B, A
13. Perhatikan potensial sel berikut.
- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| $A   A^{2+}    B^{2+}   B$ | $E^\circ = 3,5$ volt  |
| $C   C^{2+}    D^{2+}   D$ | $E^\circ = 1,2$ volt  |
| $C   C^{2+}    B^{2+}   B$ | $E^\circ = 1,75$ volt |
- Potensial sel:  $A | A^{2+} || D^{2+} | D$  adalah ....
- 2,95 volt
  - 6,45 volt
  - 4,05 volt
  - 0,35 volt
  - 4,7 volt
14. Bertindak sebagai anode pada aki adalah ....
- Zn
  - $PbO_2$
  - Pb
  - $PbSO_4$
  - Cu
15. Apabila suatu logam mengalami korosi, maka logam tersebut ....
- mengalami reaksi reduksi
  - mengalami reaksi oksidasi dan membentuk oksidanya
  - terhidrolisis menjadi larutan
  - menerima elektron dari  $O_2$  di udara
  - membentuk senyawa yang beracun

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Setarkan reaksi berikut dengan metode bilangan oksidasi!
  - $Cr_2O_7^{2-} + SO_2 \rightarrow Cr^{3+} + HSO_4^-$
  - $HNO_3 + H_2S \rightarrow NO + S + H_2O$
- Setarkan reaksi berikut dengan metode setengah reaksi!
  - $SO_3^{2-} + CrO_4^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + CrO_4^{2-}$
  - $ClO_3^- + N_2H_4 \rightarrow Cl^- + NO + H_2O$
- Diketahui:  
 $Cu^{2+} | Cu \quad E^\circ = +0,34$  volt  
 $Ag^+ | Ag \quad E^\circ = +0,8$  volt  
 Tentukan:  
 a. reaksi sel dengan elektrode Ag dan Cu,  
 b. notasi sel Volta,  
 c. harga potensial sel!
- Diketahui:  
 $Zn^{2+}(aq) | Zn(s) \quad E^\circ = -0,76$  volt  
 $Ag^+(aq) | Ag(s) \quad E^\circ = +0,80$  volt  
 Tentukan:  
 a. elektrode yang berfungsi sebagai katode dan anode,  
 b. besar potensial sel,  
 c. diagram sel redoks!
- a. Jelaskan fungsi jembatan garam dalam sel elektrokimia!  
 b. Jelaskan reaksi perkaratan besi!

# BAB III

## Reaksi Elektrolisis dan Hukum Faraday



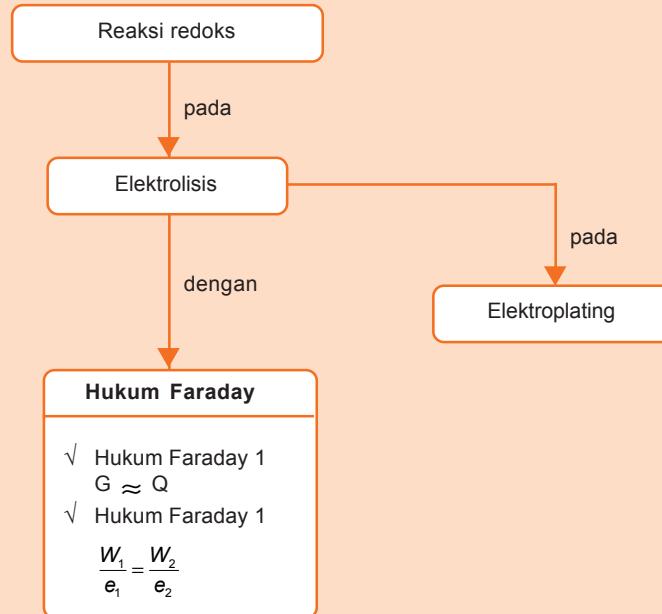
Sumber: *Photo Image*

Benda-benda di atas terlihat berkilau indah. Apakah yang menjadikan benda tersebut tampak indah? Benda tersebut berkilau indah karena dilapisi perak atau disepuh. Penyepuhan (*electroplating*) memanfaatkan prinsip elektrolisis. Apakah elektrolisis itu? Apakah reaksi yang terjadi pada elektrolisis? Dan apakah manfaat lain dari elektrolisis itu?



# Peta Konsep

peta konsep



Kata kunci : elektrolisis, anode, katode, hukum Faraday

**P**ernahkah kamu melihat peristiwa penyepuhan suatu logam? Peristiwa penyepuhan merupakan suatu peristiwa elektrolisis. Kata elektrolisis berasal dari *elektro* (listrik) dan *analisa* (uraian). Jadi elektrolisis adalah proses pemisahan senyawa kimia karena adanya arus listrik.

Pada dasarnya elektrolisis memanfaatkan energi listrik untuk menjalankan reaksi redoks yang tidak spontan, yang merupakan kebalikan dari elektrokimia. Mari kita pelajari lebih lanjut agar lebih jelas.

## A. Redoks dalam Elektrolisis

Dulu kita beranggapan bahwa suatu senyawa kimia tidak dapat dipisahkan secara kimia, tapi hanya secara fisika. Seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi, sekarang ini telah diketahui bahwa elektrolisis dapat digunakan untuk memisahkan senyawa kimia. Prinsip elektrolisis adalah memanfaatkan reaksi redoks. Sel elektrolisis tidak memerlukan jembatan garam seperti sel elektrokimia. Komponen utama sel elektrolisis adalah wadah, elektrode, elektrolit, dan sumber arus searah.

Elektrode pada sel elektrolisis terdiri atas katode yang bermuatan negatif dan anode yang bermuatan positif. Hal inilah yang membedakan dengan sel elektrokimia. Untuk memahami peristiwa elektrolisis, lakukan kegiatan berikut.

### Kegiatan 3

#### Elektrolisis

##### A. Tujuan

Memahami peristiwa elektrolisis dalam larutan kalium iodida (KI).

##### B. Alat dan Bahan

- |                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| - Tabung U             | - Tabung reaksi                    |
| - Gelas kimia          | - Kertas laksmus merah             |
| - Elektrode karbon     | - Kertas laksmus biru              |
| - Baterai dan wadahnya | - Indikator fenol ptealin (PP)     |
| - Kabel                | - Larutan kalium iodida (KI) 0,5 M |
| - Pipet tetes          | - Larutan amilum                   |

##### C. Cara Kerja

1. Isi tabung U dengan larutan KI 0,5 M sampai  $\frac{3}{4}$  tinggi.
2. Masukkan elektrode karbon ke dalam kedua kaki tabung U dan hubungkan kedua elektrode dengan baterai selama  $\pm 5$  menit.
3. Ambil larutan pada ruang katode dan anode. Selanjutnya masukkan dalam tabung reaksi yang berbeda. Bagilah menjadi empat tabung reaksi dan tambahkan amilum pada dua tabung dan dua tabung yang lain tambahkan indikator pp.  
Tabung I : Larutan dari anode + 3 tetes larutan amilum  
Tabung II : Larutan dari anode + 3 tetes indikator PP  
Tabung III : Larutan dari katode + 3 tetes larutan amilum  
Tabung IV : Larutan dari katode + 3 tetes indikator PP
4. Amati perubahan yang terjadi!

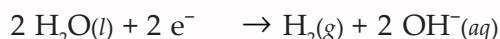
## D. Hasil Percobaan

Larutan dalam	Warna Larutan		
	Mula-mula	Setelah ditambah amilum	Setelah ditambah PP
Anode			
Katode			

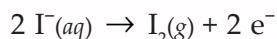
## E. Analisa Data

1. Mengapa terjadi perubahan warna setelah ditambahkan amilum?
2. Bagaimana reaksi yang terjadi pada anode? Dan apakah zat yang terbentuk di anode?
3. Mengapa terjadi perubahan warna setelah ditambahkan fenol Ptalein (PP)?
4. Bagaimana reaksi yang terjadi pada katode? Dan apakah zat yang terbentuk di katode?
5. Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

Dari percobaan di atas larutan KI dielektrolisis dengan elektrode karbon (grafit). Pada larutan KI terionisasi menjadi  $K^+$  dan  $I^-$ . Pada tabung reaksi yang telah diberi larutan PP maka larutan dari anode akan berubah menjadi merah. Hal ini disebabkan  $K^+$  bergerak pada katode, sehingga elektron akan masuk pada larutan. Kation direduksi di katode adalah  $H_2O$ , sehingga terjadi reduksi terhadap  $H_2O$ .



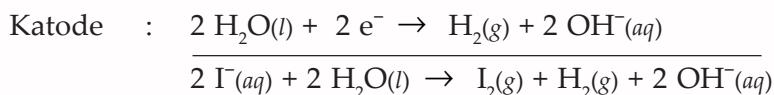
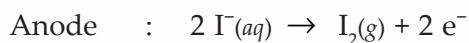
Adanya ion  $OH^-$  pada katode ini ditunjukkan adanya warna merah. Adapun pada anode terjadi reaksi oksidasi di mana ion negatif ( $I^-$ ) yang berasal dari larutan bergerak menuju elektrode positif, selanjutnya ion  $I^-$  melepaskan elektron di sekitar elektrode positif dan mengalir ke kutub negatif. Jadi ion  $I^-$  melepaskan elektron di sekitar elektrode positif dan mengalir ke kutub negatif, sehingga akan terjadi reaksi seperti berikut.



Adanya  $I_2$  dapat diuji dengan amilum. Jika larutan diteteskan amilum berubah warna menjadi ungu berarti dalam larutan tersebut terdapat  $I_2$ .

Sepererti halnya pada reaksi elektrokimia, reaksi elektrolisis merupakan gabungan reaksi di anode dan katode. Pada reaksi elektrolisis di katode akan mengalami reaksi reduksi, sedangkan di anode akan mengalami reaksi oksidasi.

Pada percobaan di atas reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.



Jadi pada elektrolisis KI, di anode dihasilkan  $\text{I}_2$  dan pada katode dihasilkan  $\text{H}_2$ .

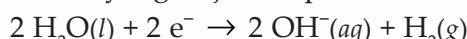
Berikut hal-hal yang berkaitan dengan elektrolisis.

### 1. Reaksi pada Katode

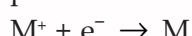
Oleh karena katode bermuatan negatif maka pada katode terjadi reaksi reduksi. Reaksi di katode bergantung jenis kation dalam larutan.

- Kation dapat berasal dari golongan alkali, alkali tanah, Al atau Mn yaitu ion-ion logam yang memiliki elektrode lebih dari kecil atau lebih negatif daripada pelarut (air), sehingga air yang tereduksi.

Reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.



- Ion-ion logam yang memiliki  $E^\circ$  lebih besar dari -0,83 direduksi menjadi logam yang diendapkan pada permukaan katode.



- Ion  $\text{H}^+$  dari asam direduksi menjadi gas hidrogen ( $\text{H}_2$ )



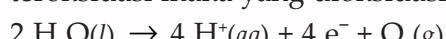
- Apabila di dalam elektrolisis yang dipakai adalah leburan, maka akan terjadi reaksi seperti berikut.



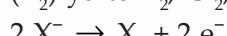
### 2. Reaksi pada Anode

Oleh karena anode bermuatan positif maka pada anode terjadi reaksi oksidasi.

- Ion-ion sisa asam oksi, misalnya  $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{NO}_3^-$  tidak teroksidasi maka yang dioksidasi adalah air.



- Ion-ion halida yaitu  $\text{F}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  dioksidasi menjadi halogen ( $\text{X}_2$ ) yaitu  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$  dengan reaksi seperti berikut.



- Ion  $\text{OH}^-$  dari basa yang dioksidasi menjadi gas oksigen ( $\text{O}_2$ ).

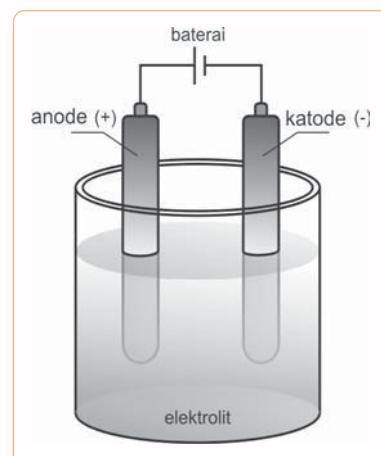


### 3. Bahan Elektrode

- Apabila dalam reaksi elektrolisis menggunakan elektrode terbuat dari grafit (C) atau logam *inert*, maka elektrode tersebut tidak bereaksi.

- Apabila elektrode terbuat dari logam aktif misal Cu maka anode tersebut akan mengalami oksidasi.

Reaksi yang terjadi seperti berikut.



Gambar 3.1 Skema Sel Elektrolisis

Sumber: *Kimia untuk Universitas*

Bagaimana reaksi redoks dalam sel elektrolisis? Pada saat sel elektrolisis dihubungkan dengan sumber arus listrik maka anion yaitu ion negatif dalam elektrolit ditarik ke anode yang bermuatan positif. Adapun kation yaitu ion positif ditarik ke katode yang bermuatan negatif. Ion yang bereaksi di elektrode menjadi tidak bermuatan. Elektron mengalir dari anode ke baterai dan dari baterai ke katode.

### Contoh

1. Tentukan reaksi elektrolisis dari  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan elektrode Pt!

*Penyelesaian:*

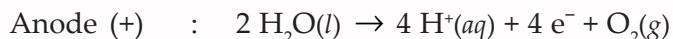
- a. Perhatikan elektrodenya. Oleh karena elektrode yang dipakai platina, berarti tidak ikut bereaksi.
- b. Tuliskan reaksi ionisasinya.



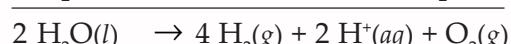
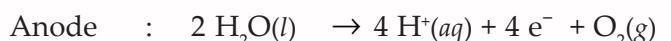
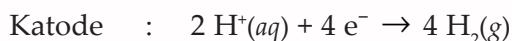
- c. Gunakan prinsip bahwa katode mengalami reaksi reduksi dan pada anode terjadi reaksi oksidasi.

- d. Tentukan reaksi yang terjadi pada katode dan anode.

Oleh karena elektrodenya inert maka reaksi pada anode tergantung pada jenis anion dalam larutan. Anion  $\text{SO}_4^{2-}$  memiliki potensial oksidasi lebih negatif daripada air maka anion lebih sukar dioksidasi sehingga air yang dioksidasi.



Samakan elektron pada katode dengan mengalikan 2 sehingga akan didapat:



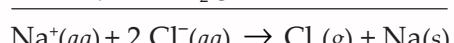
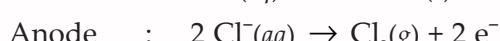
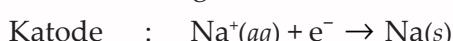
Jadi, reaksi sel dapat dituliskan seperti berikut.



2. Tentukan reaksi elektrolisis leburan NaCl dengan elektrode grafit.

*Penyelesaian:*

Pada elektrolisis leburan NaCl, maka pada katode terjadi reaksi reduksi ion logam Na.



3. Tentukan reaksi elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan elektrode tembaga!

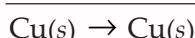
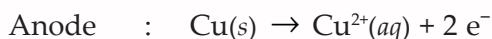
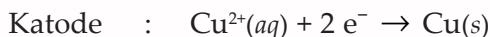
**Penyelesaian:**

Oleh karena elektrodenya adalah Cu, maka pada anode terjadi oksidasi Cu menjadi ion yang terlarut.

Reaksi ionisasi dari  $\text{CuSO}_4$  seperti berikut.



Reaksi elektrolisis dapat dituliskan seperti berikut.



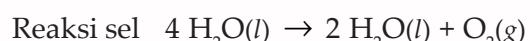
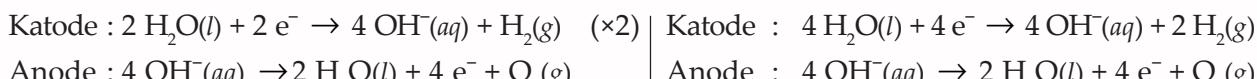
4. Tentukan reaksi elektrolisis dari larutan  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  dengan elektrode karbon!

**Penyelesaian:**

Reaksi ionisasi larutan  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  seperti berikut.



Reaksi elektrolisis dapat dituliskan seperti berikut.



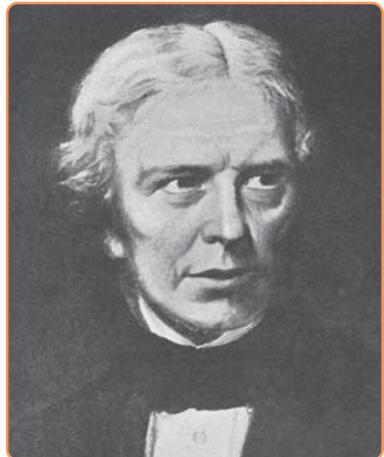
## Latihan 3.1

1. Tuliskan reaksi yang terjadi di katode dan anode pada elektrolisis:
  - a. leburan  $\text{CaF}_2$  dengan elektrode C,
  - b. larutan  $\text{HNO}_3$  dengan elektrode C,
  - c. larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan elektrode C!
2. Tuliskan reaksi yang terjadi di katode dan anode pada elektrolisis:
  - a. larutan  $\text{FeSO}_4$  dengan elektrode Fe,
  - b. larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan elektrode Pt,
  - c. larutan  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dengan elektrode Pt!

## B. Hukum Faraday

Seorang ahli kimia Inggris bernama **Michael Faraday** pada awal tahun 1830-an menemukan bahwa larutan tertentu dapat segera mengalirkan arus listrik. Ia menamakan larutan tersebut dengan elektrolit dan aliran listrik yang melalui larutan elektrolit disebut *elektrolisis*.

Selanjutnya Michael Faraday melakukan percobaan untuk meneliti hubungan antara besarnya arus yang mengalir dalam



Gambar 3.2 Michael Faraday  
Sumber: [www.marcdatabase.com](http://www.marcdatabase.com)

suatu elektrolisis dengan jumlah zat yang bereaksi. Untuk menggambarkannya diambil elektrolisis larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ). Pada katode akan terjadi reaksi reduksi seperti berikut.

$$\text{Ag}^+(aq) + e^- \rightarrow \text{Ag}(s)$$

Dari reaksi di atas dapat dikatakan bahwa untuk menghasilkan 1 mol logam Ag, diperlukan 1 mol elektron. Jumlah listrik yang dialirkan ke dalam sel elektrolisis untuk mendapatkan 1 mol elektron dinamakan **1 Faraday**. Berdasarkan percobaan diperoleh bahwa 1 mol elektron mengandung muatan listrik sebesar 96500 Coulomb.

$$1 \text{ mol elektron} = 1 \text{ Faraday} = 96500 \text{ Coulomb}$$

Sebagai hasil dari percobaannya pada tahun 1832 Faraday mengemukakan dua hukum yang penting tentang hubungan antara arus listrik dengan jumlah zat yang terbentuk pada elektrode.

### 1. Hukum Faraday 1

Hukum Faraday 1 menyatakan bahwa massa zat yang dibebaskan pada suatu elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang mengalir.

Secara matematis dapat dituliskan seperti berikut.

$$G \approx Q \quad \dots (3-1)$$

Keterangan:

$G$  = massa zat yang dibebaskan (gram)

$Q$  = jumlah listrik yang digunakan (Coulomb)

Apabila jumlah muatan listrik merupakan hasil kali kuat arus ( $I$ ) dengan waktu ( $t$ ), maka persamaan di atas dapat ditulis seperti berikut.

$$G = I \cdot t \quad \dots (3-2)$$

Seperi kita ketahui bahwa dalam reaksi elektrolisis di katode terjadi reaksi reduksi dengan persamaan:



Untuk mengendapkan 1 mol L diperlukan sejumlah  $n$  mol elektron. Oleh karena itu, untuk mengendapkan sejumlah logam maka jumlah listrik yang diperlukan adalah.

$$Q = n (e^-) \times F \quad \dots (3-3)$$

Keterangan:

$F$  = Konstanta Faraday (96.500 C/mol)

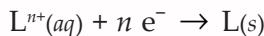
$n (e^-)$  = mol elektron

Jika persamaan (3-2) dan persamaan (3-3) kita substitusikan pada persamaan (3-1) maka diperoleh persamaan seperti berikut.

$$I \cdot t = n (e^-) \times 96.500$$

$$n (e^-) = \frac{I \cdot t}{96.500}$$

Banyaknya zat yang diendapkan selama elektrolisis dengan arus  $I$  ampere dan waktu  $t$  detik adalah seperti berikut.



$$n \text{ mol } e^- \sim 1 \text{ mol } L$$

$$\frac{I \cdot t}{96.500} \text{ mol } e^- \sim \frac{1}{n} \left( \frac{I \cdot t}{96.500} \right) \text{ mol}$$

Jadi untuk menghitung massa logam yang terendapkan dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$G = \text{mol} \times Ar$$

$$= \frac{1}{n} \left( \frac{I \cdot t}{96.500} \right) \times Ar$$

$$G = \frac{Ar}{n} \times \frac{i \cdot t}{96.500}$$

$\frac{Ar}{n}$  disebut juga massa ekuivalen ( $Me$ ). Oleh karena itu, persamaan di atas dapat juga ditulis seperti berikut.

$$G = Me \times \frac{I \cdot t}{96.500} \quad \dots (3-4)$$

Keterangan:

$G$  = massa zat terendapkan (gr)

$I$  = kuat arus (ampere)

$t$  = waktu (sekon)

$Me$  = massa ekuivalen

$n$  = muatan ion  $L$  (biloks)

### Contoh

- Elektrolisis larutan  $AgNO_3$  menggunakan elektrode platina, dengan kuat arus 5 ampere selama 20 menit. Hitung massa perak yang mengendap pada katode!

Penyelesaian:

Diketahui :  $I = 5$  ampere

$t = 20$  menit = 1.200 detik

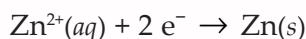
$$Me \text{ untuk perak} = \frac{Ar}{n} = \frac{107,9}{1} = 107,9$$

Ditanya :  $G$  ...?

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{Me \times I \times t}{96.500} \\
 &= \frac{107,9 \times 5 \text{ A} \times 1.200 \text{ s}}{96.500 \text{ C/mol}} \\
 &= 6,71 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Jadi, perak yang mengendap pada katode adalah 6,71 gram.

2. Diberikan reaksi sebagai berikut.



Jika arus sebesar 10 ampere mengalir ke katode selama 10 menit, berapa banyak Zn yang terbentuk? ( $Ar_{\text{Zn}} = 65$ )

*Penyelesaian:*

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } I &= 10 \text{ A} \\
 t &= 10 \text{ menit} = 600 \text{ sekon} \\
 Ar_{\text{Zn}} &= 65
 \end{aligned}$$

$$Me = \frac{65}{2} = 32,5$$

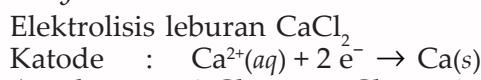
Ditanya :  $G_{\text{Zn}} \dots ?$

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{Me \times I \times t}{96.500} \\
 &= \frac{32,5 \times 10 \text{ A} \times 600 \text{ s}}{96.500 \text{ C/mol}} \\
 &= 2,02 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Jadi, perak yang mengendap 2,02 gram.

3. Pada elektrolisis leburan garam  $\text{CaCl}_2$ , dengan elektrode karbon digunakan muatan listrik sebanyak 0,02 F. Hitung volume gas klorin yang dihasilkan di anode, jika diukur pada tekanan dan suhu di mana 1 liter gas  $\text{N}_2$  ( $Mr_{\text{N}_2} = 28$ ) massanya 1,4 gram!

*Penyelesaian:*



Mol elektron = arus listrik = 0,02 mol

Mol  $\text{Cl}_2$  = 0,01 mol (lihat koefisien)

Menghitung volume gas  $\text{Cl}_2$  dengan membandingkan gas  $\text{N}_2$  pada suhu dan tekanan tertentu.

$$\begin{aligned}
 \frac{\text{mol Cl}_2}{\text{volume Cl}_2} &= \frac{\text{mol N}_2}{\text{volume N}_2} \\
 \frac{0,01 \text{ mol}}{x \text{ L}} &= \frac{\left(\frac{1,4}{28}\right) \text{ mol}}{1 \text{ L}}
 \end{aligned}$$

$$x = 0,2 \text{ L} = 200 \text{ mL}$$

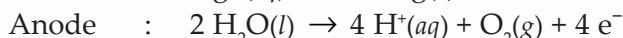
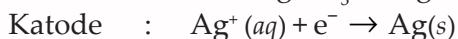
Jadi, volume gas  $\text{Cl}_2$  adalah 200 mL.

4. Arus listrik sebanyak 9.650 A (selama beberapa waktu) dialirkan melalui 1 liter larutan perak nitrat 1 M dalam sebuah sel elektrolisis. Bila kedua elektrode dibuat dari platina, hitung pH larutan setelah elektrolisis!

**Penyelesaian :**



Reaksi elektrolisis  $\text{AgNO}_3$  sebagai berikut:



$$\text{Mol } e^- = \frac{9.650 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}}{96.500 \text{ C/mol}}$$

$$= 0,1 \text{ mol}$$

$\text{mol H}^+ \approx \text{mol e}^-$  (lihat koefisien reaksi)

$$(\text{H}^+) = \frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ liter}}$$

$$= 0,1 \text{ M}$$

$$p\text{H} = -\log (\text{H}^+)$$

$$= \log (0,1)$$

$$= 1$$

## 2. Hukum Faraday 2

Hukum Faraday 2 menyatakan bahwa zat yang dibebaskan dalam elektrolisis berbanding lurus dengan massa ekuivalen zat itu.

Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan seperti berikut.

$$G \approx Me$$

Jika arus listrik yang sama dialirkan dalam dua buah sel elektrolisis yang berbeda maka perbandingan massa zat yang dibebaskan akan sama dengan perbandingan massa ekuivalennya.

Oleh karena itu, menurut hukum Faraday 2, massa zat terendapkan hasil dua buah elektrolisis dengan arus listrik yang sama secara matematis dapat dituliskan seperti berikut.

$$\frac{G_1}{Me_1} = \frac{G_2}{Me_2}$$

Keterangan:

$G$  = massa hasil elektrolisis (gram)

$Me$  = massa ekuivalen

### Contoh

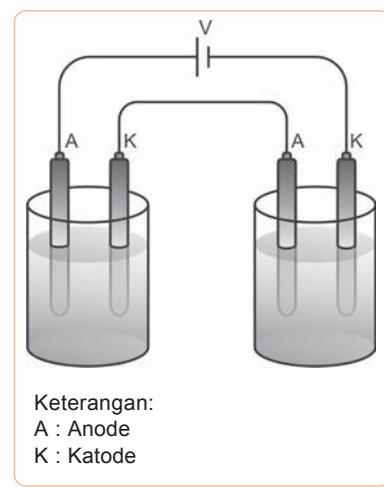
Pada dua elektrolisis, dengan sejumlah arus tertentu dalam waktu 2 jam dibebaskan 0,504 gram gas hidrogen ( $Ar \text{ H} = 1$ ). Hitung banyaknya gas oksigen ( $Ar = 16$ ) yang dapat dibebaskan oleh arus yang sama dalam waktu yang sama!

**Penyelesaian**

Diketahui :  $G_{\text{H}_2} = 0,504$  gram

$$Me_{\text{H}_2} = \frac{1}{1} = 1$$

$$Me_{\text{O}_2} = \frac{16}{2} = 8$$



**Gambar 3.3** Rangkaian Dua Sel Elektrolisis dengan Sumber Listrik yang Sama

Ditanya :  $G_{O_2}$  ...?

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : \quad & \frac{G_{H_2}}{G_{O_2}} = \frac{Me_{H_2}}{Me_{O_2}} \\ & \frac{0,504 \text{ gram}}{G_{O_2} \text{ gram}} = \frac{1}{8} \\ & G_{O_2} = 4,032 \text{ gram} \end{aligned}$$

## Latihan 3.2

1. Pada elektrolisis  $AgNO_3$  dengan elektrode karbon digunakan arus listrik 2 ampere selama 20 menit. Hitung perak ( $Ar\ Ag = 108$ ) yang diendapkan pada katode!
2. Larutan  $Cu(NO_3)_2$  dielektrolisis dengan elektrode platina dan diperoleh tembaga 12,7 gram. Hitung volume oksigen yang dihasilkan pada anode!
3. Arus listrik yang sama dialirkan ke dalam larutan  $CuCl_2$  dan ke dalam larutan  $CrCl_2$ . Bila 0,635 gr Cu terendapkan hitung massa Cr yang terendapkan!  
( $Ar\ Cr = 52$ ,  $Ar\ Cu = 63,5$ )
4. Pada suatu elektrolisis larutan  $MSO_4$  pada katode terbentuk 0,28 gram logam M. Larutan hasil elektrolisis dapat dinetralkan dengan 50 mL larutan 0,2 mol NaOH. Hitung massa atom relatif unsur M!

## C. Penggunaan Elektrolisis dalam Industri

Prinsip elektrolisis dapat diterapkan dalam industri, antara lain *elektroplating* (pelapisan logam secara listrik). Elektroplating adalah proses pelapisan suatu logam dengan logam lain dengan cara elektrolisis. Tujuan dari pelapisan ini ialah untuk melindungi logam yang mudah rusak karena udara (korosi) dengan logam lain yang tidak mudah berkarat atau tahan korosi.

Elektroplating dapat dilakukan pada beberapa logam oleh beberapa logam yang lainnya yang tidak mudah berkarat.

Misalnya: Logam lain dilapisi nikel disebut parnikel, logam lain dilapisi krom disebut perkrom, dan besi dilapisi tembaga.

Prinsip elektroplating ialah sebagai berikut.

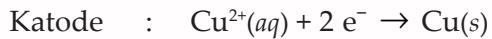
- Katode : logam yang akan dilapisi.
- Anode : logam untuk melapisi.
- Elektrolit : garam dari logam anode.

### Contoh

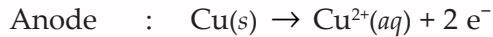
Besi akan dilapisi tembaga, maka sebagai katodenya adalah besi, anodenya tembaga, dan sebagai elektrolit adalah tembaga sulfat  $CuSO_4$ .

Reaksi yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut.

Ion Cu<sup>2+</sup> bergerak ke katode, mengambil elektron dan menjadi logam tembaga yang menempel pada besi katode.



Ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> bergerak ke anode memberikan elektron dan bereaksi dengan tembaga anode.



Lama kelamaan tembaga pada anode berkurang dan besi katode dilapisi tembaga. Bila proses ini makin lama, maka pelapisannya makin tebal.

Pemanfaatan elektrolisis terus berkembang. Penelitian-penelitian elektrolisis terus dilakukan. Di Indonesia penelitian ini banyak dilakukan di laboratorium BATAN (Badan Tenaga Nuklir Indonesia) yang berada di Yogyakarta, Jawa Tengah dan di Serpong, Banten.

### Tugas Mandiri

Carilah artikel mengenai pemanfaatan elektrolisis yang terkini (*up to date*). Sumber informasi dapat kamu peroleh melalui internet, surat kabar atau majalah.

### Rangkuman

#### Prinsip Elektrolisis Memanfaatkan Reaksi Redoks

- ✓ Elektrolisis adalah peristiwa penguraian senyawa kimia oleh arus listrik searah.
- ✓ Dalam sel elektrolisis berlaku:
  - Pada katode negatif, terjadi reaksi reduksi
  - Pada anode positif, terjadi reaksi oksidasi
- ✓ Reaksi pada katode bergantung pada jenis kation dengan ketentuan seperti berikut.
  - logam (Golongan IA, IIA, Al, dan Mn) maka air yang tereduksi.
$$2 \text{H}_2\text{O}(l) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2 \text{OH}^-(aq)$$
  - Ion logam selain di atas, maka kation logam tersebut tereduksi.
$$\text{L}^+(aq) + x \text{e}^- \rightarrow \text{L}(s)$$
  - Ion H<sup>+</sup> tereduksi membentuk H<sub>2</sub>.
$$2 \text{H}^+(aq) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(g)$$
  - Bila digunakan lelehan (berarti tanpa air), maka kation logam tersebut tereduksi.
$$\text{L}^+(aq) + \text{e}^- \rightarrow \text{L}(s)$$
- ✓ Reaksi pada anode bergantung pada elektrode.
  - *Inert* : tidak teroksidasi
  - Aktif : teroksidasi

- ✓ Reaksi pada anode sebagai berikut.
  - Sisa asam oksi, maka air teroksidasi.  

$$2 \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 4 \text{H}^+(aq) + \text{O}_2(g) + 4 \text{e}^-$$
  - Ion halida, maka akan teroksidasi.  

$$2 \text{X}^-(aq) \rightarrow \text{X}_2(g) + 2 \text{e}^-$$
  - Ion  $\text{OH}^-$  akan teroksidasi  

$$4 \text{OH}^-(aq) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g) + 4 \text{e}^-$$
- ✓ Hukum Faraday 1 : massa zat yang dihasilkan sebanding dengan jumlah muatan listrik yang mengalir.

Massa zat yang dapat diendapkan selama elektrolisis dapat ditentukan:

$$G = \frac{Me \times I \times t}{96.500}$$

- ✓ Hukum Faraday 2 : massa zat yang dibebaskan dalam elektrolisis berbanding lurus dengan massa ekivalen zat itu.
- ✓ Massa zat yang dapat diendapkan dalam dua buah elektrolisis dengan arus dan waktu yang sama dapat ditentukan seperti berikut:

$$\frac{G_1}{Me_1} = \frac{G_2}{Me_2}$$

- ✓ Penggunaan elektrolisis dalam industri antara lain elektroplating.

### Latih Kemampuan III

#### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- Pada elektrolisis larutan KI dengan elektrode Pt, di katode terjadi peristiwa reduksi dengan reaksi ....  
 A.  $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-$   
 B.  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}^+ + \text{O}_2 + 4 \text{e}^-$   
 C.  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$   
 D.  $\text{K} \rightarrow \text{K}^+ + \text{e}^-$   
 E.  $\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$
- Hasil-hasil yang diperoleh dalam elektrolisis larutan  $\text{KNO}_3$  adalah ....  
 A. kalium di ruang katode,  $\text{NO}_2$  di ruang anode  
 B. kalium di ruang katode, gas oksigen di ruang anode  
 C. kalium di ruang katode, gas hidrogen di ruang anode  
 D. gas hidrogen di ruang katode, gas oksigen di ruang anode  
 E. gas hidrogen dan gas oksigen di ruang katode, kalium di ruang anode
- Hasil elektrolisis larutan magnesium iodida adalah ....  
 A. Mg dan  $\text{I}_2$       D.  $\text{H}_2$  dan  $\text{I}_2$   
 B. Mg dan  $\text{O}_2$       E.  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$   
 C.  $\text{Mg}^+$  dan  $2 \text{I}^-$
- Berikut zat yang akan dielektrolisis:  
 1.  $\text{NH}_3$       3.  $\text{NaH}$       5.  $\text{KHF}_2$   
 2.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$       4.  $\text{HCl}$   
 Elektrolisis dari kelima zat tersebut yang menghasilkan gas hidrogen adalah ....  
 A. 1      D. 4  
 B. 2      E. 5  
 C. 3
- Dari sejumlah arus listrik dapat mengendapkan 21,4 gram perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) dan mengendapkan 10,4 gram logam L dari larutan  $\text{L}(\text{SO}_4)_2$ . Jika Ar perak adalah 108, maka Ar logam L adalah ....  
 A. 112      D. 208  
 B. 118      E. 210  
 C. 201

6. Pada suatu proses elektrolisis, arus listrik 1.930 C dilewatkan dalam leburan suatu zat elektrolit dan mengendapkan 1,5 gram unsur X pada katode. Jika  $Ar\ X = 150$ ,  $1\ F = 96.500\ C$ , maka ion X dapat ditulis ....
- $X^+$
  - $X^-$
  - $X^{2+}$
  - $X^{2-}$
  - $X^{3+}$
7. Jumlah Faraday yang diperlukan untuk dapat mereduksi satu mol ion klorat,  $\text{ClO}_3^-$  menjadi  $\text{Cl}_2$  dalam larutan asam adalah ....
- 1
  - 2
  - 3
  - 5
  - 10
8. Arus listrik 9,65 ampere dialirkan selama 210 detik untuk mengendapkan semua tembaga dari 210 mL larutan  $\text{CuSO}_4$ , kemolaran larutan  $\text{CuSO}_4$  adalah ....
- 0,2 M
  - 0,1 M
  - 0,05 M
  - 0,02 M
  - 0,01 M
9. Sebanyak 1 liter larutan  $\text{NaCl}$  dielektrolisis dengan listrik  $965\ \text{Cmol}^{-1}$ .  $pH$  larutan menjadi ....
- 2
  - 4
  - 7
  - 10
  - 12
10. Unsur fluorin dapat diperoleh dengan elektrolisis  $\text{KHF}_2$ , sesuai dengan persamaan reaksi seperti berikut.
- $$\text{HF}_2^- \rightarrow \text{HF} + \frac{1}{2}\text{F}_2 + \text{e}^-$$
- Waktu yang diperlukan untuk memperoleh 15 liter  $\text{F}_2$  (STP) dengan arus 20 ampere adalah .... ( $1\ F = 96.500\ C$ )
- 1,29 jam
  - 1,80 jam
  - 3,60 jam
  - 6,46 jam
  - 13,40 jam
11. Sebanyak 3 liter larutan tembaga sulfat 1 M dielektrolis sampai  $pH = 1$ . Jumlah tembaga ( $Ar\ Cu = 64$ ) yang diendapkan adalah ....
- 0,48 gram
  - 0,96 gram
  - 1,92 gram
  - 3,84 gram
  - 5,12 gram
12. Waktu yang diperlukan untuk mengendapkan semua tembaga dari 200 mL larutan tembaga sulfat,  $\text{CuSO}_4$  1 M dengan arus 10 ampere adalah .... ( $Ar\ Cu = 63,5$ )
- 965 sekon
  - 1.930 sekon
  - 3.860 sekon
  - 5.790 sekon
  - 9.650 sekon
13. Pada elektrolisis larutan  $\text{LSO}_4$  terbentuk 0,28 gram logam L di katode. Larutan hasil elektrolisis dapat dinetralkan oleh 50 mL larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M. Massa atom relatif ( $Ar$ ) logam L adalah ....
- 28
  - 42
  - 56
  - 70
  - 84
14. Pada elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  menggunakan elektrode platina terbentuk endapan  $\text{Cu} = 3,175$  gram di katode. Volume gas yang terjadi anode, jika diukur pada keadaan 5 L gas  $\text{N}_2$  bermassa 7 gram adalah ....
- 0,5 L
  - 0,56 L
  - 1,00 L
  - 1,12 L
  - 2,00 L
15. Arus listrik yang sama dialirkan melalui larutan  $\text{CuCl}_2$  dan larutan  $\text{CrCl}_3$  ( $Ar\ Cu = 63,5$ ,  $Ar\ Cr = 52$ ). Jika 0,635 gram Cu mengendap, maka Cr yang mengendap adalah ....
- 0,17 gram
  - 0,35 gram
  - 0,42 gram
  - 1,12 gram
  - 2,0 gram

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Tuliskan reaksi elektrolisis larutan-larutan berikut:
  - a. larutan  $K_2SO_4$  dengan elektrode karbon,
  - b. larutan  $Cu(NO_3)_2$  dengan elektrode platina,
  - c. larutan  $CaCl_2$  dengan elektrode karbon!
2. Hitunglah massa logam nikel yang mengendap di katode jika elektrolisis larutan  $NiSO_4$  menggunakan arus 5 Faraday!
3. Hitung volume gas (STP) yang terjadi di masing-masing elektrode, jika magnesium sulfat dielektrolisis dengan arus listrik 3,86 ampere selama 5 menit!
4. Satu liter larutan kalium iodida dielektrolisis sampai  $pH = 12$ . Tentukan:
  - a. arus listrik yang digunakan bila digunakan selama 2 menit,
  - b. massa iodin yang terbentuk di anode,
  - c. volume gas yang dihasilkan di katode! (pada STP)
5. Sebutkan manfaat elektrolisis dalam dunia industri!



# BAB IV

## Unsur-Unsur Utama

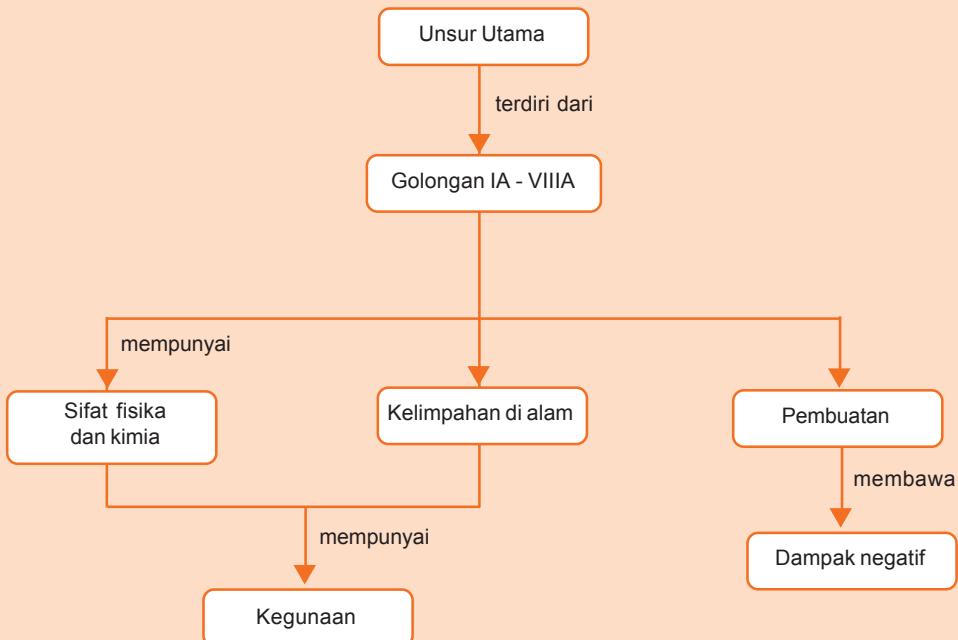


Sumber: *Tempo*, Edisi 14 - 20 Mei 2007

Tahukah kamu, bahan yang digunakan untuk membuat pupuk buatan? Pupuk buatan dapat dibuat dari amonium nitrat, yang merupakan senyawaan dari unsur nitrogen. Unsur nitrogen tergolong unsur utama. Unsur-unsur apa saja yang termasuk unsur utama? Bagaimana sifat dan kelimpahan unsur-unsur utama? Dan apakah manfaat dari unsur-unsur utama itu dalam kehidupan sehari-hari?



# Peta Konsep



**Kata kunci :** alkali, alkali tanah, halogen, gas mulia, sifat, kegunaan, pembuatan

**J**umlah unsur banyak sekali, baik yang alamiah maupun yang buatan. Unsur-unsur tersebut disusun dalam tabel periodik. Unsur-unsur tersebut dikelompokkan dalam kolom-kolom yang disebut dengan **golongan** dan dalam baris yang disebut **periode**. Secara garis besar unsur-unsur tersebut dibedakan atas unsur-unsur utama dan unsur-unsur transisi. Pada bab ini kita akan mempelajari unsur-unsur utama.

## ➤ A. Sifat Fisika dan Kimia Unsur-Unsur Utama

Unsur utama termasuk dalam golongan A yang terdiri atas unsur logam dan unsur nonlogam. Golongan A terdiri dari delapan golongan (I – VIII).

### 1. Golongan IA atau Alkali

Unsur-unsur pada golongan IA dalam tabel periodik dikenal juga dengan nama unsur alkali, karena semua anggotanya bereaksi dengan air membentuk larutan alkali. Anggota golongan alkali dari atas ke bawah berturut-turut adalah lithium (Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), sesium (Cs), dan fransium (Fr).

Unsur-unsur alkali disebut juga logam alkali. Unsur alkali memiliki ukuran yang lebih besar di antara unsur-unsur dalam satu periode. Unsur-unsur ini mempunyai energi ionisasi kecil. Energi ionisasi merupakan energi yang diperlukan untuk melepaskan satu elektron pada kulit terluar. Makin besar nomor atom, energi ionisasinya makin berkurang. Hal ini karena semakin besar nomor atom berarti semakin jauh jarak elektron terluar dengan inti atom sehingga makin mudah lepas. Unsur-unsur alkali mempunyai keelektronegatifan kecil. Oleh karena itu unsur alkali membentuk senyawa ion.

#### a. Sifat Fisika

Unsur-unsur golongan ini hanya mempunyai satu elektron valensi yang terlibat dalam pembentukan ikatan logam. Oleh karena itu, logam ini mempunyai energi kohesi yang kecil yang menjadikan logam golongan ini lunak. Contohnya logam natrium yang lunak sehingga dapat diiris dengan pisau. Hal ini juga mengakibatkan makin berkurangnya titik leleh dan titik didih unsur-unsur alkali.

Unsur-unsur alkali adalah reduktor kuat. Kekuatan reduktor dapat dilihat dari potensial elektrode.

Unsur-unsur alkali dapat melarut dalam cairan amonia. Larutan encer logam alkali dalam amonia cair berwarna biru. Larutan ini adalah penghantar listrik yang lebih baik daripada larutan garam. Daya hantarnya hampir sama dengan daya hantar logam murni.

Perhatikan sifat-sifat fisika unsur-unsur alkali dalam Tabel 4.1.



**Gambar 4.1** Unsur Natrium Mudah Dipotong  
*Sumber: Ensiklopedi IPTEK*

**Tabel 4.1** Sifat Fisika Logam Alkali

Sifat	Li	Na	K	Rb	Cs
Nomor atom	3	11	19	37	35
Konfigurasi elektron	2s <sup>1</sup>	3s <sup>1</sup>	4s <sup>1</sup>	5s <sup>1</sup>	6s <sup>1</sup>
Massa atom relatif ( <i>Ar</i> )	6,941	22,9898	39,102	85,4678	132,905
Titik leleh (K)	454	371	336	312	302
Kerapatan (g cm <sup>-3</sup> )	0,53	0,97	0,86	1,59	1,90
Entalpi peleburan (kJ mol <sup>-1</sup> )	3,01	2,59	2,30	2,18	2,09
Titik didih (K)	1.604	1.163	1.040	975	960
Entalpi penguapan (kJ mol <sup>-1</sup> )	133	90	77,5	69,1	65,9
Energi ionisasi pertama (kJ mol <sup>-1</sup> )	519	498	418	401	376
Keelektronegatifan	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
Jari-jari kovalen (pm)	134	154	196	211	225
Jari-jari ion (M <sup>+</sup> ) (pm)	60	95	133	148	169
Potensial elektrode standar (V)	- 3,02	- 2,71	- 2,93	- 2,93	- 2,92
Entalpi hidrasi M <sup>+</sup> (kJ mol <sup>-1</sup> )	- 519	- 407	- 322	- 301	- 276
Daya hantar molar (ohm <sup>-1</sup> cm <sup>2</sup> mol <sup>-1</sup> )	38,7	60,1	73,5	77,8	77,3
Jumlah isotop di alam	2	1	3	2	1

Sumber: *Kimia Unsur*

### b. Sifat Kimia

Sifat kimia unsur-unsur alkali, adalah seperti berikut.

#### 1) Sangat Reaktif

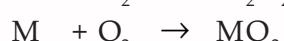
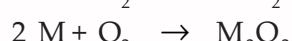
Unsur-unsur alkali sangat reaktif atau mudah bereaksi dengan unsur lain karena mereka mudah melepaskan elektron terluarnya. Di udara, unsur-unsur ini akan bereaksi dengan oksigen atau air. Oleh karena itu, unsur ini biasanya disimpan dalam minyak tanah atau hidrokarbon yang *inert*. Unsur alkali tidak ada yang terdapat di alam dalam bentuk unsurnya, biasanya bergabung dalam mineral yang larut dalam air, misal NaCl (natrium klorida). Unsur alkali terdapat dalam senyawaan alam sebagai ion uni-positif (positif satu).

#### 2) Sifat Logam

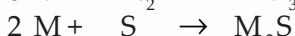
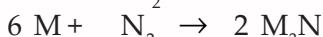
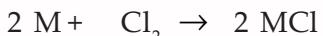
Sifat logam unsur alkali dari atas ke bawah pada tabel periodik cenderung bertambah. Sifat ini terkait dengan kecenderungan atom unsur alkali melepas elektron.

#### 3) Reaksi-reaksi pada logam alkali adalah seperti berikut.

- Reaksi antara logam-logam alkali dan oksigen menghasilkan oksida (M<sub>2</sub>O), peroksida (M<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), dan superoksid (MO<sub>2</sub>). Perhatikan reaksi berikut.

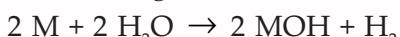


- b) Reaksi logam alkali (M) dengan unsur-unsur halogen N, S, P, dan H<sub>2</sub>.  
Perhatikan reaksi berikut.



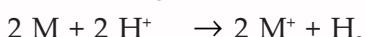
Lithium merupakan unsur yang dapat bereaksi secara langsung dengan nitrogen.

- c) Reaksi dengan air

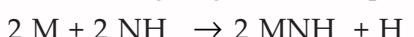


Jika unsur alkali direaksikan dengan air maka lithium bereaksi lambat, sedangkan natrium meleleh dan logam lain menyala.

- d) Reaksi dengan asam encer



- e) Reaksi dengan gas amonia pada suhu 400 °C



- f) Reaksi dengan aluminium klorida dengan pemanasan



- 4) Logam-logam alkali memberikan warna nyala yang khas, misalnya Li (merah), Na (kuning), K (ungu), Rb (merah), dan Cs (biru/ungu).

## 2. Golongan IIA atau Alkali Tanah

Anggota unsur alkali tanah adalah berelium (Be), magnesium (Mg), kalsium (Ca), stronsium (Sr), barium (Ba), dan unsur radioaktif radium (Ra). Di antara unsur-unsur ini Mg dan Ca yang terbanyak terdapat di kerak bumi.

Atom-atom golongan ini memiliki konfigurasi elektron np<sup>6</sup>(n + 1)s<sup>2</sup> kecuali Be. Kerapatan unsur-unsur golongan ini lebih besar dari unsur alkali dalam satu periode. Unsur-unsur ini mempunyai dua elektron valensi yang terlibat dalam ikatan logam. Oleh karena itu dibandingkan dengan unsur golongan IA, unsur-unsur ini lebih keras, energi kohesinya lebih besar, dan titik lelehnya lebih tinggi.

Titik leleh unsur-unsur alkali tanah tidak berubah secara teratur karena mempunyai struktur kristal yang berbeda. Misal unsur Be dan Mg memiliki struktur kristal heksagonal terjejal, sedangkan struktur kristal unsur Sr berbentuk kubus berpusat muka dan struktur kristal unsur Ba berbentuk kubus berpusat badan.

### a. Sifat Fisika

Perhatikan sifat-sifat fisika unsur alkali tanah pada tabel berikut.

**Tabel 4.2** Sifat-Sifat Unsur Alkali Tanah

Sifat	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Nomor atom	4	12	20	38	56
Konfigurasi elektron	2s <sup>2</sup>	3s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup>	5s <sup>2</sup>	6s <sup>2</sup>
Massa atom relatif ( <i>Ar</i> )	9,01216	34,305	40,08	87,62	137,34
Titik leleh (K)	1.553	924	1.124	1.073	1.123
Kerapatan (gcm <sup>-3</sup> )	1,86	1,74	1,55	2,54	3,59
Entalpi peleburan (kJmol <sup>-1</sup> )	11,6	9,0	8,0	9,2	7,7
Titik didih (K)	3.040	1.380	1.710	1.650	1.910
Entalpi penguapan (kJmol <sup>-1</sup> )	293	129	150	139	151
Energi ionisasi pertama (kJmol <sup>-1</sup> )	900	740	590	548	502
Keelektronegatifan	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9
Jari-jari kovalen (pm)	90	130	174	192	198
Jari-jari ion (M <sup>+</sup> ) (pm)	3	65	99	113	135
Potensial elektrode standar (V)	-1,70	-2,34	-2,87	-2,89	-2,90
Entalpi hidrasi M <sup>+</sup> (kJmol <sup>-1</sup> )	-2981	-2082	-1760	-1600	-1450
Daya hantar molar (ohm <sup>-1</sup> cm <sup>2</sup> mol <sup>-1</sup> )	90,0	106,1	119,0	118,9	127,2
Jumlah isotop di alam	1	3	6	4	7

Sumber: *Kimia Unsur*

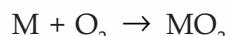
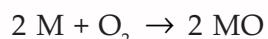
### b. Sifat Kimia

Sifat kimia unsur alkali tanah sama dengan sifat kimia unsur alkali. Unsur alkali tanah terdapat dalam alam sebagai ion depositif (positif dua). Kalsium, stronium, dan barium memiliki sifat yang serupa, namun magnesium dan berelium berbeda dengan ketiga unsur tersebut yaitu kurang aktif. Semua unsur alkali tanah merupakan penyumbang elektron. Unsur alkali tanah tergolong reduktor yang kuat.

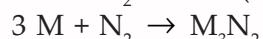
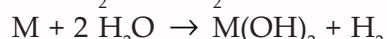
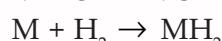
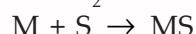
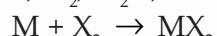
Unsur alkali tanah mudah bereaksi dengan unsur nonlogam membentuk senyawa ion misal halida, hidrida, oksida, dan sulfida. Unsur alkali tanah, kecuali berelium dan magnesium bereaksi dengan air.

- 1) Reaksi-reaksi kimia yang utama pada alkali tanah adalah seperti berikut.

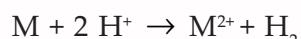
- a) Reaksi antara logam-logam alkali dan oksigen.



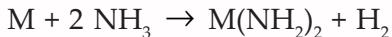
- b) Reaksi logam alkali (M) dengan unsur-unsur halogen, S, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan H<sub>2</sub>.



- c) Reaksi dengan asam.



d) Reaksi dengan gas amonia dengan katalis.



2) Kelarutan

Garam-garam oksalat, sulfat, kromat, dan karbonat dari alkali tanah umumnya sukar larut dalam air.

Kamu sudah mempelajari sifat-sifat unsur alkali dan alkali tanah, bagaimana cara mengidentifikasi sifat-sifat umum dari unsur alkali dan alkali tanah tersebut?

Untuk menjawab pertanyaan di atas, mari kita lakukan kegiatan berikut.

## Kegiatan 4.1

### Identifikasi Sifat Umum Unsur Alkali dan Alkali Tanah

#### A. Tujuan

Mengidentifikasi sifat umum unsur alkali dan unsur alkali tanah.

#### B. Alat dan Bahan

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| - Tabung reaksi              | - Larutan magnesium uranil asetat |
| - Penjepit                   | - Larutan natrium kobalt nitrit   |
| - Gelas piala                | - Larutan kalium kromat           |
| - Kawat nikrom               | - Larutan asam klorida pekat      |
| - Pemanas bunsen             | - Larutan asam sulfat             |
| - Kaca kobalt                | - Larutan kalium klorida          |
| - Larutan kalsium klorida    | - Larutan barium nitrat           |
| - Larutan stronsium klorida  | - Larutan natrium klorida         |
| - Larutan barium klorida     | - Larutan litium klorida          |
| - Larutan asam klorida encer |                                   |

#### C. Cara Kerja

##### 1. Uji Nyala

- Celupkan ujung kawat nikrom yang pijar ke dalam larutan asam klorida encer untuk membersihkannya.
- Celupkan ujung kawat nikrom yang telah bersih ke dalam larutan asam klorida pekat, kemudian ke dalam larutan litium klorida yang diperiksa. Selanjutnya masukkan ujung kawat ke dalam nyala api.
- Catat warna nyala yang ditimbulkannya.
- Ulangi langkah a sampai dengan c untuk:
  - Larutan natrium klorida
  - Larutan kalium klorida
  - Larutan kalsium klorida
  - Larutan stronsium klorida
  - Larutan barium klorida

##### 2. Pengendapan Unsur

Ambil 4 tabung reaksi dan masukkan masing-masing ke dalam tabung reaksi seperti berikut.

- Tabung A diisi dengan stronsium klorida dan kalium kromat.
- Tabung B diisi dengan kalium klorida dan natrium kobalt nitrit.

- c. Tabung C diisi dengan larutan natrium klorida dan magnesium uranil asetat.
- d. Tabung D diisi dengan larutan barium nitrat dan asam sulfat.

#### D. Hasil Percobaan

1. Uji nyala

Senyawa	Warna Nyala
1. litium klorida	
2. natrium klorida	
3. kalsium klorida	
4. stronsium klorida	
5. barium klorida	

2. Pengendapan

Senyawa	Pengamatan
1. stronsium klorida + kalium kromat	
2. kalium klorida + natrium kobalt nitrit	
3. natrium klorida + magnesium uranil asetat	
4. barium nitrat + asam sulfat	

#### E. Analisa Hasil Percobaan

1. Bagaimana warna nyala dari unsur alkali dan unsur alkali tanah?
2. Bagaimana reaksi yang terjadi pada percobaan pengendapan?
3. Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

### 3. Golongan IIIA

Unsur-unsur golongan IIIA tidak sereaktif unsur golongan IA dan IIA. Anggota unsur golongan IIIA adalah boron (B), aluminium (Al), gallium (Ga), indium (In), dan talium (Ti).

#### a. Sifat Fisika

Boron merupakan unsur pertama dalam golongan IIIA yang tergolong metaloid, sedangkan unsur-unsur lainnya tergolong logam. Reaktivitas unsur-unsur golongan ini tidak ada kecenderungan. Potensial reduksi golongan IIIA negatif, ini menunjukkan bahwa unsur IIIA bersifat lebih logam dibanding hidrogen.  $\text{Al}^{3+}$  mempunyai potensial reduksi negatif yang paling besar di antara kation golongan IIIA. Oleh karena itu Al merupakan logam golongan IIIA yang paling aktif. Perhatikan sifat-sifat golongan IIIA pada tabel berikut.

**Tabel 4.3** Sifat Fisika Golongan IIIA

Sifat	Al	Ga	In	Ti
Titik leleh (°C)	660,4	29,8	156,6	303,5
Titik didih (°C)	1.470	2.403	2.080	1.457
Konfigurasi elektron	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>
Jari-jari logam (pm)	143	141	166	171
Jari-jari ion M <sup>+</sup> (pm)	-	113	132	140
Jari-jari ion M <sup>3+</sup> (pm)	50	62	81	95
Potensial elektrode (V)				
M <sup>3+(aq)</sup> + 3e <sup>-</sup> → M <sub>(s)</sub>	-1,56	-0,56	-0,34	+0,72
M <sup>+(aq)</sup> + e <sup>-</sup> → M <sub>(s)</sub>	-	-	-0,25	-0,34

Sumber: *Kimia Universitas*

## b. Sifat Kimia Boron dan Aluminium

### 1) Boron

Boron adalah unsur yang tidak reaktif pada suhu biasa. Bila bereaksi, tidak ada kecenderungan dari atom unsur boron untuk kehilangan elektron-elektron terluar dan membentuk kation sederhana yaitu B<sup>3+</sup>.

Adapun reaksi pada boron adalah sebagai berikut.

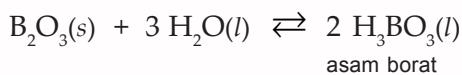
#### a) Reaksi dengan halogen

Boron bereaksi dengan halogen secara umum, bahkan sampai terbakar dalam gas fluor.

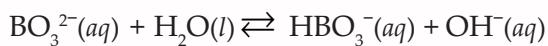


#### b) Membentuk asam oksi

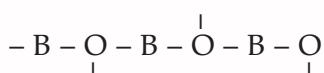
Jika dipanaskan dalam udara, unsur boron bereaksi dengan oksigen dalam pembakaran yang sangat eksotermik untuk membentuk oksida B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Oksida ini bersifat asam. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut.



#### c) Semua boron yang larut membentuk larutan yang bersifat basa bila dilarutkan dalam air, di mana ion BO<sub>3</sub><sup>2-</sup> bertindak sebagai basa dengan menghilangkan proton dari air.



#### d) Boron membentuk molekul-molekul ion raksasa dengan atom oksigen menempati kedudukan yang berselang-seling dengan reaksi seperti berikut.

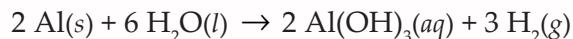


## 2) Sifat Kimia Unsur Aluminium

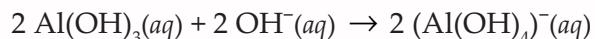
Sejumlah garam aluminium seperti halnya logam golongan IIIA mengkristal dalam larutannya sebagai hidrat. Misal senyawa  $\text{AlX}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  (di mana  $\text{X} = \text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ). Aluminium bersifat amfoter. Perhatikan reaksi berikut.



Aluminium dapat berlaku asam atau basa dikarenakan kecenderungan yang kuat untuk dioksidasi menjadi  $\text{Al}^{3+}$ . Perhatikan reaksi berikut.



Reaksi ini terjadi pada permukaan aluminium yang bersih tetapi dalam larutan asam atau dengan kehadiran basa kuat, lapisan tipis  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ini larut dengan reaksi seperti berikut.



## 4. Karbon dan Silikon

Karbon dan silikon termasuk unsur golongan IVA. Anggota unsur golongan IVA lainnya adalah germanium (Ge), timah (Sn), plumbum (Pb). Di sini kita hanya akan mempelajari sifat unsur karbon dan silikon.

### a. Sifat Fisika Karbon dan Silikon

Perhatikan sifat fisika karbon dan silikon berikut ini.

Tabel 4.4 Sifat Fisika Karbon dan Silikon

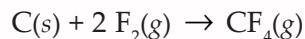
Sifat	Karbon	Silikon
Titik leleh (K)	3.510	1.412
Titik didih (K)	3.930	2.680
Distribusi elektron	2,4	8,2
Energi pengionan eV/atm atau $\text{kJmol}^{-1}$	11,3	8,2
Jari-jari kovalen, $\text{\AA}^\circ$	1,090	8,2
Jari-jari ion, $\text{\AA}^\circ$	0,15 ( $\text{C}^{4+}$ )	0,41 ( $\text{Si}^{4+}$ )
Keelektronegatifan	2,5	1,8

Sumber: *Kimia Universitas*

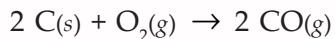
### b. Sifat Kimia Karbon dan Silikon

Karbon dan silikon tidak reaktif pada suhu biasa. Karbon dan silikon membentuk kation sederhana seperti  $\text{C}^{4+}$  dan  $\text{Si}^{4+}$ . Sifat kimia karbon antara lain sebagai berikut.

- 1) Karbon bereaksi langsung dengan fluor, dengan reaksi seperti berikut.



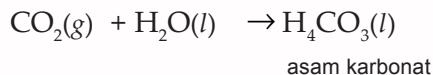
- 2) Karbon dibakar dalam udara yang terbatas jumlahnya menghasilkan karbon monoksida.



Jika dibakar dalam kelebihan udara, akan terbentuk karbon dioksida.

- 3) Membentuk asam oksi.

Bila karbon dipanaskan dalam udara, unsur ini bereaksi dengan oksigen membentuk  $\text{CO}_2$  dan jika  $\text{CO}_2$  ini bereaksi dengan air akan membentuk asam karbonat.



- 4) Membentuk garam asam oksi.

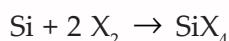
Asam karbonat, suatu asam diprotik yang khas, bereaksi dengan basa menghasilkan karbonat dan bikarbonat, antara lain seperti berikut.

- $\text{K}_2\text{CO}_3$  = kalium karbonat
- $\text{KHCO}_3$  = kalium bikarbonat
- $\text{MgCO}_3$  = magnesium karbonat
- $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  = magnesium bikarbonat

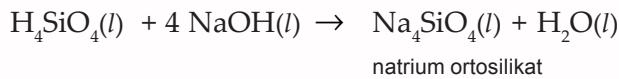
- 5) Kecenderungan atom karbon membentuk ikatan kovalen tunggal, ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap tiga yang akan membentuk senyawa organik.

Sifat kimia silikon, antara lain seperti berikut.

- 1) Silikon bereaksi dengan halogen, secara umum reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.



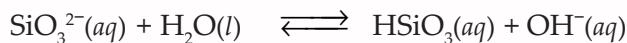
- 2) Bila silikon dipanaskan dengan oksigen akan membentuk oksida  $\text{SiO}_3$ , sehingga apabila oksida ini bereaksi dengan air membentuk dua asam yaitu asam ortosilikat ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) dan asam metasilikat  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ . Senyawa ini tidak larut dalam air tetapi bereaksi dengan basa.



- 3) Silikon membentuk garam dari asam oksi, antara lain seperti berikut.

- $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  = natrium metasilikat
- $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  = magnesium ortosilikat
- $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$  = litium aluminium metasilikat

- 4) Semua silikat membentuk larutan yang bersifat basa yang dapat dilarutkan dalam air, di mana ion  $\text{SiO}_3^{2-}$  bertindak sebagai basa dengan menghilangkan proton dari air.



- 5) Silikon membentuk molekul-molekul dan ion-ion raksasa, di mana atom oksigen menempati kedudukan yang berselang-seling.

## 5. Nitrogen dan Fosfor

Nitrogen dan fosfor merupakan unsur-unsur dalam golongan VA. Anggota unsur golongan VA yang lainnya adalah arsen (As), antimonium (Sb), bismut (Bi). Kita akan mempelajari sifat-sifat unsur nitrogen dan fosfor.

### a. Sifat Fisika

Masing-masing nitrogen dan fosfor mempunyai lima elektron valensi dengan konfigurasi elektron  $ns^2np^3$ . Bilangan oksidasi terbesar adalah +5. Perhatikan sifat-sifat fisika nitrogen dan fosfor pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Sifat Fisika Nitrogen dan Fosfor

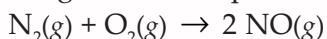
Sifat	Nitrogen	Fosfor
Massa atom relatif	14,006	39,9738
Nomor atom	7	15
Konfigurasi elektron	$2s^22p^3$	$3s^23p^3$
Jari-jari atom (nm)	0,074	0,110
Keelektronegatifan	3,07	2,06
Energi ionisasi pertama ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	1.406	1.066
Kerapatan ( $\text{gcm}^{-3}$ )	0,96	1,82
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	-210	44,1
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	-195,8	280

Sumber: *Kimia Universitas*

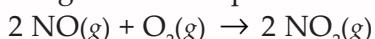
### b. Sifat Kimia

Nitrogen adalah unsur yang unik dalam golongannya, karena dapat membentuk senyawa dalam semua bilangan oksidasi dari tiga sampai lima. Senyawa nitrogen dapat mengalami reaksi reduksi dan oksidasi. Adapun sifat kimia nitrogen antara lain seperti berikut.

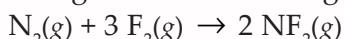
- 1) Reaksi nitrogen dengan oksigen terjadi apabila bereaksi di udara dengan bantuan bunga api listrik tegangan tinggi, dengan reaksi seperti berikut.



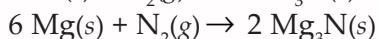
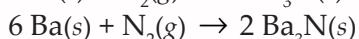
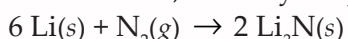
Selanjutnya senyawa NO akan bereaksi membentuk  $\text{NO}_2$  dengan reaksi seperti berikut.



- 2) Nitrogen hanya dapat bereaksi dengan fluor membentuk nitrogen trifluorida dengan reaksi seperti berikut.

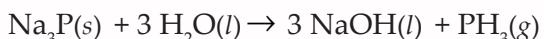


- 3) Nitrogen dapat bereaksi dengan logam membentuk nitrida ionik, misalnya seperti berikut.



Fosfor dapat membentuk ikatan dengan cara yang mirip dengan nitrogen. Fosfor dapat membentuk tiga ikatan kovalen, menerima tiga elektron membentuk ion  $\text{P}^{3-}$ . Reaksi yang terjadi pada fosfor, antara lain seperti berikut.

- 1) Fosfor dapat bersenyawa dengan kebanyakan nonlogam dan logam-logam yang reaktif. Fosfor bereaksi dengan logam IA dan IIA dapat membentuk fosfida. Dalam air fosfida mengalami hidrolisis membentuk fosfin,  $\text{PH}_3$ .



- 2) Fosfor membentuk dua macam senyawa dengan halogen yaitu trihalida,  $\text{PX}_3$  dan pentahalida  $\text{PX}_5$ .

- 3) Membentuk asam okso fosfor

Asam okso dari fosfor yang dikenal adalah asam fosfit dan asam fosfat. Asam fosfit dapat dibuat dengan reaksi seperti berikut.



## 6. Oksigen dan Belerang

Oksigen dan belerang merupakan unsur-unsur golongan VIA. Anggota golongan VIA yang lain adalah selenium (Se), tellurium (Te), polonium (Po). Oksigen dan belerang adalah dua unsur yang sangat umum di antara unsur-unsur golongan VI A.

### a. Sifat Fisika

Perhatikan sifat fisika dari oksigen dan belerang pada tabel berikut.

**Tabel 4.6** Sifat Fisika Oksigen dan Belerang

Sifat	Oksigen	Belerang
Massa atom relatif	15,99	32,064
Nomor atom	8	16
Konfigurasi elektron	(He)2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	(Ne)3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>
Jari-jari atom (nm)	0,074	0,103
Jari-jari ion $\text{X}^{2-}$ (nm)	0,140	0,184
Keelektronegatifan	3,5	2,5
Energi ionisasi I ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	1.316	1.006
Energi ionisasi II ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	3.396	2.226
Kerapatan ( $\text{gcm}^{-3}$ )	1,27 (padatan)	2,06 (rombik) 2,226 (monoklin)
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	-218,9	119 (monoklin)
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	-182,9	444,6
Potensial elektrode (V)	+0,401	-0,48

Sumber: *Kimia Universitas*

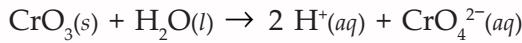
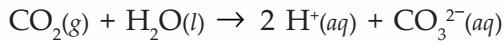
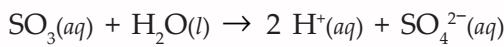
### b. Sifat Kimia

#### 1) Sifat Kimia Oksigen

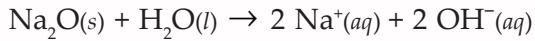
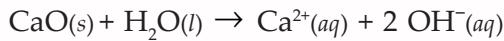
Oksigen membentuk senyawa dengan semua unsur, kecuali gas-gas mulia ringan. Biasanya oksigen bereaksi dengan logam membentuk ikatan yang bersifat ionik dan bereaksi dengan bukan logam membentuk ikatan yang bersifat kovalen sehingga akan membentuk oksida. Terdapat enam macam oksida, yaitu:

##### a) Oksida asam

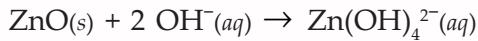
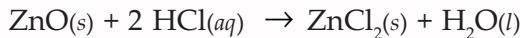
Oksida asam adalah oksida dari unsur nonlogam dan oksida unsur blok d dengan bilangan oksidasi besar.



- b) Oksida basa, dengan air membentuk basa.



- c) Oksida amfoter, oksida ini dapat bereaksi dengan asam atau basa.



- d) Oksida netral

Oksida ini tidak bereaksi dengan asam maupun basa, misal NO, N<sub>2</sub>O, dan CO.

- e) Oksida campuran

Oksida ini merupakan campuran dari oksida sederhana, misalnya P<sub>3</sub>O<sub>4</sub> merupakan campuran PbO (dua bagian) dan PbO<sub>2</sub> (satu bagian).

- f) Peroksida dan superperoksida

Oksigen membentuk peroksida H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan BaO<sub>2</sub> dengan bilangan oksidasi oksigen -1 serta RbO<sub>2</sub>, CsO<sub>2</sub> dengan bilangan oksidasi oksigen  $-\frac{1}{2}$ .

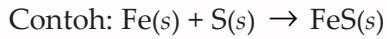
2) Sifat Kimia Belerang

Belerang hanya memerlukan dua elektron lagi untuk mencapai konfigurasi s<sup>2</sup>p<sup>4</sup> dari gas mulia. Jika belerang bereaksi dengan logam maka belerang bertindak sebagai penerima elektron. Belerang mudah bereaksi dengan semua unsur kecuali emas, platinum dan gas mulia.

Reaksi-reaksi pada belerang, antara lain seperti berikut.

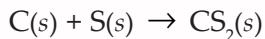
- a) Dengan logam

Belerang bereaksi lebih kuat dengan logam.



- b) Reaksi dengan nonlogam

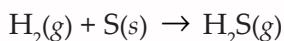
Belerang bereaksi dengan karbon panas membentuk karbon disulfida.



- c) Belerang bereaksi dengan oksigen membentuk oksida gas yaitu SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub>,

- d) Belerang bereaksi dengan halogen membentuk belerang monoklorida, dan belerang heksafluorida.

- e) Bila gas hidrogen dialirkan dalam bentuk gelembung-gelembung melalui belerang yang meleleh, maka akan terbentuk gas hidrogen sulfida.



## 7. Golongan VIIA atau Halogen

Senyawa dan ion golongan halogen dinamakan *halide*. Anggota golongan VIIA adalah fluor (F), klor (Cl), brom (Br), iod (I), dan

astat (As). Astat ditemukan di alam dalam jumlah yang sangat sedikit. Semua unsur halogen bersifat nonlogam.

#### a. Sifat Fisika

Perhatikan sifat fisika unsur halogen berikut.

**Tabel 4.7** Sifat Fisika Unsur Halogen

Sifat	F	Cl	Br	I
Nomor atom	9	17	35	53
Konfigurasi elektron	$2s^22p^5$	$3s^23p^5$	$4s^24p^5$	$5s^25p^5$
Massa atom relatif (Ar)	18,9984	35,453	79,904	126,9045
Kerapatan ( $\text{gcm}^{-3}$ )	1,1	1,5	3,2	4,9(s0)
Titik leleh (K)	40	171	266	286
Entalpi peleburan ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	0,25	3,2	5,2	7,8
Titik didih (K)	85	238	332	453
Entalpi penguapan ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	3,3	10	15	21
Afinitas elektron ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	335	355	332	301
Energi ionisasi ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	1.686	1.266	1.146	1.016
Keelektronegatifan	4,0	3,0	2,8	2,5
Jari-jari kovalen (pm)	72	99	114	133
Jari-jari ion ( $X^+$ ) (pm)	136	181	195	216
Entalpi hidrasi $X^+$ ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	401	279	243	201
Daya hantar molar $X^-$	44,4	76,4	78,3	76,8
Potensial elektroda standar (V)	+2,87	+1,36	+1,065	+0,0535
Kalor disosiasi ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	158	242	193	151

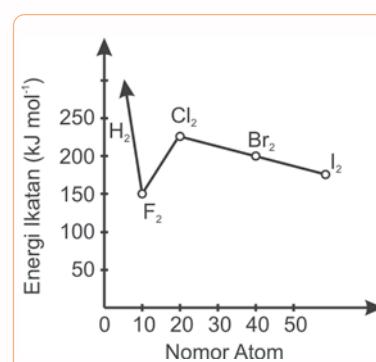
Sumber: *Kimia Universitas*

Unsur-unsur golongan VIIA mempunyai konfigurasi elektron  $ns^2np^5$  dan merupakan unsur-unsur yang paling elektronegatif. Unsur halogen selalu mempunyai bilangan oksidasi -1, kecuali fluor yang selalu *univalent*. Unsur ini dapat mempunyai bilangan oksidasi (+1), (+III) dan (+VII). Bilangan oksidasi (+IV) dan (+VI) merupakan anomali, terdapat dalam oksida  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_6$  dan  $\text{BrO}_3$ .

Titik leleh dan titik didih bertambah jika nomor atom bertambah. Hal ini karena molekul yang lebih besar mempunyai gaya tarik menarik Van der Waals yang lebih besar.

Energi ikatan  $X_2$  (kalor disosiasi) berkurang jika atom bertambah besar. Kecenderungan ini hanya dapat diamati untuk  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$  dan  $\text{I}_2$ . Perhatikan Gambar 4.2 di samping. Energi ikatan  $\text{F}_2$  sangat rendah ( $158 \text{ kJmol}^{-1}$ ), karena terjadi tolak menolak antara elektron tak-terikat. Hal inilah yang menyebabkan  $\text{F}_2$  sangat reaktif.

Energi ionisasi unsur halogen sangat tinggi dan yang paling tinggi adalah fluor. Molekul halogen berwarna karena menyerap sinar tampak sebagai hasil eksitasi. Unsur-unsur ini adalah oksidator kuat dan mempunyai potensial elektrode negatif.



**Gambar 4.2** Energi ikatan Halogen

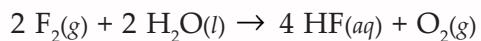
Sumber: *Ensiklopedi IPTEK*

## b. Sifat Kimia

Fluor dan klor membantu reaksi pembakaran dengan cara seperti oksigen. Brom berupa cairan merah tua pada suhu kamar mempunyai tekanan uap yang tinggi. Fluor dan klor biasanya berupa gas. Reaksi-reaksi halogen antara lain seperti berikut.

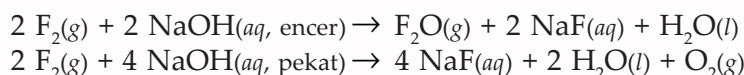
### 1) Reaksi Halogen dengan Air

Semua unsur halogen kecuali fluor berdisproporsiasi dalam air, artinya dalam reaksi halogen dengan air maka sebagian zat teroksidasi dan sebagian lain tereduksi. Fluorin bereaksi sempurna dengan air menghasilkan asam fluorida dan oksigen. Reaksi yang terjadi seperti berikut.



Fluorin dengan larutan NaOH encer menghasilkan gas  $\text{F}_2\text{O}$ , sedangkan dengan NaOH pekat menghasilkan gas  $\text{O}_2$ .

Perhatikan reaksi berikut.



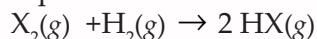
$\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$  dan  $\text{I}_2$  tidak larut dengan baik dalam air, reaksinya lambat. Reaksi yang terjadi adalah reaksi redoks. Jika klorin dan bromin dilarutkan dalam air yang mengandung  $\text{OH}^-$  (basa) maka kelarutannya makin bertambah. Reaksi yang terjadi seperti berikut.



Ion  $\text{ClO}^-$  merupakan bahan aktif zat pemutih. Senyawa  $\text{NaClO}$  digunakan sebagai zat pemutih kertas, pulp, tekstil, dan bahan pakaian.

### 2) Reaksi Halogen dengan Hidrogen

Halogen bereaksi dengan hidrogen membentuk hidrogen halida. Secara umum reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.

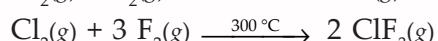
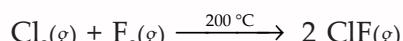


Reaksi  $\text{F}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  dengan hidrogen disertai ledakan tetapi bromin dan iodin bereaksi dengan lambat.

### 3) Reaksi Halogen dengan Halogen

Reaksi halogen dengan halogen menghasilkan senyawa yang dinamakan senyawa antarhalogen. Unsur yang lebih elektronegatif sebagai zat oksidator dan diberi bilangan oksidasi negatif dalam senyawanya.

Perhatikan contoh reaksi berikut ini.

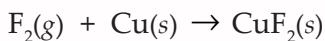


Senyawa-senyawa antarhalogen bersifat diamagnetik dan merupakan oksidator kuat. Senyawa antarhalogen dapat mengalami reaksi hidrolisis. Perhatikan reaksi berikut.



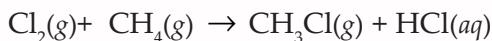
4) Reaksi Halogen dengan Logam

Halogen bereaksi dengan kebanyakan logam. Bromin dan iodin tidak bereaksi dengan emas, platinum atau beberapa logam mulia lainnya. Perhatikan contoh reaksi fluorin dengan tembaga berikut.



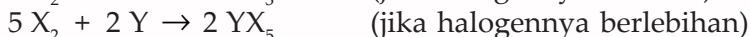
5) Reaksi Halogen dengan Hidrokarbon

Halogen umumnya bereaksi dengan hidrokarbon dengan cara menggantikan atom-atom hidrogen. Perhatikan contoh reaksi metana dengan klorin berikut ini.



6) Reaksi Halogen dengan Nonlogam dan Metaloid Tertentu

Halogen bereaksi secara langsung dengan sejumlah nonlogam dan metaloid. Unsur nonlogam fosfor dan metaloid boron, arsen, dan stirium (misal Y) bereaksi dengan unsur halogen (X), reaksi yang terjadi seperti berikut.



Fluorin mudah bereaksi tetapi iodin sukar bereaksi. Adapun nitrogen tidak langsung bersatu dengan halogen karena ketidakaktifannya.

c. Kereaktifan

Kereaktifan golongan halogen menurun secara teratur mulai fluor hingga iod. Kereaktifan ini dikaitkan dengan kemampuannya menerima elektron membentuk ion negatif. Perhatikan harga afinitas elektron pada Tabel 4.7. Harga afinitas elektron dari atas ke bawah berkurang. Hal ini karena makin bertambah jari-jari atomnya sehingga gaya tarik inti terhadap elektron terluar makin berkurang.

d. Daya Oksidasi

Daya oksidasi halogen dari atas ke bawah makin berkurang. Jadi iod merupakan reduktor terkuat. Daya oksidasi ini dapat dilihat dari harga potensial elektrodenya.

## 8. Golongan Gas Mulia

Golongan gas mulia terdiri atas helium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), dan xenon (Xe). Gas mulia memiliki konfigurasi elektron yang penuh. Oleh karena itu, unsur gas mulia stabil.

a. Sifat Fisika

Setiap sifat tertentu dari unsur ini berubah secara teratur. Unsur gas mulia memiliki titik leleh dan titik didih yang rendah serta kalor penguapan yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ikatan Van der Waals yang sangat lemah antaratom. Helium adalah zat yang mempunyai

titik didih yang paling rendah. Perhatikan sifat-sifat fisika gas mulia pada tabel berikut.

**Tabel 4.8** Sifat Fisika Gas Mulia

Sifat	He	Ne	Ar	Kr	Xe
Nomor atom	2	10	18	36	54
Konfigurasi elektron terluar	1s <sup>2</sup>	2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>	5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>
Massa atom relatif (Ar)	4,003	20,179	39,948	83,80	131,30
Titik leleh (K)	0,9	24	94	116	161
Entalpi peleburan (kJmol <sup>-1</sup> )	0,01	0,32	1,1	15	2,1
Titik didih (K)	4	27	84	120	166
Entalpi penguapan (kJmol <sup>-1</sup> )	0,08	1,8	6,3	5,5	13,6
Energi ionisasi pertama (kJmol <sup>-1</sup> )	2639	2079	1519	1349	1169
Jari-jari atom (pm)	93	112	154	169	190
Jumlah isotop di alam	2	3	3	6	9

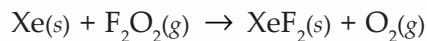
Sumber: *Kimia Universitas*

### b. Sifat Kimia

Pada tahun 1962, Neil Bartlett berhasil membuat sebuah senyawaan stabil yang dianggap sebagai XePtF<sub>6</sub>. Hal ini tentu menggemparkan, karena telah lama dikenal bahwa unsur golongan VIIIA bersifat inert. Setelah ini, tidak lama kemudian ahli riset lainnya menunjukkan bahwa xenon dapat bereaksi langsung dengan fluor membentuk senyawaan biner seperti XeF<sub>2</sub>, XeF<sub>4</sub>, dan XeF<sub>6</sub>. Adapun bentuk senyawa-senyawa dari unsur xenon dengan bilangan oksidasinya adalah seperti berikut.

#### 1) Bilangan Oksidasi +2

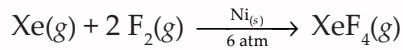
Kripton dan xenon dapat membentuk KrF<sub>2</sub> dan XeF<sub>2</sub> jika kedua unsur ini diradiasi dengan uap raksa dalam fluor. Xe(II) dapat bereaksi selanjutnya menjadi XeF<sub>4</sub> jika suhu dinaikkan. Adapun XeF<sub>2</sub> dapat terbentuk jika xenon padat direaksikan dengan difluoroksida pada suhu -120 °C.



XeF<sub>2</sub> dan KrF<sub>2</sub> berbentuk molekul linier dengan hibridisasi sp<sup>3</sup>d.

#### 2) Bilangan Oksidasi + 4

Xenon(IV) fluoride dapat dibuat dengan memanaskan campuran xenon dan fluor dengan komposisi 1 : 5 pada tekanan 6 atm, dan menggunakan nikel sebagai katalis.

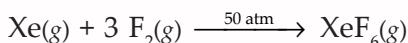


XeF<sub>4</sub> mempunyai struktur bujur sangkar dengan hibridisasi d<sup>2</sup>sp<sup>3</sup> pada suhu 400 °C.

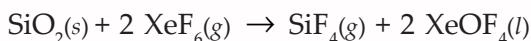
#### 3) Bilangan Oksidasi +6

Hanya xenon yang dapat membentuk XeF<sub>6</sub>. Senyawa ini dibuat dengan memanaskan campuran kedua unsur ini

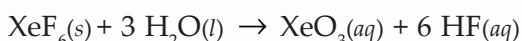
dengan komposisi Xe : F<sub>2</sub> = 1 : 20 pada suhu 300 °C dan tekanan 50 atm.



Xenon(VI) fluorida mempunyai bentuk oktahendral (*distorted*). Pada suhu kamar berbentuk kristal berwarna dan memiliki titik leleh 48 °C. Senyawa ini bereaksi dengan silika membentuk senyawa oksi gas mulia yang paling stabil.



Pada suhu kamar XeOF<sub>4</sub> berbentuk cairan tidak berwarna. XeF<sub>6</sub> dapat mengalami hidrolisis membentuk xenon(VI) oksida, dengan reaksi seperti berikut.



4) Bilangan Oksidasi +8

Xe(IV) dapat dioksidasi menjadi Xe(VIII) oleh ozon dalam larutan basa. Xe(VIII) hanya stabil dalam larutan.

Selain senyawa xenon, telah berhasil dibuat kripton fluorida, KrF<sub>2</sub> dan radon fluorida, RnF<sub>2</sub>. Radon bereaksi spontan dengan fluor pada suhu kamar. Adapun kripton bereaksi dengan fluor hanya jika keduanya disinari atau melepaskan muatan listrik. Akan tetapi belum dilaporkan adanya senyawa helium, neon atau argon.

### Tugas Kelompok

Bersama teman sesejamu, buatlah model struktur molekul dari senyawa XeF<sub>3</sub>, XeF<sub>4</sub>, dan XeF<sub>6</sub>. Bahan yang kamu perlukan adalah malam pet, dan lidi atau tusuk sate.

### Latihan 4.1

- Mengapa energi ionisasi kedua logam alkali tanah kurang lebih dua kali energi ionisasi pertamanya? Jelaskan!
- Mengapa golongan gas mulia mempunyai titik didih dan titik leleh yang rendah?
- Jelaskan sifat fisika dari unsur karbon dan nitrogen!
- Apakah yang menyebabkan gas F<sub>2</sub> sangat reaktif? Jelaskan!
- Sebutkan tiga macam oksida dari logam alkali tanah!
- Jelaskan kecenderungan kelarutan garam sulfat dari alkali tanah!
- Apakah yang terjadi jika MgN<sub>2</sub> direaksikan dengan air?
- Apakah yang menyebabkan NH<sub>3</sub> larut dalam air?

## B. Kelimpahan Unsur-Unsur Utama di Alam

Kamu telah mempelajari sifat-sifat dari unsur-unsur utama, bagaimana kelimpahannya di alam ini? Mari kita pelajari lebih lanjut agar lebih jelas.

### 1. Golongan Alkali

#### a. Natrium

Natrium terdapat di alam dalam senyawaan. Antara lain natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) yang terlarut dalam air laut dan sebagai garam batu dalam tanah; natrium nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ); dan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sebagai soda alam.

Natrium karbonat berupa hablur putih yang larut dalam air. Bentuk hidratnya disebut soda cuci,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ .

Natrium klorida atau garam dapur terdapat banyak sekali di seluruh dunia. Selain terlarut dalam air laut (hampir 3%) juga dalam lapisan-lapisan di dalam tanah (garam darat) yang kadang-kadang sampai ratusan meter tebalnya. Garam dapur banyak dihasilkan di Pulau Madura.

Natrium nitrat juga disebut sendawa chili, terdapat di alam di perbatasan antara Chili dan Peru. Diduga, bahwa sendawa chili di daerah tersebut terbentuk dari pelapukan tumbuhan laut dan kotoran-kotoran burung dengan pengaruh oksigen dan bakteri-bakteri sendawa.

#### b. Kalium

Kalium dalam alam hanya terdapat dalam senyawaan, seperti silvinit ( $\text{KCl}$ ), karnalit ( $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ ), dan kainit ( $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$ ). Adapun potas atau garam abu ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) dihasilkan dari pembakaran tumbuh-tumbuhan darat.

### 2. Golongan Alkali Tanah

#### a. Kalsium

Kalsium di alam terdapat dalam senyawaan seperti  $\text{CaCO}_3$  dalam kalsit, batu kapur (gamping), pualam, batu karang, dan kulit kerang;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$  dalam gips atau albar atau batu tahu;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  dalam tulang; dan  $\text{CaF}_2$ . Sebagian besar cadangan batu kapur Indonesia terdapat di Sumatra Barat.

#### b. Magnesium

Magnesium di alam terdapat sebagai garam-garam karbonat, klorida, silikat, dan sulfat. Misal magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ), dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), karnalit ( $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ ), kainit ( $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$ ), kiserit ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), asbes ( $\text{CaSiO}_3 \cdot 3 \text{ MgSiO}_3$ ), talek ( $3 \text{ MgO} \cdot 4 \text{ SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), dan mika yaitu berbagai jenis Al-Mg-K-Silikat. Dolomit banyak ditemukan di Sumatra Utara, Sumatra Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura dan Papua.

Oleh karena pengaruh pelapukan, Mg dibebaskan dari garam-garam silikat dan merupakan bagian dari tanah yang dapat diserap oleh tumbuh-tumbuhan. Mg adalah salah satu zat yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan (dalam klorofil).

### 3. Unsur Boron dan Aluminium

#### a. Boron

Boron tidak ditemukan bebas di alam, melainkan dalam senyawaan seperti silika, silikat, dan borat. Senyawaan boron yang utama dan tidak melimpah adalah asam borat ( $H_3BO_3$ ) dan natrium borat terhidrasi atau boraks ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$ ).

#### b. Aluminium

Unsur yang terpenting pada golongan IIIA adalah aluminium. Kelimpahan aluminium terdapat dalam berbagai senyawaan, seperti batu manikam ( $Al_2O_3$ ), tanah liat ( $Al_2(SiO_3)_2$ ), kriolit ( $NaF \cdot AlF_3$ ), bauksit ( $Al_2O_3 \cdot 2 H_2O$ ). Bauksit merupakan bahan terpenting untuk memperoleh aluminium antara lain terdapat di Kepulauan Riau, dan Pulau Bintan.



**Gambar 4.3** Makanan yang Biasanya Mengandung Boraks

*Sumber: Dokumen Penerbit*

### 4. Unsur Karbon

Karbon terdapat di alam dalam keadaan bebas seperti intan dan grafit. Adapun dalam keadaan ikatan sebagai bahan bakar mineral, antrasit, batu bara, batu bara muda, dan sebagai minyak tanah, aspal, gas  $CO_2$ , dan  $CaCO_3$ .

Karbon di alam juga terdapat sebagai hasil pembuatan arang amorf, misalkan kokas dari penyulingan kering batu bara, arang kayu dari pembakaran kayu. Karbon amorf sesungguhnya adalah grafit yang hablur-hablurnya sangat halus.

#### Tugas Mandiri

Silikon dan timah merupakan unsur yang termasuk golongan IVA. Coba carilah informasi mengenai kelimpahannya di alam, dan daerah di Indonesia yang memiliki potensi unsur-unsur tersebut.

### 5. Unsur Nitrogen dan Fosfor

#### a. Nitrogen

Nitrogen dalam keadaan bebas sebagai  $N_2$ . Nitrogen di udara terdapat kurang lebih 80% dari volume udara. Senyawaan nitrogen di alam, antara lain seperti berikut.

- 1) Zat telur (protein), amonia, dan berbagai senyawa organik.
- 2) Tumbuh-tumbuhan, hanya tumbuh-tumbuhan dari keluarga *leguminosa* yang mengambil nitrogen dari udara.



Gambar 4.4 Fosfor Disimpan dalam Air

Sumber: Ensiklopedi IPTEK

## b. Fosfor

Unsur ini tidak pernah terdapat dalam keadaan bebas, karena daya gabungnya terhadap oksigen besar. Senyawaan fosfor yang terdapat di alam antara lain apatit yang banyak mengandung  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , selanjutnya mengandung kapur,  $\text{CaCl}_2$ , dan  $\text{CaF}_2$ . Fosforit (kalsium fosfat) terdapat dalam tulang binatang menyusui. Apatit dapat ditemukan di Propinsi Aceh, Sulawesi Utara, Nusa Tenggara Timur, dan Pulau Jawa.

## 6. Unsur Belerang

Belerang terdapat dalam keadaan bebas di daerah-daerah gunung berapi sebagai senyawaan dalam  $\text{FeS}_2$  (pirit),  $\text{ZnS}$  (sfaterit),  $\text{PbS}$  (galenit),  $\text{CaSO}_4$  (gips),  $\text{BaSO}_4$  (barit), dan dalam zat putih telur.

## 7. Unsur Halogen

### a. Klor

Klor terdapat di alam karena daya gabung klor terhadap unsur-unsur lain yang biasanya sangat besar membentuk senyawaan terutama dalam garam dapur  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  dan  $\text{MgCl}_2$ .

### b. Brom

Brom mula-mula diperoleh dari dalam air laut. Unsur-unsur ini sekarang diusahakan dalam jumlah yang besar sebagai bromida, misal  $\text{NaBr}$ ,  $\text{MgBr}_2$ .

### c. Iod

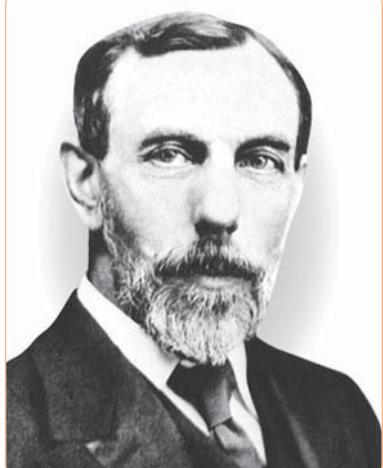
Iod terdapat sebagai Na-iodat dalam *mutterlauge*, sendawa chili sebagai iodida dalam ganggang laut dan dalam sumber air iodium di Jawa Timur (Mojokerto) serta dalam kelenjar gondok manusia dan hewan.

### d. Fluor

Oleh karena daya gabung terhadap unsur-unsur lain lebih besar daripada halogen lainnya, maka fluor selalu terdapat sebagai senyawaan, antara lain fluorit ( $\text{CaF}_2$ ) dan kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ )

## 8. Unsur Gas Mulia

Semua gas mulia dapat dijumpai di atmosfer. Kandungan argon di udara adalah 0,9% udara dan unsur yang lain dalam jumlah yang lebih kecil. Ahli kimia Inggris **William Ramsay**, pada tahun 1894 mengidentifikasi unsur baru (argon) sebagai gas yang tidak reaktif yang tertinggal dalam sampel udara setelah semua unsur nitrogen, oksigen, dan zat lain dihilangkan dalam sampel. Semua unsur merupakan gas monoatomik yang dapat diperoleh dengan distilasi fraksionasi udara cair.



Gambar 4.5 Sir William Ramsay, Penemu Argon

Sumber: Jendela IPTEK

Helium yang mula-mula ditemukan spektrumnya berupa garis kuning oleh **Lockyer** dalam spektrum sinar matahari, ditemukan juga bersama bijih uranium. Radon merupakan hasil peluruhan radioaktif dari radium dan mempunyai tiga isotop yaitu  $^{219}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ , dan  $^{222}\text{Rn}$ . Isotop radon yang paling stabil adalah  $^{222}\text{Rn}$  dengan waktu paruh 3,825 hari.

## Latihan 4.2

1. Jelaskan keberadaan litium di alam!
2. Jelaskan keberadaan aluminium dan boron di alam!
3. Jelaskan keberadaan nitrogen di alam!
4. Jelaskan keberadaan fosfor di alam!

## C. Pembuatan Unsur dan Senyawa

Kita dapat memperoleh unsur-unsur utama dari senyawanya dan kita juga dapat membuat senyawaan lain dari unsur-unsur utama tersebut. Mari kita pelajari lebih lanjut, mengenai cara memperoleh unsur dan senyawa dari unsur-unsur pertama.

### 1. Golongan Alkali

#### a. Unsur Natrium

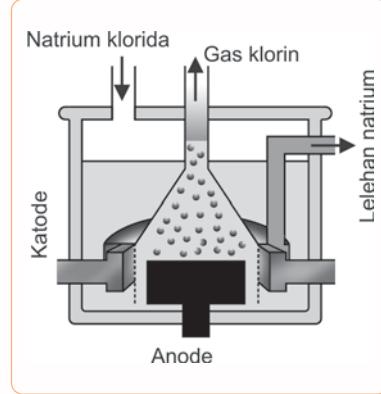
Natrium dapat diperoleh dengan cara elektrolisis NaCl yang dicairkan dengan katode besi dan anode karbon. Sel yang digunakan adalah sel Downs.

Natrium cair terbentuk pada katode, selanjutnya dialirkan dan ditampung dalam wadah berisi minyak tanah. Dalam proses ini bejana elektrolisis dipanaskan dari luar dan dijaga agar natrium yang terbentuk tidak bersinggungan dengan udara, karena akan terbakar. Hasil samping elektrolisis ini adalah klorin.

#### b. Senyawa Natrium klorida

Natrium klorida (NaCl) atau garam dapur diambil dari air laut dengan menguapkan air laut dalam kolam atau tambak yang luas di tepi laut. Metode ini dapat diterapkan di daerah panas. Adapun di daerah dingin, garam dapur didapat dengan membekukan air. Air beku yang terbentuk tidak mengandung NaCl, sehingga larutan yang disisakan merupakan larutan pekat dengan kadar NaCl yang tinggi. Garamnya dapat dipisahkan dengan penguapan.

Garam darat diperoleh dengan menggalinya. Hasil penggalian yang sudah putih bersih dapat langsung diperdagangkan. Adapun hasil penggalian yang masih kotor, lebih dahulu dilarutkan dalam air agar kotorannya mengendap dan dipisahkan dengan penyaringan. Selanjutnya garam dapat diperoleh kembali dengan penguapan.



**Gambar 4.6** Sel Downs  
Mengekstrak  
Natrium dengan  
Elektrolisis

Sumber: Kamus Kimia Bergambar

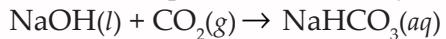
Apabila lapisan-lapisan yang mengandung garam itu terlalu dalam letaknya di dalam tanah maka untuk mendapatkan garam darat tersebut terlebih dulu perlu dipompa air ke dalam tanah untuk melarutkan garamnya, kemudian larutan itu dipompa kembali ke atas (*cara Frasch*).

c. Senyawa Natrium karbonat

Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dapat diperoleh dengan cara:

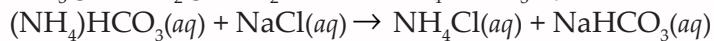
1) Elektrolisis larutan  $\text{NaCl}$  dengan diafragma

Ke dalam ruangan katode, di mana terbentuk  $\text{NaOH}$  dipompa (dialirkan dengan tekanan) gas  $\text{CO}_2$ , sehingga terbentuk  $\text{NaHCO}_3$ , kemudian  $\text{NaHCO}_3$  yang terbentuk dipanaskan. Reaksi yang terjadi seperti berikut.



2) Proses Solvay

Kedalam larutan garam dapur yang jenuh dan panas, dipompa gas-gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Maka terjadilah reaksi-reaksi seperti berikut:

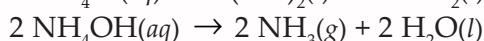
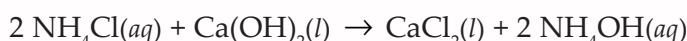


Natrium hidrogen karbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) yang terbentuk, dipanaskan hingga berubah menjadi soda (natrium karbonat), dengan reaksi seperti berikut.



$\text{CO}_2$  yang dibebaskan, dapat dipakai kembali dalam proses tersebut.  $\text{NH}_3$  yang mahal harganya, dapat diperoleh kembali dengan mereaksikan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Perhatikan reaksi berikut.



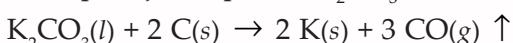
d. Senyawa Natrium Hidrogen Karbonat

Pada pembuatan soda dengan proses solvay sebagai hasil pertama terbentuk senyawa natrium hidrogen karbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) yang akan terurai pada suhu  $650^\circ\text{C}$ . Oleh karena itu garam yang terbentuk harus dihaburkan di bawah suhu tersebut. Natrium hidrogen karbonat dapat juga terbentuk jika dalam larutan soda yang jenuh dialirkan karbon dioksida di bawah suhu  $310^\circ\text{C}$ .



e. Unsur Kalium

Kalium dibuat dari elektrolisis KOH cair seperti pada natrium serta pemijaran potas ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) dalam karbon.



f. Senyawa Kalium hidroksida

Kalium hidroksida (KOH) diperoleh dari elektrolisis larutan  $\text{KCl}$  dengan diafragma (sama dengan cara pembuatan  $\text{NaOH}$  dari elektrolisis larutan  $\text{NaCl}$ ).

## 2. Golongan Alkali Tanah

### a. Unsur Kalsium

Kalsium dapat dibuat dengan elektrolisis  $\text{CaCl}_2$  cair sehingga dihasilkan Ca pada katode. Hasil sampingnya adalah klorin.

### b. Senyawa Kalsium Oksida

Senyawa kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dibuat secara besar-besaran dengan memanaskan (pembakaran) batu kapur atau kulit kerang dalam tanur pembakar. Reaksi yang terjadi seperti berikut.



$\text{CaO}$  juga disebut kapur tohor dan dalam perdagangan disebut gamping. Gas  $\text{CO}_2$  yang terbentuk harus segera dialirkan keluar, karena reaksinya dapat balik kembali. Kapur tohor sangat higroskopis.

### c. Unsur Magnesium

Magnesium diperoleh dengan cara elektrolisis lelehan magnesium klorida. Sekarang ini, Mg juga dapat diperoleh dari air. Selain itu Mg diperoleh juga dari reduksi  $\text{MgO}$  dengan karbon.

## 3. Golongan IIIA

### a. Unsur Aluminium

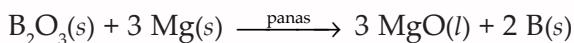
Aluminium diperoleh dari elektrolisis bauksit yang dilarutkan dalam kriolit cair. Proses ini dikenal dengan proses Hall. Pada proses ini bauksit ditempatkan dalam tangki baja yang dilapisi karbon dan berfungsi sebagai katode. Adapun anode berupa batang-batang karbon yang dicelupkan dalam campuran.

### b. Senyawa Aluminium Sulfat

Aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) dibuat dari pemanasan tanah liat murni (kaolin) dengan asam sulfat pekat.

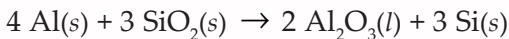
### c. Unsur Boron

Boron dibuat dengan mereduksi boron oksida  $\text{B}_2\text{O}_3$  dengan magnesium atau aluminium. Perhatikan reaksi berikut.



## 4. Silikon

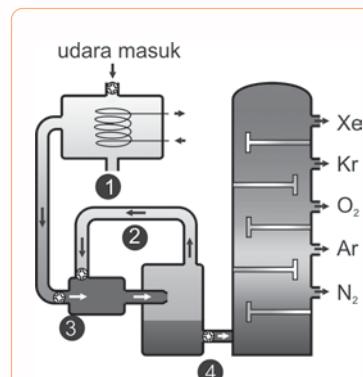
Silikon dapat dibuat dari reduksi  $\text{SiO}_2$  murni dengan serbuk aluminium pada suhu tinggi, dengan reaksi seperti berikut.



## 5. Golongan VA

### a. Unsur Nitrogen

Nitrogen dibuat dengan penyulingan bertingkat udara cair. Udara bersih dimasukkan ke dalam kompresor, kemudian didinginkan dengan pendingin. Udara dingin mengembang melalui celah dan hasilnya adalah udara yang suhunya lebih dingin, cukup untuk menyebabkan mencair. Selanjutnya



#### Keterangan:

1.  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dipisahkan.
2. Gas dialirkan ulang.
3. Udaara ditekan dan didinginkan.
4. Udaara mengembang melalui nosel dan mendingin.

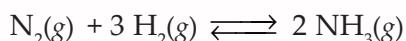
Gambar 4.7 Distilasi Udara Cair  
Sumber: Ensiklopedia IPTEK

udara cair disaring untuk memisahkan unsur  $\text{CO}_2$  dan hidrokarbon, kemudian didistilasi dengan cara udara cair memasuki bagian puncak kolom di mana nitrogen, komponen yang paling mudah menguap, keluar sebagai gas, dan pada pertengahan kolom, gas argon keluar dan oksigen cair sedang komponen yang paling sulit menguap terkumpul di dasar kolom.

#### b. Senyawa Amonia

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) adalah senyawa yang sangat bermanfaat dan diproduksi secara komersial dalam jumlah yang sangat besar. Pembuatan secara komersial menggunakan proses Haber-Bosch.

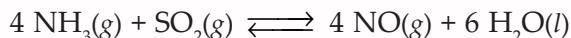
Dalam proses ini bahan baku digunakan adalah nitrogen dan hidrogen dengan katalis Fe. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.



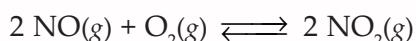
Reaksi ini berlangsung pada suhu  $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan antara 130 – 200 atm.

#### c. Senyawa Asam Nitrat

Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) dibuat dengan proses Haber-Ostwald, di mana amonia yang didapat dengan proses Haber dicampur dengan udara berlebih kemudian dialirkan melalui platina abses sebagai katalis pada suhu  $700\text{ }^{\circ}\text{C} - 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Perhatikan reaksi yang terjadi berikut ini.



Setelah melalui katalis, dan turunnya suhu maka NO bereaksi dengan udara yang berlebih.

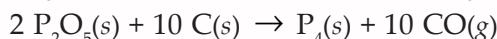
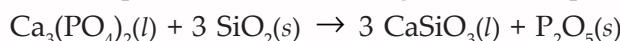


Udara yang mengandung  $\text{NO}_2$  ditampung dalam air.



#### d. Unsur Fosfor

Fosfor dibuat dalam tanur listrik dengan memanaskan fosforit, pasir, dan kokas dengan reaksi seperti berikut.

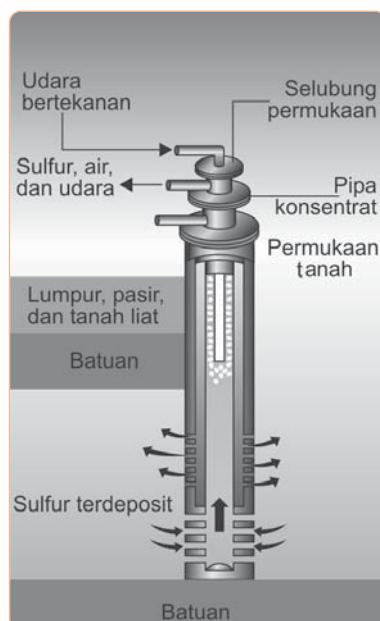


Dalam proses ini dihasilkan fosfor kuning. Adapun Fosfor merah dihasilkan dengan jalan memanaskan fosfor kuning pada suhu  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  tanpa udara.

## 6. Golongan VIA

#### a. Unsur Belerang

Pembuatan belerang pertama kali dikembangkan pada tahun 1904 oleh **Frasch** yang mengembangkan cara untuk mengekstrak belerang yang dikenal dengan cara Frasch. Pada



Gambar 4.8 Pompa Frasch  
Sumber: Kamus Kimia Bergambar

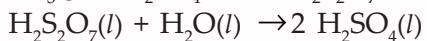
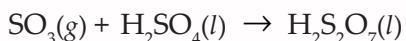
proses ini pipa logam berdiameter 15 cm yang memiliki dua pipa konsentrik yang lebih kecil ditanam sampai menyentuh lapisan belerang. Uap air yang sangat panas dipompa dan dimasukkan melalui pipa luar, sehingga belerang meleleh, selanjutnya dimasukkan udara bertekanan tinggi melalui pipa terkecil, sehingga terbentuk busa belerang yang keluar mencapai 99,5%.

b. Senyawa Asam Sulfat

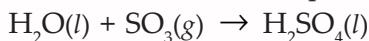
Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dibuat dengan proses kontak. Belerang dibakar dalam udara kering di ruang pembakar pada suhu 100 °C. Gas yang dihasilkan mengandung kurang lebih 10% volume sulfur dioksida. Setelah didinginkan sampai 400 °C, kemudian dimurnikan dengan cara pengendapan elektrostastik. Sulfur dioksida yang terbentuk kemudian dikonversi menjadi  $SO_3$  dengan menggunakan vanadium (V) oksida. Reaksi yang terjadi adalah eksoterm. Reaksi dilakukan pada suhu 450 °C – 474 °C.



Sulfur trioksida yang dihasilkan didinginkan kemudian dilarutkan dalam  $H_2SO_4$  98%, sehingga menghasilkan asam 98,5% yang kemudian diencerkan dengan air melalui reaksi berikut ini.



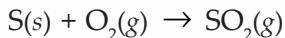
Reaksi keseluruhan dapat ditulis seperti berikut.



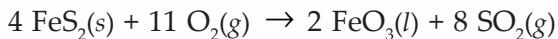
c. Senyawa Belerang Dioksida

Belerang dioksida ( $SO_2$ ) secara teknik dibuat dengan cara berikut.

- 1)  $SO_2$  murni diperoleh dari pembakaran belerang.



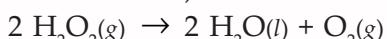
- 2) Pemanggangan sulfida.



d. Unsur Oksigen

Oksigen dapat dibuat dengan beberapa cara, antara lain seperti berikut ini.

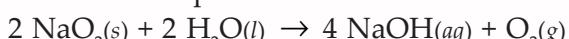
- 1) Penguraian katalik hidrogen peroksid (pembuatan di laboratorium).



- 2) Penguraian termal senyawa yang mengandung banyak oksigen.



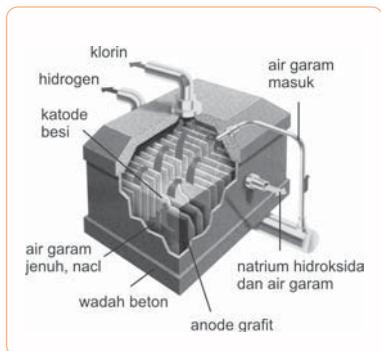
- 3) Reaksi antara peroksid dan air



Oksigen dapat dibuat secara komersial dengan cara seperti berikut ini.

- 1) Distilasi bertingkat udara cair.
- 2) Elektrolisis air.

## 7. Golongan VIIA atau Halogen



**Gambar 4.9** Sel-Sel Hooker untuk Membuat Gas Klorin

Sumber: [Ensilopedia IPTEK](#)

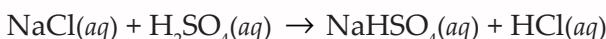
### a. Unsur Klor

Klorin dibuat dengan beberapa cara, antara lain seperti berikut ini.

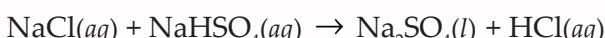
- 1) Elektrolisis larutan NaCl dengan diafragma.  
$$2 \text{NaCl}(aq) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2 \text{NaOH}(aq) + \text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g)$$
- 2) Pada pabrik-pabrik sulfat, di mana asam klorida dihasilkan dalam jumlah besar sebagai hasil samping selanjutnya asam klorida direaksikan dengan  $\text{MnO}_2$  untuk menghasilkan klorin.  
$$4 \text{HCl}(l) + \text{MnO}_2(s) \rightarrow \text{MnCl}_2(l) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) + \text{Cl}_2(g)$$

### b. Senyawa Hidrogen Klorida

Hidrogen klorida (HCl) dapat dibuat dari garam dapur dan asam sulfat. Reaksi yang terjadi seperti berikut.



Jika suhunya dinaikkan, dan NaCl ditambah maka reaksi yang terjadi seperti berikut.



HCl dapat juga dibuat dari sintesis hidrogen dan klor. Kedua gas ini diperoleh sebagai hasil samping pembuatan NaOH dari elektrolisis larutan NaCl.

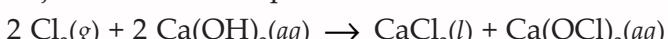
### c. Garam Hipoklorit dan garam klorat

Garam-garam hipoklorit terbentuk bersama-sama dengan garam-garam klorida, jika gas klorin dialirkan ke dalam suatu larutan basa.

Perhatikan reaksi berikut ini.

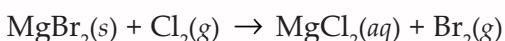


Jika gas klorin dialirkan ke dalam larutan pekat  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan selanjutnya larutan ini diupayakan dalam vakum, maka terjadilah hablur kaporit.



### d. Unsur Brom

Secara teknis brom dihasilkan terutama dari garam singkir. Garam-garam ini dilarutkan dalam air dan kemudian diuapkan. Sebagian besar dari garam-garamnya menghablur, sedangkan  $\text{MgBr}_2$  masih tertinggal dalam larutan (*Mutterlauge*). Selanjutnya gas klorin dialirkan ke dalam *Mutterlauge* ini, dengan reaksi seperti berikut.



Bromin yang terjadi dimurnikan dengan penyulingan. Bromin berupa zat cair berwarna cokelat tua, memberikan uap merah cokelat yang berbau rangsang.

e. Unsur Iod

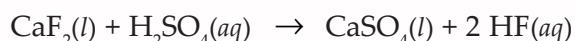
Garam-garam iodat direduksi na-hidrogensulfit menjadi iodin, dengan reaksi seperti berikut.



Habur-habur iodin berbentuk keping-keping berwarna abu-abu tua. Iod tidak mudah larut dalam air, tetapi mudah larut dalam kalium alkohol dan eter.

f. Senyawa Hidrogen Fluorida

Hidrogen fluorida (HF) diperoleh dengan mereaksikan fluorit dan asam sulfat pekat kemudian dipanaskan dalam bejana dari timbal atau platina. Reaksi yang terjadi seperti berikut.



HF di bawah suhu 20 °C berupa zat cair dan di atas suhu 20 °C berupa gas.

## 8. Golongan VIIIA atau Gas Mulia

Semua unsur gas mulia dapat diperoleh dengan distilasi fraksionasi udara cair. Perhatikan kembali Gambar 4.7.

### D.Kegunaan Unsur dan Senyawa

Unsur-unsur utama dalam bentuk unsur atau senyawa memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan kita sehari-hari. Mari kita pelajari kegunaan beberapa unsur dan senyawa dari unsur golongan utama.

#### 1. Golongan Alkali

a. Unsur Natrium

Natrium memiliki kemampuan daya gabung terhadap oksigen besar, sehingga sangat mudah terbakar di udara. Oleh karena itu, Na disimpan dalam minyak tanah atau dalam parafin cair.

Natrium terbakar dengan nyala kuning. Natrium banyak digunakan untuk pembuatan lampu-lampu natrium dan pembuatan senyawa-senyawa organik.

b. Senyawa Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), disebut juga soda api atau soda kaustik.  $\text{NaOH}$  adalah suatu basa yang sangat kuat; larut dengan baik dalam air dengan menimbulkan kalor (larutannya dinamakan *lindi natron*); mengikat  $\text{CO}_2$  dari udara dan berubah menjadi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Soda api digunakan dalam membuat "sabun keras", membersihkan minyak tanah, dan dalam industri.

c. Senyawa Natrium Klorida

Natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) penting sebagai bahan makanan, dan pengawet sayur, daging, telur, dan ikan. Penambahan  $\text{NaCl}$  dalam air es digunakan sebagai pendingin dalam pembuatan bermacam-macam es, misal es puter, es lilin, dan es krim.

Dalam industri,  $\text{NaCl}$  digunakan sebagai sumber unsur Na dan Cl, dan sebagai bahan pembuatan senyawan-senyawa lain yang mengandung Na atau Cl, seperti asam klorida, dan soda.  $\text{NaCl}$  dalam industri keramik dipakai sebagai campuran bahan glasir.

d. Senyawa Natrium Karbonat

Natrium karbonat (soda) mudah larut dalam air, dan larutannya bersifat basa. Berdasarkan sifat inilah maka soda digunakan sebagai zat pencuci.

Soda digunakan dalam perusahaan pencucian untuk menghilangkan noda minyak. Soda juga dipakai dalam industri kaca, dan untuk melunakkan air sadah.

e. Senyawa Natrium Hidrogen Karbonat

Natrium hidrogen karbonat dipakai dalam alat pemadam api. Alat ini diisi dengan larutan  $\text{NaHCO}_3$  dicampur dengan saponin, suatu zat dapat berbuih. Fungsi lain  $\text{NaHCO}_3$  adalah untuk menghilangkan bau tengik dari mentega; mengembangkan kue; menghilangkan lemak dan lilin dalam pencucian bulu domba; serta menghilangkan gom dari sutra.

f. Senyawa Natrium Nitrat atau Sendawa Chili

Natrium nitrat dipakai sebagai pupuk buatan dan pembuatan asam sendawa.

g. Senyawa Kalium Nitrat

Kalium nitrat berupa hablur-hablur putih, tidak higroskopik. Senyawa ini digunakan sebagai pengawet daging dan dalam pembuatan mesiu.

h. Senyawa Kalium Iodida dan Kalium Bromida

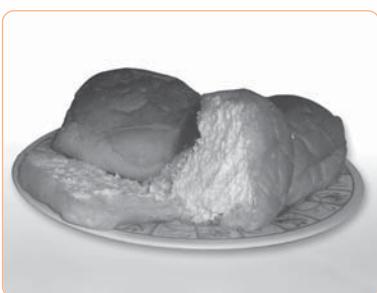
Kedua garam tersebut terdapat dalam jumlah sedikit di alam (dalam air laut). Keduanya dipakai dalam obat-obatan. KI mempunyai sifat membersihkan darah, sedangkan KBr dapat menenangkan saraf (obat tidur). KBr juga dipakai dalam pemotretan.

i. Senyawa Kalium Klorat dan Kalium Hidroksida

Senyawa kalium klorat tidak begitu mudah larut dalam air, merupakan oksidator kuat, lebih-lebih dengan katalis  $\text{MnO}_2$ . Kalium klorat dipakai dalam pembuatan korek api, pembuatan petasan, dan sebagai obat kumur. Adapun kalium hidroksida (KOH) dipakai dalam pembuatan sabun mandi.

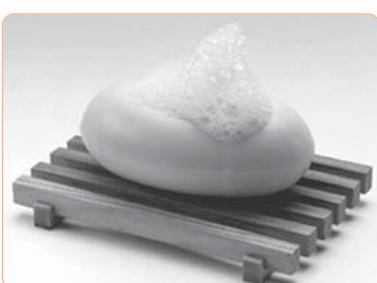
j. Unsur Litium

Senyawa yang paling penting dari unsur litium adalah senyawa klorida, sulfat, dan karbonat. Litium karbonat digunakan dalam pembuatan peralatan gelas dan keramik.



Gambar 4.10  $\text{NaHCO}_3$  untuk Mengembangkan Adonan Kue

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 4.11 KOH Ditambahkan dalam Pembuatan Sabun Mandi

Sumber: Dokumen Penerbit

Pada kemurnian yang tinggi senyawa ini digunakan dalam pengobatan pada kerusakan mental tertentu. Senyawa ini juga berfungsi sebagai bahan dalam pembuatan senyawa litium lainnya, misal pada pembuatan litium hidroksida.

## 2. Golongan Alkali Tanah

### a. Unsur Kalsium

Kalsium adalah logam lunak, berwarna putih; mudah bereaksi dengan oksigen, tetapi kalsium oksida yang terbentuk merupakan lapisan yang melindungi logamnya terhadap oksigen lebih lanjut.

Kalsium dicampur dengan litium sebagai pengeras dalam logam yang mengandung timbal; untuk industri baja Cr-Ni, kalsium dipakai sebagai campuran logam campur.

### b. Senyawa Kalsium Sulfat

Senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) di alam sebagai  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  yang disebut dengan gips atau albas. Senyawa ini baik digunakan untuk membuat bermacam-macam barang tuang, sebagai pembalut gips, dalam industri cat digunakan sebagai cat "putih", untuk pembuatan kapur tulis (campuran dari gips, kaolin, asam oleat, dan NaOH). Jika dipanaskan sampai di atas  $200^\circ\text{C}$ , maka air haburnya lenyap semua ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0\text{H}_2\text{O}$ ). Jika dicampur dengan air kembali maka senyawa tersebut tidak dapat mengikat air lagi. Keadaan demikian dinamakan gips mati.

Semen gips dibuat dari gips yang dicampur dengan asam fosfat, Na-fosfat, pasir dan dipanaskan sampai  $+1200^\circ\text{C}$ . Hasil ini dicampur lebih lanjut dengan  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{ZnSO}_4$ , kemudian digiling halus. Semen gips dicampur dengan air dapat menjadi keras dalam waktu 2 jam.

### c. Unsur Magnesium

Magnesium adalah logam ringan berwarna putih, tetapi dalam udara menjadi putih abu-abu karena terbentuknya lapisan magnesium oksida yang melindungi logamnya terhadap oksidasi lebih lanjut. Dalam bentuk pita atau serbuk magnesium mudah terbakar menjadi magnesium oksida dengan menimbulkan cahaya putih yang menyilaukan. Magnesium dalam asam encer membentuk gas hidrogen.

Magnesium dipakai sebagai pengisi lampu Blitzchth (dicampur dengan logam aluminium). Magnesium banyak digunakan untuk pembuatan logam campur, dengan sifat-sifat tetap ringan, tetapi dengan kekuatan yang berlipat ganda. Oleh karena itu, magnesium dipakai untuk industri membuat rangka pesawat terbang.

### d. Senyawa Magnesium Oksida

Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ ) berupa zat padat, berwarna putih, tidak mudah mencair (titik cairnya  $2.800^\circ\text{C}$ ), keras dan tahan api. Oleh karena sifat-sifat ini  $\text{MgO}$  dipakai sebagai pelapis tanur.



**Gambar 4.12** Rangka Pesawat Terbang Terbuat dari Alloy Magnesium  
*Sumber: Photo Image*

Jika MgO dipijarkan, dicampur dengan larutan MgCl<sub>2</sub> yang pekat, membentuk bubur yang di udara menjadi keras dan mengilap. Campuran tersebut dinamakan semen magnesium atau semen sorel. Campuran semen magnesium dengan serbuk kayu, serbuk gabus, gilingan batu, dan sebagainya disebut granit kayu atau ksilonit. Bahan ini antara lain dipakai untuk membuat lantai yang tidak bersela atau tidak bersambung dan sebagai bahan gading buatan.

e. Senyawa Magnesium Sulfat

Magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>) berupa padatan putih. Contoh garam inggris dengan rumus MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O, dipakai dalam obat-obatan sebagai pencahar (obat urus-urus).

f. Senyawa Magnesium Hidroksida

Magnesium Hidroksida (Mg(OH)<sub>2</sub>) berupa padatan putih yang sedikit larut dalam air. Bersifat basa. Oleh karena itu Mg(OH)<sub>2</sub> digunakan untuk obat sakit maag.

### 3. Golongan IIIA



Gambar 4.13 Kaleng Minuman Ringan Biasanya Terbuat dari Aluminium

Sumber: Dokumen Penerbit

a. Unsur Aluminium

Aluminium digunakan untuk membuat barang-barang keperluan rumah tangga, misal piring, mangkok, dan sendok; untuk membuat rangka dari mobil dan pesawat terbang; sebagai bahan cat aluminium (serbuk aluminium dengan minyak cat).

Aluminium dapat dicairkan menjadi lembaran tipis yang dipakai untuk pembungkus cokelat, rokok dan juga sebagai kaleng minuman bersoda. Daun aluminium atau logam campuran dengan Mg dipakai sebagai pengisi lampu Blitz, di samping gas oksigen.

Selanjutnya aluminium dipakai untuk membuat beberapa macam logam campur, diantaranya yang penting ialah duraluminium (paduan 94% aluminium dengan Cu, Mn, Mg), yang terutama dipakai dalam industri pesawat terbang, dan mobil.

b. Aluminium Oksida

Aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) di alam tercampur dengan oksida besi dalam bentuk hablur yang disebut amaril. Bahan ini sangat keras dan dipakai untuk menggosok besi. Hablur Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (korundum) juga terdapat dalam bentuk batu permata atau intan berwarna misal mirah berwana merah (mirah delima), nilam berwarna biru (batu nilam), zamrud berwana hijau, ametis berwarna ungu, ratna sempaka berwana kuning. Batu-batu ini diperdagangkan dengan nama batu akik, meskipun nama ini tidak tepat karena yang dimaksudkan dengan akik adalah hablur kwarsa (SiO<sub>2</sub>).

c. Senyawa Asam Borat

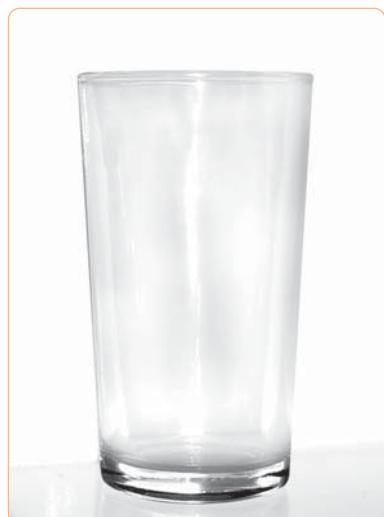
Asam borat (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) banyak dipakai dalam pabrik kaca dan email. Pada penyamakan kulit digunakan untuk mengikat kapur dalam kulit.

#### d. Garam-Garam Aluminium Silikat

Beberapa garam aluminium silikat terdapat dalam tanah liat. Tanah liat merupakan bahan dasar dalam pembuatan keramik. Ultramarin adalah bahan cat biru yang terdiri dari Na-Al-silikat dan S. Ultramarin dalam alam terdapat dengan nama lazurit, dipakai sebagai bahan pembiru pakaian, tekstil, kertas, dan gula.

#### e. Senyawa Natrium Perborat

Natrium perborat  $\text{NaBO}_3 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$  dengan air menimbulkan oksigen aktif yang digunakan sebagai pemucat dalam beberapa macam serbuk sabun.



**Gambar 4.14** Bahan Utama untuk Membuat Gelas adalah  $\text{SiO}_2$

Sumber: Dokumen Penerbit

### 4. Silikon

#### a. Unsur Silikon

Oleh karena silikon bersifat semikonduktor sehingga digunakan sebagai bahan baku pada kalkulator, transistor, komputer, dan baterai *solar*.

#### b. Pasir Kwarsa

Pasir Kwarsa ( $\text{SiO}_2$ ) digunakan untuk pembuatan kaca, gelas, porselin, beton. Selain itu  $\text{SiO}_2$  digunakan untuk menggosok batu kaca, logam-logam untuk pembuatan ampelas dan untuk pembuatan cat tahan udara.

#### c. Kaca Cair Natrium

Kegunaan kaca cair natrium ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) adalah untuk bahan campuran sabun cuci dan perekat dalam pembuatan karton.

### 5. Golongan VA

#### a. Unsur Nitrogen

Kegunaan nitrogen terutama digunakan dalam pembuatan gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) dari udara. Gas nitrogen cair digunakan sebagai bahan pembeku dalam industri pengolahan makanan.

#### b. Senyawa Amonia

Kegunaan dari amonia adalah pembuatan es, membuat  $\text{HNO}_3$ , garam-garam ammonium, dan sabun amonia.

#### c. Senyawa Asam Nitrat

Asam nitrat digunakan untuk membuat pupuk-pupuk buatan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dan  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

#### d. Unsur Fosfor

Fosfor kuning digunakan untuk pembuatan  $\text{P}_2\text{O}_5$ , yang digunakan untuk mencegah karat dan fosfor merah digunakan untuk membuat kepala batang korek api.

Senyawaan fosfor antara lain asam fosfat yang dibuat dengan mereaksikan uap fosfor dengan air. Asam fosfat berguna dalam pembuatan pupuk dan detergen.



**Gambar 4.15** Kepala Korek Api Terbuat dari Fosfor

Sumber: Dokumen Penerbit

## 6. Golongan VIA

### a. Unsur Belerang

Belerang digunakan sebagai bahan pembuat asam sulfat, bahan pembuat cat (ultramin, vermilyun, kuning kadmium), pembuat mesiu, untuk membuat karbon disulfida, dan bahan pembuat ebonit. Belerang juga dapat dipakai sebagai obat pemberantas jamur dan untuk memasak getah karet dan getah perca.

### b. Senyawa Belerang Dioksida

Kegunaan belerang dioksida adalah seperti berikut.

- 1) Bahan pengelantang untuk bulu domba, sutra, spons, domen, dan gula tebu.
- 2) Sebagai bahan untuk membersihkan botol-botol dan bejana-bejana anggur.
- 3) Sebagai bahan untuk memberantas penyakit pes di darat dan di kapal-kapal laut.
- 4) Digunakan untuk memurnikan beberapa jenis minyak tanah.

### c. Senyawa Asam Sulfat

Kegunaan dari asam sulfat antara lain seperti berikut.

- 1) Di laboratorium digunakan untuk pengering dan untuk kimia analisis.
- 2) Dalam teknik industri digunakan sebagai bahan pupuk terutama pupuk fosfat; cat dan pigmen terutama dalam produksi titanium oksida; pembuatan asam ( $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $H_3PO_4$ ).

### d. Unsur Oksigen

Kegunaan oksigen adalah untuk membantu pernapasan pasien (dalam kedokteran) dan untuk isi tabung udara yang dibawa penyelam.

Salah satu senyawaan oksigen adalah ozon ( $O_3$ ). Ozon dibuat dari  $O_2$  yang dialirkan melalui pesawat pengozon. Di dalam pesawat ini terjadi letusan-letusan listrik yang menyebabkan  $O_2$  berubah menjadi  $O_3$ . Kegunaan ozon adalah sebagai pemucat benang dan bahan pemusnah hama air minum.

## 7. Golongan VIIA atau Halogen

### a. Unsur Klor

Klor digunakan dalam industri kertas dan industri tekstil sebagai pengelantang, sebagai pemusnah kuman, dan untuk pembuatan kapur klor, brom, dan zat warna organik.

### b. Senyawa Asam Klorida

Asam klorida ( $HCl$ ) digunakan untuk membersihkan logam-logam dan untuk membuat garam-garam klorida dan gas klor.  $HCl$  murni yang tidak mengandung air banyak digunakan dalam pembuatan zat warna organik.



**Gambar 4.16** Penyelam Membawa Tabung Udara Berisi Oksigen  
*Sumber: Microsoft Student 2006*

c. Garam Hipoklorit dan Garam Klorat

Garam klorat yang penting adalah kalium klorat ( $\text{KClO}_3$ ) yang digunakan untuk kepala batang korek api, petasan, dan dipakai sebagai obat kumur.

d. Unsur Brom

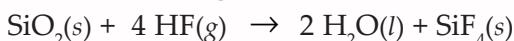
Larutan brom dalam air (*aqua bromata*) digunakan sebagai pengoksida. Kurang lebih 90% brom dipakai sebagai bahan membuat garam-garam bromida.  $\text{AgBr}$  dipergunakan dalam pemotretan.  $\text{NaBr}$  dan  $\text{KBr}$  dipergunakan dalam obat-obatan. Beberapa garam bromida lainnya digunakan dalam pembuatan zat-zat warna.

e. Unsur Iod

Larutan iod dalam alkohol dinamakan iadtinktur dan digunakan sebagai pemuas hama. Iod juga mudah larut dalam karbon disulfida dan kloroform. Iod digunakan dalam obat-obatan sebagai kalium iodida ( $\text{KI}$ ) dan iodoform ( $\text{CHI}_3$ ).

f. Senyawa Asam Fluorida

Dalam bentuk cair atau gas, HF dapat memakan kaca yang dinamakan *mengets* menurut reaksi seperti berikut.



Asam fluorida digunakan untuk pemucatan penjalin. Adapun senyawa-senyawa organik fluor digunakan untuk pendingin dalam lemari es dan untuk mematikan kutu-kutu dalam kain.

## 8. Golongan VIIIA atau Gas Mulia

- Helium (He) sudah dikenal lebih dahulu daripada gas-gas mulia lainnya. Untuk pertama kali helium ditemukan di dalam atmosfer matahari. Helium digunakan untuk mengisi balon. Helium memiliki berat dua kali lebih berat daripada hidrogen, tetapi tidak dapat terbakar.
- Argon dicampur dengan nitrogen digunakan sebagai pengisi lampu pijar dan lampu-lampu radio untuk menahan mengabutnya kawat wolfram dalam lampu itu.
- Neon (Ne) dipakai sebagai pengisi lampu-lampu neon yang memberikan cahaya merah. Jika dicampur dengan uap raksa akan memberikan cahaya putih kebiru-kebiruan jika tabung kacanya tidak berwarna, atau cahaya hijau jika tabung kacanya berwarna cokelat.
- Kripton (Kr) dan xenon (Xe) akhir-akhir ini diketemukan bahwa xenon bersifat anestesi. Oleh karena sifat ini maka xenon digunakan untuk membius pasien-pasien dalam operasi besar. Akan tetapi pemakaian ini masih terlalu mahal.

## E. Dampak Negatif Unsur-Unsur Utama

Selain bermanfaat ternyata unsur-unsur yang telah kita pelajari mempunyai dampak negatif. Adapun dampak negatifnya adalah seperti berikut.

## Info Kimia

Tahukah kamu, apakah efek rumah kaca itu?

Efek rumah kaca merupakan terperangkapnya energi matahari di atmosfer oleh karbon dioksida yang menyebabkan peningkatan temperatur atau pemanasan global.

Sumber: *Ensiklopedia IPTEK*

### 1. Karbon

Dampak negatif karbon adalah pada senyawa karbon yaitu:

- Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )

Karbon dioksida terjadi karena pemakaian bahan bakar dari fosil. Adanya pembakaran ini menyebabkan terjadinya efek rumah kaca.

- Cloro Fluoro Carbon (CFC)

CFC berdampak negatif terhadap penipisan lapisan ozon dan berkontribusi terhadap efek rumah kaca.

- Kloroform ( $\text{CCl}_4$ )

Kloroform menyebabkan kerusakan hati dan ginjal, dan bersifat racun bila tertelan.

- Karbon disulfida ( $\text{CS}_2$ )

Karbon disulfida merupakan senyawa mudah terbakar dan bersifat meracuni.

- Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida biasanya dihasilkan oleh asap kendaraan dan proses industri. Karbon monoksida lebih mudah mengikat hemoglobin daripada oksigen. Oleh karena itu, darah akan kekurangan oksigen.

### 2. Nitrogen

Campuran NO dan  $\text{NO}_2$  menghasilkan  $\text{NO}_x$  yang merupakan hasil pembakaran bahan bakar dari industri atau kendaraan yang menyebabkan terjadinya hujan asam dan asap kabut (*smog*) yang mengakibatkan terjadinya iritasi pada mata dan menyebabkan tumbuhan menjadi kering. Hujan asam dapat merusak pH tanah, perairan serta merusakkan bangunan.

### 3. Silikon

Silikon yang dipakai untuk kecantikan wajah dapat menyebabkan kerusakan bentuk dan melumpuhkan beberapa otot wajah. Hal ini karena silikon dapat membentuk gumpalan dan dapat memblokir aliran darah ke jaringan/organ tubuh.

### 4. Fosfor

Fosfor berdampak negatif apabila bijih fosfor yang diolah menjadi fosfat larut dalam air, sehingga menyebabkan terjadinya limbah radioaktif (disebabkan bijih fosfor mengandung uranium).

### 5. Belerang

Senyawa belerang yang berdampak negatif antara lain:

- Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )

Hidrogen sulfida merupakan gas sangat beracun yang mempunyai bau seperti telur busuk dan senyawa ini dapat menyebabkan kematian.

- Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

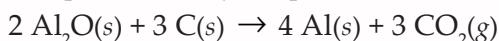
Asam sulfat merupakan zat higroskopis sehingga dapat merusak kulit dan juga menyebabkan korosi.

## 6. Radon

Radon merupakan unsur gas mulia yang bersifat radioaktif. Radon apabila terhirup oleh manusia, akan tertinggal di paru-paru dan menimbulkan kanker paru-paru.

## 7. Aluminium

Aluminium dapat merusak kulit dan dalam bentuk bubuk dapat meledak di udara bila dipanaskan. Senyawa aluminium yang berbahaya antara lain aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang bereaksi dengan karbon dan berdampak pada pemanasan global. Adapun reaksinya seperti berikut.



### Rangkuman

- ✓ Anggota unsur utama adalah unsur-unsur dalam golongan A(IA – VIIIA)
- ✓ Sifat-sifat fisika unsur-unsur utama golongan IA dan IIA dari atas ke bawah dalam tabel periodik antara lain energi ionisasi makin kecil, dan jari-jari ion makin besar. Adapun sifat kimianya adalah sangat reaktif, sifat logamnya bertambah (dari atas ke bawah dalam tabel periodik); bereaksi dengan oksigen, unsur halogen, air, asam encer, dan amonia.
- ✓ Unsur-unsur golongan IIIA tidak sereaktif golongan IA dan IIA. Boron dapat bereaksi dengan unsur halogen, membentuk asam oksi, larut dalam air dan membentuk molekul-molekul ion raksasa dengan atom oksigen. Adapun garam aluminium akan mengkristal dalam larutannya sebagai hidrat.
- ✓ Karbon dan silikon tidak reaktif pada suhu biasa. Karbon bereaksi langsung dengan fluor. Jika karbon dibakar dalam udara yang terbatas menghasilkan karbon monoksida. Karbon dapat membentuk ikatan kovalen tunggal, dan rangkap untuk membentuk senyawa organik.
- ✓ Silikon bereaksi dengan halogen; jika dipanaskan membentuk oksida; membentuk garam dari asam oksi dan membentuk molekul-molekul dan ion-ion raksasa dengan atom oksigen.
- ✓ Nitrogen dan fosfor mempunyai energi ionisasi pertama yang cukup besar, yaitu masing-masing  $1.406 \text{ kJmol}^{-1}$  dan  $1.066 \text{ kJmol}^{-1}$ . Nitrogen dapat bereaksi dengan oksigen dengan bantuan bunga api listrik tegangan tinggi. Selain itu nitrogen juga dapat bereaksi dengan fluor membentuk nitrogen trifluorida dan bereaksi dengan logam membentuk nitrida ionik. Adapun fosfor bereaksi dengan logam IA dan IIA membentuk fosfida, bereaksi dengan halogen membentuk trihalida. Selain itu fosfor juga membentuk asam okso fosfor.
- ✓ Oksigen membentuk senyawa dengan semua unsur kecuali dengan gas mulia. Adapun belerang mudah bereaksi dengan semua unsur, kecuali emas, platinum dan gas mulia.
- ✓ Sifat-sifat fisika unsur halogen dari atas ke bawah dalam tabel periodik antara lain energi ionisasi makin kecil, jari-jari ion makin besar, dan potensial elektrode standar makin kecil. Unsur-unsur halogen dapat bereaksi dengan air, hidrogen, halogen, logam, hidrokarbon, serta dengan nonlogam dan metallid tertentu. Unsur halogen memiliki kereaktifan yang menurun dari fluor hingga iod.

- ✓ Unsur-unsur gas mulia memiliki titik leleh dan titik didih yang rendah. Sekarang telah dapat dibuat senyawa dari unsur xenon, yaitu  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{XeF}_6$ .
- ✓ Unsur natrium terdapat di alam sebagai senyawaan, antara lain sebagai natrium klorida yang terlarut dalam air laut, natrium nitrat, natrium karbonat. Natrium klorida (garam dapur) banyak diusahakan di Pulau Madura. Kalium terdapat di alam juga sebagai senyawaan, antara lain silvinit, karnalit, akinit dan garam abu yang dihasilkan dari pembakaran tumbuhan darat.
- ✓ Kalsium di alam terdapat dalam senyawa kalsit, batu gamping, pualam, batu karang, dan gips. Cadangan batu kapur terbesar berada di Sumatra Barat. Adapun magnesium di alam terdapat dalam senyawa magnesit, dolomite, karnalit, asbes dan mika. Dolomit ditemukan di Sumatra Utara, Sumatra Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura, dan Papua.
- ✓ Boron ditemukan di alam dalam senyawaan seperti silica, silikat, dan borat. Senyawa boron yang melimpah adalah asam borat, dan boraks. Aluminium di alam sebagai senyawa batu menikam, tanah liat, kriolit, dan bauksit. Bauksit banyak diperoleh di Kepulauan Riau dan Pulau Bintan. Karbon terdapat di alam dalam keadaan bebas sebagai intan dan grafit. Nitrogen terdapat di udara sebagai  $\text{N}_2$ . Adapun fosfor tidak ditemukan di alam dalam keadaan bebas, melainkan dalam senyawa apatit dan fosforit yang terdapat pada tulang hewan menyusui. Apatit terdapat di Sulawesi Utara, Nusa Tenggara Timur dan Pulau Jawa. Belerang terdapat dalam keadaan bebas di gunung berapi sebagai senyawaan dalam pirit, sfaterit, galenit, gips, barit dalam zat putih telur.
- ✓ Klor terdapat di alam dan bergabung dengan unsur lain membentuk senyawa garam dapur, kalium klorida dan magnesium klorida. Sumber air iodium terdapat di Mojokerto (Jawa Timur). Senyawaan fluor adalah fluorit dan kriolit. Semua unsur gas mulia dapat ditemukan di atmosfer.
- ✓ Natrium dapat diperoleh dengan cara elektrolisis  $\text{NaCl}$  menggunakan sel Downs. Sedangkan senyawa natrium klorida dapat diperoleh dengan menampung air laut di tambak dan membiarkan airnya menguap sehingga yang tertinggal adalah garam dapur. Adapun senyawa natrium karbonat dapat diperoleh melalui elektrolisis larutan  $\text{NaCl}$  dengan diafragma, dan proses Solvay.
- ✓ Unsur kalsium diperoleh dengan cara elektrolisis  $\text{CaCl}_2$  cair, dan diperoleh hasil samping gas klorin.
- ✓ Unsur aluminium diperoleh melalui proses Hall. Adapun unsur boron diperoleh dengan mereduksi boron oksida dengan magnesium atau aluminium.
- ✓ Unsur nitrogen, oksigen dan unsur gas mulia diperoleh dengan penyulingan bertingkat udara cair. Adapun senyawa amonia diperoleh melalui proses Haber-Bosch, dan senyawa asam nitrat dibuat dengan proses Haber-Ostwald. Fosfor dibuat dalam tanur tinggi listrik dengan memanaskan fosforit, pasir, dan kokas. Unsur belerang diperoleh dengan pompa Frasch. Adapun senyawa asam sulfat dibuat dengan proses kontak.
- ✓ Unsur natrium memiliki kegunaan antara lain untuk lampu natrium dan pembuatan senyawa organik. Natrium hidroksida digunakan dalam pembuatan sabun. Natrium klorida sebagai bahan pengawet makanan seperti sayur, telur, dan ikan; dan pendingin dalam pembuatan es krim. Natrium hidrogen karbonat sebagai pengembang kue, dan penghilang bau tengik dari mentega. Natrium nitrat dipakai sebagai pupuk buatan.
- ✓ Magnesium banyak digunakan untuk pembuatan logam campur dan dipakai untuk membuat rangka pesawat terbang.

- ✓ Aluminium digunakan untuk membuat peralatan rumah tangga, rangka mobil dan pesawat terbang. Silikon digunakan sebagai bahan baku pada kalkulator, transistor, komputer dan baterai *solar*.
- ✓ Nitrogen sebagai bahan pembuatan amonia, bahan pembeku dalam industri makanan. Adapun fosfor merah digunakan untuk membuat batang korek api. Belerang digunakan untuk memberantas jamur dan memasak getah karet. Asam sulfat berguna dalam laboratorium untuk analisis, sebagai bahan pupuk, cat, dan pembuatan asam. Oksigen bermanfaat untuk pernapasan, sedangkan ozon sebagai bahan pemusnah hama air minuman.
- ✓ Klor digunakan dalam industri kertas dan tekstil, pemusnah kuman, dan zat warna organik. Iod digunakan dalam obat-obatan sebagai kalium iodida dan iodoform.
- ✓ Helium digunakan sebagai pengisi balon udara, argon, dan neon digunakan sebagai pengisi lampu.
- ✓ Selain bermanfaat, unsur-unsur utama juga memiliki dampak negatif, antara lain karbon dioksida menimbulkan efek rumah kaca, CFC menyebabkan tipisnya lapisan ozon, kloroform menyebabkan kerusakan hati dan ginjal, gas hidrogen sulfida sangat beracun dan dapat menimbulkan kematian, asam sulfat menyebabkan korosi.

## Latih Kemampuan IV

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Unsur-unsur gas mulia yang paling banyak terdapat di udara adalah ....  
 A. helium              D. kripton  
 B. neon                E. radon  
 C. argon
2. Jari-jari atom terbesar dari unsur-unsur gas mulia adalah ....  
 A. neon                D. xenon  
 B. argon              E. radon  
 C. kripton
3. Bentuk hibridasi  $\text{XeF}_2$  adalah ....  
 A.  $\text{sp}$                 D.  $\text{sp}^3\text{d}$   
 B.  $\text{sp}^2$                 E.  $\text{sp}^3\text{d}^2$   
 C.  $\text{sp}^3$
4. Unsur halogen yang banyak dijumpai di alam adalah ....  
 A. fluorin             D. iodin  
 B. klorin              E. astatin  
 C. bromin
5. Senyawa berikut mengandung belerang, kecuali ....  
 A. pirit                D. dolomit  
 B. sfaterit            E. gips  
 C. galenit
6. Bilangan oksidasi klorin dalam senyawa natrium hipoklorit, kalsium klorit, kalsium klorat berturut-turut adalah ....  
 A. +3, +5, +7        D. +1, +3, +5  
 B. +1, +5, +7        E. +1, +1, +3  
 C. +1, +7, +5
7. Di antara senyawa di bawah ini yang memiliki titik didih tertinggi adalah ....  
 A. HF                  D. HI  
 B. HCl                E. HAt  
 C. HBr
8. Logam natrium merupakan reduktor kuat. Hal ini dibuktikan dengan ....  
 A. nyala natrium berwarna kuning  
 B. logam natrium sangat lunak  
 C. basanya sangat kuat  
 D. garamnya mudah larut dalam air  
 E. natrium mudah bereaksi dengan air
9. Nama lain dari senyawa natrium hidroksida adalah ....  
 A. soda api            D. lindi natron  
 B. soda kue            E. lindi oksida  
 C. baking soda

10. Di antara basa di bawah ini yang bereaksi dengan NaOH adalah ....
- $\text{Be}(\text{OH})_2$
  - $\text{Mg}(\text{OH})_2$
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2$
  - $\text{Sr}(\text{OH})_2$
  - $\text{Ba}(\text{OH})_2$
11. Senyawa yang mempunyai kelarutan paling kecil dalam kelompoknya adalah ....
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dan  $\text{BaSO}_4$
  - $\text{Ba}(\text{OH})_2$  dan  $\text{MgSO}_4$
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan  $\text{SrSO}_4$
  - $\text{Sr}(\text{OH})_2$  dan  $\text{BaSO}_4$
  - $\text{Ba}(\text{OH})_2$  dan  $\text{CaSO}_4$
12. Salah satu bentuk kristal belerang dikenal dengan nama ....
- tetrahedron
  - kubik
  - monoklin
  - triklin
  - oktahedron
13. Pada pembuatan alumunium dari  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan cara elektrolisis ditambahkan kriolit ( $\text{NO}_3\text{AlF}_6$ ). Penambahan kriolit ini bertujuan ....
- melarutkan  $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - menambahkan konsentrasi ion  $\text{K}^{3+}$
  - memperbesar titik lebur
  - mencegah oksidasi pada Al
  - mengurangi potensial reduksi  $\text{Al}^{3+}$
14. Asam di bawah ini yang bersifat asam kuat dan berfungsi sebagai zat dehidrator adalah ....
- |                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| A. $\text{HNO}_3$ pekat          | D. $\text{HClO}_3$ |
| B. $\text{HNO}_3$                | E. $\text{HClO}_4$ |
| C. $\text{H}_2\text{SO}_4$ pekat |                    |
15. Senyawa aluminat akan terbentuk jika serbuk aluminium dimasukkan ke dalam larutan ....
- $\text{HCl}$  berlebihan
  - $\text{NaOH}$  berlebihan
  - $\text{HNO}_3$
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$  berlebihan
  - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Tentukan bentuk molekul dari senyawa!
  - $\text{XeF}_4$
  - $\text{XeF}_6$
- Jelaskan cara memperoleh logam berikut!
  - litium
  - kalium
- Bagaimana kelarutan garam-garam alkali tanah dari atas ke bawah dalam:
  - hidroksida
  - sulfat
  - karbonat
- Jelaskan proses pembuatan asam sulfat melalui proses kontak!
- Mengapa logam aluminium sukar berkarat? Jelaskan!

# BAB V

## Unsur Transisi



Sumber: *Dokumen Penerbit*

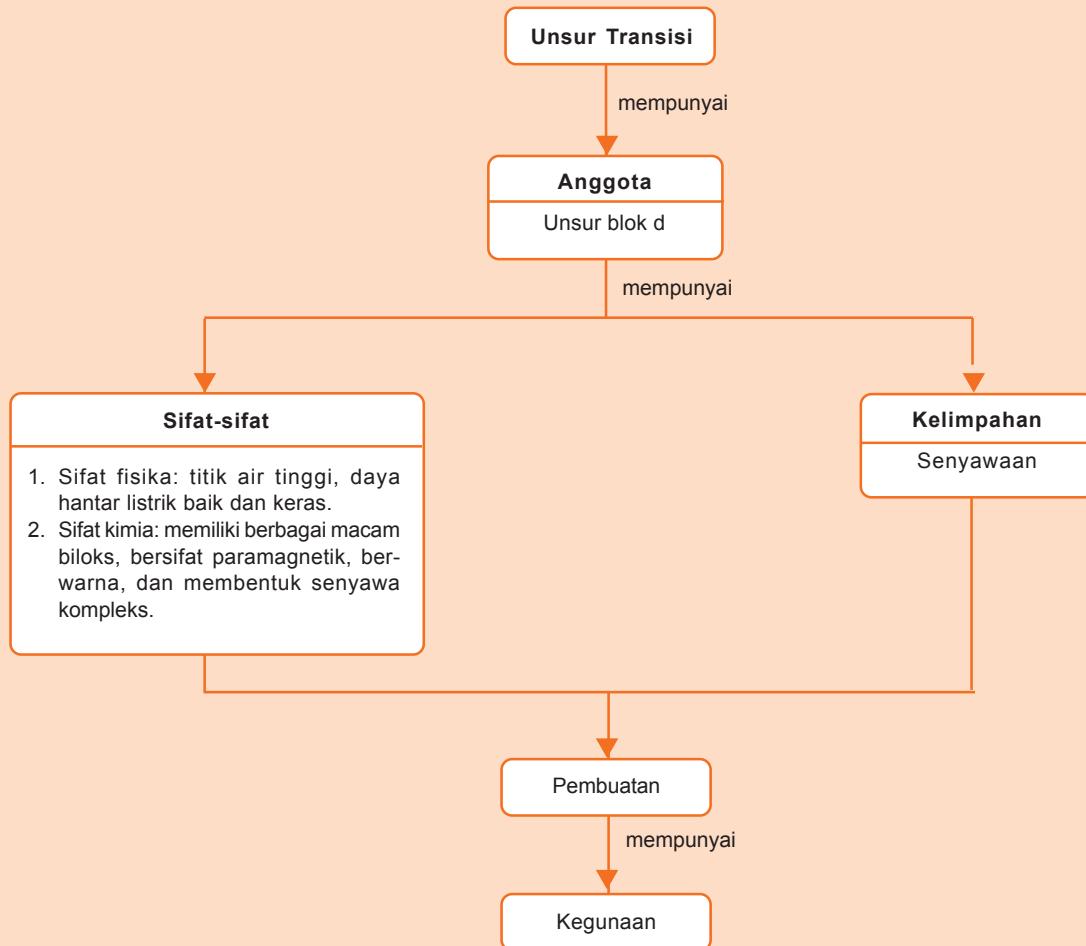
Tahukah kamu, terbuat dari apakah kabel jaringan listrik itu?

Kabel jaringan listrik terbuat dari tembaga. Tembaga termasuk unsur transisi.

Mengapa dipilih tembaga untuk kabel jaringan listrik? Apakah unsur transisi itu? Apakah sifat-sifat unsur transisi dan apa saja manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari.



# Peta Konsep



**Kata kunci :** unsur transisi, sifat, kegunaan

**K**amu tentu sudah tahu besi, nikel, zink (seng) ataupun tembaga. Unsur-unsur tersebut merupakan logam yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Logam tersebut banyak sekali manfaatnya, antara lain dalam bangunan, dan peralatan rumah tangga. Unsur-unsur tersebut tergolong unsur transisi atau logam transisi. Apa saja unsur yang tergolong unsur transisi? Bagaimana sifat-sifatnya dan kelimpahannya? Marilah kita pelajari lebih lanjut agar lebih jelas.

## A. Anggota Unsur Transisi

Unsur transisi dalam sistem periodik berada di antara unsur alkali tanah dan unsur golongan boron. Unsur-unsur transisi adalah unsur-unsur blok d di dalam sistem periodik. Perhatikan unsur-unsur transisi dalam tabel berikut.

Tabel 5.1 Unsur-Unsur Transisi

21 <b>Sc</b> Skandium 45	22 <b>Ti</b> Titanium 48	23 <b>V</b> Vanadium 51	24 <b>Cr</b> Kromium 52	25 <b>Mn</b> Mangan 55	26 <b>Fe</b> Besi 56	27 <b>Co</b> Kobalt 59	28 <b>Ni</b> Nikel 59	29 <b>Cu</b> Tembaga 64	30 <b>Zn</b> Zink 65
39 <b>Y</b> Itrium 89	40 <b>Zr</b> Zirkanium 91	41 <b>Nb</b> Niobium 93	42 <b>Mo</b> Molibdenum 96	43 <b>Te</b> Teknetium 99	44 <b>Ru</b> Rutenium 103	45 <b>Rh</b> Rodium 103	46 <b>Pd</b> Paladium 106	47 <b>Ag</b> Perak 108	48 <b>Cd</b> Kadmium 112
57 <b>La</b> Lantanum 139	72 <b>Hf</b> Hafnium 178,5	73 <b>Ta</b> Tantanum 181	74 <b>W</b> Wolfram 184	75 <b>Re</b> Renium 186	76 <b>Os</b> Osmium 190	77 <b>Ir</b> Iridium 192	78 <b>Pt</b> Platinum 195	79 <b>Au</b> Emas 197	80 <b>Hg</b> Raksa 201

Sumber: *Kimia Unsur*

Pada tabel di atas unsur transisi dalam (periode 7) tidak diperlihatkan karena unsur-unsur tersebut sangat jarang ditemukan dan tidak stabil.

## B. Sifat-Sifat Unsur Transisi

Unsur-unsur transisi memiliki sifat fisika, sifat kimia, dan sifat khusus lainnya.

### 1. Sifat Fisika Unsur Transisi Periode Empat

Sifat-sifat unsur peralihan deret pertama dari Sc sampai Cu adalah mempunyai titik cair yang tinggi, daya hantar listrik yang baik, dan kekerasan yang sedang sampai tinggi.

Skandium dan zink berwarna putih, tidak seperti senyawa unsur lain yang pada umumnya berwarna. Hal ini karena skandium dan zink masing-masing mempunyai satu macam bilangan oksidasi yaitu +3 dan +2.

**Tabel 5.2** Sifat Fisika Unsur-Unsur Transisi

	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>
Nomor atom	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Konfigurasi elektron	3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>
Jari-jari logam (pm)	161	145	132	127	124	124	125	125	128
Energi ionisasi pertama (kJmol <sup>-1</sup> )	631	658	650	653	718	759	758	737	740
Energi ionisasi kedua(kJmol <sup>-1</sup> )	1235	1310	1414	1592	1509	1561	1646	1753	1950
Energi ionisasi ketiga(kJmol <sup>-1</sup> )	2389	2653	2828	2987	3249	2457	3232	3394	3554
Potensial elektrode (V)	-2,08	-1,63	-1,18	-0,91	-1,19	-0,44	-0,28	-0,23	+0,34
Bilangan oksidasi	3	2,3,4	2,3,4,5	2,3,6	2,3,4,7	2,3	2,3	2	1,2
Titik didih (°C)	1397	1672	1710	1900	1244	1530	1495	1455	1083
Kerapatan (gcm <sup>-3</sup> )	2,09	4,49	5,96	7,20	7,20	7,86	8,90	8,91	8,92
Kekerasan	-	-	-	9,0	5,0	4,5	-	-	-
Daya hantar listrik	-	2	3	10	2	17	24	24	97

Sumber: *Kimia Unsur*

## 2. Sifat Kimia

Unsur transisi mempunyai sifat khas yang berbeda dengan unsur lain. Adapun sifat khasnya antara lain, sebagai berikut.

### a. Mempunyai Berbagai Macam Bilangan Oksidasi

Perhatikan konfigurasi elektron dan bilangan oksidasi unsur transisi deret pertama pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Unsur transisi memiliki elektron pada orbital d. Energi elektron dalam orbital d hampir sama besar. Untuk mencapai kestabilan, unsur-unsur ini membentuk ion dengan cara melepaskan elektron dalam jumlah yang berbeda. Oleh karena itu unsur-unsur ini mempunyai dua macam bilangan oksidasi atau lebih dalam senyawanya.

**Tabel 5.4** Bilangan Oksidasi Unsur Transisi

<b>Unsur</b>	<b>Konfigurasi elektron</b>
Sc	(Ar) 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>
Ti	(Ar) 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>
V	(Ar) 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>
Cr	(Ar) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>
Mn	(Ar) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>
Fe	(Ar) 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>
Co	(Ar) 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>
Ni	(Ar) 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>
Cu	(Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>
Zn	(Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>

Sumber: *Kimia Unsur*

### b. Banyak Senyawaannya Bersifat Paramagnetik

Sifat magnetik suatu zat apakah terdiri atas atom, ion atau molekul ditentukan oleh struktur elektronnya. Interaksi antara zat dan medan magnet dibedakan menjadi dua, yaitu diamagnetik dan paramagnetik. Zat paramagnetik tertarik oleh medan magnet, sedangkan zat diamagnetik tidak. Banyak unsur transisi dan senyawaannya bersifat paramagnetik. Hal ini disebabkan adanya elektron yang tidak berpasangan. Perkiraan momen magnetik yang disebabkan oleh spin elektron tak berpasangan ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\mu = \sqrt{n(n+2)}$$

**Keterangan:**

$\mu$  = momen magnetik dalam Bohr Magneton

n = jumlah elektron yang tak berpasangan

1 Bohr magneton (1 B.M) = 9,273 erg/gauss.

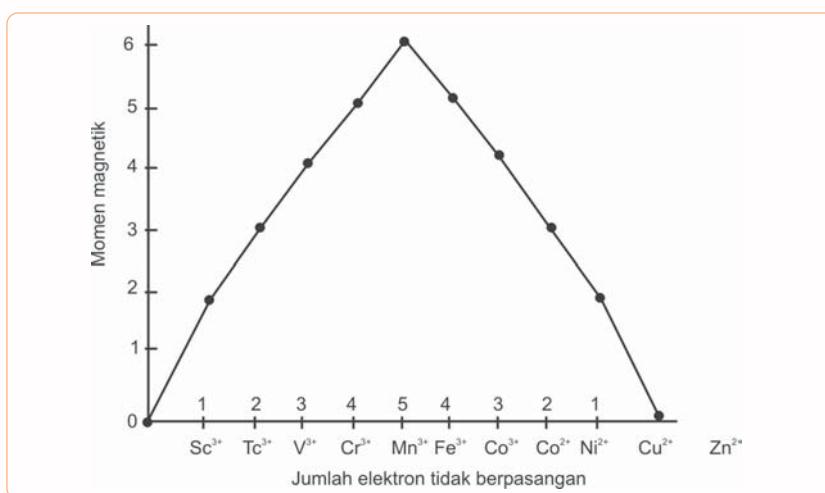
Perhatikan harga momen magnetik pada tabel berikut.

**Tabel 5.5** Harga Momen Magnetik

Ion	Jumlah elektron tak berpasangan	Momen menurut perhitungan BM	Momen menurut pengamatan BM
V <sup>4+</sup>	1	1,73	1,7 – 1,8
Cu <sup>2+</sup>	1	1,73	1,7 – 2,2
V <sup>3+</sup>	2	2,83	2,6 – 2,8
Ni <sup>2+</sup>	2	2,83	2,8 – 4,0
Cr <sup>3+</sup>	3	3,87	3,8
Co <sup>2+</sup>	3	3,87	4,1 – 5,2
Fe <sup>3+</sup>	4	4,90	5,1 – 5,5
Co <sup>3+</sup>	4	4,90	5,4
Mn <sup>2+</sup>	5	5,92	5,9
Fe <sup>3+</sup>	5	5,92	5,9

Sumber: *Kimia Unsur*

Makin banyak jumlah elektron yang tidak berpasangan, makin besar momen magnetiknya sehingga makin besar sifat paramagnetik. Hubungan ini dapat kita buat grafik seperti pada Gambar 5.1 berikut.



**Gambar 5.1** Momen Magnetik dan Jumlah Elektron yang Tidak Berpasangan

Sumber: *Kimia Unsur dan Radiokimia*

Berdasarkan grafik ini, dapat kita lihat bahwa dalam satu periode dari kiri ke kanan hingga pada ion Mn<sup>2+</sup> momen magnetiknya makin besar, selanjutnya makin berkurang secara teratur. Begitu juga dengan sifat paramagnetiknya.

c. Ion Unsur Transisi Berwarna

Berbeda dengan unsur-unsur alkali dan alkali tanah, pada umumnya ion unsur transisi membentuk senyawa berwarna. Beberapa di antaranya dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Warna Ion Unsur Transisi Deret Pertama

Unsur	Jumlah elektron tak berpasangan	Bilangan oksidasi					
		+2	+3	+4	+5	+6	+7
Sc	1		Tak berwarna				
Ti	2		Ungu	Tak berwarna			
V	3	Ungu	Hijau	Biru	Merah		
Cr	6	Biru	Hijau			Jingga	
Mn	5	Merah jambu	Hijau	Cokelat	Biru	Hijau	Ungu
Fe	4	Hijau	Kuning				
Co	3	Merah	Biru				
Ni	2	Hijau					
Cu	1	Biru					
Zn	0	Tak berwarna					

Sumber: *Kimia Dasar*

Ion-ion dengan tingkat oksidasi yang berbeda mempunyai warna yang berbeda. Misalnya, perhatikan warna ion unsur mangan pada Tabel 5.6 di atas.

Terjadinya warna pada ion unsur transisi karena ion unsur transisi mempunyai elektron yang tidak berpasangan pada subkulit 3d dan elektron-elektron itu terpecah dengan tingkat energi yang berbeda. Elektron-elektron itu tereksitasi dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi dengan menyerap energi. Perubahan tingkat energi ini setara dengan energi cahaya tampak. Adapun pada ion zink tidak berwarna, karena orbital d sudah penuh elektron sehingga tidak terjadi perpindahan energi pada orbital d.

d. Unsur-Unsur Transisi dapat Membentuk Senyawa Kompleks (Senyawa Koordinasi)

Senyawa koordinasi terdiri atas ion logam positif yang disebut juga *atom pusat* dan sejumlah gugus koordinasi yang disebut *ligan*.

Ion positif bertindak sebagai asam Lewis dan ligan merupakan basa Lewis. Pada umumnya kation yang dapat membentuk senyawa kompleks adalah ion-ion unsur transisi, namun dikenal pula beberapa senyawa koordinasi unsur representatif seperti Mg(III), Ca(II), Al(III), Pb(II), Sn(II), Sn(IV), dan Sb(III).

Ligan yang merupakan basa Lewis sekurang-kurangnya harus mempunyai sepasang elektron bebas dalam orbital ikatan. Perbandingan besarnya ligan dan atom pusat menentukan jumlah ligan maksimum yang dapat diikat. Jumlah ikatan kovalen koordinasi yang dapat terbentuk pada pembentukan kompleks disebut bilangan koordinasi dari ion pusat. Contohnya ion  $\text{Cu}^{2+}$  mempunyai bilangan koordinasi 4 dalam  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , dan dalam  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ . Ion  $\text{Fe}^{3+}$  mempunyai bilangan koordinasi 6 dalam  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ,  $[\text{FeF}_6]^3$ , dan dalam  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ . Adapun  $\text{Ag}^+$  mempunyai bilangan koordinasi 2 dalam  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , dan dalam  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ .

*Bagaimana aturan penamaan senyawa koordinasi?*

Berikut merupakan tata nama senyawa atau ion kompleks menurut IUPAC.

1) Penamaan Ligan

- a) Beberapa ligan diberi nama khusus.

**Contoh**

$\text{NH}_3$	= amin	$\text{NO}$	= nitrosil
$\text{H}_2\text{O}$	= aqua	$\text{CO}$	= karbonil

- b) Logam anion diberi nama yang umum dan diberi akhiran  $-o$ .

**Contoh**

$\text{F}^-$	= fluoro	$\text{CN}^-$	= siano
$\text{Cl}^-$	= kloro	$\text{OH}^-$	= hidrokso
$\text{Br}^-$	= bromo	$\text{CO}_3^{2-}$	= karbonato
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	= asetato	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	= oksalato

- c) Alkil diberi nama seperti tata nama alkana.

**Contoh**

$\text{CH}_3$	= metil	$\text{C}_6\text{H}_5$	= fenil
---------------	---------	------------------------	---------

- d) Ligan yang menggunakan nama biasa tanpa diberi spasi

**Contoh**

$(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$	= dimetilsulfatsida
$\text{C}_5\text{N}_2\text{N}$	= piridin
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}$	= trifenilfosfin

- e) Ligan  $\text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$  disebut dinitrogen dan dioksigen
- 2) Untuk menyebut banyaknya ligan yang sejenis digunakan awalan Yunani (misalnya *di-*, *tri-*, *tetra-*, *penta-*, *heksa-*).

- 3) Nama atom pusat diikuti bilangan oksidasinya yang ditulis dengan angka romawi.
- 4) Untuk kompleks berupa kation atau molekul netral maka nama atom pusat tidak berubah. Adapun senyawa berupa anion kompleks negatif maka nama atom pusat diakhiri dengan *-at*).

### Contoh

*Kompleks kation:*

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	= ion tetraamin tembaga (II)
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$	= ion diamin perak (I)
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$	= ion tertraamin diklorokobalt (III)

*Kompleks netral:*

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})\text{CN}]\text{Cl}_2$	= tetraamin aquasianokobalt (II) klorida
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{CO}_3]\text{Cl}$	= pentaamin karbonatokobalt (II) klorida

### Tugas Mandiri

Carilah informasi mengenai pembuatan senyawa kompleks dari beberapa unsur golongan transisi, selanjutnya tukarkan dengan milik temanmu untuk menambah pengetahuanmu.

### Latihan 5.1

1. Apakah yang menyebabkan  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^+$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  tidak berwarna?
2. Jelaskan sifat-sifat khas unsur transisi!
3. Berilah nama senyawa koordinasi berikut!
  - a.  $(\text{NH}_4)_2[\text{CuBr}_4]$
  - b.  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$

## C. Kelimpahan Unsur Transisi

Kamu telah mempelajari sifat-sifat unsur transisi, sekarang tahukah kamu kelimpahan dari unsur-unsur transisi tersebut di alam ini? Mari kita pelajari kelimpahan beberapa transisi di alam ini.

### 1. Kromium (Cr)

Kromium merupakan logam keras berwarna putih. Ditemukan di alam sebagai bijih krom besi, yaitu kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) yang banyak ditemukan di Sumatra Barat, Sumatra Utara, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan, dan Papua.

## 2. Ferrum (Fe)

Ferrum atau besi adalah logam yang paling murah di antara logam-logam yang dikenal manusia. Besi berwarna putih, cukup lunak, dan bersifat magnetik. Besi berada di alam sebagai bijih besi. Bijih utamanya hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), limotit ( $\text{HFeO}_2$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ ), pirit ( $\text{FeS}_2$ ), dan ilmunit ( $\text{FeTiO}_3$ ).

Bijih besi tersebar di daerah Kalimantan Barat, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, dan Sulawesi Tengah.

## 3. Cuprum (Cu)

Cuprum atau tembaga merupakan logam transisi berwarna merah-cokelat, berupa logam lunak tetapi kuat. Ditemukan di alam pada batuan tertentu. Senyawaan tembaga, antara lain pirit tembaga,  $(\text{CuFe})\text{S}_2$ , dan malasit,  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ . Potensi tembaga terbesar di Indonesia terdapat di Papua, Jawa Barat, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Selatan.

## 4. Titanium (Ti)

Titanium merupakan logam kesembilan terbanyak, meliputi 0,6% kerak bumi.

## 5. Vanadium (V)

Vanadium merupakan unsur yang cukup banyak terdapat (0,02% kerak bumi) dan ditemukan pada beberapa macam bijih. Salah satu bijih yang penting secara komersil ialah  $\text{V}_2\text{S}_5$ .

## 6. Mangan (Mn)

Mangan berupa logam yang keras dan rapuh. Bijih mangan yang utama adalah pirolusit,  $\text{MnO}_2$ . Potensi mangan terdapat di Pulau Sumatra, Kepulauan Riau, Pulau Jawa, Pulau Kalimantan, Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua.

## D. Kegunaan Unsur Transisi

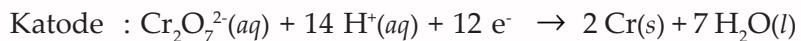
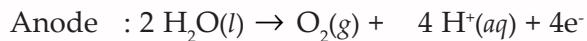
Unsur-unsur transisi memiliki banyak kegunaan. Berikut merupakan beberapa unsur transisi dan kegunaannya.

### 1. Kromium (Cr)

Penggunaan kromium yang sangat terkenal adalah penyepuhan kromium (*chromium plating*). Efek penting dalam penyepuhan ini adalah dekoratif dan sifat kekerasan. Lapisan kromium itu indah, tidak kusam, dan memberi efek tahan panas, tahan pakai, tahan korosi serta bersifat keras. Penyepuhan kromium banyak digunakan pada peralatan sehari-hari, dan kendaraan bermotor.

Elektrolit dibuat dengan melarutkan kromium (VI) oksida,  $\text{CrO}_3$ , dalam air sehingga membentuk asam dikromat  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Dalam penyepuhan ini sebagai katalis ditambah sedikit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk mempercepat pelapisan kromium.

Proses penyepuhan ini berbeda dari penyepuhan lainnya. Sebagai anode tidak digunakan logam kromium karena logam ini mudah melarut dalam larutan asam. Anode yang digunakan adalah aliasi Pb–Sn, yang tidak melarut dalam asam kromat. Reaksi pada elektrode dapat dituliskan sebagai berikut.



Ke dalam wadah elektrolisis selalu ditambahkan  $\text{CrO}_3$  untuk menjaga konsentrasi kromium agar selalu tetap.

Kegunaan kromium yang lain yaitu dalam pembuatan *stainless steel*. Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik, oleh karena itu digunakan sebagai pigmen seperti kuning krom (timbal (II) kromat) dan hijau krom (kromium (III) oksida). Suatu senyawa kromium yang indah sekali adalah jamrud (*emerald*). Batu permata ini terbentuk jika sebagian ion aluminium dalam mineral beril,  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$  diganti oleh ion kromium (III).

## 2. Ferrum (Fe)

Manfaat ferrum atau besi antara lain sebagai bahan utama pembuatan baja. Adapun manfaat baja adalah seperti pada tabel berikut ini.

**Tabel 5.7** Komposisi Baja dan Kegunaannya

Macam Baja	Komposisi	Sifat	Kegunaan
baja sedang	0,009 – 0,2% C 0,05 – 1,0% Mn 0,2 – 0,75% Si	mudah dibentuk	badan mobil jarum pipa
baja berkadar karbon tinggi	0,4 – 0,9% C 0,5 – 1,0% Mn 0,2 – 0,75% Si	keras	perkakas paku, pelat
<i>stainless steel</i>	0,2 – 0,4% C 18% Cr 8% Ni	tahan korosi	pisau, perkakas
baja mangan	0,4 – 0,9% C 13% Mn	kuat dan keras	per
baja wolfarm	0,4 – 0,9% C 5% W	sangat keras	ujung alat pemotong

Sumber: *Kimia Unsur*

## 3. Cuprum (Cu)

Cuprum atau tembaga banyak digunakan sebagai kabel jaringan listrik karena sifatnya yang mengantarkan listrik. Tembaga juga digunakan untuk membuat pipa leding. *Alloy* tembaga dan emas digunakan untuk membuat perhiasan.

## 4. Titanium (Ti)

Titanium memiliki kerapatan rendah, kekuatan struktur yang tinggi, dan tahan terhadap korosi. Oleh karena sifat inilah titanium banyak digunakan pada industri pesawat terbang dan industri kimia sebagai pipa, bagian pompa dan bejana pereaksi. Titanium tetraklorida,  $\text{TiCl}_4$  merupakan senyawa titanium terpenting. Senyawa ini merupakan bahan baku untuk membuat senyawa Ti yang lain, memegang peranan penting pada metallurgi titanium dan digunakan dalam pembuatan katalis untuk produksi polietilena dan plastik lainnya.

## 5. Vanadium (V)

Sekitar 80% produksi vanadium digunakan untuk pembuatan baja. Baja yang mengandung vanadium digunakan pada peralatan yang membutuhkan kekuatan dan kelenturan, seperti pegas dan alat-alat mesin berkecepatan tinggi.

## 6. Mangan (Mn)

Pada produksi baja, Mn berpartisipasi pada pemurnian besi melalui reaksi dengan belerang dan oksigen dengan memindahkannya melalui pembentukan terak. Fungsi yang lain adalah untuk meningkatkan kekerasan baja. Baja yang mengandung Mn dengan proporsi besar bersifat sangat keras dan tahan lama. Oleh karena itu digunakan dalam kereta api dan mesin-mesin bulldoser.

Kalium permanganat,  $\text{KMnO}_4$  merupakan zat pengoksida yang penting dalam analisis kimia, biasanya digunakan pada titrasi larutan asam di mana senyawa tersebut direduksi menjadi  $\text{Mn}^{2+}$ . Pada kimia organik  $\text{MnO}_4^-$  digunakan untuk mengoksidasi alkohol dan hidrokarbon tidak jenuh. Adapun mangan dioksida,  $\text{MnO}_2$ , digunakan pada sel kering, pada kaca dan lapisan keramik, serta sebagai katalis.

## 7. Zink (Zn)

Zink digunakan untuk melapisi besi dan baja untuk mencegah karat. Zink juga digunakan dalam *alloy* misalnya brazo (tembaga dan zink).

## E. Pembuatan Unsur Transisi

Unsur-unsur transisi berada di alam dalam bentuk senyawaan. Bagaimana cara untuk mendapatkan unsur-unsur transisi tersebut? Mari kita pelajari cara mendapatkan beberapa unsur transisi berikut ini.

### 1. Kromium (Cr)

Dalam bidang industri, kromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu kromium murni, dan aliansi besi-kromium yang disebut ferokromium. Unsur krom dapat kita peroleh dengan cara mengekstraksi bijihnya.

Langkah-langkah dalam ekstraksi unsur krom dari bijihnya adalah seperti berikut.

- Kromium (III) dalam bijih diubah menjadi dikromat (VI)
- Reduksi Cr (VI) menjadi Cr (III)
- Reduksi kromium (III) oksida dengan aluminium (reaksi termik)

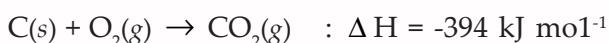
Hasil ekstrasi ini diperoleh logam kromium dengan kemurnian 97% – 99%.

Adapun ferokromium diperoleh dengan mereduksi bijih dengan kokas atau silikon dalam tanur listrik.

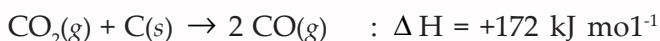
## 2. Ferrum (Fe)

Ferrum atau besi dapat diperoleh dengan cara mengekstrasi bijihnya dalam tanur hembus atau tanur tinggi. Bahan baku yang diperlukan dimasukkan dalam tanur tinggi yaitu bijih besi, karbon, dan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ).

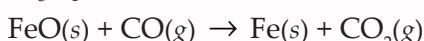
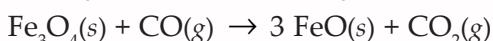
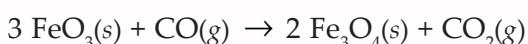
Proses tanur hembus adalah reduksi bijih besi dengan karbon monoksida yang dihasilkan dari kokas dan udara yang dihembuskan dari dasar tanur.



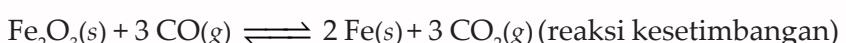
Selanjutnya  $\text{CO}_2$  yang terbentuk bereaksi dengan karbon yang berlebih membentuk CO.



Karbon monoksida mereduksi bijih besi menjadi besi dengan tahapan reaksi seperti berikut.



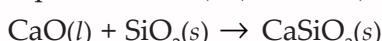
Reaksi-reaksi tersebut dapat ditulis seperti berikut.



Akhirnya besi akan meleleh dan jatuh di bagian tanur yang lebih panas. Adapun batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) terurai pada suhu tinggi menghasilkan kalsium oksida.



Di bagian bawah, kalsium oksida bereaksi dengan zat pengotor seperti silikon (IV) oksida (silika) menghasilkan kalsium silikat.



Tanur bekerja terus menerus. Campuran pereaksi dimasukkan dari puncak tanur dalam selang waktu yang teratur, bergerak ke bawah sampai lapisan terbawah yang panas keputih-putihan. Suhu pada dasar tanur cukup panas sehingga melelehkan besi dan terak (zat pengotor yang telah terikat kalsium) yang terdapat sebagai lapisan yang tak tercampur di dasar tanur. Leburan terak mengapung di atas permukaan lelehan besi.

Besi yang dihasilkan dari tanur hembus masih mengandung zat pengotor seperti karbon, silikon, belerang dan fosfor.

Zat-zat pengotor ini menyebabkan besi lebih getas, besi ini disebut *besi tuang*. Komposisi besi tuang bervariasi bergantung pada sumbernya.

Baja merupakan suatu alloy besi. Baja dibuat dari besi tuang. Setelah zat pengotor dalam besi dihilangkan, kemudian ditambah sejumlah karbon dan unsur lain yang memberikan sifat khas pada baja itu.

Pada tahun 1856, **Henry Bessemer** dari Inggris menemukan metode membuat baja dari besi. Alat yang diperlukan disebut tungku Bessemer. Tungku tersebut dilapisi pelapis tahan api.

Leburan besi dituang ke dalam tungku Bessemer, kemudian dihembuskan oksigen ke leburan. Karbon, belerang dan fosfor keluar sebagai oksida berupa gas, sedangkan silikon oksida membentuk terak di atas besi. Setelah terak dipisahkan, pada leburan besi ditambah karbon, mangan dan unsur lain. Kadar karbon dalam baja berkisar antara 0,09% – 0,9%.

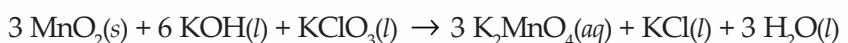
### 3. Titanium (Ti)

Langkah awal produksi Ti adalah pengubahan bijih ( $TiO_2$ ) rutile menjadi  $TiCl_4$ .  $TiCl_4$  yang sudah dimurnikan selanjutnya direduksi menjadi Ti dengan menggunakan zat pereduksi yang baik, proses isi disebut **proses Kroll** menggunakan Mg.

Reaksi dilakukan pada tabung baja.  $MgCl_2$  dipindahkan dan dielektrolisis menjadi Mg dan  $Cl_2$ , keduanya kemudian didaur-ulang. Ti didapatkan sebagai padatan yang disebut sepon. Sepon harus diolah lagi dan dicampur dengan logam lain sebelum dapat digunakan. Salah satu masalah pengembangan Ti secara komersial ialah perencanaan teknik metalurgi baru untuk pembuatan logam Ti di pabrik.

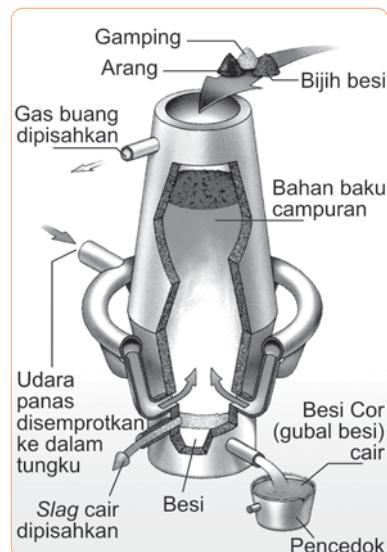
### 4. Mangan (Mn)

Sumber utama senyawa mangan ialah  $MnO_2$ . Jika  $MnO_2$  dipanaskan dengan penambahan alkali dan zat pengoksidasi, maka akan terbentuk garam manganat.



$K_2MnO_4$  diekstraksi dari bahan campuran dalam air, dan dapat dioksidasi menjadi  $KMnO_4$  (misalnya dengan  $Cl_2$  sebagai zat pengoksidasi).

Nodul Mangan (*Manganese Nodules*), benda ini menyerupai batuan dan ditemukan di dasar laut. Nodul mangan tersusun oleh lapisan Mn dan Fe oksida, dengan sejumlah kecil logam lain seperti Co, Cu dan Ni. Nodul biasanya berbentuk bulat dengan diameter antara beberapa milimeter sampai sekitar 15 cm. Benda ini diduga tumbuh dengan kecepatan beberapa milimeter per sejuta tahun. Telah dilaporkan bahwa organisme



Gambar 5.2 Tungku Bessemer  
Sumber: Ensiklopedia IPTEK

laut mungkin berperan dalam pembentukannya. Diperkirakan jumlah nodul ini sangat besar, mungkin bermilyar ton. Namun, masih banyak, tantangan untuk mengembangkan nodul mangan sebagai bahan baku mangan. Banyak metode harus disempurnakan untuk menjelajah dasar laut, mengeruk nodul, dan membawanya dari kedalaman air laut. Dan juga, diperlukan proses metallurgi baru untuk mengekstrak logam yang diinginkan. Cadangan terbesar nodul mangan yang diketahui berada di daerah Kepulauan Hawaii tenggara.

### 5. Zink (Zn)

Untuk mendapatkan zink dilakukan dengan ekstraksi yaitu dengan memanggang bijihnya untuk membuat ZnO kemudian direduksi dengan memanaskannya dengan arang.

## F. Dampak Negatif Unsur Transisi

Pada dasarnya dampak dari unsur transisi disebabkan adanya pemanfaatan unsur transisi. Jadi selain bermanfaat ternyata juga menimbulkan masalah lingkungan. Adapun dampak negatif dari pemanfaatan unsur transisi antara lain, sebagai berikut.

### 1. Limbah Fe

Pada pengolahan logam besi, jika limbahnya dibuang ke sungai dapat menyebabkan pertumbuhan fitoplankton yang tidak terkendali. Hal ini menyebabkan penurunan kadar oksigen dalam air sehingga akan mengganggu pertumbuhan ikan dan hewan air lainnya.

### 2. Cr dalam penyamakan kulit

Krom digunakan dalam penyamakan kulit untuk mencegah mengerutnya bahan sewaktu pencucian. Krom ini sangat beracun dan menyebabkan kanker.

### 3. Mn dalam pengelasan dan pembuatan baja

Pada pengelasan dan pembuatan baja dengan logam Mn akan dihasilkan suatu asap dalam jumlah yang banyak. Asap ini bersifat racun dan dapat mengganggu sistem saraf pusat.

### 4. Cu

Pada penambangan tembaga, akan terbuang pasir sisa yang masih mengandung logam Cu. Jika pasir sisa ini dibuang ke perairan maka akan membahayakan organisme-organisme di perairan tersebut.

### Latihan 5.2

1. Sebutkan unsur transisi yang paling banyak terdapat di kerak bumi!
2. Sebutkan kelimpahan unsur titanium dan vanadium!
3. Jelaskan cara pembuatan tembaga!
4. Sebutkan kelebihan baja dibandingkan dengan besi!

## Rangkuman

- ✓ Unsur-unsur transisi adalah unsur-unsur blok d dalam tabel periodik unsur.
- ✓ Sifat fisika unsur-unsur transisi periode keempat adalah mempunyai titik cair yang tinggi, daya hantar listrik yang baik, dan kekerasan yang sedang sampai tinggi.
- ✓ Sifat kimia unsur-unsur transisi adalah mempunyai berbagai macam bilangan oksidasi, banyak senyawaannya bersifat paramagnetik, ion unsur transisi berwarna, dan dapat membentuk senyawa kompleks.
- ✓ Kromium di alam sebagai bijih krom besi, yaitu kromit yang dapat ditemukan di Sumatra Barat, Sumatra Utara, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan, dan Papua.
- ✓ Bijih besi utamanya adalah hematit, limotit, siderit, pirit, dan ilmunit. Bijih besi ditemukan di Kalimantan Barat, Sumatra Barat, Sumatra Selatan, dan Sulawesi Tengah.
- ✓ Senyawaan tembaga, antara lain pirit tembaga, dan malasit. Potensi tembaga terdapat di Papua, Jawa Barat, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Selatan.
- ✓ Bijih mangan yang penting adalah pirolusit. Potensi mangan terdapat di Pulau Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Papua, dan Kepulauan Riau.
- ✓ Kromium berguna dalam penyepuhan, besi dan vanadium digunakan sebagai bahan pembuatan baja, tembaga digunakan untuk membuat kabel, titanium dan mangan berguna dalam industri pesawat terbang, zink berguna untuk melapisi besi dan baja agar tidak berkarat.
- ✓ Kromium diperoleh melalui ekstraksi bijihnya. Pengolahan besi diperoleh dari mereduksi oksida besi dengan reduktor karbon dalam tanur tinggi, dengan bahan dasar hematit, kokas dan batu kapur. Adapun baja dibuat dengan tungku Bassemmer dengan bahan utama besi tuang. Titanium diperoleh dari bijihnya dengan proses Kroll.
- ✓ Pengolahan besi membawa pengaruh negatif terhadap lingkungan yaitu jika limbah pengolahannya masuk ke perairan. Hal ini menyebabkan penurunan kadar oksigen dalam air. Dampak negatif lainnya adalah penambangan tembaga yang membuang pasir sisa yang mengandung logam Cu ke perairan. Hal ini dapat membahayakan organisme di perairan tersebut.

## Latih Kemampuan V

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Unsur transisi yang bersifat feromagnetik adalah ....  
A. Sc                      D. V  
B. Ti                      E. Cu  
C. Cr
2. Bilangan oksidasi Mn tertinggi terdapat pada senyawa ....  
A.  $\text{MnO}_2$   
B.  $\text{KMnO}_4$   
C.  $\text{KMnSO}_4$   
D.  $\text{Mn}_2\text{O}_4$   
E.  $\text{MnSO}_4$
3. Berdasarkan konfigurasi elektronnya, Zn dianggap bukan logam transisi, karena ....  
A. mempunyai sub kulit 3d yang berisi penuh  
B. membentuk ion kompleks  
C. bersifat amfoter  
D. tidak bersifat logam  
E. senyawanya tidak berwarna
4. Ion transisi  $\text{Ni}^{2+}$  menghasilkan warna ....  
A. biru                      D. hijau  
B. kuning                    E. merah  
C. violet

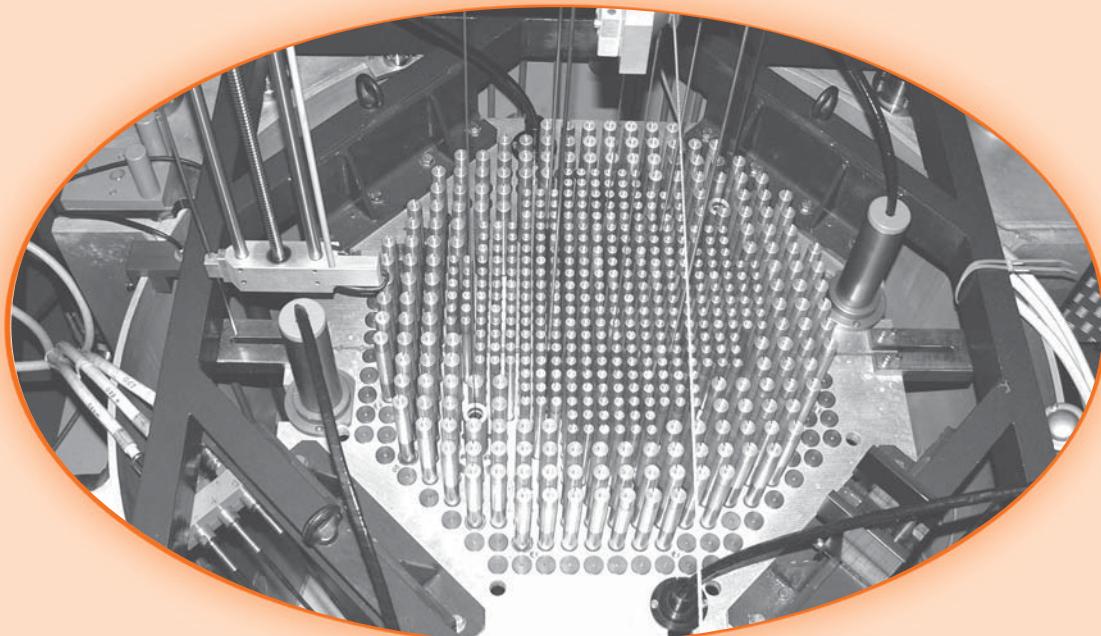
5. Nama ion kompleks  $(Co(H_2O)_2(NH_3)_4)^{3+}$  adalah ....
- ion diaquo tetraamin kobaltat
  - ion diamino tetraamin kobalt (III)
  - ion diaquotetraamin kobalt (III)
  - ion diaquotetramin kobaltat (III)
  - ion diamintentramin kobaltat
6. Nama  $(Zn(NH_3)_3Cl)$  adalah ....
- monoklorotriamin zink (II) klorida
  - triamin monokloro zink (II) klorida
  - triamin diklorokrom (III) klorida
  - terraamin dikloro kromat (III) klorida
  - triamin diklorozinkot (II)
7. Rumus kimia ion tetraamin diklorokobalt (III) adalah ....
- $(Co(NH_3)_4Cl_2)^{3+}$
  - $(Co(NH_3)_4Cl_2)^+$
  - $(Co(NH_3)_4Cl_2)^{2+}$
  - $(Co(NH_3)_4Cl_2)^-$
  - $(Co(NH_3)_4Cl_2)^{2-}$
8. Molekul hibrida  $dsp^3$  terdapat dalam senyawa adalah ...
- $Ag(NH_3)_2Cl$
  - $Cu(H_2O)_4SO_4$
  - $K_3Fe(CN)_6$
  - $Zn(NH_3)_4SO_4$
  - $Na_2CO_6$
9. Suatu ion kompleks tersusun dari 2 ligan  $NH_3$  dan 2 ligan siano dengan atom pusat  $Cu^+$  mempunyai muatan ion ....
- 1
  - + 1
  - 2
  - +2
  - 3
10. Senyawa kompleks yang mempunyai bilangan koordinasi empat adalah ....
- $K_4Fe(CN)_6$
  - $Cu(NH_3)_4SO_4$
  - $(Ni(NH_3)_6)^{3+}$
  - $(Cr(NH_3)_5Cl)Cl_2$
  - $Cu_3(Fe(CN)_6)_2$
11. Mangan terdapat dalam batu kawi dengan rumus kimia ....
- $MnO_2$
  - $Mn_2O_3$
  - $Mn_2O_3 \cdot H_2O$
  - $HMnO_4$
  - $K_2MnO_4$
12. Proses pengolahan besi menjadi logam murni disebut ....
- elektrolisis
  - metalurgi
  - metereologi
  - reduksi
  - oksidasi
13. Berdasarkan proses *goldschmidt*, kromium dibuat melalui cara ....
- elektrolisis leburan  $CrCl_2$
  - reduksi  $Cr_2O_3$  dengan karbon pijar
  - reaksi larutan  $Cr_2(SO_4)_3$  dengan Ag
  - reduksi  $Cr_2O_3$  dengan Al
  - pemanasan  $Cr_2S_3$
14. Baja keras yang digunakan pada mata bor mesin bubut mengandung logam ....
- nikel
  - kobalt
  - kromium
  - wolfram
  - timah
15. Pengolahan besi baja dari sampah besi melalui proses ....
- tanur tinggi
  - bassemer
  - goldshmidt
  - thomas
  - siemes martin

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Apa yang dimaksud dengan sifat paramagnetik, diamagnetik, dan feromagnetik? Jelaskan!
- Tuliskan rumus ion kompleks berikut.
  - ion disiano argentat (I)
  - ion tetra aquo tembaga (II)
  - ion heksamin kobalt (III)
- Jelaskan proses pengolahan baja melalui tungku Bassemer!
- Apa perbedaan antara besi tuang dengan besi tempa?
- Diketahui senyawa kompleks  $Zn(NH_3)_4SO_4$ . Tentukan nama senyawa kompleks dan reaksi ionisasi dari senyawa tersebut!

# BAB VI

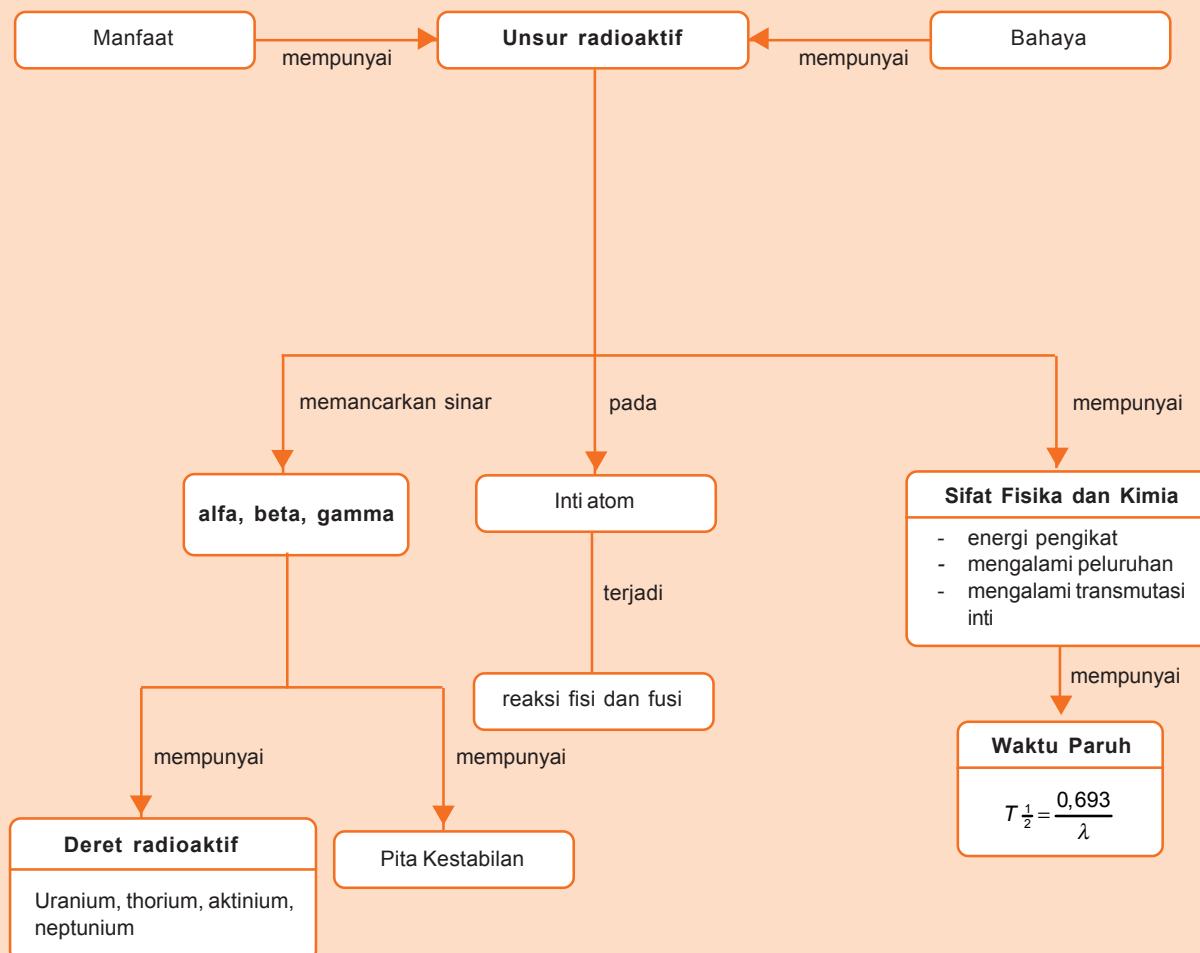
## Unsur Radioaktif



Sumber: *Microsoft Student, 2006*

Reaktor nuklir digunakan untuk mengendalikan reaksi nuklir. Tenaga nuklir dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Reaksi nuklir merupakan reaksi dari unsur radioaktif. Apakah unsur radioaktif itu? Bagaimana sifat-sifat unsur radioaktif? Dan apa saja kegunaannya?

# Peta Konsep



Kata kunci : *radioaktif, radiasi*

**T**ahukah kamu, bagaimana para arkeolog memperkirakan usia tulang belulang organisme yang pernah hidup? Para arkeolog menggunakan teknik penanggalan radioaktif karbon 14 untuk memperkirakan usia sisa tulang-tulang organisme yang pernah hidup.

Apakah yang dimaksud dengan radioaktif? Marilah kita pelajari lebih lanjut agar lebih jelas.

## A. Unsur Radioaktif

Pada tahun 1895 W.C. Rontgen melakukan percobaan dengan sinar katode. Ia menemukan bahwa tabung sinar katode menghasilkan suatu radiasi berdaya tembus besar yang dapat menghitamkan film foto. Selanjutnya sinar itu diberi nama sinar X. Sinar X tidak mengandung elektron, tetapi merupakan gelombang elektromagnetik. Sinar X tidak dibelokkan oleh bidang magnet, serta memiliki panjang gelombang yang lebih pendek daripada panjang gelombang cahaya.

Berdasarkan hasil penelitian W.C Rontgen tersebut, maka **Henry Becquerel** pada tahun 1896 bermaksud menyelidiki sinar X, tetapi secara kebetulan ia menemukan gejala keradioaktifan. Pada penelitiannya ia menemukan bahwa garam-garam uranium dapat merusak film foto meskipun ditutup rapat dengan kertas hitam. Menurut Becquerel, hal ini karena garam-garam uranium tersebut dapat memancarkan suatu sinar dengan spontan. Peristiwa ini dinamakan *radioaktivitas spontan*.

**Marie Curie** merasa tertarik dengan temuan Becquerel, selanjutnya dengan bantuan suaminya **Piere Curie** berhasil memisahkan sejumlah kecil unsur baru dari beberapa ton bijih uranium. Unsur tersebut diberi nama *radium*. Pasangan Curie melanjutkan penelitiannya dan menemukan bahwa unsur baru yang ditemukannya tersebut telah terurai menjadi unsur-unsur lain dengan melepaskan energi yang kuat yang disebut *radioaktif*.

Ilmuwan Inggris, **Ernest Rutherford** menjelaskan bahwa inti atom yang tidak stabil (*radionuklida*) mengalami peluruhan radioaktif. Partikel-partikel kecil dengan kecepatan tinggi dan sinar-sinar menyebar dari inti atom ke segala arah. Para ahli kimia memisahkan sinar-sinar tersebut ke dalam aliran yang berbeda dengan menggunakan medan magnet. Dan ternyata ditemukan tiga tipe radiasi nuklir yang berbeda yaitu sinar alfa, beta, dan gamma. Semua radionuklida secara alami memancarkan salah satu atau lebih dari ketiga jenis radiasi tersebut.

Adapun sifat-sifat dari sinar alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ) adalah sebagai berikut.

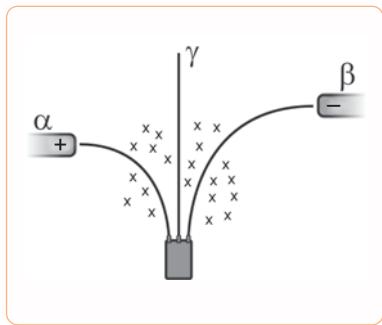
### 1. Sinar Alfa ( $\alpha$ )

Radiasi ini terdiri dari seberkas sinar partikel alfa. Radiasi alfa terdiri dari partikel-partikel yang bermuatan positif dengan muatan +2 dan massa atomnya 4. Partikel ini



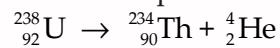
Gambar 6.1 Marie Curie  
Sumber: Microsoft Student 2006





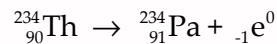
**Gambar 6.2** Sinar Radioaktif Duraikan oleh Medan Magnet

diangap sebagai inti helium karena mirip dengan inti atom helium ( ${}^4_2\text{He}$ ). Sewaktu menembus zat, sinar  $\alpha$  menghasilkan sejumlah besar ion. Oleh karena bermuatan positif partikel  $\alpha$  dibelokkan oleh medan magnet maupun medan listrik. Partikel  $\alpha$  memiliki daya tembus yang rendah. Partikel-partikel alfa bergerak dengan kecepatan antara 2.000 – 20.000 mil per detik, atau 1 – 10 persen kecepatan cahaya. Produksi partikel  $\alpha$  oleh inti radioaktif dapat digambarkan oleh suatu persamaan inti, dengan reaksi seperti berikut.



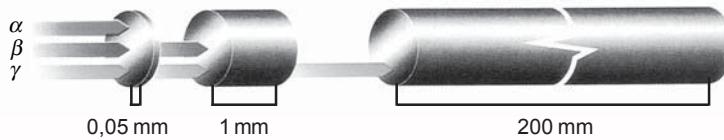
### 2. Sinar Beta ( $\beta$ )

Berkas sinar  $\beta$  terdiri dari partikel-partikel yang bermuatan negatif dan partikel  $\beta$  identik dengan elektron. Sinar beta mempunyai daya tembus yang lebih besar tetapi daya pengionnya lebih kecil dibandingkan sinar  $\alpha$ . Berkas ini dapat menembus kertas aluminium setebal 2 hingga 3 mm. Partikel beta juga dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet, tetapi arahnya berlawanan dari partikel alfa. Selain itu partikel  $\beta$  mengalami pembelokan yang lebih besar dibandingkan partikel  $\alpha$  dalam medan listrik maupun dalam medan magnet. Hal itu terjadi karena partikel  $\beta$  mempunyai massa yang jauh lebih ringan dibandingkan partikel  $\alpha$ . Produksi partikel  $\beta$  oleh inti radioaktif dapat digambarkan oleh suatu persamaan inti dengan reaksi seperti berikut.



### 3. Sinar Gamma ( $\gamma$ )

Beberapa proses peluruhan radioaktif yang memancarkan partikel  $\alpha$  atau  $\beta$  menyebabkan inti berada dalam keadaan energetik, sehingga inti selanjutnya kehilangan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik yaitu sinar gamma ( $\gamma$ ). Sinar  $\gamma$  mempunyai daya tembus besar dan berkas sinar ini tidak dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet. Sinar  $\gamma$  mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek.



**Gambar 6.3** Daya Tembus Sinar Radioaktif  
Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

## 1. Sifat-Sifat

### a. Sifat-Sifat Fisik Unsur Radioaktif

Inti atom terdiri atas neutron. Massa suatu inti selalu lebih kecil dari jumlah massa proton dan neutron. Selisih antara

massa inti yang sebenarnya dan jumlah massa proton dan neutron penyusunnya disebut *defek massa*.

### Contoh

Massa sebuah atom  ${}_2^4\text{He}$  yang ditentukan dengan spektrograf massa adalah 4,002603 sma. Massa proton 1,007277 sma, massa elektron 0,0005486 sma, dan massa netron 1,008665 sma.

Massa atom  ${}_2^4\text{He}$  terhitung adalah:

$$\begin{aligned} &= (2 \times 0,0005486 \text{ sma}) + (2 \times 1,007277 \text{ sma}) + (2 \times 1,008665 \text{ sma}) \\ &= 4,032981 \text{ sma} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Defek massa} &= 4,032981 \text{ sma} - 4,002603 \text{ sma} \\ &= 0,030378 \text{ sma} \end{aligned}$$

Defek massa ini merupakan ukuran energi pengikat neutron dan proton. Energi pengikat inti merupakan energi yang diperlukan untuk menguraikan inti (energi yang dilepaskan jika inti terbentuk). Energi pengikat inti dapat dihitung dengan mengalikan defek massa dalam satuan massa atom per nukleon dengan faktor konversi massa energi yang besarnya 932 MeV/sma.

### Contoh

Atom  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  mengandung 26 proton, 30 neutron, dan 26 elektron.

Massa dari partikel-partikel ini adalah:

$$\begin{aligned} p &= 1,007277 \text{ sma} \\ n &= 1,008665 \text{ sma} \\ e &= 0,0005486 \text{ sma} \end{aligned}$$

Massa  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  menurut perhitungan adalah:

$$\begin{aligned} &= (26 \times 1,007277 \text{ sma}) + (30 \times 1,008665 \text{ sma}) + \\ &\quad (26 \times 0,0005486 \text{ sma}) \\ &= 56,4634 \text{ sma} \end{aligned}$$

Massa  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  menurut pengamatan adalah 55,9349 sma.

$$\begin{aligned} \text{Defek massa} &= 56,4634 \text{ sma} - 55,9349 \text{ sma} \\ &= 0,5285 \text{ sma} \end{aligned}$$

Energi pengikat inti  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  adalah:

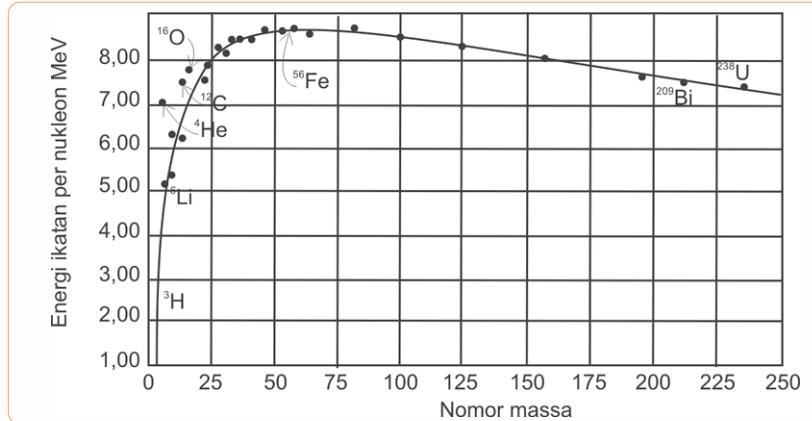
$$= 0,5285 \times 932 = 492,56 \text{ MeV/sma}$$

Energi pengikat inti  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  per nukleon adalah:

$$= \frac{492,56}{56} = 8,796 \text{ MeV/nukleon}$$

Jadi, energi pengikat inti  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  adalah 8,796 MeV/nukleon.

Jika energi pengikat inti per nukleon disalurkan terhadap bilangan massa ( $A$ ) akan diperoleh grafik seperti terlihat pada Gambar 6.4 berikut.



**Gambar 6.4** Grafik Energi Pengikat Inti Per Nukleon Terhadap Nomor Massa  
Sumber: *Kimia Universitas*

Energi ikatan pernukleon terbesar untuk inti-inti dengan nomor massa sekitar 60 (besi dan nikel). Ini dapat dilihat pada Gambar 6.4 bahwa puncak kurva mendekati  $^{56}_{26}\text{Fe}$  (besi). Hal ini terkait dengan kestabilan yang besar dari inti-inti unsur-unsur tersebut.

#### b. Sifat-Sifat Kimia Unsur Radioaktif

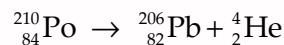
##### 1) Mengalami Peluruhan Radioaktif

Unsur-unsur radioaktif dapat mengalami berbagai peluruhan yaitu, sebagai berikut.

###### a) Peluruhan alfa

Peluruhan alfa atau radiasi alfa terdiri dari pancaran inti atom helium yang disebut partikel alfa dinyatakan dengan  $^{4}_{2}\text{He}$ . Setelah terpancar di udara, partikel alfa bertabrakan dengan molekul udara yang netral. Partikel alfa tidak dapat menembus kulit manusia, tetapi dapat merusak kulit.

### Contoh



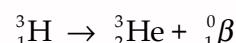
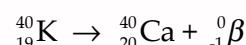
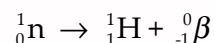
###### b) Peluruhan beta

Pada peluruhan ini, neutron berubah menjadi proton. Pada proses ini tidak terjadi perubahan jumlah nukleon. Ada tiga macam peluruhan beta.

###### (1) Peluruhan negatron

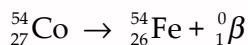
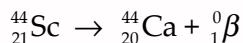
Di sini terjadi perubahan neutron menjadi proton dengan memancarkan elektron negatif atau negatron.

### Contoh



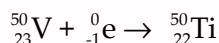
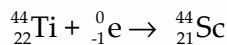
## (2) Peluruhan positron

### Contoh

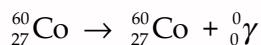


- (3) Penangkapan elektron. Proses ini jarang terjadi pada isotop alam, tetapi terjadi pada radionuklida buatan.

### Contoh



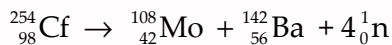
- c) Peluruhan gamma



Proses ini seringkali disebut *transisi isomer*. Pada peluruhan sinar gamma tidak dihasilkan unsur baru karena sinar gamma merupakan energi foton yang tidak bermassa dan tidak bermuatan.

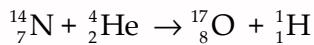
- 2) Pembelahan Spontan

Proses ini hanya terjadi pada nuklida-nuklida yang nomor atomnya besar dan membelah secara spontan menjadi dua nuklida yang massanya berbeda.



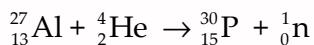
- 3) Mengalami Transmutasi Inti

Pada tahun 1919, **Rutherford** berhasil menembak gas nitrogen dengan partikel alfa dan menghasilkan hidrogen dan oksigen.



Reaksi ini merupakan transmutasi buatan pertama yaitu perubahan suatu unsur menjadi unsur lain.

Pada tahun 1934, **Irene Joliot Curie**, putri Marie Curie, berhasil membuat atom fosfor yang bersifat radioaktif dengan menembakkan aluminium dengan sinar alfa yang berasal dari polonium.



## 2. Deret Keradioaktifan

Deret keradioaktifan merupakan kelompok unsur yang terbentuk dari satu nuklida radioaktif yang berturut-turut memancarkan partikel alfa atau partikel beta. Pada setiap pancaran radiasi terbentuk atom dari unsur yang berlainan. Deret ini dimulai dari unsur induk yang meluruh terus menerus membentuk atom baru sehingga akhirnya membentuk atom yang tidak radioaktif.

Ada tiga deret keradioaktifan alam yaitu *deret thorium*, *deret uranium*, dan *deret aktinium*. Deret thorium dan deret uranium

diberi nama sesuai dengan nama anggota yang mempunyai waktu paru terpanjang yaitu berturut-turut  $1,39 \times 10^{10}$  dan  $4,51 \times 10^9$  tahun. Deret aktinium dimulai dari unsur uranium (U-235) dengan waktu paruh  $7,1 \times 10^8$  tahun.

Deret keradioaktifan yang keempat adalah deret keradioaktifan buatan yang disebut *deret neptunium*. Unsur induk deret neptunium adalah neptunium dengan waktu paruh  $2,20 \times 10^6$  tahun. Perhatikan Tabel 6.1!

**Tabel 6.1** Deret Radioaktif

Nama Deret	Unsur Induk	Berakhir	Jenis
Uranium (alam)	$^{239}_{92}\text{U}$	$^{206}_{82}\text{Pb}$	$4n + 2$
Thorium (alam)	$^{232}_{90}\text{Th}$	$^{208}_{82}\text{Pb}$	$4n$
Aktinium (alam)	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{207}_{82}\text{Pb}$	$4n + 3$
Neptunium (buatan)	$^{237}_{93}\text{Np}$	$^{209}_{83}\text{Bi}$	$4n + 1$

### 3. Waktu Paruh (*Half Life*)

Proses peluruhan atom radioaktif sebenarnya merupakan kejadian yang bersifat acak. Akan tetapi jika jumlah atom radioaktif sangat besar maka peristiwa peluruhan tersebut dapat dijelaskan seperti berikut.

Dalam peluruhan radioaktif mengikuti hukum laju reaksi orde kesatu, artinya laju peluruhan berbanding lurus dengan jumlah atom radioaktif yang tertinggal. Dengan demikian laju peluruhan radioaktif setiap waktu ( $t$ ) dapat dirumuskan seperti berikut.

$$\text{Laju peluruhan} = \lambda[N] \quad \dots\dots\dots(6-1)$$

Keterangan:

$\lambda$  = tetapan laju peluruhan

$N$  = banyaknya inti radioaktif

Hasil integrasi dari persamaan 6-1 adalah seperti berikut.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \dots\dots\dots(6-2)$$

Jika  $t = t_{\frac{1}{2}}$  maka konsentrasi  $[N_t]$  adalah  $\frac{1}{2}[N_0]$ . Oleh karena itu besarnya  $t_{\frac{1}{2}}$  atau waktu paruh dapat ditentukan seperti berikut.

$$\frac{1}{2}N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}} \quad \text{atau} \quad e^{\lambda t_{\frac{1}{2}}} = 2$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{T_{\frac{1}{2}}} \quad \text{atau} \quad T_{\frac{1}{2}} = \frac{0,693}{\lambda} \quad \dots\dots\dots(6-3)$$

Keterangan:

$N_0$  = jumlah zat radioaktif mula-mula

$N_t$  = jumlah zat radioaktif yang masih tersisa pada waktu  $t$

$T_{\frac{1}{2}}$  = waktu paruh

### Contoh

- Waktu paruh peluruhan unsur radioaktif Bi-210 adalah 5,0 hari. Hitung:

- tetapan peluruhan (dalam  $s^{-1}$ ),
- waktu yang diperlukan agar 0,016 mg Bi-210 meluruh menjadi 0,001 mg!

**Penyelesaian:**

$$\text{Diketahui : } T_{\frac{1}{2}} = 5 \text{ hari}$$

$$\frac{N_t}{N_0} = 0,001 \text{ mg}$$

$$\frac{N_t}{N_0} = 0,016 \text{ mg}$$

Ditanya : a.  $\lambda$  ... ?

b.  $t$  ... ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab : a. } \lambda &= \frac{0,693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{432.000} = 1,6 \times 10^{-6} / \text{sekon} \\ \text{b. } \frac{N_t}{N_0} &= e^{-\lambda \cdot t} \\ \frac{0,001}{0,016} &= e^{-1,6 \times 10^{-6} \cdot t} \\ 0,0625 &= e^{-1,6 \times 10^{-6} \cdot t} \\ \ln 0,0625 &= -1,6 \times 10^{-6} \cdot t \\ t &= \frac{2,773}{1,6 \times 10^{-6}} = 1.732.868 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Hitung berapa persen cuplikan  $^{60}_{27}\text{Co}$  yang tinggal setelah 3 tahun, jika waktu paruh  $^{60}_{27}\text{Co}$  adalah 5,26 tahun!

**Penyelesaian:**

$$\text{Diketahui : } T_{\frac{1}{2}} = 5,26 \text{ tahun}$$

$$t = 3 \text{ tahun}$$

Ditanya : %  $N_t$  ...?

$$\text{Jawab : } \lambda = \frac{0,693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{5,26 \text{ tahun}} = 0,132/\text{tahun}$$

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-0,132/\text{tahun} \cdot 3 \text{ tahun}}$$

$$\ln \frac{N_t}{N_0} = -0,396$$

$$\frac{N}{N_0} = 0,673 \text{ atau } N = 0,673 N_0$$

Jika  $N_0$  dianggap 100% maka cuplikan  $^{60}_{27}\text{Co}$  yang tinggal adalah 67,3%.

## Tugas Mandiri

Berdasarkan waktu paruh, buatlah suatu artikel tentang cara penentuan umur fosil manusia.

### 4. Reaksi pada Inti

Reaksi yang terjadi di inti atom dinamakan *reaksi nuklir*. Jadi Reaksi nuklir melibatkan perubahan yang tidak terjadi di kulit elektron terluar tetapi terjadi di inti atom. Reaksi nuklir memiliki persamaan dan perbedaan dengan reaksi kimia biasa.

Persamaan reaksi nuklir dengan reaksi kimia biasa, antara lain seperti berikut.

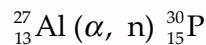
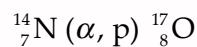
- Ada kekekalan muatan dan kekekalan massa energi.
- Mempunyai energi pengaktifan.
- Dapat menyerap energi (endoenergik) atau melepaskan energi (eksoenergik).

Perbedaan antara reaksi nuklir dan reaksi kimia biasa, antara lain seperti berikut.

- Nomor atom berubah.
- Pada reaksi endoenergik, jumlah materi hasil reaksi lebih besar dari pereaksi, sedangkan dalam reaksi eksoenergik terjadi sebaliknya.
- Jumlah materi dinyatakan per partikel bukan per mol.
- Reaksi-reaksi menyangkut nuklida tertentu bukan campuran isotop.

Reaksi nuklir dapat ditulis seperti contoh di atas atau dapat dinyatakan seperti berikut. Pada awal dituliskan nuklida sasaran, kemudian di dalam tanda kurung dituliskan *proyektil* dan partikel yang dipancarkan dipisahkan oleh tanda koma dan diakhiri perumusan dituliskan nuklida hasil reaksi.

#### Contoh

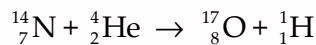


Ada dua macam partikel proyektil yaitu:

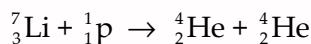
- Partikel bermuatan seperti  ${}_{1}^1\text{H}$ ,  ${}_{1}^2\text{H}$ ,  ${}_{2}^4\text{H}$  atau atom yang lebih berat seperti  ${}_{6}^{12}\text{C}$ .
- Sinar gamma dan partikel tidak bermuatan seperti neutron.

#### Contoh

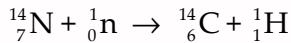
- Penembakan dengan partikel alfa



- Penembakan dengan proton



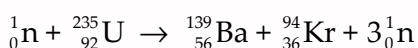
### 3. Penembakan dengan neutron



#### a. Reaksi Pembelahan Inti

Sesaat sebelum perang dunia kedua beberapa kelompok ilmuwan mempelajari hasil reaksi yang diperoleh jika uranium ditembak dengan neutron. **Otto Hahn** dan **F. Strassman**, berhasil mengisolasi suatu senyawa unsur golongan II A, yang diperoleh dari penembakan uranium dengan neutron. Mereka menemukan bahwa jika uranium ditembak dengan neutron akan menghasilkan beberapa unsur menengah yang bersifat radioaktif. Reaksi ini disebut reaksi *pembelahan inti atau reaksi fisi*.

Contoh reaksi fisi.



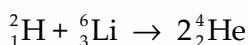
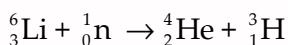
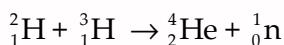
Dari reaksi fisi telah ditemukan lebih dari 200 isotop dari 35 cara sebagai hasil pembelahan uranium-235. Ditinjau dari sudut kestabilan inti, hasil pembelahan mengandung banyak proton.

Dari reaksi pembelahan inti dapat dilihat bahwa setiap pembelahan inti oleh satu neutron menghasilkan dua sampai empat neutron. Setelah satu atom uranium-235 mengalami pembelahan, neutron hasil pembelahan dapat digunakan untuk pembelahan atom uranium-235 yang lain dan seterusnya sehingga dapat menghasilkan reaksi rantai. Bahan pembelahan ini harus cukup besar sehingga neutron yang dihasilkan dapat tertahan dalam cuplikan itu. Jika cuplikan terlampau kecil, neutron akan keluar sehingga tidak terjadi reaksi rantai.

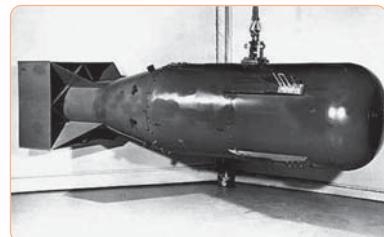
#### b. Reaksi Fusi

Pada reaksi fusi, terjadi proses penggabungan dua atau beberapa inti ringan menjadi inti yang lebih berat. Energi yang dihasilkan dari reaksi fusi lebih besar daripada energi yang dihasilkan reaksi fisi dari unsur berat dengan massa yang sama.

Perhatikan reaksi fusi dengan bahan dasar antara deuterium dan litium berikut.



Reaksi-reaksi fusi biasanya terjadi pada suhu sekitar 100 juta derajat celsius. Pada suhu ini terdapat plasma dari inti dan elektron. Reaksi fusi yang terjadi pada suhu tinggi ini disebut *reaksi termonuklir*. Energi yang dihasilkan pada reaksi fusi



**Gambar 6.5** Bom Atom Merupakan Reaksi Fisi yang Tidak Terkendali

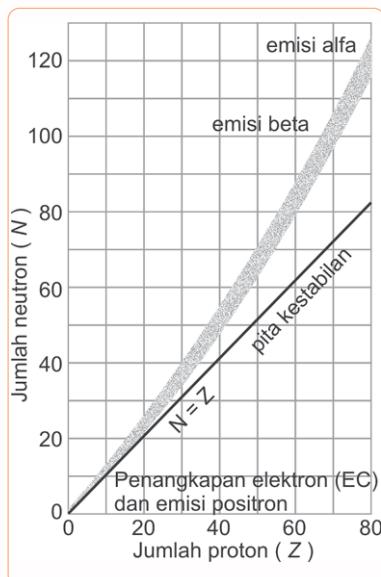
Sumber: Microsoft Student 2006

sangat besar. Satu kg hidrogen yang mengalami reaksi fusi dapat menghasilkan energi yang ekuivalen dengan energi yang dihasilkan dari 200.000 ton batu bara.

### Tugas Mandiri

Negara kita berencana mengembangkan listrik tenaga nuklir. Menurut pendapatmu, apakah langkah pemerintah tersebut sudah tepat? Berikan alasanmu!

## 5. Pita Kestabilan



**Gambar 6.6** Hubungan Antara Banyaknya Proton dengan Banyaknya Neutron

Sumber: *Kimia untuk Universitas*

Unsur-unsur dengan nomor atom rendah dan sedang kebanyakan mempunyai nuklida stabil maupun tidak stabil (radioaktif). Contoh pada atom hidrogen, inti atom protium dan deuterium adalah stabil sedangkan inti atom tritium tidak stabil. Waktu paruh tritium sangat pendek sehingga tidak ditemukan di alam. Pada unsur-unsur dengan nomor atom tinggi tidak ditemukan inti atom yang stabil. Jadi faktor yang memengaruhi kestabilan inti atom adalah angka banding dengan proton. Perhatikan pita kestabilan pada Gambar 6.6.

Inti-inti yang tidak stabil cenderung untuk menyesuaikan perbandingan neutron terhadap proton agar sama dengan perbandingan pada pita kestabilan.

Bagi nuklida dengan  $Z = 20$ , perbandingan neutron terhadap proton ( $n/p$ ) sekitar 1,0 sampai 1,1. Jika  $Z$  bertambah maka perbandingan neutron terhadap proton bertambah hingga sekitar 1,5.

Nuklida yang tidak stabil terdiri dari dua kelompok yaitu sebagai berikut.

- a. Unsur-unsur inti ringan yaitu unsur yang mempunyai nomor atom kurang dari 20 ( $Z < 20$ ). Letak unsur-unsur ini pada pita kestabilan berada di atas maupun di bawah pita kestabilan.
- b. Unsur-unsur inti berat yaitu unsur yang mempunyai nomor atom lebih besar dari 83 ( $Z > 83$ ).

Jadi, tidak dikenal nuklida stabil dengan nomor atom lebih besar 83. Sebaliknya semua unsur dengan nomor atom kurang atau sama dengan 83, mempunyai satu nuklida atau lebih yang stabil kecuali unsur teknisium ( $Z = 43$ ) dan prometium ( $Z = 61$ ).

Daerah di sekitar pita kestabilan, di mana terdapat inti-inti yang tidak stabil dapat dibagi dalam tiga daerah, yaitu seperti berikut.

- a. Di atas pita kestabilan

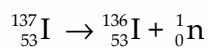
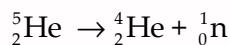
Inti di daerah ini  $Z < 83$ , atau daerah surplus neutron. Di daerah ini inti-inti mempunyai  $N/Z$  (perbandingan neutron dengan proton) besar.

Untuk mencapai kestabilan inti, maka inti atom tersebut akan melakukan hal seperti berikut.

1) Memancarkan neutron ( ${}^1_0n$ )

Oleh karena inti atom memancarkan neutron berarti terjadi pengurangan nomor massa tetapi nomor atom tetap.

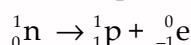
**Contoh**



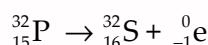
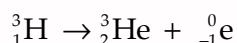
2) Memancarkan partikel elektron ( ${}^1_{-1}e$ )

Jika inti atom memancarkan elektron maka akan terjadi penambahan proton atau pengurangan neutron.

Dalam hal ini, partikel neutron berubah menjadi proton disertai pemancaran elektron.



**Contoh**



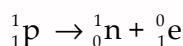
b. Di bawah pita kestabilan

Inti di daerah ini,  $Z < 83$  dan  $N/Z$  (perbandingan neutron-proton) kecil atau surplus proton.

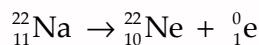
Untuk mencapai kestabilan inti, maka inti atom tersebut akan melakukan hal seperti berikut.

1) Memancarkan positron ( ${}^0_1e$ )

Proton berubah menjadi neutron dan memancarkan positron. Oleh karena memancarkan positron maka akan terjadi pengurangan nomor atom sedangkan nomor massanya tetap.



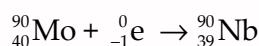
**Contoh**



2) Penangkapan elektron ( ${}^1_{-1}e$ ) pada kulit K

Dalam hal ini terjadi penangkapan elektron pada kulit yang terdekat dengan inti yaitu kulit K.

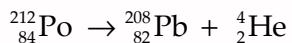
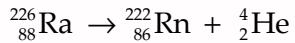
**Contoh**



c. Daerah di atas pita kestabilan ( $Z > 83$ )

Inti di daerah ini surplus neutron dan proton. Untuk mencapai kestabilan, inti memancarkan partikel alfa. Oleh karena itu, nomor atom akan berkurang dua sedangkan nomor massa berkurang empat.

## Contoh



### Latihan 6.1

1. Tuliskan persamaan yang setara untuk reaksi peluruhan nuklir:
  - a. emisi beta  $^{98}_{38}\text{Sr}$
  - b. emisi proton  $^{41}_{19}\text{K}$
2. Tuliskan reaksi inti untuk:
  - a.  $^{209}_{83}\text{Bi} (p, \alpha) ^{..}_{..}\text{C}$
  - b.  $^{14}_{7}\text{N} (p, \gamma) ^{..}_{..}\text{N}$
  - c.  $^{12}_{6}\text{C} (\alpha, p) ^{..}_{..}\text{O}$

## B. Penggunaan Radioisotop

Di negara-negara maju penggunaan dan penerapan radioisotop telah dilakukan dalam berbagai bidang. **Radioisotop** adalah isotop suatu unsur radioaktif yang memancarkan sinar radioaktif. Isotop suatu unsur baik stabil maupun yang radioaktif memiliki sifat kimia yang sama.

Penggunaan radioisotop dapat dibagi ke dalam penggunaan sebagai peruntut dan penggunaan sebagai sumber radiasi. Radioisotop sebagai peruntut digunakan untuk mengikuti unsur dalam suatu proses yang menyangkut senyawa atau sekelompok senyawa. Radioisotop dapat digunakan sebagai sumber sinar sebagai pengganti sumber lain misal sumber sinar X.

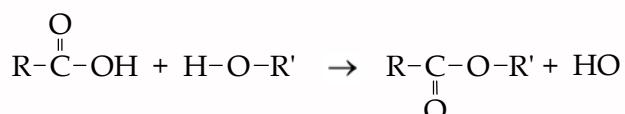
Radioisotop dapat digunakan sebagai peruntut sebab energi sinar yang dipancarkan serta waktu paruhnya merupakan sifat khas radioisotop tersebut. Pada contoh di bawah ini akan diberikan beberapa contoh penggunaan radioisotop baik sebagai peruntut maupun sebagai sumber radiasi.

### 1. Bidang Kimia

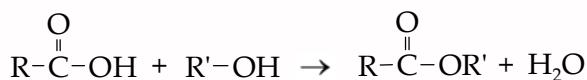
- a. Teknik Peruntut

Teknik peruntut dapat dipakai untuk mempelajari mekanisme berbagai reaksi kimia. Misal pada reaksi esterifikasi. Dengan oksigen-18 dapat diikuti reaksi antara asam karboksilat dan alkohol.

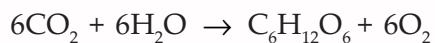
Dari analisis spektroskopi massa, reaksi esterifikasi yang terjadi dapat ditulis seperti berikut. (isotop oksigen-18 diberi warna).



Hasil analisis ini menunjukkan bahwa molekul air tidak mengandung oksigen-18. Adapun jika O – 18 berada dalam alkohol maka reaksi yang terjadi seperti berikut.



Penggunaan radioisotop yang lain sebagai peruntukan mekanisme reaksi fotosintesis.



Untuk mengetahui mekanisme reaksi tersebut digunakan peruntukan karbon-14 yang terdapat pada CO<sub>2</sub> dan oksigen-18 yang terdapat dalam air.

b. Penggunaan Isotop dalam Bidang Kimia Analisis

Penggunaan isotop dalam analisis digunakan untuk menentukan unsur-unsur kelumit dalam cuplikan.

Analisis dengan radioisotop atau disebut radiometrik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, sebagai berikut.

1) Analisis Pengeceran Isotop

Larutan yang akan dianalisis dan larutan standar ditambahkan sejumlah larutan yang mengandung suatu spesi radioaktif. Kemudian zat tersebut dipisahkan dan ditentukan aktivitasnya. Konsentrasi larutan yang dianalisis ditentukan dengan membandingkannya dengan larutan standar.

2) Analisis Aktivasi Neutron (AAN)

Analisis aktivasi neutron dapat digunakan untuk menentukan unsur kelumit dalam cuplikan yang berupa padatan.

Misal untuk menentukan logam berat (Cd) dalam sampel ikat laut. Sampel diiradiasi dengan neutron dalam reaktor sehingga menjadi radioaktif. Salah satu radiasi yang dipancarkan adalah sinar  $\gamma$ .

Selanjutnya sampel dicacah dengan spektrometer gamma ( $\gamma$ ) untuk menentukan aktivitas dari unsur yang akan ditentukan.

## 2. Bidang Kedokteran

Berikut unsur radioisotop yang sering digunakan dalam dunia kedokteran.

- Radioisotop natrium-24 dapat digunakan untuk mengikuti peredaran darah dalam tubuh manusia. Larutan NaCl yang tersusun atas Na-24 dan Cl yang stabil disuntikkan ke dalam darah dan aliran darah dapat diikuti dengan mendekripsi sinar yang dipancarkan, sehingga dapat diketahui jika terjadi penyumbatan aliran darah.
- Untuk mempelajari kelainan pada kelenjar tiroid digunakan radioisotop <sup>131</sup>I.
- Radioisotop fosfor dapat dipakai untuk menentukan tempat tumor di otak.

- d. Radioisotop  $^{59}\text{Fe}$  dapat digunakan untuk mengukur laju pembentukan sel darah merah dalam tubuh dan untuk menentukan apakah zat besi dalam makanan dapat digunakan dengan baik oleh tubuh.
- e. Sejak lama diketahui bahwa radiasi dari radium dapat dipakai untuk pengobatan kanker. Oleh karena radium-60 dapat mematikan sel kanker dan sel yang sehat maka diperlukan teknik tertentu sehingga tempat di sekeliling kanker mendapat radiasi seminimal mungkin.
- f. Radiasi gamma dapat membunuh organisme hidup termasuk bakteri. Oleh karena itu, radiasi gamma digunakan untuk sterilisasi alat-alat kedokteran.  
Sterilisasi digunakan juga di industri makanan. Sterilisasi dengan cara radiasi, menjadikan makanan dapat tahan empat atau lima kali lebih lama dari cara sterilisasi biasa.

### 3. Bidang Pertanian

#### a. Pembentukan Bibit Unggul

Dalam bidang 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, misalnya gandum dengan yang umur lebih pendek.

#### b. Pemupukan dan Pemberantasan Hama dengan Serangga Mandul

Radioisotop fosfor dapat dipakai untuk mempelajari pemakaian pupuk oleh tanaman. Ada jenis tanaman yang mengambil fosfor sebagian dari tanah dan sebagian dari pupuk. Berdasarkan hal inilah digunakan fosfor radioaktif untuk mengetahui efisiensi pengambilan fosfor dari pupuk oleh tanaman. Teknik iradiasi juga dapat digunakan untuk memberantas hama dengan menjadikan serangga mandul.

Dengan radiasi dapat mengakibatkan efek biologis, sehingga timbul kemandulan pada serangga jantan. Kemandulan ini dibuat di laboratorium dengan cara hama serangga diradiasi sehingga serangga jantan menjadi mandul. Setelah disinari hama tersebut dilepas di daerah yang terserang hama, sehingga diharapkan akan terjadi perkawinan antara hama setempat dengan jantan mandul yang dilepas, sehingga telur itu tidak akan menetas.

#### c. Pengawetan Makanan

Pada musim panen, hasil produksi pertanian melimpah. Beberapa dari hasil pertanian itu mudah busuk atau bahkan dapat tumbuh tunas, contohnya kentang. Oleh karena itu diperlukan teknologi untuk mengawetkan bahan pangan tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan iradiasi sinar radioaktif. Irradiasi ini juga dapat mencegah pertumbuhan bakteri dan jamur.

#### 4. Bidang Industri

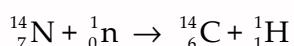
Penggunaan radioisotop dalam bidang industri antara lain untuk mendeteksi kebocoran pipa yang ditanam di dalam tanah atau dalam beton. Dengan menggunakan radioisotop yang dimasukkan ke dalam aliran pipa kebocoran pipa dapat dideteksi tanpa penggalian tanah atau pembongkaran beton.

Penyinaran radiasi dapat digunakan untuk menentukan keausan atau kekeroposan yang terjadi pada bagian pengelasan antarlogam. Jika bahan ini disinari dengan sinar gamma dan dibalik bahan itu diletakkan film foto maka pada bagian yang aus atau keropos akan memberikan gambar yang tidak merata.

Radiasi sinar gamma juga digunakan dalam vulkanisasi lateks alam. Penggunaan zat radioaktif dalam bidang industri yang lainnya adalah untuk mengatur ketebalan besi baja, kertas, dan plastik; dan untuk menentukan sumber minyak bumi.

#### 5. Pengukuran Usia Bahan Organik

Radioisotop karbon-14, terbentuk di bagian atas atmosfer dari penembakan atom nitrogen dengan neutron yang terbentuk oleh radiasi kosmik.



Karbon radioaktif tersebut di permukaan bumi sebagai karbon dioksida dalam udara dan sebagai ion hidrogen karbonat di laut. Oleh karena itu karbon radioaktif itu menyertai pertumbuhan melalui fotosintesis. Lama kelamaan terdapat kesetimbangan antara karbon-14 yang diterima dan yang meluruh dalam tumbuh-tumbuhan maupun hewan, sehingga mencapai 15,3 dis/menit gram karbon. Keaktifan ini tetap dalam beberapa ribu tahun. Apabila organisme hidup mati, pengambilan  ${}^{14}\text{C}$  terhenti dan keaktifan ini berkurang. Oleh karena itu umur bahan yang mengandung karbon dapat diperkirakan dari pengukuran keaktifan jenisnya dan waktu paruh  ${}^{14}\text{C}$ . ( $T_{\frac{1}{2}} = 5.730$  tahun).

### C. Pengaruh Radiasi pada Makhluk Hidup

Zat radioaktif memang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Akan tetapi zat radioaktif juga memiliki dampak negatif terhadap kehidupan makhluk hidup. Radiasi yang dipancarkan unsur radioaktif berbahaya bagi tubuh, yaitu mengganggu fungsi normal tubuh. Bahaya radiasi terhadap tubuh ini tergantung beberapa faktor, antara lain sebagai berikut.

#### 1. Jenis radiasi.

Radiasi gamma merupakan radiasi eksternal yang paling berbahaya. Adapun radiasi internal yang paling berbahaya berasal dari radiasi alfa.

#### 2. Lama penyinaran.

3. Jarak sumber radiasi dengan tubuh.

4. Keberadaan penghalang antara sumber radiasi dengan tubuh.

Akibat radiasi yang melebihi dosis yang diperkenankan dapat menimpa seluruh tubuh atau hanya lokal. Radiasi tinggi dalam waktu singkat dapat menimbulkan efek akut atau seketika sedangkan radiasi dalam dosis rendah dampaknya baru terlihat dalam jangka waktu yang lama atau menimbulkan efek yang tertunda. Radiasi zat radioaktif dapat memengaruhi kelenjar-kelenjar kelamin, sehingga menyebabkan kemandulan.

Berdasarkan dari segi cepat atau lambatnya penampakan efek biologis akibat radiasi radioaktif ini, efek radiasi dibagi menjadi seperti berikut.

1. Efek segera

Efek ini muncul kurang dari satu tahun sejak penyinaran. Gejala yang biasanya muncul adalah mual dan muntah-muntah, rasa malas dan lelah serta terjadi perubahan jumlah butir darah.

2. Efek tertunda

Efek ini muncul setelah lebih dari satu tahun sejak penyinaran. Efek tertunda ini dapat juga diderita oleh turunan dari orang yang menerima penyinaran.

Batas dosis maksimum pada manusia yang diizinkan adalah seperti berikut.

Tabel 6.2 Sistem Pembatasan Dosis

Besaran Dosis	Pekerja Radiasi	Masyarakat Umum
Dosis ekivalen efektif	5.000 mrem/tahun	100 mrem/tahun
Dosis ekivalen jaringan	Lensa mata 15.000 mrem/tahun lain-lain 50.000 mrem/tahun	Kulit dan lensa mata 5.000 mrem/tahun

Sumber: *Pengendalian dan Keselamatan Radiasi*

Adapun pada populasi hewan diperkirakan radiasi sebesar 1.000 rem dalam interval waktu yang pendek akan membunuh 100% populasi yang terkena radiasi. Sedangkan dosis 450 rem memungkinkan kematian sekitar 50% dari populasi hewan. Dosis 1 rem pada tumbuhan menyebabkan terjadinya perbedaan sifat dari tumbuhan yang dihasilkan.

## Latihan 6.2

1. Jelaskan manfaat radioisotop pada analisis pengenceran isotop!
2. Sebutkan kegunaan dari:
  - a.  $^{131}\text{I}$
  - b.  $^{60}\text{Co}$
3. Bagaimanakah cara mengawetkan buah dengan iradiasi?
4. Jelaskan cara menemukan kebocoran pipa pada persediaan gas  $\text{H}_2$  dalam pabrik pembuat gas amonia dengan menggunakan bahan radioaktif!

## Rangkuman

- ✓ Proses keradioaktifan mula-mula ditemukan oleh **Henry Becquerel**, kemudian **Marie Curie** dan **Piere Curie** menemukan unsur baru yang sangat radioaktif yaitu radium.
- ✓ Unsur radioaktif mengalami peluruhan alfa, beta, gamma, dan pemancaran neutron.
- ✓ Kestabilan inti didapat jika perbanding neutron/proton = 1.
- ✓ Defek massa adalah selisih antara massa inti yang sebenarnya dan jumlah massa proton dan neutron penyusunnya.
- ✓ Ada tiga deret keradioaktifan alam yaitu deret thorium, uranium, dan aktinium, dan deret buatan neptunium.
- ✓ Peluruhan radioaktif mengikuti hukum laju reaksi orde satu.
- ✓ Waktu paruh suatu zat radioaktif adalah waktu yang diperlukan oleh separuh dari jumlah zat radioaktif mula-mula untuk berubah menjadi zat lain.
- ✓ Reaksi inti dibedakan menjadi dua, yaitu reaksi pembelahan inti (fisi) dan reaksi penggabungan inti (fusi).
- ✓ Jika dibuat hubungan antara banyaknya proton dengan neutron, maka perbandingan jumlah neutron (N) dengan jumlah proton (Z) inti stabil berada pada pita kestabilan. Adapun untuk inti yang tidak stabil cenderung menyesuaikan perbandingan neutron dan proton pada pita kestabilan.
- ✓ Penggunaan radioisotop dimanfaatkan sebagai peruntukan dan sumber radiasi, antara lain dalam bidang kimia, kedokteran, pertanian, industri, pengukuran usia bahan organik.
- ✓ Bahaya radiasi dipengaruhi beberapa faktor antara lain jenis radiasi, lama peninjaman, jarak sumber radiasi dengan tubuh, dan keberadaan penghalang.
- ✓ Efek radiasi dibedakan atas efek segera dan efek tertunda.

## Latih Kemampuan VI

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Beberapa gejala yang ditunjukkan untuk menstabilkan inti yang kelebihan neutron yaitu dengan memancarkan ....
  - A. partikel  $\alpha$
  - B. partikel  $\beta$
  - C. partikel  $\gamma$
  - D. neutron
  - E. proton
2. Di antara partikel di bawah ini yang daya tembusnya sangat rendah adalah ....
  - A.  ${}^4_2\text{He}$
  - B.  ${}^0_1\beta$
  - C.  ${}^0_0\gamma$
  - D.  ${}^1_0\beta$
  - E.  ${}^0_{+1}\beta$
3. Logam yang tidak mampu ditembus oleh partikel yang dipancarkan unsur radioaktif adalah ....
  - A. Fe
  - B. Cu
  - C. Sn
  - D. Pb
  - E. Au
4. Suatu radioisotop massanya 8 gram disimpan selama 40 hari. Jika waktu paruh radioisotop 10 hari, maka radioisotop yang masih tersisa adalah ....
  - A. 0,5 gram
  - B. 1,5 gram
  - C. 2,0 gram
  - D. 4,0 gram
  - E. 5,0 gram

5. Salah satu sumber sinar gamma adalah ....
- kobalt-60
  - stronsium-90
  - polonium-210
  - radon-222
  - radium-226
6. Perhatikan reaksi berikut!
- $$^{26}_{13}\text{Al} + X \rightarrow ^{26}_{12}\text{Mn}$$
- Proses di atas dinamakan ....
- pemancaran elektron
  - pemancaran positron
  - penangkapan elektron
  - penangkapan positron
  - penangkapan sinar  $\beta$
7. Deret peluruhan di bawah ini dikenal sebagai peluruhan radioaktif alami adalah ....
- uranium, aktinium, lantanium
  - uranium, thorium, lantanium
  - uranium, thorium, aktinium
  - thorium, aktinium, lantanium
  - thorium, radium, aktinium
8. Pada proses peluruhan uranium  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + X$ , maka X adalah ....
- neon
  - proton
  - neutron
  - deutron
  - helium
9. Jika waktu paruh isotop Na-24 adalah 15 jam, sisa Na-24 yang massanya 5 gram setelah disimpan 45 jam adalah ....
- 0,625 gr
  - 1,25 gr
  - 1,875 gr
  - 2,5 gram
  - 3,125 gram
10. Suatu zat radioaktif X meluruh 8,75% setelah disimpan 30 hari. Waktu paruh unsur radioaktif tersebut adalah ....
- 5 hari
  - 7,5 hari
  - 10 hari
  - 12,5 hari
  - 15 hari

11. Radiasi radioaktif membawa dampak negatif terhadap makhluk hidup, di antaranya ....
- mandul
  - kelainan keturunan
  - kerusakan sistem saraf
  - lensa mata menjadi lebih terang
  - leukimia
12. Prinsip kerja radioisotop sebagai perunut berdasarkan ....
- daya tembusnya
  - massanya
  - massa jenisnya
  - viskositasnya
  - efek radiasinya
13. Radioisotop yang digunakan untuk mendekteksi mata adalah ....
- Ti-201
  - Xe-133
  - Te-99
  - Fe-59
  - P-32
14. Di antara zat radioaktif di bawah ini yang digunakan untuk mendekteksi kelenjar gondok adalah ....
- Fe-59
  - Tc-99
  - I-131
  - Xe-133
  - Ti-201
15. Salah satu contoh pemanfaatan radioisotop untuk memantau ketebalan suatu produk, dapat jika dilihat pada industri ....
- baja
  - pupuk
  - kertas
  - daging olahan
  - es

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Jelaskan ciri-ciri unsur radioaktif!
- Jelaskan sifat-sifat partikel alfa, beta, dan gamma!
- Lengkapi persamaan reaksi di bawah ini!
  - $^{23}_{11}\text{Na} + ^1_2\text{H} \rightarrow \dots + ^1_1\text{H}$
  - $^{59}_{27}\text{Co} + \dots \rightarrow ^{56}_{25}\text{Mn} + ^4_2\text{He}$
  - $^{246}_{96}\text{Cm} + ^{13}_6\text{C} \rightarrow ^{254}_{102}\text{No} + \dots$
  - $^{238}_{92}\text{U} + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{246}_{99}\text{Es} + \dots$
- Waktu paruh Na-24 adalah 15 jam,
  - Suatu sampel Na-24 disimpan selama 45 jam, berapa persen Na-24 yang masih sisa?
  - Bila jumlah mula-mula Na-24 adalah 5 mg, berapa mg yang masih tersisa setelah 45 jam?
- Jelaskan prinsip kerja radioisotop sebagai perunut!

## Latihan Semester 1

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Sifat koligatif larutan ialah sifat larutan yang hanya dipengaruhi oleh ....
  - A. volume larutan
  - B. massa jenis larutan
  - C. jenis partikel zat terlarut
  - D. jumlah partikel zat terlarut
  - E. banyaknya partikel zat pelarut
2. Tekanan uap air pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  adalah 18 mmHg. Apabila 32 gram metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dicampur dengan 72 gram air pada suhu itu, maka tekanan uap larutan adalah ....
  - A. 3,6 mmHg
  - B. 7,2 mmHg
  - C. 14,4 mmHg
  - D. 15,0 mmHg
  - E. 22,5 mmHg
3. Untuk menaikkan titik didih 500 mL air menjadi  $100,1^{\circ}\text{C}$  pada tekanan 1 atm ( $K_b = 0,52$ ) maka jumlah gula ( $Mr = 342$ ) yang harus dilarutkan adalah ... gram.
  - A. 1,70
  - B. 8,6
  - C. 17,0
  - D. 32,88
  - E. 68,4
4. Massa 7,2 gram  $\text{MgSO}_4$  dilarutkan dalam 600 gram air ( $K_f = 1,8$ ), larutan ini membeku pada suhu  $-0,324^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm maka derajat ionisasi  $\text{MgSO}_4$  adalah.... ( $Ar \text{ Mg} = 24, S = 32$ )
  - A. 0,27
  - B. 0,50
  - C. 0,60
  - D. 0,80
  - E. 1,00
5. Jika larutan glukosa ( $Mr = 180$ ) dalam air pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$  isotonik dengan larutan sukrosa ( $Mr = 342$ ) yang mengandung 10,26 gram sukrosa dalam 500 mL air pada suhu  $57^{\circ}\text{C}$ , maka konsentrasi larutan glukosa adalah ....
  - A.  $0,03 \text{ molL}^{-1}$
  - B.  $0,06 \text{ molL}^{-1}$
  - C.  $0,30 \text{ molL}^{-1}$
  - D.  $0,60 \text{ molL}^{-1}$
  - E.  $6,0 \text{ molL}^{-1}$
6. Larutan yang terbuat dari 4 gram NaOH dapat dikatakan 1 molal jika dilarutkan dalam ....
  - A. 96 gram air
  - B. 100 gram air
  - C. 1 liter air
  - D. 1.000 gram air
  - E. 96 mL air
7. Larutan glukosa dalam air mempunyai penurunan titik beku sebesar  $0,72^{\circ}\text{C}$ , apabila penurunan titik beku molal air  $-1,86^{\circ}\text{Cmol}^{-1}$  dan kenaikan titik didih molal air  $0,52^{\circ}\text{Cmol}^{-1}$  maka kenaikan titik didih larutan glukosa tersebut adalah ....
  - A.  $0,72^{\circ}\text{C}$
  - B.  $0,52^{\circ}\text{C}$
  - C.  $0,26^{\circ}\text{C}$
  - D.  $0,20^{\circ}\text{C}$
  - E.  $0,13^{\circ}\text{C}$
8. Jika urea  $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$  15 gram dilarutkan dalam 250 gram air maka titik beku larutan adalah .... ( $K_{f\text{ air}} = 1,86^{\circ}\text{Cmol}^{-1}$ )
  - A.  $1,86^{\circ}\text{C}$
  - B.  $0,46^{\circ}\text{C}$
  - C.  $0,23^{\circ}\text{C}$
  - D.  $-0,46^{\circ}\text{C}$
  - E.  $-1,86^{\circ}\text{C}$
9. Di antara larutan berikut yang mempunyai titik didih tertinggi adalah ....
  - A.  $\text{NaCl } 0,1 \text{ M}$
  - B.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ } 0,1 \text{ M}$
  - C.  $\text{CH}_3\text{COOH } 0,1 \text{ M}$
  - D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH } 0,1 \text{ M}$
  - E.  $\text{BaCl}_2 \text{ } 0,1 \text{ M}$
10. Larutan  $\text{CaCl}_2 \text{ } 0,5 \text{ M}$  pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$  mempunyai tekanan osmosis 36,9 atm, pada keadaan yang sama konsentrasi larutan urea yang isotonis dengan larutan tersebut adalah ....
  - A. 2 M
  - B. 1,5 M
  - C. 1 M
  - D. 0,5 M
  - E. 0,25 M

11. Pada suhu 27 °C, 5,85 gram NaCl ( $Mr = 58,5$ ) dilarutkan dalam air. Jika tekanan osmosisnya 4,428 atm dan harga  $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  maka besarnya derajat ionisasi ( $\alpha$ ) adalah ....
- 20%
  - 40%
  - 50%
  - 80%
  - 100%
12. Di antara reaksi-reaksi redoks berikut yang telah setara adalah ....
- $\text{MnO}_4^- + 5 \text{SO}_3^{2-} + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
  - $2 \text{Cr(OH)}_3 + 3 \text{Cl}^- + 4 \text{CH}^- \rightarrow \text{CrO}_4^- + 3 \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
  - $2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{I}^- + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{MnO}_2 + 3 \text{I}_2 + 8 \text{OH}^-$
  - $\text{ZnS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + 8 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$
  - $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}_3^-$
13. Reaksi oksidasi ion oksalat oleh ion permanganat dalam lingkungan asam berjalan menurut dua setengah reaksi berikut.
- $$\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{e}^-$$
- $$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$$
- Jumlah mol ion oksalat yang dapat dioksidasi oleh 1 mol ion permanganat adalah ....
- 0,5
  - 1,0
  - 2,5
  - 3,5
  - 5,0
14. Lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh 0,64 gram tembaga ( $Ar \text{ Cu} = 64$ ) melalui larutan tembaga sulfat dengan arus listrik 1,93 ampere adalah ....
- 10.000 detik
  - 1.000 detik
  - 100 detik
  - 10 detik
  - 1 detik
15. Gas yang dihasilkan pada elektrolisis larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan muatan listrik 2 F jika pada saat itu 1 liter gas nitrogen mempunyai massa 1,4 gram ( $Ar \text{ N} = 14$ ) adalah ....
- 5 liter
  - 10 liter
  - 11,2 liter
  - 20 liter
  - 22,4 liter
16. Diketahui harga potensial elektrode sebagai berikut.
- |                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| $\text{Sc}^{3+} \mid \text{Sc}$ | $E^\circ = -2,16 \text{ volt}$ |
| $\text{Fe}^{2+} \mid \text{Fe}$ | $E^\circ = -0,44 \text{ volt}$ |
| $\text{Mg}^{2+} \mid \text{Mg}$ | $E^\circ = -2,37 \text{ volt}$ |
| $\text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$    | $E^\circ = -0,79 \text{ volt}$ |
| $\text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$ | $E^\circ = -0,34 \text{ volt}$ |
- Pasangan elektrode yang memberikan harga potensial sel terbesar adalah ....
- $\text{Mg} \mid \text{Mg}^{2+} \parallel \text{Sc}^{3+} \mid \text{Sc}$
  - $\text{Sc} \mid \text{Sc}^{3+} \parallel \text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$
  - $\text{Mg} \mid \text{Mg}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$
  - $\text{Fe} \mid \text{Fe}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$
  - $\text{Cu} \mid \text{Cu}^{2+} \parallel \text{Fe}^{2+} \mid \text{Fe}$
17. Diketahui notasi reaksi sel sebagai berikut.
- |   |   |
|---|---|
| $\text{Cl}^- \mid \text{Cl} \parallel \text{F}_2 \mid \text{F}^-$     | $E^\circ_{\text{sel}} = +1,51 \text{ volt}$ |
| $\text{Br}^- \mid \text{Br}_2 \parallel \text{Cl}_2 \mid \text{Cl}^-$ | $E^\circ_{\text{sel}} = +0,31 \text{ volt}$ |
| $\text{I}^- \mid \text{I}_2 \parallel \text{Br}_2 \mid \text{Br}^-$   | $E^\circ_{\text{sel}} = +0,53 \text{ volt}$ |
- Oksidator dari yang paling lemah ke yang paling kuat adalah ....
- $\text{I}_2 - \text{Br}_2 - \text{Cl}_2 - \text{F}_2$
  - $\text{Br}_2 - \text{I}_2 - \text{Cl}_2 - \text{F}_2$
  - $\text{Cl}_2 - \text{Br}_2 - \text{I}_2 - \text{F}_2$
  - $\text{F}_2 - \text{Cl}_2 - \text{Br}_2 - \text{I}_2$
  - $\text{F}_2 - \text{Cl}_2 - \text{F}_2 - \text{Br}_2$
18. Pada elektrolisis larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan elektrode Pt, di anode akan terjadi reaksi ....
- $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
  - $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$
  - $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$
  - $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$
  - $4 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4 \text{e}^-$
19. Pernyataan yang tidak benar tentang sifat unsur alkali tanah jika dibandingkan dengan unsur alkali adalah ....
- jari-jari atom lebih kecil
  - energi ionisasi lebih besar
  - larut dalam air lebih lambat
  - dapat membentuk basa lebih kuat
  - daya pereduksi lebih kecil
20. Diketahui empat unsur periode ke-3 yaitu P, Mg, Cl, dan Na. Urutan sifat pereduksi unsur-unsur tersebut dari yang kecil ke yang paling besar adalah ....
- Na, Cl, Mg, P
  - Cl, P, Na, Mg
  - Cl, P, Mg, Na
  - P, Cl, Na, Mg
  - Na, Mg, P, Cl

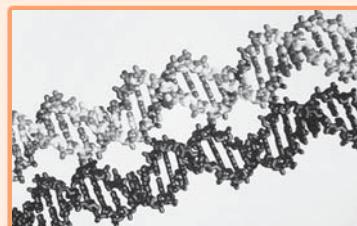
21. Apabila ke dalam larutan  $\text{AlCl}_3$  ditambahkan larutan KOH setetes demi setetes, maka ....
- terbentuk endapan yang stabil
  - terbentuk endapan yang akan larut lagi bila KOH ditambahkan terus
  - tidak terbentuk endapan, bila ditambah KOH berlebih
  - tidak bereaksi
  - terbentuk gas HCl
22. Diketahui rumus senyawa kompleks sebagai berikut:
- $$\text{Na}(\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_4)$$
- Nama yang tepat untuk senyawa kompleks tersebut adalah ....
- natrium diaquo tetrakloro krom (III)
  - natrium diaquo tetrakloro kromat (III)
  - diaquo tetrakloro krom (III) natrium
  - tetrakloro diaquo kromat (III) natrium
  - tetrakloro diaquo natrium kromat (III)
23. Penambahan kriolit,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  pada elektrolisis  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bertujuan ....
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  mudah terpisah dari kotorannya
  - memperbesar konsentrasi  $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - menurunkan titik lebur  $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - $\text{Al}_2\text{O}_3$  mudah tereduksi menjadi Al
  - mempercepat terbentuknya hasil elektrolisis
24. Senyawa alkali tanah yang banyak digunakan untuk membantu penyambungan patah tulang adalah ....
- beril
  - olivin
  - gibs
  - sendawa chili
  - barit
25. Zat kimia yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari yang mengandung unsur halogen adalah ....
- penyedap makanan
  - sakarin
  - asam benzoat
  - mentega
  - garam dapur
26. Perhatikan reaksi peluruhan berikut.
- $${}_{92}^{238}\text{U} \xrightarrow{\text{A}} {}_{90}^{234}\text{Th} \xrightarrow{\text{B}} {}_{91}^{234}\text{Po}$$
- A dan B berturut-turut adalah ....

- $\alpha$  dan  $\beta$
  - $\gamma$  dan  $\gamma$
  - $\alpha$  dan  $\gamma$
  - $\gamma$  dan  $\beta$
  - $\gamma$  dan  $\alpha$
27. Emisi partikel  $\alpha$  dari inti  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  akan menghasilkan ....
- ${}_{88}^{228}\text{Ra}$
  - ${}_{87}^{222}\text{Fr}$
  - ${}_{87}^{223}\text{Fr}$
  - ${}_{86}^{222}\text{Rn}$
  - ${}_{86}^{223}\text{Ra}$
28. Radioisotop Fe-59 digunakan untuk mendekripsi ....
- penyakit paru-paru
  - penyakit kelenjar hati
  - penyakit jantung
  - penyakit mata
  - pembentukan sel darah merah
29. Penyimpanan dengan radiasi bertujuan untuk ....
- menguatkan aroma
  - menambah rasa
  - mecegah pertunasan
  - mencegah masuknya bakteri
  - mencegah beraksinya dengan wadah
30. Berikut adalah beberapa contoh penggunaan radioisotop.
- Na-24 untuk menyelidiki kebocoran pipa minyak dalam tanah.
  - Kobalt-60 untuk mensterilisasi alat-alat kedokteran.
  - I-131 untuk mengetahui letak tumor pada otak manusia.
  - P-32 untuk memberantas hama tanaman.
- Radioisotop di atas yang berfungsi sebagai peruntukan adalah ....
- 1 dan 2
  - 1 dan 3
  - 1 dan 4
  - 2 dan 4
  - 3 dan 4

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Suatu larutan elektrolit mempunyai titik didih larutan  $100,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berapa titik beku larutan elektrolit tersebut jika  $K_b\text{ air} = 0,02$  dan  $K_f\text{ air} = 1,86$ ?
2. Hitung massa senyawa nonelektrolit yang mempunyai  $Mr = 80$  yang harus dilarutkan dalam 300 gram air sehingga larutan membeku pada suhu  $-3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ !
3. Hitung derajat ionisasi larutan garam dapur  $0,25\text{ M}$  yang mempunyai tekanan sebesar  $10,49\text{ atm}$  pada suhu  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ !
4. Setarakan persamaan reaksi berikut:
  - a.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (asam)
  - b.  $\text{Cl}_2 + \text{IO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{IO}_4^-$  (basa)
5. Ke dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  dialirkan arus listrik sebesar  $0,2\text{ Faraday}$  dengan menggunakan elektrode karbon.
  - a. Tuliskan reaksi yang terjadi di anode dan katode!
  - b. Hitung berapa gram massa yang mengendap di katode!
  - c. Hitung volume gas yang terjadi di anode pada keadaan STP!
6. Satu liter larutan kalium iodida dielektrolis sampai  $p\text{H} = 13$ , tentukan:
  - a. berapa faraday arus listrik yang digunakan,
  - b. berapa gram iodin yang terbentuk di anode ( $Ar\text{ I} = 127$ ),
  - c. berapa liter gas yang dihasilkan di katode (STP)?
7. Sebutkan kegunaan dari:
  - a.  $\text{NaHCO}_3$
  - b.  $\text{KClO}_3$
  - c.  $\text{MgSO}_4$
  - d.  $\text{CaOCl}_2$
  - e.  $\text{KMnO}_4$
8. Mengapa energi ionisasi Al lebih besar dibandingkan Mg? Jelaskan!
9. Sebutkan contoh-contoh penggunaan radioisotop di bidang:
  - a. kedokteran,
  - b. pertanian,
  - c. industri!
10. Tuliskan persamaan reaksi dari peluruhan radioisotop yang dinotasikan sebagai berikut.
  - a.  ${}_{\text{7}}^{\text{14}}\text{N} (\alpha, p) {}_{\text{8}}^{\text{17}}\text{O}$
  - b.  ${}_{\text{19}}^{\text{40}}\text{K} (\beta, \gamma) {}_{\text{18}}^{\text{40}}\text{Ar}$

# Semester II



semester  
gehap



# BAB VII

## Senyawa Organik



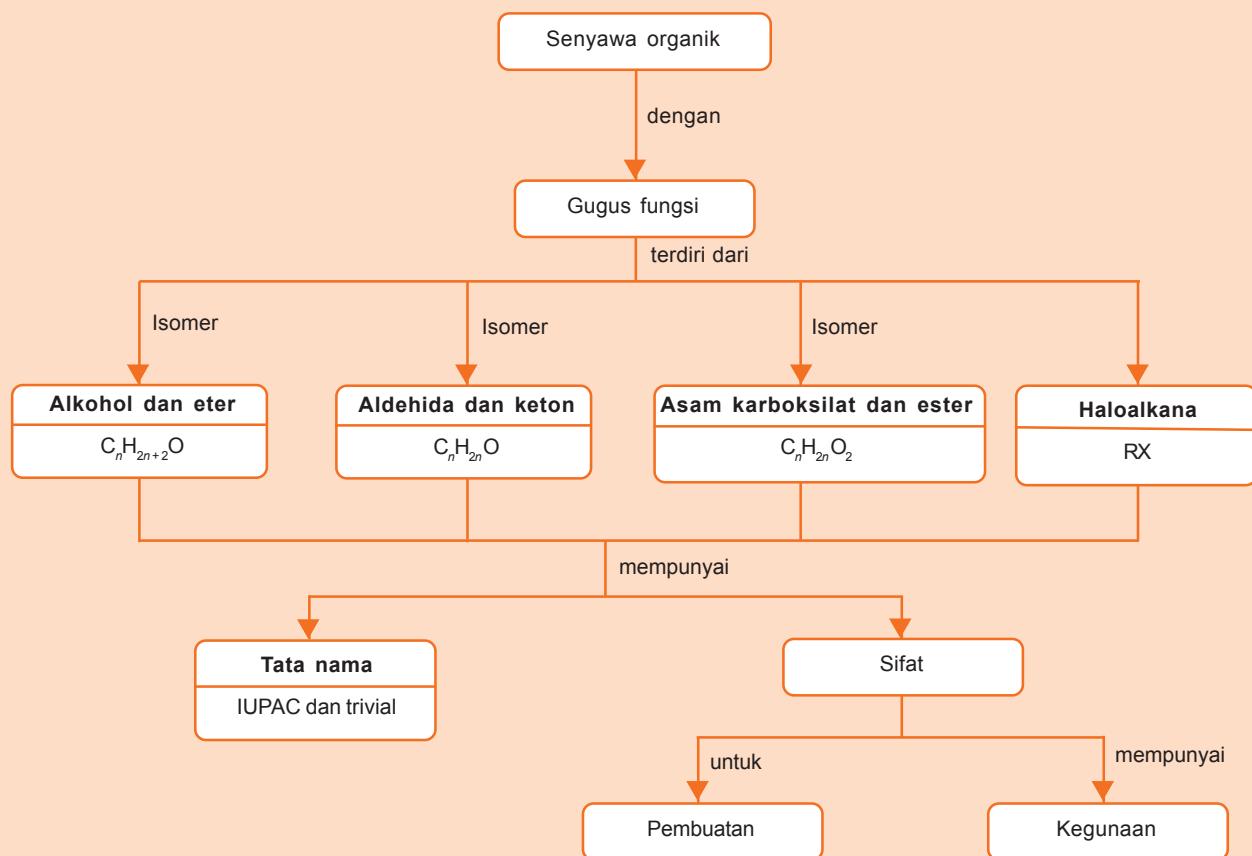
Sumber: [www.swissline.com](http://www.swissline.com)

Apakah kamu menggunakan parfum jika akan berangkat sekolah? Parfum akan memberikan bau harum semerbak. Senyawa apakah yang ada dalam parfum sehingga memberikan bau harum?

Parfum mengandung gugus ester sehingga menimbulkan bau harum. Ester merupakan salah satu gugus fungsi dari senyawa organik. Selain ester masih ada gugus fungsi-gugus fungsi yang lainnya, yaitu alkohol, eter, aldehida, keton, asam karboksilat. Bagaimana struktur dan sifat dari gugus fungsi-gugus fungsi itu? Dan apakah kegunaannya?



# Peta Konsep



Kata kunci : alkohol, eter, aldehida, keton, asam karboksilat, ester, haloalkana

**P**ara ahli kimia terdahulu menyebut senyawa organik untuk menyebut senyawa-senyawa yang terdapat dalam tumbuhan dan binatang. Selanjutnya para ahli mengembangkan pengertian ini setelah menemukan bahwa semua senyawa organik memiliki kesamaan yaitu mengandung atom karbon. Senyawa organik merupakan penyusun sebagian besar minyak bumi, batu bara, protein, lemak, vitamin, dan enzim. Jumlah senyawa organik berjuta-juta. Atom karbon dalam senyawa tersebut terikat pada unsur lain terutama hidrogen, dan sejumlah unsur nonlogam termasuk oksigen, nitrogen, sulfur, dan halogen. Sifat-sifat senyawa ditentukan terutama oleh gugus fungsionalnya.

## A. Gugus Fungsi

Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa organik yang paling sederhana. Hal ini disebabkan karena senyawa hidrokarbon hanya terdiri atas atom karbon dan hidrogen. Beberapa atom hidrogen dalam molekul hidrokarbon dapat diganti dengan atom oksigen atau gugus hidroksil. Atom atau gugus-gugus atom inilah yang menentukan sebagian besar sifat fisika dan kimia molekul itu. Atom atau gugus atom itu disebut sebagai **gugus fungsional**.

Jadi yang dimaksud dengan **gugus fungsi** adalah atom atau kelompok atom dengan susunan tertentu yang menentukan struktur dan sifat suatu senyawa. Senyawa-senyawa yang mempunyai gugus fungsi yang sama dikelompokkan ke dalam golongan yang sama. Gugus fungsi tersebut merupakan bagian yang paling reaktif jika senyawa tersebut bereaksi dengan senyawa lain. Perhatikan gugus fungsional dalam Tabel 7.1 berikut.

Tabel 7.1 Gugus Fungsional

Nama Golongan	Gugus Fungsi	Struktur Umum	Rumus Molekul
Alkohol	-OH	R-OH	$C_nH_{2n+2}O$
Eter	$\begin{array}{c}   \\ -C-O-C- \\   \end{array}$	$R-O-R'$	$C_nH_{2n+2}O$
Aldehida	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-H \end{array}$	$R-C(H)O$	$C_nH_{2n}O$
Keton	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C- \end{array}$	$R-C(R')O$	$C_nH_{2n}O_2$
Asam karboksilat	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-OH \end{array}$	$R-C(OH)O$	$C_nH_{2n}O_2$
Ester	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-O \end{array}$	$R-C(O)OR'$	$C_nH_{2n}O_2$
Haloalkana	-X	R-X	RX



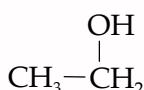
Gambar 7.1 Spiritus Mengandung Alkohol

Sumber: Dokumen Penerbit

## 1. Alkohol

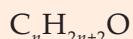
Tahukah kamu bahan sehari-hari yang mengandung alkohol? Spiritus, merupakan contoh bahan yang mengandung alkohol. Alkohol merupakan turunan dari alkana. Struktur alkohol diperoleh dengan menggantikan satu atom H dengan gugus -OH. Penamaan alkohol juga disesuaikan dengan nama alkana yaitu dengan mengubah akhiran -a pada alkana dengan -ol. Misalkan metana menjadi metanol, etana menjadi etanol.

Bagaimana rumus umum alkohol? Perhatikan contoh molekul alkohol berikut.



Jumlah atom C = 2, atom H = 6, dan 1 atom O. Jadi, alkohol tersebut mempunyai rumus molekul  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

Rumus umum alkohol dapat dituliskan seperti berikut.

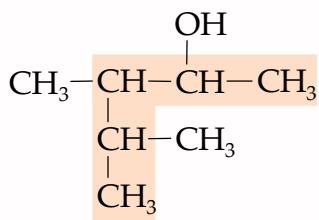


### a. Tata Nama Alkohol

Sistem IUPAC digunakan dalam tata nama alkohol dengan aturan seperti berikut.

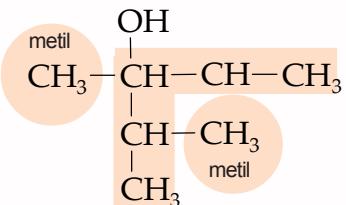
- 1) Tentukan rantai karbon terpanjang yang mengandung gugus OH.  
Rantai terpanjang tersebut merupakan rantai utama, diberi nama sesuai dengan nama alkananya, tetapi huruf terakhir -a diganti dengan -ol.

### Contoh

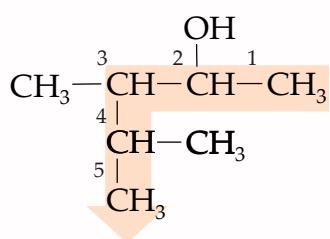


Rantai terpanjang pada contoh di atas mengandung 5 atom karbon, sehingga diberi nama pentanol.

- 2) Semua atom karbon di luar rantai utama dinamakan cabang, diberi nama alkil sesuai jumlah atom C.



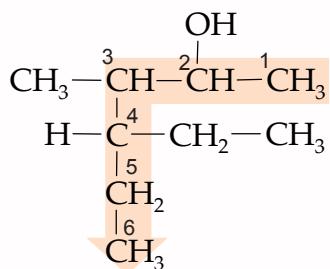
- 3) Rantai utama diberi nomor dari ujung terdekat dengan gugus -OH.



- 4) Urutan pemberian nama alkohol adalah sebagai berikut. Nomor cabang–nama alkil–nomor gugus OH–nama rantai utama.

Jika cabang lebih dari satu jenis, maka diurutkan sesuai abjad. Senyawa di atas diberi nama 3,4-dimetil, 2-pentanol.

- 5) Jika terdapat lebih dari satu gugus OH pada molekul yang sama (polihidroksil alkohol), digunakan akhiran *-diol*, *-triol*, dan seterusnya. Dalam hal ini akhiran *-a* pada alkana rantai utama tetap dipakai.



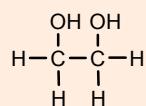
Terdapat dua buah cabang, yaitu etil di nomor 4 dan metil di nomor 3. Rantai terpanjang terdapat 6 atom C (heksana) dan terdapat dua gugus OH di nomor 2 dan 4.

Jadi, senyawa di atas diberi nama 4-etil, 3-metil,2,4-heksanadiol.

Selain tata nama menurut IUPAC, terkadang dalam penamaan senyawa alkohol digunakan tata nama trivial.

Tata nama trivial atau nama lazim merupakan penamaan yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Umumnya tata nama trivial alkohol dilakukan dengan menyebutkan nama alkil diakhiri dengan alkohol. Berikut beberapa nama trivial dan sistem IUPAC untuk alkohol.

## Info Kimia



1,2-etana diol atau etilena glikol mengandung dua gugus hidroksil. Senyawa ini digunakan sebagai antibeku.

Sumber: *Kamus Kimia Bergambar*

**Tabel 7.2** Nama IUPAC dan Trivial untuk Alkohol

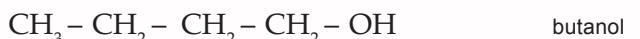
Struktur	: $\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{OH}$	$\text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}} \text{CH}_3$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}} \text{CH}_3$	$\text{CH}_2 - \overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}} \text{CH}_2$
Nama IUPAC	: Etanol	2-propanol	2-butanol	1,2-etanadiol
Nama Trivial	: Etil alkohol	Isopropil alkohol	Sec-butil alkohol	Etilen glikol

## b. Klasifikasi Alkohol

Klasifikasi alkohol didasarkan pada jenis atom C yang mengikat gugus  $-OH$ . Oleh karena itu alkohol dibedakan menjadi tiga, yaitu alkohol primer, alkohol sekunder, dan alkohol tersier. Mengapa tidak terdapat alkohol kuartener? Mari kita pelajari lebih lanjut, untuk menjawab pertanyaan tersebut.

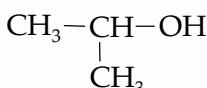
- 1) *Alkohol primer* adalah alkohol dengan gugus  $-OH$  terikat pada atom C primer.

### Contoh

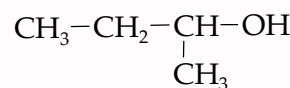


- 2) *Alkohol sekunder* adalah alkohol dengan gugus  $-OH$  terikat pada atom C sekunder.

### Contoh



2-propanol

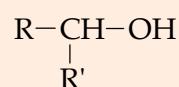


2-butanol



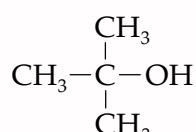
3-metil, 2-butanol

Gugus  $-OH$  selalu diikat oleh CH. Oleh karena itu, secara umum rumus struktur dari alkohol sekunder adalah seperti berikut.

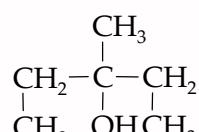


- 3) *Alkohol tersier* adalah alkohol dengan gugus  $-OH$  terikat pada atom C tersier.

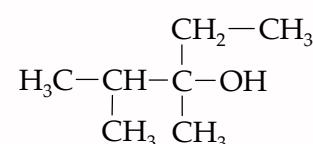
### Contoh



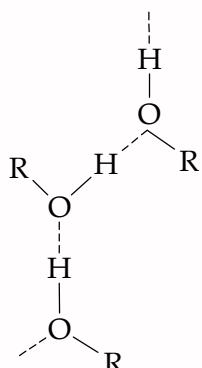
2-metil, 2-propanol



3-ethyl, 3-pentanol



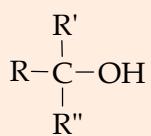
2,3-dimetil, 3-pentanol



Gambar 7.2 Ikatan Hydrogen pada Alkohol

Keterangan: - - ikatan hidrogen

Gugus -OH selalu diikat oleh C. Oleh karena itu secara umum rumus struktur dari alkohol tersier adalah seperti berikut.



Untuk mengidentifikasi alkohol primer, sekunder, dan tersier lakukan kegiatan berikut.

## Kegiatan 7.1

### Identifikasi Alkohol

#### A. Tujuan

Mengidentifikasi alkohol primer, sekunder, dan tersier dengan pereaksi lucas.

#### B. Alat dan Bahan

- |                    |  |
|--------------------|--|
| - gelas kimia      | - rak tabung reaksi  |
| - gelas ukur       | - tabung reaksi  |
| - pipet tetes      | - 2-metil, 2-propanol  |
| - stopwatch        | - n-propanol   |
| - pemanas spiritus | - 2-propanol   |
| - kaki tiga        | - pereaksi lucas (dibuat dengan melarutkan $\text{ZnCl}_2$ anhidrat dalam HCl pekat) |
| - kawat kasa       |  |

#### C. Cara Kerja

1. Siapkan tabung reaksi yang masing-masing diisi dengan:

Tabung A : 2 mL n-propanol

Tabung B : 2 mL 2-propanol

Tabung C : 2 mL 2-metil, 2-propanol

2. Catat warna larutan sebelum ditambah pereaksi lucas.

3. Tambahkan 1 mL pereaksi lucas pada masing-masing tabung reaksi tersebut.

4. Amati perubahan yang terjadi pada ketiga tabung reaksi tersebut dan catat waktu perubahannya.

5. Panaskan ketiga tabung tersebut dalam penangas air. Amati perubahan yang terjadi dan catat waktu perubahannya.

#### D. Hasil Percobaan

Warna: n-propanol = ....

2-propanol = ....

2-metil, 2-propanol = ....

	Tabung	Pengamatan	Waktu
A	n-propanol + pereaksi lucas dipanaskan		
B	2-propanol + pereaksi lucas dipanaskan		
C	2-metil, 2-propanol + pereaksi lucas dipanaskan		

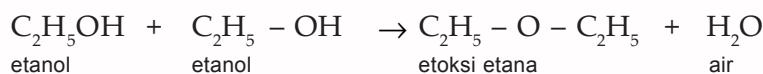
#### E. Analisa Percobaan

1. Tuliskan persamaan reaksi pada percobaan di atas!
  2. Tuliskan perubahan yang terjadi saat 2-metil, 2-propanol dipanaskan dengan pereaksi lucas! Apakah terjadi endapan?

## 2. Eter (Alkoksi Alkana)

Eter atau alkaksi alkana terbentuk dari dua alkohol yang bereaksi dengan melepaskan molekul air.

## Contoh



Secara umum, rumus molekul eter dapat dituliskan seperti berikut.

$$\text{R} - \text{O} - \text{R}'$$

Gugus fungsi – O – terikat pada dua gugus alkil. Gugus alkil dapat sama tetapi dapat juga berbeda. Perhatikan rumus molekul etoksi etana di atas. Jumlah atom C = 4, H = 10, dan O = 1. Jika dituliskan rumus molekulnya adalah  $C_4H_{10}O$ . Secara umum rumus molekul eter adalah seperti berikut.

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$$

- ### a Tata Nama Eter

Tata nama eter dapat dilakukan dengan sistem IUPAC dan nama trivial. Menurut sistem IUPAC eter disebut juga *alkoksi alkana*. Tata nama menurut IUPAC dilakukan dengan menetapkan alkil yang lebih kecil sebagai alkoksi dan alkil yang lebih besar sebagai alkana. Tata nama dengan nama trivial dilakukan dengan menyebutkan nama alkil sesuai urutan abjad dan diakhiri eter. Jika kedua alkil sama digunakan awalan *-di*. Perhatikan tata nama senyawa eter berikut.

Tabel 7.3 Contoh Tata Nama pada Eter

No.	Rumus Struktur	Tata Nama IUPAC	Tata Nama Trivial
1.	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH} - \text{CH}_3$   $\text{CH}_3$	metoksi isopropana	isopropil metil eter
2.	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	etoksi etana	dietil eter

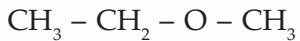
- ### b. Keisomeran Eter

Eter dengan rumus umum  $R - O - R'$  mempunyai keisomeran fungsi dengan alkohol ( $R - OH$ ).

## Contoh



1-propanol



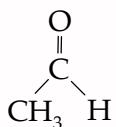
metoksi etana

1-propanol dan metoksi etana memiliki rumus molekul yang sama yaitu  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ .

## 3. Aldehida

Aldehida atau alkanal merupakan gugus karbonil yang terikat pada atom hidrogen dan gugus hidrokarbon ( $\text{CHO}$ ).

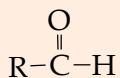
### Contoh



Jadi, aldehida mempunyai rumus umum.



Gambar 7.3 Gugus Karbonil

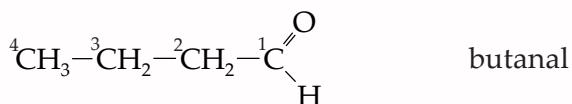


Perhatikan contoh di atas! Jumlah atom C = 2, H = 4, dan O = 1. Jika dituliskan rumus molekulnya adalah  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ . Secara umum rumus molekul aldehida adalah seperti berikut.

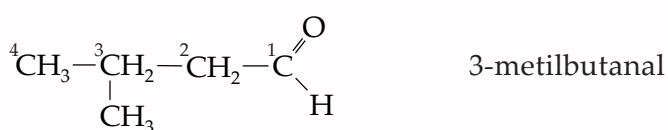


Bagaimana tata nama aldehida? Tata nama aldehida dilakukan dengan dua cara yaitu menurut sistem IUPAC dan nama trivial. Tata nama aldehida berdasarkan sistem IUPAC diturunkan dari nama alkana induknya dengan mengubah huruf terakhir *-a* pada alkana dengan huruf *-al* untuk aldehida. Tentukan rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi. Penomoran selalu dari atom C pada gugus fungsi sehingga atom karbon pada gugus  $-\text{CHO}$  selalu memiliki nomor 1.

### Contoh



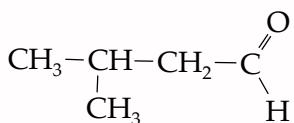
butanal



3-metilbutanal

Penomoran atom karbon pada aldehida dapat menggunakan huruf Yunani. Karbon terdekat dengan gugus -CHO disebut *karbon alfa* ( $\alpha$ ). Karbon berikutnya *beta* ( $\beta$ ), kemudian *gamma* ( $\delta$ ) atau *delta* ( $\Delta$ ), dan seterusnya.

### Contoh



$\beta$  metil butanal

Tata nama trivial senyawa aldehida diambilkan dari nama asam karboksilat induknya dengan mengubah *asam-at* menjadi akhiran aldehida. Misalnya asam asetat menjadi asetaldehid.

Perhatikan tata nama IUPAC dan trivial dari beberapa senyawa aldehida berikut.

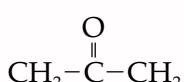
Tabel 7.4 Nama IUPAC dan Trivial Aldehida

Rumus Molekul	Struktur	Nama IUPAC	Nama Trivial
$\text{C}_1\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{O}$	Metanal	Formaldehid
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	$\text{CH}_3-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{O}$	Etanal	Asetaldehid
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{O}$	Propanal	Propionaldehid
$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{O}$	Butanal	Butiraldehid

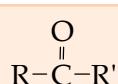
### 4. Keton

Keton atau alkanon merupakan gugus fungsi yang mengandung gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ) yang diikat oleh dua gugus alkil.

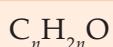
Perhatikan contoh berikut!



Jadi rumus umum dari keton adalah seperti berikut.



Senyawa pada contoh di atas memiliki rumus molekul  $C_3H_6O$ . Jadi keton mempunyai rumus molekul yang seperti berikut.

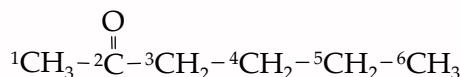


Rumus molekul keton sama dengan rumus molekul aldehida. Oleh karena itu, keton dan aldehida merupakan isomer fungsional.

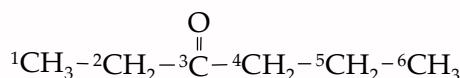
#### a. Tata Nama Keton

Tata nama untuk keton menurut sistem IUPAC yaitu dengan mengubah akhiran *-a* pada alkana dengan huruf *-on*. Tentukan rantai terpanjang yang melewati gugus fungsi  $-CO-$ . Penomoran dimulai dari ujung terdekat gugus fungsi.

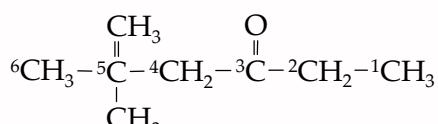
#### Contoh



2-heksanon



3-heksanon



5,5-dimetil, 3-heksanon

Tata nama trivial keton, diambilkan dari nama alkil yang melekat pada gugus karbonil kemudian ditambahkan kata keton. Perhatikan tata nama IUPAC dan trivial dari keton pada tabel berikut.

**Tabel 7.5** Nama IUPAC dan Trivial Keton

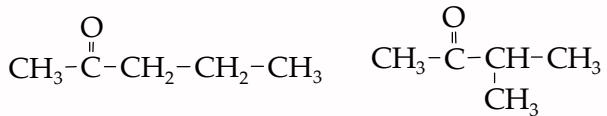
Rumus Molekul	Struktur	Nama IUPAC	Nama Trivial
$C_3H_6O$	$CH_3-C(=O)-CH_3$	propanon	aseton (dimetil keton)
$C_4H_8O$	$CH_3-C(=O)-CH_2CH_3$	2-butanon	etil metil keton
$C_5H_{10}O$	$CH_3CH_2-C(=O)-CH_2CH_3$	3-pentanon	dietil keton
$C_5H_{10}O$	$CH_3-C(=O)-CH(CH_3)CH_3$	3-metil, 2-butanon	isopropil metil keton

## b. Isomer Gugus Fungsi Keton

Keton dapat berisomeri kerangka, posisi atau fungsi.

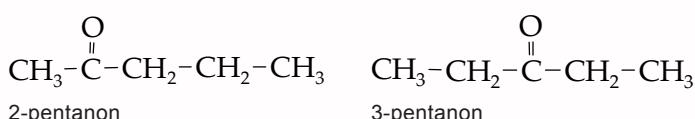
- 1) Isomer kerangka terjadi karena perbedaan kerangka atom karbonnya.

### Contoh



- 2) Isomer posisi terjadi karena perbedaan letak gugus karbonil.

### Contoh



- 3) Isomer fungsi terjadi karena memiliki rumus molekul sama.

### Contoh



Rumus molekul 2-propanon dan propanal sama yaitu  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ .

## 5. Asam Karboksilat

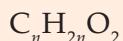
Asam karboksilat mempunyai gugus fungsi berupa gugus



Perhatikan contoh asam karboksilat berikut.



Dari struktur senyawa pada contoh di atas, dapat disimpulkan bahwa rumus umum asam karboksilat adalah seperti berikut.

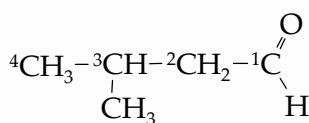


Bagaimana tata nama asam karbosilat? Tata nama asam karboksilat dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu sistem IUPAC dan nama trivial.

Tata nama asam karboksilat berdasarkan sistem IUPAC diturunkan dari nama alkana induknya dengan memberi awalan asam dan mengubah akhiran *-a* pada alkana dengan *-oat*.

Tentukan rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi. Penomoran selalu dari atom C gugus fungsi sehingga atom karbon pada gugus -COOH selalu memiliki nomor 1.

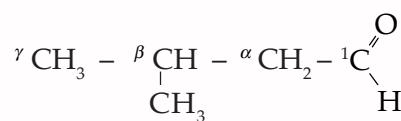
### Contoh



asam 3-metil butanoat

Penomoran atom karbon pada asam karboksilat dapat menggunakan huruf Yunani. Karbon terdekat dengan gugus -COOH disebut *karbon alfa* ( $\alpha$ ). Karbon berikutnya *beta* ( $\beta$ ), kemudian *gama* ( $\gamma$ ), *delta* ( $\Delta$ ), dan seterusnya.

### Contoh



asam  $\beta$  -metil butanoat

Adapun tata nama trivial asam karboksilat diambilkan dari sumber asam karboksilat tersebut. Misalnya asam metanoat, nama trivialnya asam formiat atau asam semut (*formica* dalam bahasa Latin berarti semut), karena asam metanoat ditemukan pada semut merah. Beberapa nama menurut IUPAC dan nama trivial asam karboksilat dapat kamu lihat pada tabel berikut.

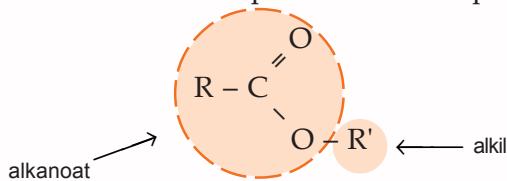
**Tabel 7.6** Nama IUPAC dan Nama Trivial Asam Karboksilat

No.	Rumus Struktur	Nama IUPAC	Nama Trivial	Penurunan Nama (Latin)
1.	$\text{HC}(\text{O})\text{OH}$	asam metanoat	asam formiat	<i>formica</i> = semut
2.	$\text{CH}_3-\text{C}(\text{O})\text{OH}$	asam etanoat	asam asetat	<i>acetum</i> = cuka <i>protos</i> = pertama
3.	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})\text{OH}$	asam propanoat	asam propionat	<i>pion</i> = lemak
4.	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})\text{OH}$	asam butanoat	asam butirat	<i>butyrum</i> = mentega

Sumber: *Kimia Organik*

## 6. Ester

Ester merupakan senyawa yang diturunkan dari asam karboksilat dengan mengganti hidrogen pada gugus hidrosilnya dengan gugus hidrokarbon. Oleh karena itu, secara umum struktur dari ester dapat dituliskan seperti berikut.



Ester disebut juga *alkil alkanoat*. Bagaimana penamaan ester? Penamaan ester menurut IUPAC dilakukan dengan menyebutkan terlebih dahulu alkil yang melekat pada gugus karbonil kemudian nama karboksilatnya. Adapun tata nama trivial ester disesuaikan dengan tata nama trivial karboksilat.

Tabel 7.7 Nama IUPAC dan Trivial Ester

Struktur	Nama IUPAC	Nama Trivial
$\begin{array}{c} O \\    \\ CH_3 - C - O - CH_3 \end{array}$	metil etanoat	metil asetat
$\begin{array}{c} O \\    \\ CH_3 - C - O - C_2H_5 \end{array}$	etil etanoat	etil asetat
$\begin{array}{c} O \\    \\ CH_3 - CH_2 - C \\ \backslash \\ O - CH_3 \end{array}$	metil propanoat	metil propionat

Sumber: *Kimia Organik*

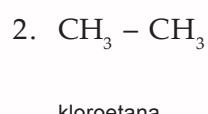
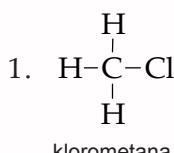
## 7. Haloalkana

Haloalkana terbentuk karena reaksi senyawa alkana dengan unsur golongan halogen (F, Cl, Br, dan I). Senyawa halogen organik diciptakan di laboratorium melalui *reaksi substitusi* dan *reaksi eliminasi*.

Bagaimana penamaan haloalkana? Tata nama senyawa haloalkana menggunakan nama IUPAC dan nama trivial. Tata nama trivial biasanya digunakan dalam perdagangan. Tata nama menurut IUPAC digunakan rumus sebagai berikut.

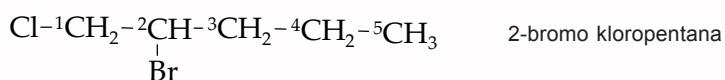
Awalan – haloalkana

### Contoh



Apabila dalam senyawa haloalkana terdapat lebih dari satu zat halogen, maka pemberian namanya diurutkan menurut abjadnya.

### Contoh



Dalam penentuan nomor selalu diberi nama dari ujung rantai yang paling dekat dengan halogen.

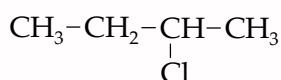
### Contoh



Tata nama trivial haloalkana dirumuskan seperti berikut.

Alkil + awalan halida

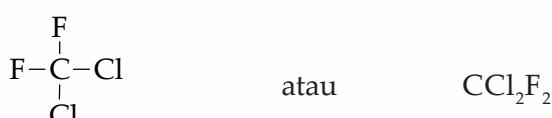
### Contoh



Nama trivial senyawa tersebut adalah butil klorida.

Akan tetapi kebanyakan nama trivial dipakai tidak berdasarkan rumus, tetapi berdasarkan nama lazimnya.

### Contoh



Senyawa tersebut disebut dengan gas freon.

Perhatikan nama IUPAC dan nama trivial senyawa haloalkana berikut.

**Tabel 7.8** Nama IUPAC dan Trivial Haloalkana

No.	Rumus Molekul	Nama IUPAC	Nama Trivial
1.	$\text{CH}_3\text{Cl}$	Kloro Metana	Metil Klorida
2.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I}$	Iodo Etana	Etil Klorida
3.	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	Dikloro Metana	Metil Diklorida
4.	$\text{CHCl}_3$	Trikloro Metana	Kloroform
5.	$\text{CHI}_3$	Triodo Metana	Iodoform
6.	$\text{CCl}_4$	Tetrakloro Metana	Karbon Tetraklorida
7.	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	Dikloro Difluoro Metana	Freon
8.	$\text{CH}_3\text{Br}$	Bromo Metana	Metil Bromida

Sumber: *Kimia Organik*

## Latihan 7.1

1. Berilah nama senyawa alkohol dan eter berikut ini.
  - a.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{OH}$
  - b.  $\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_3$
  - c.  $\begin{matrix} \text{CH}_3 & - \text{CH} & - \text{CH} & - \text{CH}_3 \\ | & & | & \\ \text{OH} & & \text{CH}_3 & \end{matrix}$
  - d.  $\begin{matrix} \text{CH}_3 & - \text{CH} & - \text{O} & - \text{CH}_2 & - \text{CH}_3 \\ | & & & & \\ \text{CH}_3 & & & & \end{matrix}$
2. Gambarkan struktur dari:
  - a. 2,3,4-trimetil, 2-pentanol,
  - b. metil isopropil eter!
3. Selesaikan reaksi berikut.
  - a.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \xrightarrow{[\text{O}]}$
  - b.  $\begin{matrix} \text{CH}_3 & - \text{CH} & - \text{CH}_2 & - \text{CH}_3 \\ | & & & \\ & \text{CH}_3 & & \end{matrix} \xrightarrow{[\text{O}]}$
  - c.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} + \text{Na} \rightarrow$
4. Tentukan rumus molekul dan struktur senyawa berikut.
  - a. 2,3-dimetil pentanal,
  - b. 2-metil, 3-pantanone!
5. Tentukan rumus molekul dan nama senyawa berikut.
  - a.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$
  - b.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
6. Berilah nama senyawa berikut.
  - a.  $\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{matrix}$
  - b.  $\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ | \\ \text{C}_2\text{H}_5 - \text{C} - \text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$
  - c.  $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{C}_2\text{H}_5 - \text{C} - \text{OCH}_2\text{CHCH}_3 \end{matrix}$
  - d.  $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2) - \text{CH} - \text{COOH} \end{matrix}$
  - e.  $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_4 - \text{C} - \text{OCH} \end{matrix}$
7. Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut.
  - a. asam 3-metil pentanoat,
  - b. asam 2-etil, 3-metil butirat,
  - c. etil propanoat,
  - d. metil asetat!

## B. Sifat-Sifat Gugus Fungsi

Setiap gugus fungsi memiliki sifat-sifat yang berbeda. Bagaimana sifat-sifat setiap gugus fungsi itu? Mari kita pelajari lebih lanjut mengenai sifat-sifat gugus fungsi.

### 1. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Alkohol

#### a. Sifat Fisika

##### 1) Titik didih

Titik didih alkohol relatif tinggi. Hal ini merupakan akibat langsung dari daya tarik intermolekuler yang kuat. Ingat bahwa titik didih adalah ukuran kasar dari jumlah energi yang diperlukan untuk memisahkan suatu molekul cair dari molekul terdekatnya.

Jika molekul terdekatnya melekat pada molekul tersebut sebagai *ikatan hidrogen*, dibutuhkan energi yang cukup besar untuk memisahkan ikatan tersebut. Setelah itu molekul tersebut dapat terlepas dari cairan menjadi gas. Perhatikan titik didih beberapa senyawa alkohol pada Tabel 7.9 berikut.

Tabel 7.9 Perbandingan Titik Didih dan Massa Molekul Relatif

Rumus	Nama	Massa Molekul Relatif ( $Mr$ )	Titik didih (°C)
$\text{CH}_3\text{-OH}$	metanol	32	65
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$	etanol	46	78
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	propanol	46	98
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	1-butanol	74	117
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH}-\text{CH}_2\text{-OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-metil propanol	74	108
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	2-butanol	74	100

Sumber: *Kimia Organik*

Berdasarkan data pada Tabel 7.9, apa yang dapat disimpulkan tentang hubungan antara massa molekul relatif dengan titik didih? Semakin besar massa molekul relatif alkohol maka titik didih makin tinggi. Titik didih alkohol bercabang lebih rendah daripada alkohol berantai lurus meskipun massa molekul relatifnya sama.

##### 2) Kelarutan

Kepolaran dan ikatan hidrogen merupakan faktor yang menentukan besarnya kelarutan alkohol dan eter dalam air. Dalam membahas kelarutan, kita menggunakan prinsip *like dissolves like* yang berarti pelarut polar

melarutkan zat terlarut polar dan pelarut nonpolar melarutkan zat terlarut nonpolar. Akan tetapi prinsip tersebut tidak berlaku untuk semua kasus. Semua alkohol adalah polar tetapi tidak semua alkohol dapat larut dalam air.

Perhatikan kelarutan alkohol dalam air berikut ini.

**Tabel 7.10** Kelarutan Alkohol dalam Air

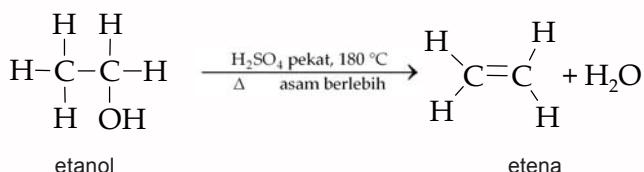
Nama	Rumus	Kelarutan (g/100 mL)
Metanol	$\text{CH}_3\text{OH}$	tidak terhingga
Etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	tidak terhingga
1-propanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	tidak terhingga
1-butanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	8,3
1-pentanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	2,6

Alkohol dengan massa molekul rendah larut dalam air. Kelarutan dalam air ini lebih disebabkan oleh ikatan hidrogen antara alkohol dan air. Dengan bertambahnya massa molekul relatif maka gaya-gaya Van der Waals antara bagian-bagian hidrokarbon dari alkohol menjadi lebih efektif menarik molekul-molekul alkohol satu sama lain. Oleh karena itu, semakin panjang rantai karbon semakin kecil kelarutannya dalam air.

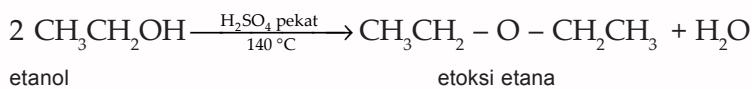
b. Sifat Kimia

1) Dehidrasi alkohol

*Dehidrasi* (pelepasan air) merupakan reaksi yang melibatkan terlepasnya H dan OH. Reaksi dehidrasi alkohol dapat membentuk alkena atau eter dan air. Asam sulfat pekat berlebih dicampurkan dalam alkohol kemudian campuran tersebut dipanaskan hingga 180 °C, maka gugus hidroksil akan terlepas dan atom hidrogen dari karbon terdekatnya juga terlepas, membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ .



Jika campuran tersebut dipanaskan hingga 140 °C maka terbentuk etil eter.

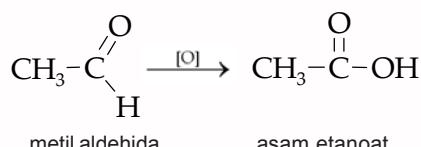
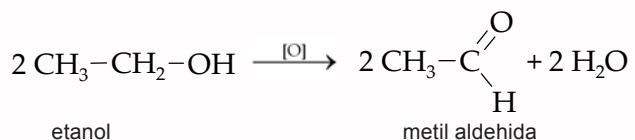


## 2) Oksidasi alkohol

Oksidasi alkohol akan menghasilkan senyawa yang berbeda, tergantung jenis alkoholnya. Perhatikan skema hasil oksidasi alkohol berikut.

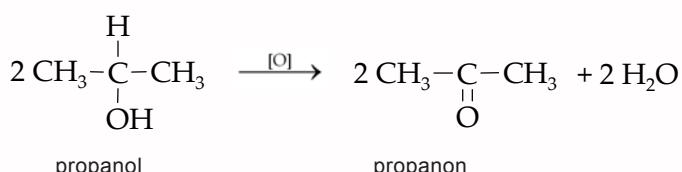
- a) alkohol primer  $\xrightarrow{[O]}$  aldehida  $\xrightarrow{[O]}$  asam karboksilat

## Contoh



- b) alkohol sekunder  $\xrightarrow{[O]}$  keton

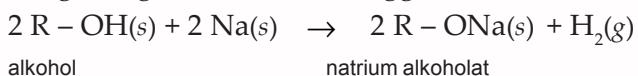
## Contoh



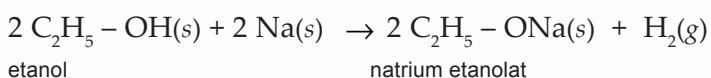
- c) alkohol tersier sukar dioksidasi

- 3) Reaksi alkohol dengan logam Na atau K

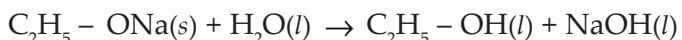
Alkohol kering (tidak mengandung air) dapat bereaksi dengan logam Na dan K tetapi tidak sereaktif air dengan logam Na ataupun K. Atom H dari gugus -OH digantikan dengan logam tersebut sehingga terbentuk Na-alkoholat.



## Contoh

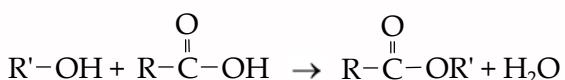


Jika terdapat air maka alkoholat terurai kembali menjadi alkohol dan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ).

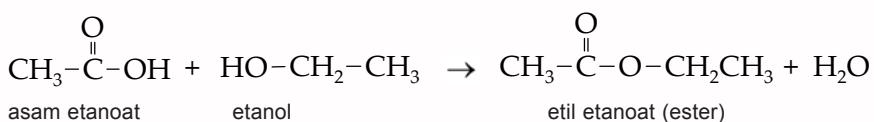


- #### 4) Esterifikasi

Alkohol dengan asam alkanoat dapat membentuk ester. Reaksi ini disebut dengan *reaksi esterifikasi*.



## Contoh

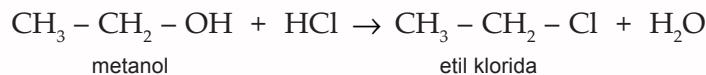


5) Reaksi dengan hidrogen halida

Alkohol direaksikan dengan hidrogen halida menghasilkan haloalkana dan air.



**Contoh**



## 2. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Eter

a. Sifat Fisika

1) Titik didih

Kedua alkil pada eter yang terikat pada oksigen tidak dapat membentuk ikatan hidrogen sehingga eter mempunyai titik didih yang lebih kecil dibanding alkohol dengan massa molekul relatif yang sama.

2) Kelarutan

Eter tidak dapat membentuk ikatan hidrogen antara molekul-molekulnya karena tidak ada hidrogen yang terikat pada oksigen, tetapi jika dicampur dengan air, eter dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Oleh karena itu eter sedikit larut dalam air.

b. Sifat Kimia

Eter bersifat *inert* seperti halnya alkana, eter tidak bereaksi dengan oksidator, reduktor maupun basa. Sifat inilah yang menyebabkan eter banyak digunakan sebagai pelarut organik.

## 3. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Aldehida

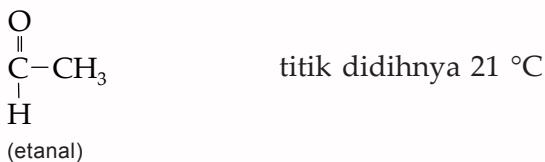
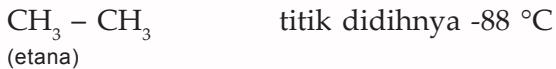
a. Sifat Fisika

1) Titik Didih

Karbon dan oksigen pada gugus karbonil berbagi dua pasang elektron, namun pembagiannya tidak seimbang. Keelektronegatifan oksigen lebih besar untuk mengikat pasangan elektron, sehingga kerapatan elektron pada oksigen lebih besar daripada karbon. Karbon lebih bermuatan positif sedangkan oksigen lebih bermuatan negatif.

Kepolaran ikatan rangkap pada karbon-oksigen lebih besar daripada ikatan tunggal pada karbon-oksigen. Perbedaan muatan pada molekul menyebabkan terjadinya dipol. Kepolaran ikatan rangkap pada aldehida dan keton sangat memengaruhi titik didihnya. Oleh karena itu, titik didihnya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa nonpolar yang setara.

## Contoh



### 2) Kelarutan

Pada umumnya aldehida berfase cair, kecuali fomaldehid yang berfase gas. Aldehida suku rendah mempunyai bau yang menyengat, sedangkan aldehida suhu tinggi mempunyai bau yang enak sehingga digunakan untuk parfum dan aroma tambahan. Atom hidrogen pada molekul air dapat membentuk ikatan hidrogen dengan oksigen pada gugus karbonil; sehingga kelarutan aldehida hampir sama dengan alkohol dan eter. Formaldehid dan asetaldehid larut dalam air, sejalan dengan bertambahnya rantai karbon, kelarutan dalam air akan turun.

### b. Sifat Kimia

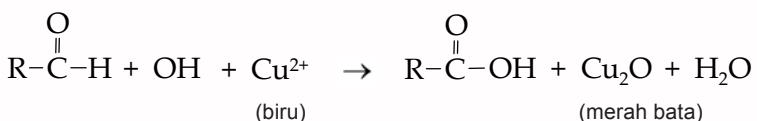
#### 1) Oksidasi

Aldehida sangat mudah dioksidasi menjadi asam karboksilat dengan pereaksi Fehling dan Tollens yang disebut dengan *tes Fehling* dan *tes Tollens*.



##### a) Tes Fehling

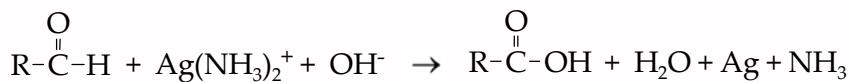
Pereaksi yang digunakan dalam Tes Fehling terdiri dari campuran Fehling A dan Fehling B. Fehling A terdiri atas larutan  $\text{CuSO}_4$  dan Fehling B terdiri atas campuran  $\text{NaOH}$  dengan natrium-kalium tartrat. Pereaksi Fehling dibuat dengan mencampurkan Fehling A dan Fehling B sehingga terbentuk ion kompleks  $\text{Cu}^{2+}$  dalam suasana basa. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.



Pada saat reaksi terjadi, aldehida akan teroksidasi menjadi asam karboksilat dan ion kompleks  $\text{Cu}^{2+}$  (larutan berwarna biru) akan tereduksi menjadi tembaga (I) oksida, yang berupa endapan berwarna merah bata.

b) Tes Tollens

Pereaksi yang digunakan adalah campuran larutan  $\text{AgNO}_3$  dan larutan  $\text{NH}_3$  yang berlebihan membentuk ion kompleks  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ . Aldehida akan teroksidasi menjadi asam karboksilat dan ion perak ( $\text{Ag}^+$ ) akan tereduksi menjadi logam perak. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.



Catatan: reaksi belum setara, penyetaraan reaksi berdasarkan gugus alkil (R).

Logam perak perlakan-lahan akan menempel pada dinding dalam tabung dan jika dilihat dari luar tabung akan terlihat seperti cermin. Oleh karena itu tes Tollens disebut juga tes cermin perak.

- 2) Tidak membentuk ikatan hidrogen.

Aldehida tidak membentuk ikatan hidrogen.

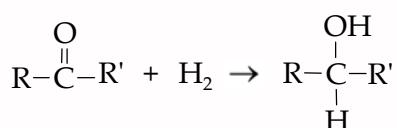
#### 4. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Keton

a. Sifat Fisika

- 1) Titik didih keton relatif lebih tinggi daripada senyawa hidrokarbon dengan massa molekul relatif yang hampir sama. Misal titik didih propana adalah  $-44,5^\circ\text{C}$  sedangkan titik didih 2-propanon adalah  $56,2^\circ\text{C}$ .
- 2) Larut dalam air  
Homolog yang lebih tinggi kurang larut dalam air.
- 3) Banyak keton yang memiliki bau harum.

b. Sifat Kimia

- 1) Bila keton direduksi akan menghasilkan alkohol sekunder.



- 2) Keton tidak dapat dioksidasi oleh pereaksi Fehling dan Tollens. Inilah yang membedakan keton dengan aldehida.

### Kegiatan 7.2

#### Identifikasi Aldehida dan Keton

##### A. Tujuan

Mengidentifikasi aldehida dan keton dengan Pereaksi Fehling dan Pereaksi Tollens.

##### B. Alat dan Bahan

- |                     |   |
|---------------------|---|
| - Tabung reaksi     | - Air   |
| - Gelas kimia       | - Pereaksi Tollens                            |
| - Penjepit tabung   | - Fehling A dan Fehling B yang sudah dicampur |
| - Pembakar spiritus | - Formaldehid                                 |
| - Kaki tiga         | - Aseton                                      |
| - Segitiga porselin | - Urine                                       |

### C. Cara Kerja

#### 1. Tes Tollens

- Siapkan dua buah tabung reaksi.
- Masukkan 2 mL formaldehid dalam tabung reaksi pertama dan 2 mL larutan aseton dalam tabung reaksi kedua.
- Masukkan masing-masing 1 mL pereaksi Tollens pada kedua tabung reaksi tersebut.
- Kocok campuran tersebut, kemudian masukkan kedua tabung reaksi tersebut dalam air panas selama 5 menit.
- Amati dinding tabung sebelah dalam.

#### 2. Tes Fehling

- Siapkan dua buah tabung reaksi.
- Masukkan 2 mL formaldehid dalam tabung reaksi pertama dan 2 mL larutan aseton pada tabung reaksi kedua.
- Masukkan masing-masing 1 mL pereaksi Fehling pada kedua tabung reaksi tersebut.
- Kocok campuran tersebut, kemudian tempatkan tabung reaksi dalam air panas selama 15 menit.
- Amati reaksi yang terjadi.

#### 3. Tes Urine

- Siapkan dua buah tabung reaksi.
- Masukkan masing-masing 2 mL urine dalam kedua tabung reaksi tersebut.
- Masukkan 1 mL pereaksi Tollens pada tabung reaksi pertama dan 1 mL pereaksi Fehling pada tabung reaksi kedua.
- Kocok campuran tersebut, kemudian masukkan kedua tabung tersebut dalam air panas.
- Amati reaksi yang terjadi.

### D. Hasil Percobaan

Identifikasi	Pengamatan	
	Tes Tollens	Tes Fehling
Formaldehid		
Aseton		
Urine		

### E. Analisa Data

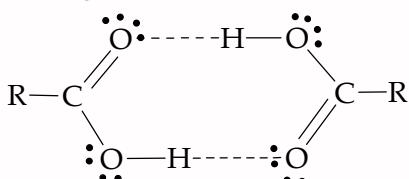
- Apakah hasil reaksi antara:
  - Formaldehid + tes Tollens
  - Formaldehid + tes Fehling
  - Aseton + tes Tollens
  - Aseton + tes Fehling
- Apakah yang terjadi pada urine yang diteliti, dan dihubungkan dengan penderita Diabetes Militus?
- Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

## 5. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Asam Karboksilat

### a. Sifat Fisika

- Pada umumnya titik didih asam karboksilat relatif tinggi.

Titik didih asam karboksilat relatif tinggi dibandingkan alkohol, aldehida, dan keton dengan massa molekul relatif yang hampir sama. Hal ini karena terjadinya ikatan hidrogen antarmolekul.



----- = ikatan hidrogen

Perhatikan titik didih beberapa senyawa alkohol dan asam karboksilat berikut.

**Tabel 7.11** Titik Didih Senyawa Alkohol dan Asam Karboksilat

Nama	Struktur	Massa Molekul relatif ( <i>Mr</i> )	Titik Didih (°C)
etanol	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$	46	47
asam metanoat	$\text{H}\text{--C}=\text{O}$   OH	46	100
propanol	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--OH}$	60	97
asam etanoat	$\text{CH}_3\text{--C}=\text{O}$   OH	60	118

Sumber: *Kimia Organik*

Dari data pada tabel di atas dapat diketahui bahwa titik didih asam karboksilat lebih tinggi daripada titik didih alkohol dengan massa molekul relatif yang sama.

- Molekul asam karboksilat bersifat sangat polar.
- Asam karboksilat, empat anggota pertama mudah larut dalam air. Kelarutan asam karboksilat makin menurun seiring dengan kenaikan jumlah atom karbon. Adanya rantai bercabang menyebabkan kelarutan makin menurun.
- Asam karboksilat dengan jumlah atom karbon rendah mempunyai bau asam, sedangkan jumlah atom karbon empat hingga delapan berupa cairan tidak berwarna yang mempunyai bau yang sangat tidak enak.

Bau cuka merupakan bau asam asetat, bau mentega adalah asam butirat. Asam kaproat terdapat pada rambut

dan keringat kambing. Asam dari C<sub>5</sub> hingga C<sub>10</sub> semuanya mempunyai bau seperti kambing. Asam ini dihasilkan oleh bakteri kulit pada minyak keringat. Asam di atas C<sub>10</sub> merupakan padatan seperti wax/lilin, dan karena tingkat penguapannya yang rendah, asam ini tidak berbau. Sifat fisika senyawa karboksilat dapat kamu lihat pada Tabel 7.12.

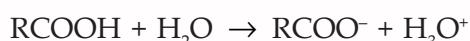
**Tabel 7.12** Titik Beku, Titik Didih, dan Kelarutan Senyawa Asam Karboksilat

Rumus Molekul	Nama Asam	Titik Beku (°C)	Titik Didih (°C)	Kelarutan (g/100g air)	K <sub>a</sub> (25 °C)
HCCOH	metanoat	8	100	Larut	1,77 × 10 <sup>-4</sup>
CH <sub>3</sub> COOOH	etanoat	17	118	Larut	1,76 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	propanoat	-22	141	Larut	1,34 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOOH	butanoat	-5	163	Larut	1,54 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOOH	pentanoat	-35	187	5	1,51 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOOH	heksanoat	-3	205	1	1,43 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> COOOH	heptanoat	-8	224	0,24	1,42 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOOH	oktanoat	16	238	0,07	1,28 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOOH	nonaot	14	254	0,03	1,09 × 10 <sup>-5</sup>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOOH	dekanoat	31	268	0,02	1,43 × 10 <sup>-5</sup>

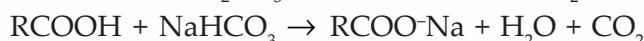
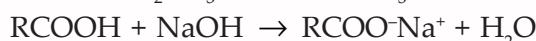
Sumber: *Kimia Organik*

## b. Sifat Kimia

- 1) Asam lemah  
Larutan asam karboksilat bersifat asam lemah, ditunjukkan dengan harga K<sub>a</sub> (Lihat Tabel 7.12). Larutan tersebut dapat mengubah laksam biru menjadi merah.
- 2) Reaksi yang terjadi tergolong reaksi netralisasi. Asam karboksilat tergolong asam lemah, sehingga dalam air hanya terionisasi sebagian.



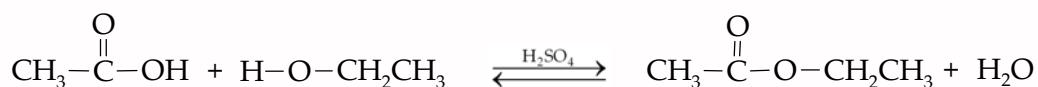
Semua asam karboksilat dapat bereaksi dengan larutan NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan CaHCO<sub>3</sub>.



- 3) Reaksi esterifikasi  
Asam karboksilat bereaksi dengan alkohol membentuk suatu ester dan air.

### Contoh

Asam asetat bereaksi dengan etanol dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menghasilkan etil asetat dan air.



## 6. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Ester

### a. Sifat Fisika

- 1) Molekul ester bersifat polar.
- 2) Titik didih ester terletak antara keton dan eter dengan massa molekul relatif yang hampir sama.
- 3) Ester dengan massa molekul relatif rendah larut dalam air.
- 4) Ester dengan sepuluh karbon atau kurang berupa cairan yang mudah menguap dan baunya enak seperti buah-buahan.

Perhatikan sifat fisika ester pada Tabel 7.13 berikut.

Tabel 7.13 Sifat Fisika Ester

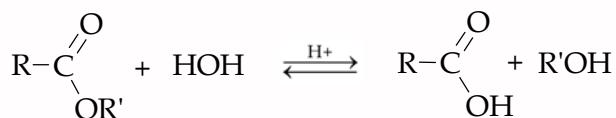
Rumus Molekul	Nama	Mr	Titik Didih (°C)	Titik Beku (°C)	Aroma
HCOOCH <sub>3</sub>	Metil metanoat	60	-99	32	
HCOOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Etil metanoat	74	-80	54	Rum
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	Metil etanoat	74	-98	57	
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Etil etanoat	88	-84	77	
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>	Metil propanoat	88	-88	80	
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	Etil propanoat	102	-74	99	
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>	Metil butanoat	102	-85	102	Apel
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Etil butanoat	116	-101	121	Nanas
CH <sub>3</sub> COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	Propanil etanoat	130	-71	148	Pisang
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Isopropil etanoat	130	-79	142	Per
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	Benzil etanoat	150	-51	215	Melati
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	Propanil butanoat	158	-73	185	Apricot
CH <sub>3</sub> COO(CH <sub>3</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	Oktil etanoat	172	-39	210	Jeruk

Sumber: *Kimia Organik*

### b. Sifat Kimia

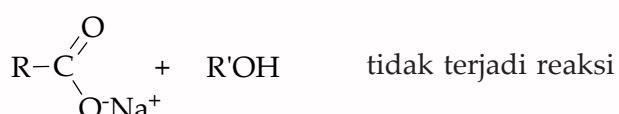
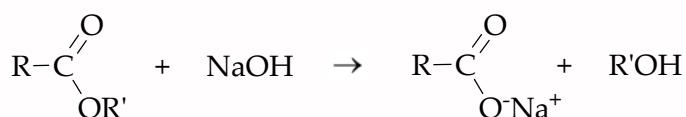
#### 1) Mengalami reaksi hidrolisis

Ester merupakan senyawa yang bersifat netral. Biasanya ester mengalami reaksi kimia di gugus alkoksi (-OR') digantikan oleh gugus yang lain. Hidrolisis dipercepat dengan adanya asam atau basa. Hidrolisis dalam suasana asam merupakan kebalikan dari esterifikasi. Ester *direfluk* dengan air berlebih yang mengandung katalis asam yang kuat. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi kesetimbangan, sehingga reaksi tidak pernah berhenti.



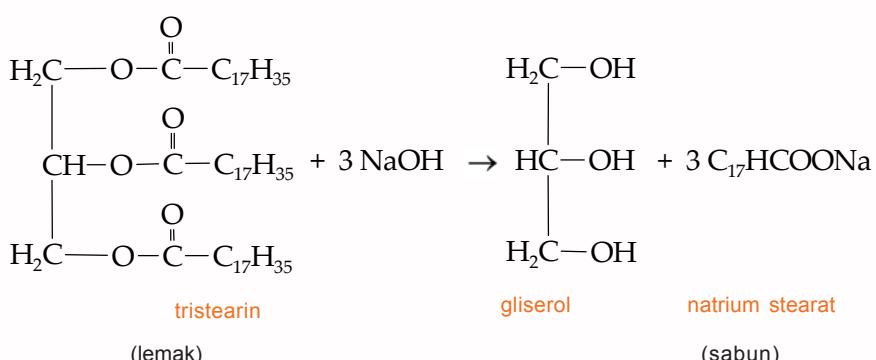
Jika suatu basa (NaOH atau KOH) digunakan untuk menghidrolisa ester maka reaksi tersebut sempurna. Asam karboksilat dilepaskan dari kesetimbangan dengan

mengubahnya menjadi garam. Garam organik tidak bereaksi dengan alkohol sehingga reaksi tersebut merupakan reaksi tidak dapat balik.

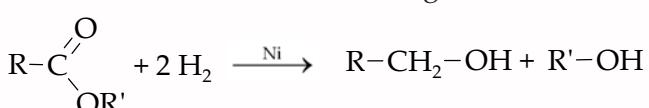


Reaksi hidrolisis ini digunakan untuk menghidrolisa lemak atau minyak guna menghasilkan gliserol dan suatu garam (sabun). Reaksi ini lebih dikenal dengan *reaksi saponifikasi*.

## Contoh



- 2) Mengalami reaksi reduksi  
Reaksi reduksi suatu ester menghasilkan alkohol.



## 7. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Haloalkana

### a Sifat Fisika

Senyawa haloalkana tidak membentuk ikatan hidrogen dan tidak larut dalam air.

Sifat fisika haloalkana lainnya yaitu haloalkana mempunyai titik didih dan titik leleh lebih tinggi dari alkana yang mempunyai jumlah atom C yang sama. Hal ini disebabkan adanya penggantian atom hidrogen dengan atom halogen yang mempunyai massa atom lebih besar daripada hidrogen. Perhatikan Tabel 7.14 berikut.

**Tabel 7.14** Titik Didih dan Massa Jenis Haloalkana

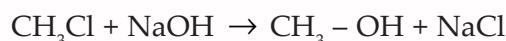
Rumus	Titik Didih (°C)	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
$\text{CH}_3\text{Cl}$	-24	gas
$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	40	1,34
$\text{CHCl}_3$	61	1,44
$\text{CCl}_4$	77	1,60
$\text{CH}_3\text{Br}$	5	gas
$\text{CH}_3\text{I}$	43	2,28

b. Sifat Kimia

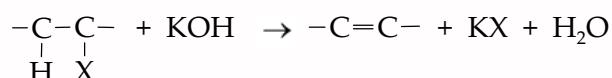
- 1) Haloalkana mengalami reaksi substitusi dengan suatu basa membentuk alkohol.



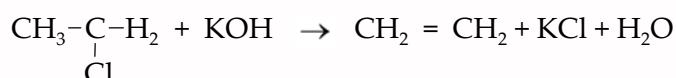
## Contoh



- 2) Haloalkana mengalami reaksi eliminasi dengan pereaksi basa kuat.



## Contoh



- 3) Haloalkana bereaksi dengan logam natrium akan menghasilkan alkana. Reaksi ini disebut *Sintesis Wart*.

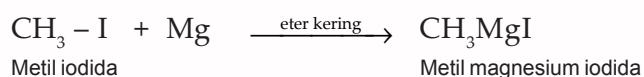


- 4) Haloalkana + magnesium menghasilkan *Pereaksi Grignard*.

Jika larutan alkil dalam eter kering dikocok dengan serbuk magnesium, maka akan terjadi pereaksi Grignard. Dari sintesa inilah **Victor Grignard** pada tahun 1942 mendapat hadiah nobel.



## Contoh



## Latihan 7.2

1. Selesaikan reaksi berikut:
  - a.  $\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \xrightarrow{[\text{O}]}$
  - b.  $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \xrightarrow{[\text{O}]}$
  - c.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} + \text{Na} \rightarrow$
2. Tuliskan hasil reaksi dari:
  - a. Oksidasi 2-metil butanol.
  - b. 2 -metil butanol dengan pereaksi Fehling.
  - c. 2 -metil butanol dengan pereaksi Tollens.
3. Mengapa asam karboksilat mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan alkohol (dengan  $Mr$  yang hampir sama)?
4. Bagaimana titik didih ester dibandingkan dengan asam karboksilat isomernya? Jelaskan!
5. Tuliskan hasil reaksi dari  $(\text{CH}_3)_3 \text{CBr} + \text{Mg} \rightarrow$

## C. Pembuatan Senyawa Gugus Fungsi

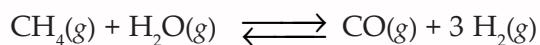
Kamu telah mempelajari sifat-sifat dari gugus fungsi, sekarang bagaimana cara membuat senyawa dari gugus fungsi-gugus fungsi tersebut?

### 1. Alkohol

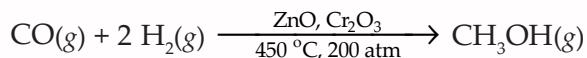
#### a. Metanol

Metanol dibuat dari  $\text{CH}_4$  (metana) dengan dua tahap.

Pada tahap 1 gas metana dipanaskan dengan uap air membentuk gas CO dan  $\text{H}_2$ .



Pada tahap 2 gas CO dan gas  $\text{H}_2$  direaksikan membentuk metanol.



#### b. Etanol

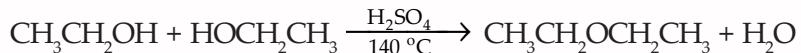
Etanol pada umumnya disebut alkohol padi-padian atau alkohol minuman karena dapat dihasilkan dari fermentasi tepung atau padi-padian dan buah, misal anggur.

Perhatikan contoh pembuatan etanol dari jagung berikut ini. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengubah jagung menjadi tepung. Selanjutnya tepung jagung dicampur enzim *alpha-amylase*. Adonan dipanaskan pada suhu di atas  $100^\circ\text{C}$  untuk mengurangi bakteri pembusuk. Adonan didinginkan

dan ditambahkan enzin *gluco-amylase* untuk mengubah adonan menjadi dektrosa. Kemudian dekstrosa diberi ragi untuk proses perubahan menjadi etanol dan karbon dioksida.

## 2. Pembuatan Eter

- Eter yang paling penting secara komersial ialah etoksi etana. Etoksi etana dibuat dari etanol dan asam sulfat, dengan reaksi seperti berikut.

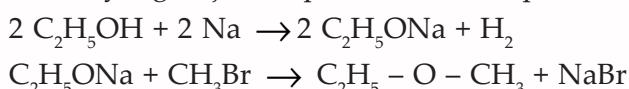


- Sintesis Williamson

Pembuatan dengan sintesis ini melalui dua langkah yaitu sebagai berikut.

Langkah pertama yang dilakukan adalah alkohol dikonversi menjadi alkoksidanya melalui pengolahan dengan logam reaktif (natrium atau kalium). Langkah selanjutnya adalah mereaksikan alkoksida dengan alkil halida.

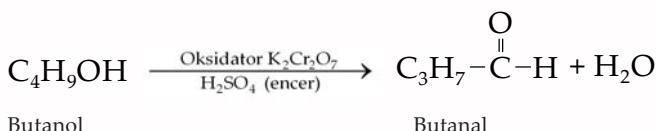
Reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut.



## 3. Pembuatan Aldehida

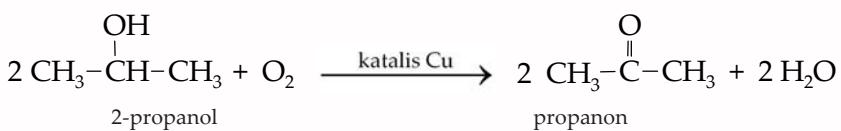
Aldehida dibuat dengan menggunakan oksidator  $\text{O}_2$  dari udara dengan katalis Cu dan Ag. Adapun di laboratorium aldehida dapat dibuat dari reaksi oksidasi alkohol primer dengan suatu oksidator, dan aldehid yang terbentuk harus segera disuling karena aldehida akan bereaksi lebih lanjut membentuk asam karboksilat.

**Contoh:**

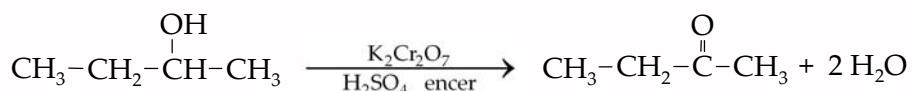


## 4. Pembuatan Keton

Keton dalam industri dibuat dengan oksidator  $\text{O}_2$  dari udara dengan katalis Cu dan Ag.

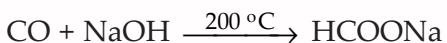


Keton juga dapat dibuat di laboratorium melalui reaksi oksidasi alkohol sekunder dengan oksidator  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dalam suasana asam.



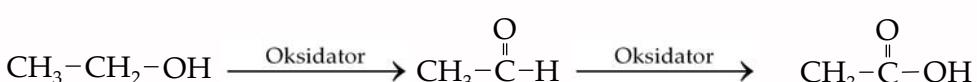
## 5. Pembuatan Asam Karboksilat

Pembuatan asam karboksilat yang paling sederhana adalah pembuatan asam metanoat dan asam etanoat. Secara industri asam metanoat dibuat dengan mereaksikan CO dan NaOH dengan reaksi seperti berikut.



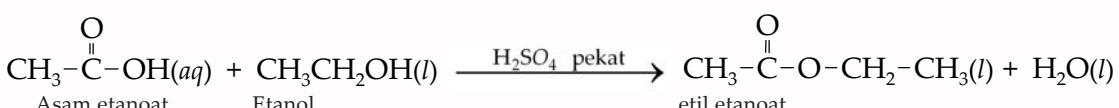
Pembuatan asam etanoat secara industri, dapat dilakukan dengan reaksi oksidasi etanol dari buah anggur atau sari buah lainnya dengan katalis enzim.

Adapun pembuatan asam etanoat di laboratorium dapat dilakukan melalui reaksi oksidasi etanol dengan oksidator  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  atau  $\text{KMnO}_4$ . Perhatikan reaksi berikut.



## 6. Pembuatan Ester

Pembuatan ester disebut reaksi esterifikasi. Reaksi ini memerlukan bantuan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Adapun reaksi yang terjadi adalah seperti berikut.



Lakukan percobaan berikut agar kamu lebih jelas mengenai pembuatan ester.

### Kegiatan 7.3

#### Pembuatan Ester

##### A. Tujuan

Mempelajari pembuatan ester.

##### B. Alat dan Bahan

- |                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| - Penangas air               | - Asam metanoat     |
| - Tabung reaksi kecil        | - Asam sulfat pekat |
| - Sumbat gabus               | - Isobutanol        |
| - Tabung reaksi pipa samping | - Asam butanoat     |
| - Etanol                     |                     |

##### C. Cara Kerja

1. Masukkan 5 mL isobutanol dalam tabung reaksi pipa samping, kemudian tambahkan 1 mL asam metanoat dan 1 mL asam sulfat pekat. Tabung reaksi pipa samping dihubungkan pada tabung reaksi berisi air. Tutup mulut tabung dengan sumbat gabus.

2. Panaskan campuran tersebut dalam penangas air. Cium bau yang dihasilkan melalui pipa samping tabung tersebut dengan mengibaskan tangan.
3. Ulangi langkah 1 sampai dengan 2 untuk larutan:
  - a. etanol + asam metanoat
  - b. etanol + asam butanoat

#### D. Hasil Percobaan

No.	Perlakuan	Bau	Ester yang terbentuk
1.	Asam metanoat + isobutanol		
2.	Etanol + asam metanoat		
3.	Etanol + asam butanoat		

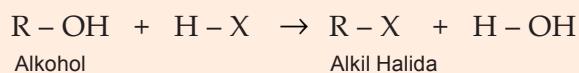
#### E. Analisa Data

1. Apakah fungsi asam sulfat dalam percobaan di atas?
2. Tuliskan persamaan reaksi pada pembuatan ester dalam percobaan di atas!
3. Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

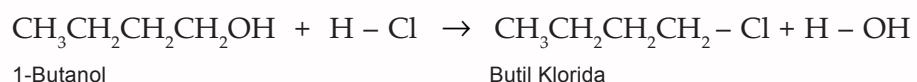
## 7. Pembuatan Haloalkana

Haloalkana dapat dibuat dengan beberapa cara, antara lain seperti berikut.

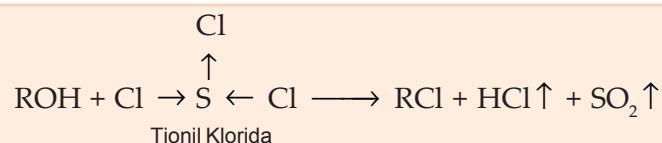
- a. Alkohol bereaksi dengan hidrogen halida menghasilkan haloalkana.



#### Contoh

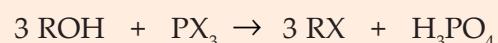


- b. Alkohol direaksikan dengan tionil klorida.



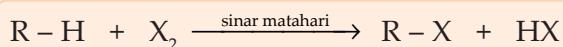
Pada pembuatan dengan cara ini, dihasilkan hidrogen klorida dan belerang dioksida yang berupa gas dan mudah menguap dari campuran reaksi, sehingga akan meninggalkan alkil klorida.

- c. Alkohol direaksikan dengan fosfor halida.

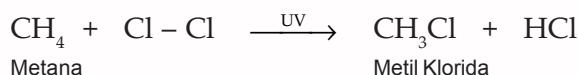


Pada pembuatan dengan cara ini dihasilkan produk samping asam fosfat yang mempunyai titik didih agak tinggi. Oleh karena itu, alkil halida mempunyai titik didih rendah sehingga alkil halida mudah dipisahkan melalui penyulingan.

- d. Alkana direaksikan dengan gas halida melalui reaksi substitusi.



## Contoh



- e. Adisi asam halida terhadap alkuna atau alkena dengan *aturan Markownikov*.

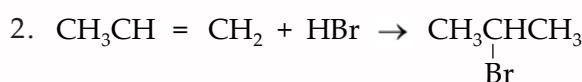


Atom H dari asam halida akan berikatan dengan atom C dari alkena atau alkuna yang mengikat lebih banyak atom H, atau atom halida akan berikatan dengan atom C dari alkena atau alkuna yang mengikat lebih sedikit atom H. Jika atom H yang diikat oleh ikatan rangkap sama banyaknya, maka atom X akan terikat pada atom yang mengikat unsur alkil lebih panjang (karena semakin panjang alkil semakin kuat menolak elektron).

## Contoh



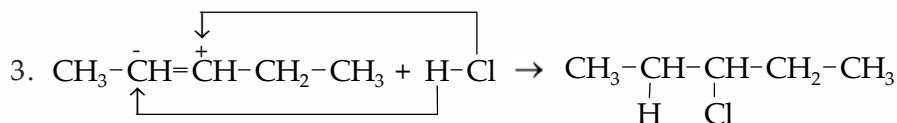
Etena Asam Klorida



Propena

## Asam bromida

### 2-bromopropano



## D. Kegunaan Senyawa Gugus Fungsi

Senyawa gugus fungsi banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Mari kita pelajari kegunaan beberapa senyawa gugus fungsi.

## 1. Alkohol

- a. Metanol

Dalam industri, metanol diubah menjadi *formaldehid* atau digunakan untuk mensintesa bahan kimia lain. Metanol digunakan sebagai pelarut dan sebagai bahan bakar.

Pada awal tahun 1990-an **Arthur Nonomura**, seorang ilmuwan yang menjadi petani, menemukan larutan cairan metanol yang disemprotkan pada beberapa tumbuhan dalam kondisi panas dapat menggandakan tingkat pertumbuhannya dan mengurangi kebutuhan air hingga separuhnya. Nonomura menyadari bahwa pada saat-saat panas tumbuhan menjadi layu. Berdasarkan risetnya, ia menyemprotkan beberapa tumbuhan dengan larutan metanol yang sangat encer. Tumbuhan yang disemprot tidak lagi layu dan tumbuh lebih besar pada tingkat yang lebih cepat daripada tumbuhan yang tidak disemprot metanol. Akan tetapi metanol akan efektif dalam kondisi panas atau terkena sinar matahari dan untuk tumbuhan kapas, gandum, strawberi, melon, dan mawar. Kegunaannya dapat terlihat jelas, hasil tanaman lebih banyak, pertumbuhan lebih cepat, penggunaan air lebih efisien, dan tidak diperlukannya pestisida. Selain bermanfaat, metanol juga berbahaya. Metanol tetap beracun meskipun dalam jumlah kecil. Gejala keracunan metanol adalah kebutaan karena metanol menyerang saraf penglihatan bahkan dapat berakibat kematian.

b. Etanol

Etanol merupakan pelarut organik yang baik. Etanol mempunyai banyak kegunaan antara lain, sebagai pelarut parfum, cat, pernis, dan antiseptik (pencuci mulut mengandung alkohol 5% – 30%). Etanol dapat diubah menjadi isopropil alkohol untuk tujuan komersial. Bahan ini biasanya dihasilkan dari hidrasi etana.

Etanol dapat ditambahkan ke dalam bensin sebagai pengganti MTBE (*methyl tertiary butyl ether*) yang sulit didegradasi sehingga mencemari lingkungan. Bensin yang ditambah etanol menjadikan efisiensi pembakarannya meningkat sehingga mengurangi tingkat pencemaran udara. Campuran bensin-etanol biasa diberi nama gasohol. Gasohol E10 artinya campuran 10% etanol dan 90% bensin. Gasohol dapat digunakan pada semua tipe mobil yang menggunakan bahan bakar bensin.

c. Spiritus

Spiritus merupakan salah satu jenis alkohol yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan bakar lampu spiritus (pembakar spiritus) dan untuk menyalakan lampu petromaks. Di laboratorium pembakar spiritus digunakan untuk uji nyala dan pemanasan. Pembakar spiritus juga digunakan untuk proses sterilisasi di laboratorium mikrobiologi. Spiritus bersifat racun, karena adanya kandungan metanol di dalamnya. Bahan utama spiritus adalah etanol dan bahan tambahan terdiri dari metanol, benzena, dan piridin.

d. Glikol

Alkohol sederhana hanya mengandung satu gugus hidroksil ( $-\text{OH}$ ). Ini disebut *alkohol monohidroksi*. Beberapa alkohol



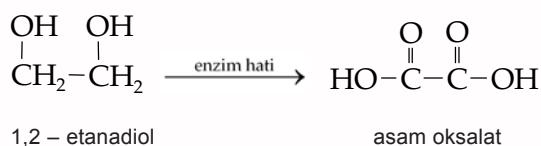
Gambar 7.4 Pita Kaset Terbuat dari Etilen Glikol

Sumber: Dokumen Penerbit

penting mengandung lebih dari satu gugus hidroksil tiap molekul. Ini disebut *alkohol polihidroksi*. Alkohol yang mempunyai dua gugus hidroksil disebut *alkohol dihidroksi*, dan yang mempunyai tiga gugus hidroksil disebut *alkohol trihidroksi*.

Alkohol dihidroksi sering disebut glikol, yang paling penting dari jenis ini adalah etilen glikol. Nama IUPAC dari etilen glikol adalah 1,2-etanadiol. Senyawa ini merupakan bahan utama pada campuran antibeku permanen untuk radiator kendaraan bermotor. Etilen glikol mempunyai titik didih yang tinggi (198 °C) dan tidak menguap. Etilen glikol adalah cairan yang manis, tidak berwarna dan agak lengket. Etilen glikol juga mudah bercampur dengan air. Suatu larutan etilen glikol dalam air tidak membeku sampai suhunya turun hingga -49 °C.

Etilen glikol juga digunakan pada pembuatan fiber poliester (*dacron*) dan film magnetik (*mylar*) yang digunakan untuk pita pada kaset dan printer. Etilen glikol agak beracun. Seperti halnya metanol, tingkat keracunannya dikarenakan proses metabolisme dalam tubuh. Enzim hati mengoksidasi etilen glikol menjadi asam oksalat.



Senyawa ini akan mengkristal dalam hati sebagai kalsium oksalat ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) yang dapat merusak ginjal.

c. Gliserol

Gliserol juga disebut gliserin, merupakan salah satu senyawa alkohol trihidrat. Gliserol berbentuk cairan manis seperti sirop. Oleh karena tidak beracun, gliserol yang merupakan hasil dari hidrolisa lemak dan minyak digunakan secara luas dalam bidang industri, antara lain:

- 1) Pembuatan lotion tangan dan kosmetik.
  - 2) Bahan tambahan dalam tinta.
  - 3) Pengganti pencahar gliserol.
  - 4) Bahan pemanis dan pelarut pada obat-obatan.
  - 5) Pelumas
  - 6) Bahan dasar dalam produksi plastik, pelapis permukaan, dan fiber sintetik.
  - 7) Bahan baku nitroglycerin.



**Gambar 7.5** Lotion Mengandung Gliserol

Sumber: *Dokumen Penerbit*

setelah pembiusan dan muntah-muntah. Oleh karena itu, sekarang ini penggunaan obat bius dari etoksi etana (dietil eter) diganti dengan metil propil eter dan metoksi fluorin.

Etoksi etana banyak digunakan sebagai pelarut, karena dapat melarutkan banyak senyawa organik yang tidak larut dalam air. Titik didih etoksi etana  $36^{\circ}\text{C}$ , ini berarti etoksi etana adalah zat yang mudah menguap.

Eter yang diproduksi dalam jumlah besar akhir-akhir ini adalah *Metil Tetra Butyl Eter* (MTBE). Zat tersebut ditambahkan dalam bensin untuk mengurangi emisi karbon monoksida dan menggantikan *Tetra Etil Lead* (TEL) sebagai *zat antiknoking*.

Eter yang juga diproduksi dalam jumlah besar adalah etilen oksida. Etilen oksida merupakan siklo eter dengan dua atom karbon dan satu atom oksigen yang membentuk cincin dengan tiga anggota. Etilen oksida merupakan gas beracun, lebih dari 60% nya digunakan untuk membuat etilen glikol.

### 3. Aldehida

Aldehida digunakan untuk memproduksi resin, zat warna, dan obat-obatan.

Salah satu contoh senyawa aldehida adalah formaldehid. Penggunaan terbesar formaldehid adalah sebagai pereaksi untuk penyiapan senyawa organik lain dan untuk pembuatan polimer seperti bakelit, formika, dan melmac. Formaldehid dapat mengubah sifat protein, sehingga protein tidak dapat larut dalam air dan tahan terhadap bakteri pembusuk. Alasan inilah yang menyebabkan formaldehid digunakan sebagai pengawet spesimen biologis. Formaldehid atau formalin juga digunakan sebagai antisептик di rumah sakit untuk mensterilkan sarung tangan dan peralatan bedah. Akan tetapi penggunaan formaldehid sebagai antisептик dan pengawet menurun akhir-akhir ini karena zat ini dicurigai berifat karsinogenik. Formal-dehid juga digunakan sebagai pelarut dan bahan campuran parfum.

Contoh senyawa aldehida lainnya adalah asetaldehid. Asetaldehid merupakan cairan tidak berwarna yang sangat mudah menguap. Zat ini dibuat dengan mengoksidasi etil alkohol dengan katalis ( $\text{Ag}$ ) atau oksidasi etilen dengan katalis ( $\text{PtCl}_2$ ). Zat ini merupakan bantuan awal untuk penyiapan berbagai senyawa organik lain, seperti asam asetat, etil asetat, dan kloral. Asetaldehid dibentuk sebagai metabolit dalam fermentasi gula dan dalam detoksifikasi alkohol dalam hati.

#### Tugas Mandiri

Carilah artikel mengenai penyalahgunaan formaldehid dalam industri makanan, kemudian berilah komentar dan carilah solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada.

#### 4. Keton

Oleh karena banyak keton yang mempunyai bau harum, maka keton banyak digunakan dalam industri parfum.

Aseton adalah keton yang paling sederhana dan penting. Zat ini dihasilkan dalam jumlah besar dengan mengoksidasi isopropil alkohol dengan katalis (Ag). Oleh karena larut sempurna dalam air dan banyak pelarut organik, aseton utamanya digunakan sebagai pelarut dalam industri (misalnya, untuk cat, dan pernis). Zat ini merupakan bahan utama (terkadang bahan satu-satunya) pada beberapa merek penghapus cat kuku. Aseton digunakan sebagai bahan pengering alat-alat laboratorium. Aseton juga merupakan bahan yang penting pada pembuatan kloroform, iodoform, dan pewarna.

Aseton dibentuk dalam tubuh manusia sebagai hasil samping metabolisme lipid. Secara normal zat ini tidak sampai tertimbun karena dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air. Konsentrasi normal aseton dalam tubuh manusia kurang dari 1 mg/100 mL darah. Dalam kasus ketidak-normalan seperti diabetes melitus, konsentrasi aseton melebihi tingkat tersebut. Zat ini dikeluarkan dalam air seni, sehingga mudah untuk dideteksi. Pada kasus yang parah, baunya dapat diketahui dari napas penderita.

#### 5. Asam Karboksilat

##### a. Asam Etanoat

Asam etanoat (asam asetat) merupakan asam karboksilat yang paling penting. Zat ini dihasilkan secara industri dengan mengoksidasi asetaldehid, bahan mentah yang didapat dari oksidasi etanol atau hidrasi asetilen. Asam asetat atau asam cuka, dibentuk ketika bakteri *aceto-bacter* mengoksidasi etanol. Cuka pasar yang mengandung sekitar 5 persen asam asetat dalam air, telah digunakan selama berabad-abad untuk menyedapkan makanan. Orang pertama yang mensintesa asam asetat langsung dari unsur kimia adalah **Adolph Kolbe** (Jerman, 1818–1884) pada tahun 1845. Asam asetat digunakan pada pembuatan selulosa asetat, vinil asetat, obat-obatan, pewarna, insektisida, bahan kimia fotografi, dan pengawet makanan.

##### b. Asam Metanoat

Asam metanoat atau asam format dimanfaatkan pada pembuatan pewarna, insektisida, parfum, obat-obatan, dan plastik.

##### c. Asam karboksilat sebagai bahan untuk membuat ester.

#### 6. Ester

Kegunaan ester antara lain seperti berikut.

- Sebagai *essence* pada makanan dan minuman. Beberapa ester mempunyai aroma buah-buahan seperti apel (metil butirat), aroma pisang (amil asetat), dan aroma nanas (etil butirat).

- b. Beeswax, campuran ester seperti  $C_{25}H_{51}COO - C_{30}H_{61}$ , dan caurinauba wax digunakan pada cat/pelapis mobil dan mebel.
- c. Lemak dan minyak merupakan ester penting yang terdapat pada makanan kita.
- d. Ester-ester seperti aspirin dan metil salisilat digunakan dalam pengobatan sebagai analgesik dan antiperadangan. Metil salisilat, juga disebut minyak *wintergreen*, merupakan bahan utama rasa/bau *wintergreen*. Etil asetat digunakan sebagai penghapus cat kuku/kutek.
- e. Sebagai bahan untuk membuat sabun.
- f. Sebagai bahan untuk membuat mentega.

## 7. Haloalkana

Berikut merupakan senyawa haloalkana dan kegunaannya.

- a. Karbon Tetra Klorida ( $CCl_4$ )

$CCl_4$  mempunyai titik didih 77 °C. Merupakan cairan tidak berwarna, dengan bau yang sedikit tidak enak.

Senyawa ini tidak larut dalam air, dan menjadi pelarut yang baik untuk minyak dan lemak serta sering digunakan dalam cuci kering (*dry clean*).

Oleh karena kerapatannya yang tinggi dan sifatnya yang tidak mudah terbakar  $CCl_4$  digunakan sebagai pemadam api.

- b. Kloroform ( $CHCl_3$ )

$CHCl_3$  mempunyai titik didih 62 °C. Kloroform digunakan sebagai pelarut zat-zat organik, tetapi dicurigai bersifat karsinogen. Kloroform juga digunakan sebagai anestesi umum, tetapi senyawa ini terlalu beracun dan mengakibatkan kerusakan hati.

- c. Tetra Kloro Etilena ( $C_2Cl_4$ )

Senyawa ini merupakan pelarut penting untuk cuci kering dan sebagai pelarut lemak dalam pengolahan logam dan tekstil.

### Tugas Mandiri

Carilah informasi mengenai pengaruh freon terhadap lingkungan. Kemudian diskusikan dengan teman di kelasmu untuk mendapatkan solusi dari permasalahan yang ditimbulkan freon tersebut.

- d. Kloro Fluoro Karbon (Freon)

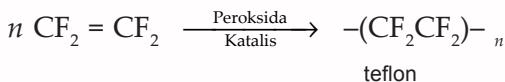
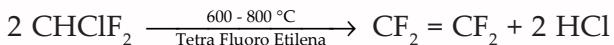
Istilah *Freon* merupakan merek dagang dari Perusahaan Dupont untuk hasil-hasil kloro fluoro karbon. Freon adalah gas-gas yang tak berwarna, bertitik didih rendah, tidak beracun, tidak mudah terbakar, dan tidak menyebabkan karat. Freon digunakan dalam rumah tangga sebagai pendingin dalam kulkas dan penyejuk ruangan.

e. Teflon (Tetra Fluoro Etilena)

Teflon ini banyak digunakan sebagai panci “antilengket” dan berbagai macam alat masak lain. Lapisan ini tahan panas dan mencegah makanan melekat pada permukaan panci.

Lensa-lensa teflon digunakan pada lampu-lampu berintensitas tinggi. Pemeliharaannya lebih mudah dibanding lensa gelas, sehingga banyak digunakan dalam industri dan gelanggang olahraga.

Teflon dibuat dari  $\text{CHClF}_2$  (kloro difluoro metana) yang dibuat pada suhu tinggi dengan reaksi seperti berikut.



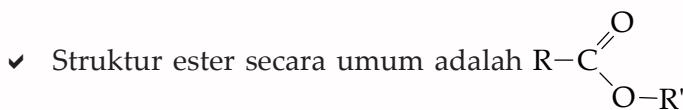
f. Etilen Bromida

Etilen bromida merupakan cairan yang ditambahkan pada bensin agar bereaksi dengan TEL untuk menghasilkan  $\text{PbBr}_2$ , yang mudah menguap dan mudah dikeluarkan bersama asap knalpot.

### Rangkuman

- ✓ Rumus umum alkohol dan eter adalah  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ . Tata nama alkohol dan eter dapat dilakukan secara IUPAC dan trivial. Tata nama alkohol secara IUPAC yaitu sesuai nama alkananya tetapi huruf terakhir diganti *-ol*. Adapun untuk alkohol yang memiliki cabang maka tata namanya adalah nomor cabang – nama alkyl – nomor gugus OH – nama rantai utama. Adapun tata nama alkohol secara trivial yaitu nama alkyl diakhiri dengan alkohol. Alkohol dibedakan atas alkohol primer, sekunder dan tersier. Tata nama eter atau alkaksi alkana secara IUPAC yaitu alkyl yang lebih kecil sebagai alkaksi dan alkyl yang lebih besar sebagai alakana. Adapun tata nama eter secara trivial adalah nama alkyl sesuai urutan abjad dan diakhiri **eter**.
- ✓ Rumus umum aldehida dan keton adalah  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ . Tata nama aldehida dan keton dapat dilakukan secara IUPAC dan trivial. Tata nama aldehida secara IUPAC diturunkan dari alkana induknya dengan mengubah huruf terakhir dengan *-al*. Adapun tata nama aldehida secara trivial diambil dari nama asam karboksilat induknya dengan mengubah asam *-at* menjadi akhiran **aldehida**. Tata nama keton secara IUPAC yaitu mengubah akhiran *-a* pada alkana dengan *-on*. Adapun tata nama secara trivial keton yaitu nama alkyl yang melekat pada gugus karbonil ditambah kata **keton**. Keton dapat berisomer kerangka, posisi atau fungsi.
- ✓ Rumus umum asam karboksilat adalah  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ . Tata nama asam karboksilat secara IUPAC diturunkan darimana alkana induknya dengan memberi awalan asam dan mengubah akhiran *-a* pada alkana dengan *-oat*. Adapun tata nama secara trivial diambilkan dari nama sumber asam karboksilat tersebut.
- ✓ Rumus keton adalah  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ . Tata nama keton secara IUPAC yaitu mengubah akhiran *-a* pada alkana dengan *-on*. Adapun tata nama trivial yaitu dari nama alkil yang melekat padagugus karbonil ditambah kata keton. Keton dapat berisomer kerangka, posisi atau fungsi.

- ✓ Rumus umum asam karboksilat adalah  $C_nH_{2n}O_2$ . Tata nama asam karboksilat secara IUPAC diturunkan dari nama alkana induknya dengan memberi awalan asam dan mengubah akhiran *-a* pada alkana dengan *-oat*. Adapun tata nama trivial diambilkan dari sumber asam karboksilat tersebut.



Tatanama ester secara IUPAC yaitu dengan menyebutkan terlebih dahulu alkil yang melekat pada gugus karbonil kemudian nama karboksilatnya. Adapun tata nama trivial ester disesuaikan dengan tata nama trivial karboksilat.

- ✓ Rumus umum haloalkana adalah RX. Tata nama haloalkana secara IUPAC adalah awalan-haloalkana.
- ✓ Alkohol memiliki sifat-sifat antara lain didih relatif tinggi, alkohol dengan massa molekul relatif rendah larut dalam air. Reaksi yang terjadi pada alkohol antara lain dehidrasi, oksidasi, dengan logam Na atau K, esterifikasi dan dengan hidrogen halida.
- ✓ Eter memiliki sifat-sifat antara lain mempunyai titik didih yang lebih kecil dibanding alkohol, sedikit larut dalam air dan *inert*.
- ✓ Sifat-sifat aldehida antara lain titik didih relatif lebih tinggi dibandingkan senyawa nonpolar yang setara, kelarutannya hampir sama dengan alkohol sama dengan alkohol dan eter. Aldehida mudah dioksidasi menjadi asam karboksilat dengan Pereaksi Fehling dan Tollens. Selain itu aldehida tidak membentuk ikatan hidrogen.
- ✓ Sifat-sifat keton adalah memiliki titik didih relatif lebih tinggi daripada senyawa hidrokarbon dengan *Mr* sama, larut dalam air, memiliki bau harum. Keton direduksi menghasilkan alkohol sekunder.
- ✓ Sifat-sifat asam karboksilat adalah titik didihnya relatif tinggi, sangat polar, semakin besar jumlah atom karbonnya maka kelarutannya makin turun. Asam karboksilat tergolong asam lemah, dan bereaksi dengan alkohol membentuk ester (reaksi esterifikasi).
- ✓ Sifat-sifat ester adalah polar, larut dalam air (massa molekul relatif rendah), mengalami reaksi hidrolisis dan reaksi reduksi.
- ✓ Sifat-sifat haloalkana adalah mempunyai titik didih dan titik leleh lebih tinggi dari alkana dengan jumlah atom C yang sama, mengalami reaksi substitusi dengan suatu basa membentuk alkohol, eliminasi, sintesis Wart dan menghasilkan pereaksi Grignard.
- ✓ Etanol dihasilkan dari proses fermentasi tepung/padi-padian dan buah. Adapun etoksi etana dibuat dari etanol dan asam sulfat, sedangkan etoksi metana dibuat dengan sintesis Williamson.
- ✓ Aldehida dibuat dalam reaksi oksidasi alkohol primer dengan oksidator. Adapun keton dibuat melalui reaksi oksidasi alkohol sekunder dengan oksidator  $K_2Cr_2O_7$  dalam suasana asam.
- ✓ Asam etanoat secara industri dibuat dengan reaksi oksidasi etanol dari buah anggur dengan katalis enzim. Ester dibuat melalui reaksi estensifikasi.
- ✓ Haloalkana dapat dibuat dengan cara mereaksikan alkohol dengan hidrogen halida; alkohol dengan tionil klorida; alkohol dengan fosfor halida; alkana dengan gas halida; adisi asam halida terhadap alkana atau alkena.
- ✓ Senyawaan gugus fungsi memiliki banyak manfaat, antara lain metanol, etanol, etoksi etana sebagai pelarut; metil tetra butyl eter (MTBE) sebagai *antiknoking*, spiritus sebagai bahan bakar, gliserol berguna dalam industri, aldehida untuk memproduksi resin, zat warna dan obat-obatan. Keton banyak digunakan dalam industri parfum.

## I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Berikut adalah sifat-sifat alkohol, *kecuali* ....
  - A. dapat bereaksi dengan natrium
  - B. dapat bereaksi dengan  $\text{PCl}_3$
  - C. dapat bereaksi dengan asam karboksilat
  - D. berisomer fungsi dengan eter
  - E. larutannya bersifat basa
2. Senyawa-senyawa berikut yang keduanya merupakan alkohol sekunder adalah ....
  - A. 2-propanol dan 2-metil, 2-propanol
  - B. 3-metil 2-butanol dan 2-butanol
  - C. 2,3-dimetil, 2-butanol, dan 2-metil, 2-propanol
  - D. 2-metil, 1-propanol, dan 2-metil 2-butanol
  - E. 2,2-dimetil propanol dan 1-kloro, 2-propanol
3. Golongan-golongan senyawa karbon yang dapat berisomer fungsi adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
  - A. eter dan alkohol
  - B. alkanon dan alkonal
  - C. asam karboksilat dan ester
  - D. ester dan eter
  - E. alkena dan sikloalkana
4. Senyawa-senyawa yang mengandung gugus karbonil adalah ....
  - A. asam karboksilat, ester, eter, keton
  - B. asam karboksilat, ester, aldehida, keton
  - C. asam karboksilat, keton, aldehida, alkohol
  - D. keton, aldehida, eter
  - E. ester, eter, alkohol
5.  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$   
Nama senyawa di atas adalah ....
  - A. 3 metil, 2-butanol
  - B. 3 metil, 3-butanol
  - C. 2 metil, 3-butanol
  - D. 2 metil, 2-butanol
  - E. 2-pentanol
6. Nama-nama berikut ini yang bukan nama isomer  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  adalah ....
  - A. 1-butanol
  - B. 2-butanol
  - C. 2-metil, 2-propanol
  - D. metil etil eter
  - E. dietil eter
7. Hasil reaksi antara larutan asam propanoat dengan etanol adalah ....
  - A.  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$
  - B.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_2\text{H}_5$
  - C.  $\text{C}_2\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$
  - D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_3\text{H}_7$
  - E.  $\text{C}_2\text{H}_7\text{COOCH}_3$
8. Dua senyawa di bawah ini dapat dibedakan dengan pereaksi Fehling, *kecuali* ....
  - A.  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  dan  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
  - B.  $\text{CH}_3\text{CHO}$  dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$
  - C.  $\text{HCHO}$  dan  $\text{HCO}_2\text{H}$
  - D.  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan  $\text{HCHO}$
  - E.  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan  $\text{HCOH}$
9. Reaksi antara  $\text{HCOOH}$  dan  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  menghasilkan ....
 

A. etil etanoat	D. etil metanoat
B. metil etanoat	E. propil metanoat
C. metil metanoat	
10. Isomer  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  terdiri ....
  - A. 2 aldehida dan 2 keton
  - B. 2 aldehida dan 2 keton
  - C. 3 aldehida dan 1 keton
  - D. 3 aldehida dan 2 keton
  - E. 2 aldehida
11. 4-metil, 2-penton isomer dengan ....
  - A. 2-metil, 2-pentanone
  - B. meti amil keton
  - C. butil etil keton
  - D. dipropil keton
  - E. 3-heksagon
12. Senyawa yang digunakan sebagai pengawet mayat adalah ....
 

A. $\text{CH}_3 - \text{OH}$	D. $\text{HCHO}$
B. $\text{CH}_3 - \text{CHO}$	E. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$
C. $\text{CH}_3 - \text{COOH}$	
13. Hidrolisis metil butanoat menghasilkan ....
  - A. metanol dan asam butanoat
  - B. inhil alkohol dan etil alkohol
  - C. isopropil alkohol dan asam etanoat
  - D. etanol dan propanal
  - E. asam asetat dan asam propionat

14. Reaksi berikut menghasilkan haloalkana, *kecuali* ....
- alkohol dengan hidrogen halida
  - alkohol dengan fosfor halida
  - alkohol dengan gas halida
  - eliminasi alkana dengan basa
  - adisi asam halida dengan alkuna
15. Reaksi berikut merupakan sintesis Wart pada haloalkana, adalah ....
- $2 \text{RX} + 2 \text{Na} \rightarrow \text{R}-\text{R} + 2 \text{NaX}$
  - $\text{RX} + \text{Mg} \rightarrow \text{R}-\text{MgX}$
  - $\text{RX} + \text{MOH} \rightarrow \text{ROH} + \text{MX}$
  - $\text{ROH} + \text{HX} \rightarrow \text{RX} + \text{H}_2\text{O}$
  - $3 \text{ROH} + \text{PX}_3 \rightarrow 3 \text{RX} + \text{H}_3\text{PO}_4$

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Suatu senyawa dengan rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  bereaksi dengan logam Na, bila dioksidasi menghasilkan butanon. Tentukan rumus dan struktur senyawa tersebut!
- Tentukan nama IUPAC untuk senyawa berikut.
  - $\text{CH}_3-\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\underset{|}{\text{CH}}}-\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{H}$
  - $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{H}$
  - $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{OC}_2\text{H}_5$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{OH}$
- Tuliskan hasil reaksi berikut.
  - Reaksi pembakaran butanol
  - Butanal dan pereaksi Tollens
  - Etanol dan asam butanoat
  - Propil butanoat +  $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{sinar matahari}}$
- Sebutkan kegunaan dari senyawa haloalkana berikut.
 

a. etilen dibromida	c. tetrafluoro etana
b. iodoform	d. freon
- Berikan contoh senyawa ester dan aromanya!



# BAB VIII

## Benzena

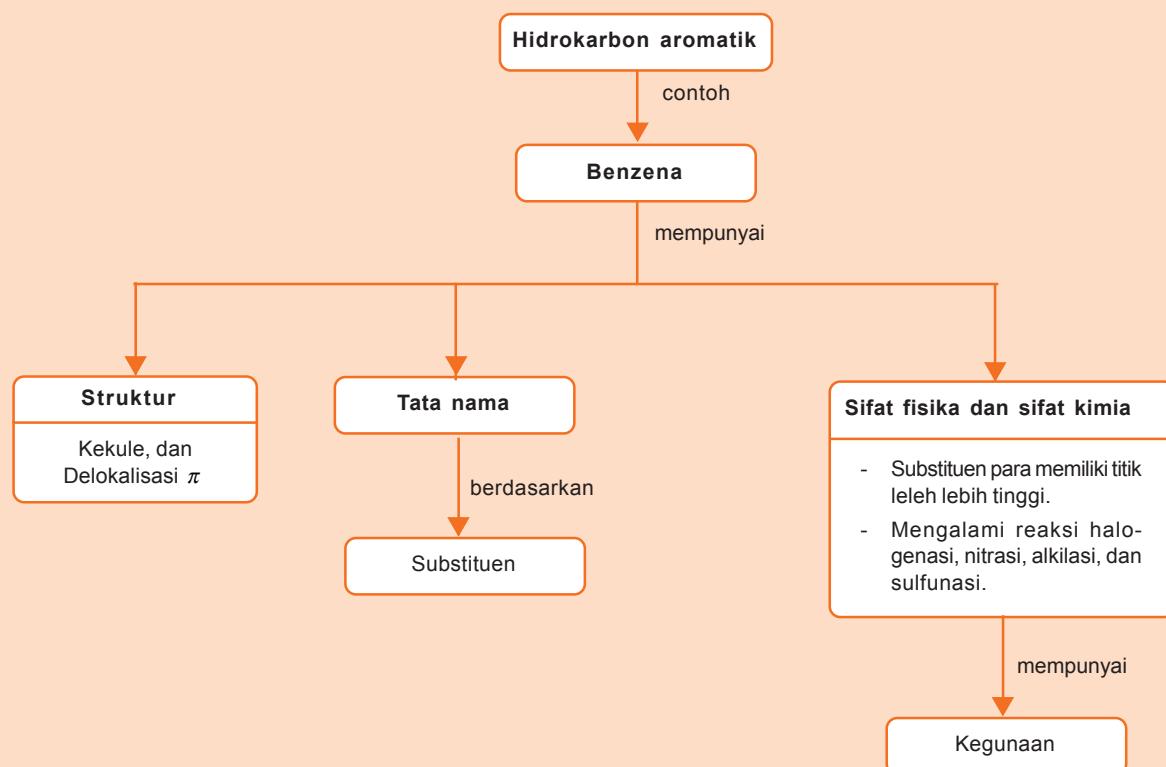


Sumber: Dokumen Penerbit

Bahan apa yang kamu butuhkan agar rak bukumu ataupun lemari pakaianmu tidak berbau apek? Kamu membutuhkan kapur barus untuk mencegah atau menghilangkan bau apek dalam rak dan lemarmu. Kapur barus atau *naftalena* tergolong senyawa aromatik. Senyawa aromatik diturunkan dari benzena. Tahukah kamu benzena itu? Bagaimana struktur dan sifat benzena? Dan apakah kegunaan dari benzena itu?



# Peta Konsep



Kata kunci : benzena, substituen

**P**ernahkah kamu membuat kue atau membeli kue? Kue yang dijual di toko-toko dapat bertahan beberapa lama karena ditambahkan pengawet yaitu natrium benzoat. **Natrium benzoat** adalah suatu senyawa kimia yang tergolong senyawa aromatik. Hidrokarbon-hidrokarbon aromatik diturunkan dari benzena.

Bagaimana struktur, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena? Marilah kita pelajari lebih lanjut, agar lebih jelas.



**Gambar 8.1** Penambahan Natrium Benzoat pada Kue agar Tahan Lama

Sumber: Dokumen Penerbit

## A. Struktur Benzena

Benzena merupakan hidrokarbon aromatik yang paling sederhana dengan rumus molekul  $C_6H_6$ . Benzena terdiri atas satu cincin enam karbon dengan satu atom hidrogen terikat pada setiap karbon dan terdapat tiga buah ikatan rangkap karbon dengan karbon. Struktur benzena dapat dinyatakan dengan dua cara yaitu struktur Kekule dan struktur delokalisasi  $\pi$ .

### 1. Struktur Kekule

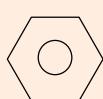
Struktur benzena pertama kali dikemukakan pada tahun 1865 oleh **Kekule**. Kekule mengemukakan bahwa 6 atom karbon yang terdapat di sudut-sudut heksagon beraturan, dengan satu atom hidrogen melekat pada setiap atom karbon.

Menurut Kekule, agar setiap atom karbon mempunyai valensi empat (4) maka harus terdapat ikatan tunggal dan ganda yang berseling di sekeliling cincin. Struktur benzena dengan rumus Kekule dapat dituliskan seperti berikut.



### 2. Struktur Delokalisasi $\pi$

Oleh karena elektron-elektron pada ikatan rangkap dalam senyawa benzena tersebar di seluruh cincin maka struktur benzena adalah sangat stabil. Para ahli kimia, kemudian menggambarkan struktur benzena dengan merujuk pada sistem elektron  $\pi$  (pi) delokalisasi. Benzena digambarkan sebagai segi enam beraturan dengan lingkaran di dalamnya. Perhatikan struktur benzena berikut.



## B. Tata Nama Benzena

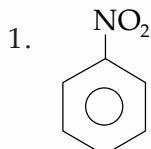
Untuk memudahkan penamaan senyawa benzena, maka senyawa ini dibagi menjadi tiga kelas yaitu seperti berikut.

### 1. Benzena Monosubstitusi

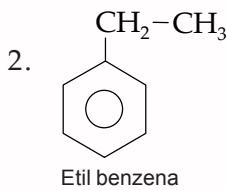
Benzena monosubstitusi merupakan benzena di mana satu atom H disubstitusi dengan substituen. Tata nama benzena monosubstitusi menurut sistem IUPAC adalah seperti berikut.

Nama substituen + benzena

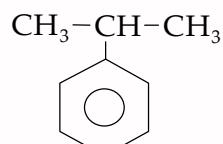
#### Contoh



Nama substituen adalah nitro, maka diberi nama nitro benzena



Etil benzena



Isopropil benzena

Sejumlah benzena monosubstitusi mempunyai nama trivial. Perhatikan tata nama menurut IUPAC dan nama trivial dari senyawa benzena monosubstitusi berikut.

Tabel 8.1      Nama IUPAC dan Trivial Benzena

No	Rumus	Nama IUPAC	Nama Trivial
1.		Metil Benzena	Toluena
2.		Vinil Benzena	Stirena
3.		Bromo Benzena	Fenil Bromida
4.		Iodo Benzena	Fenil Iodida
5.		Hidroksi Benzena	Fenol

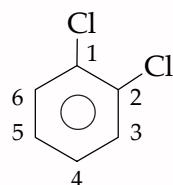
Sumber: Kimia Organik

## 2. Benzena Disubstitusi

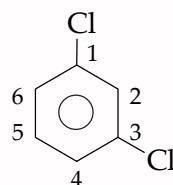
Pada benzena ini terdapat dua substituen, sehingga untuk struktur isomer digunakan awalan orto (*o*), meta (*m*), dan para (*p*).

Jika substituen berada pada posisi 1 dan 2 maka diberi awalan orto atau *o*. Adapun jika substituen berada pada posisi 1 dan 3 maka diberi awalan meta atau *m*. Dan jika substituen berada pada posisi 1 dan 4 maka diberi awalan para atau *p*.

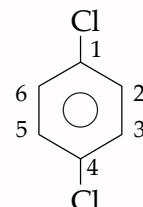
### Contoh



ortho-dikloro benzene

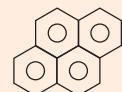


meta-dikloro benzene



para-dikloro benzene

### Info Kimia



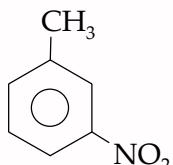
Senyawaan di atas dinamakan pirena ( $C_6H_{10}$ ). Pirena terdapat dalam asap tembakau, gas buang mobil, jalanan aspal, dan bistik panggang arang. Pirena bersifat karsinogen.

Sumber: *Kimia Untuk Universitas*

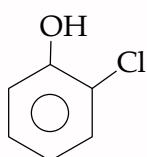
Substituen-substituen pada contoh di atas adalah sama. Bagaimana jika substituennya berbeda? Jika dua substituennya berbeda, maka salah satu dianggap sebagai senyawa utama dan gugus yang lain dianggap sebagai gugus terikat dengan urutan prioritas seperti berikut.

$-COOH$ ,  $-SO_3^-$ ,  $-CH_3$ ,  $-CN$ ,  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-R$ ,  $-NO_2$ ,  $-X$

### Contoh



Oleh karena gugus  $CH_3$  lebih relatif dari  $NO_2$  maka  $CH_3$  sebagai gugus terikat dan  $NO_2$  sebagai gugus lain. Jadi, senyawa tersebut dinamakan meta-nitro toluena.



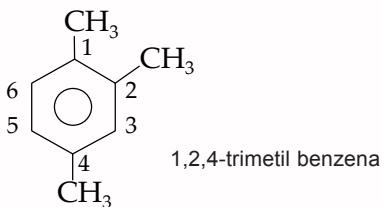
Oleh karena gugus  $OH$  lebih relatif dari  $Cl$  maka senyawa tersebut diberi nama orto-kloro fenol.

## 3. Benzena Substitusi Lebih dari Dua

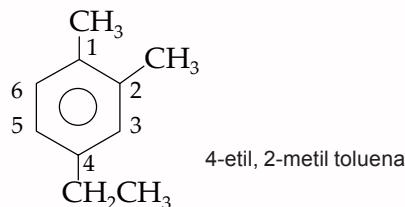
Benzena dengan substituen lebih dari dua maka penamaannya dijelaskan seperti berikut.

- Digunakan sistem penomoran
- Substituen diurutkan secara alfabet

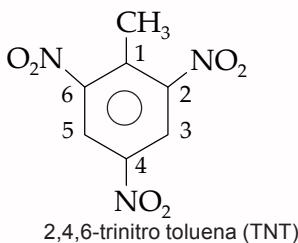
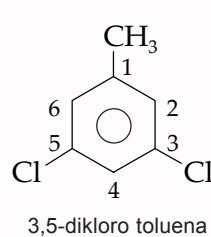
### Contoh



1,2,4-trimetil benzena



4-ethyl, 2-metil toluena



## C. Sifat-Sifat Senyawa Benzena

Bagaimana sifat-sifat senyawa benzena? Benzena mempunyai sifat fisika dan kimia seperti berikut.

### 1. Sifat Fisika Benzena

Benzena memiliki titik didih dan titik leleh yang khas. Perhatikan data titik didih dan titik leleh senyawa benzena berikut.

Tabel 8.2 Titik Didih dan Titik Lelah Senyawa Benzena

No	Nama	Struktur	Titik Didih (°C)	Titik Lelah (°C)
1.	benzena		80	5,5
2.	toluena		111	-95
3.	<i>o</i> -xilena		144	-25
4.	<i>m</i> -xilena		139	-48
5.	<i>p</i> -xilena		138	13

Sumber: *Kimia Organik*

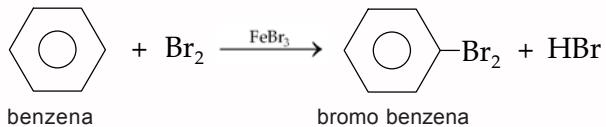
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *p*-xilena mempunyai titik leleh yang lebih tinggi daripada *o*-xilena atau *m*-xilena. Titik leleh yang tinggi merupakan sifat khas benzena substitusi karena pada bentuk *p* isomer lebih simetris dan dapat membentuk kisi kristal yang lebih teratur dan lebih kuat daripada bentuk orto atau meta.

## 2. Sifat Kimia

Benzena tidak dapat mengalami reaksi adisi, tetapi mengalami reaksi substitusi. Reaksi substitusi yang terjadi adalah seperti berikut.

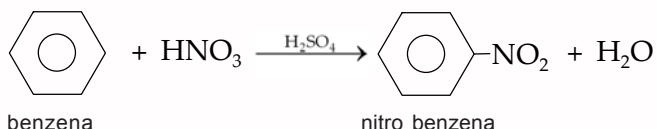
### a. Halogenasi

Halogenasi ini dicirikan oleh brominasi benzena dengan katalis  $\text{FeBr}_3$ . Peranan katalis ini adalah membelah ikatan Br – Br. Perhatikan reaksi halogenasi pada benzena berikut.



### b. Nitrası

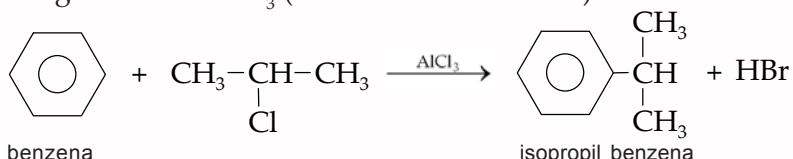
Reaksi nitrası terjadi jika benzena diolah dengan  $\text{HNO}_3$  dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Reaksi yang terjadi adalah seperti berikut.



### c. Alkilasi

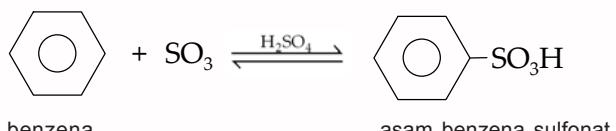
Alkilasi sering disebut juga dengan *Friedel – Crafts*. Reaksi ini menggunakan katalis  $\text{AlCl}_3$ . Reaksi ini dikembangkan oleh ahli kimia Perancis **Charles Friedel** dan **James Crafts**.

Perhatikan reaksi alkilasi 2 kloro propana dengan benzena dengan katalis  $\text{AlCl}_3$  (reaksi Friedel – Crafts).



### d. Sulfurasi

Reaksi sulfurasi suatu benzena dengan asam sulfat berasap menghasilkan asam benzena sulfonat. Perhatikan reaksi sulfurasi berikut.



## D. Senyawa Turunan Benzena dan Kegunaannya

Senyawa turunan benzena banyak manfaatnya, di antara seperti berikut.

### 1. Nitro Benzena ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ )

Nitro benzena adalah zat cair yang berwarna kuning muda dan beracun. Nitro benzena digunakan untuk memberi bau pada sabun dan semir sepatu.



Gambar 8.2 Semir Sepatu Memiliki Bau Khas dari Nitro Benzena

Sumber: Dokumen Penerbit

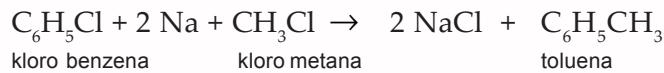
2. Anilin ( $C_6H_4NH_2$ )

Anilin adalah zat cair berupa minyak, tidak berwarna, dan digunakan sebagai bahan untuk membuat zat warna. Anilin juga digunakan untuk membuat obat-obatan dan plastik.

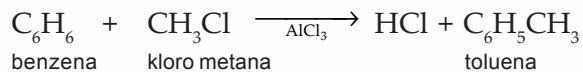
3. Toluena ( $C_6H_5CH_3$ )

Toluena ( $C_6H_5CH_3$ ) sebagai bahan dasar pembuatan zat warna. Toluena dapat dibuat dengan dua metode, yaitu:

- a. Sintesis Fittig dan Wurtz.



- b. Sintesis Friedel dan Crafts.



4. Asam Benzoat ( $C_6H_5COOH$ )

Asam benzoat dapat dibuat menjadi asam salisilat  $C_6H_4(OH)(COOH)$ , sakarin, aspirin, dan natrium benzoat. Natrium benzoat digunakan sebagai pengawet pada bahan makanan, misal selai dan roti.

### Tugas Mandiri

Coba buatlah roti di rumahmu. Bagilah adonan menjadi dua. Tambahkan natrium benzoat pada adonan pertama. Beri label pada masing-masing wadah adonan agar tidak tertukar. Setelah matang, amati keadaan kedua roti tersebut dan makan sebagian dari masing-masing roti tersebut. Apakah terjadi perbedaan tekstur dan rasa dari kedua roti tersebut? Diamkan masing-masing roti yang belum kamu makan di tempat terbuka selama beberapa hari. Amati keadaan kedua roti tersebut setelah tujuh hari. Bagaimana keadaan kedua roti tersebut?

Catatan: pemakaian natrium benzoat sebagai bahan pengawet makanan diizinkan tetapi dosisnya (600 mg/kg) harus sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan pemerintah.

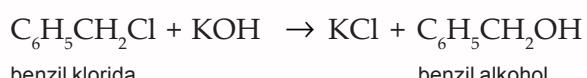
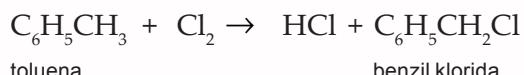
5. Fenol ( $C_6H_5OH$ )

Fenol ( $C_6H_5OH$ ) disebut juga hidroksi benzena. Fenol adalah zat padat putih, hablur mudah larut dalam air, larutannya bersifat asam, tidak bersifat alkohol. Larutan 3% fenol dalam air digunakan sebagai pemusnah hama (air karbon).

Fenol yang dipanaskan dengan formaldehida dan suatu basa, menghasilkan suatu jenis plastik. Fenol direaksikan dengan asam nitrat pekat menghasilkan asam pekat  $C_6H_5OH(NO_2)_3$  yang digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan peledak.

### 6. Benzil Alkohol ( $C_6H_5CH_2OH$ )

Benzil alkohol ( $C_6H_5CH_2OH$ ) disebut juga fenil metanol. Benzil alkohol digunakan sebagai pelarut. Benzil alkohol dibuat dari toluena dan gas klor pada suhu tertentu, selanjutnya hasilnya direaksikan dengan KOH.

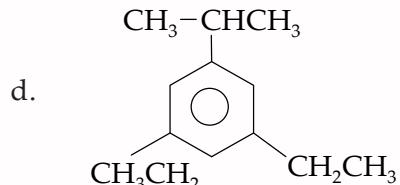
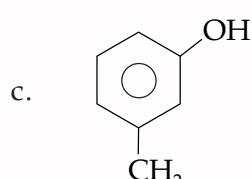
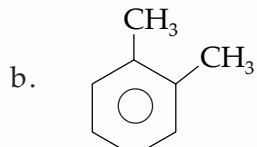
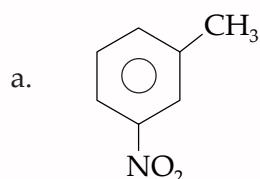


### 7. Benzaldehyd

Benzaldehid ( $C_6H_5COH$ ) atau fenil metanol dibuat dengan mengoksidasi benzil alkohol. Benzaldehid adalah zat cair seperti minyak, tidak berwarna, dan berbau istimewa, digunakan dalam wangi-wangian. Benzaldehid juga digunakan pada industri zat warna dan aroma.

Latihan 8

1. Tuliskanlah rumus struktur senyawa berikut!
    - a. 1,3,5-tribromo benzena
    - b. *m*-kloro toluena
    - c. 2,3-difenil butana
    - d. *p*-kloro fenol
    - e. 2 kloro, 4 nitrotoluena
  2. Berilah nama senyawa berikut.



3. Tuliskan hasil reaksi berikut.

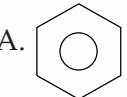
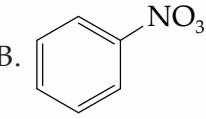
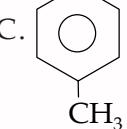
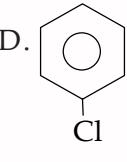
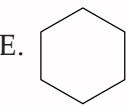
  - Toluen direaksikan dengan gas klorin (katalis Fe).
  - Bromo benzena direaksikan dengan gas klorin.
  - Kloro benzena direaksikan dengan brom.
  - Asam benzena sulfonat direaksikan dengan asam nitrat pekat.

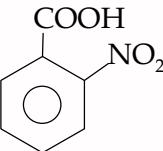
## Rangkuman

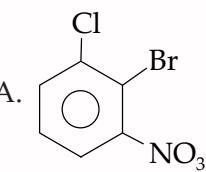
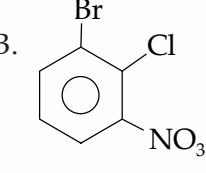
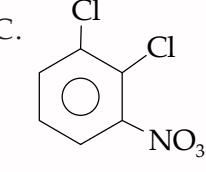
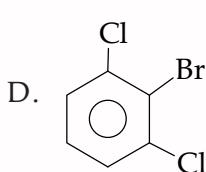
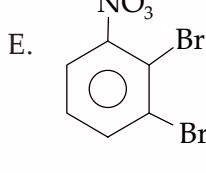
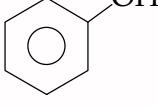
- ✓ Benzena memiliki rumus molekul  $C_6H_6$ . Struktur benzena dapat digambarkan dengan dua cara yaitu struktur kekule dan struktur delokalisasi  $\pi$ .
- ✓ Benzena dirumuskan sebagai struktur segi enam dengan tiga ikatan rangkap yang berkonjungsi dan selalu beresonansi.
- ✓ Tata nama benzena adalah nama substituen + nama benzena. Jika dalam senyawa turunan benzena terdapat dua jenis substituen maka posisi substituen dinyatakan dengan awalan *o* (ortho), *m* (meta), dan *p* (para) atau menggunakan angka dengan urutan prioritas sebagai berikut.
  - COOH, -  $SO_3^-$ , -  $CH_3$ , - CN, - OH, -  $NH_2$ , - R, -  $NO_2$ , - X
- ✓ Benzena memiliki titik didih dan titik leleh yang khas. Titik leleh posisi para lebih tinggi daripada posisi orto dan meta.
- ✓ Benzena tidak mengalami adisi, tetapi mengalami substitusi yaitu:
  - a. halogenasi yaitu substitusi halogen,
  - b. nitrasi yaitu substitusi  $NO_2$ ,
  - c. sulfunasi yaitu substitusi  $SO_3^-$ ,
  - d. alkilasi yaitu substitusi dengan alkil R.
- ✓ Kegunaan dari benzena dan turunannya, antara lain:
  - a. Benzena digunakan sebagai pelarut berbagai jenis zat dan bahan dasar.
  - b. Fenol ( $C_6H_5OH$ ) dikenal sebagai asam karbol untuk disinfektan.
  - c. Toluken digunakan untuk pembuatan bahan peledak TNT.
  - d. Anilin digunakan untuk bahan dasar zat pewarnaan tekstil.
  - e. Natrium benzoat untuk pengawet berbagai makanan olahan.

## Latih Kemampuan VIII

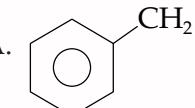
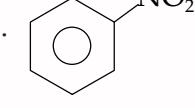
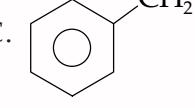
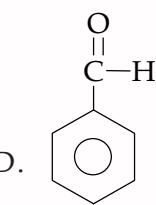
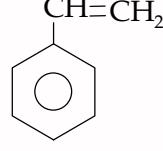
### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Di bawah ini adalah senyawa aromatik, *kecuali* ....
  - A. 
  - B. 
  - C. 
  - D. 
  - E. 
2. Sifat berikut yang bukan merupakan sifat benzena adalah ....
  - A. tidak berwarna
  - B. titik didih  $80^\circ C$
  - C. lebih stabil dari heksena
  - D. dapat mengadili hidrogen
  - E. dapat mengalami isomeri
3. Senyawa di bawah ini tergolong aromatik, *kecuali* ....
  - A. benzaldehid
  - B. fenol
  - C. toluena
  - D. anilina
  - E. sikloheksana

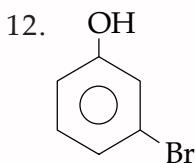
4.  Nama senyawa di samping adalah ....
- A. asam orto nitro benzoat
  - B. asam meta nitro benzoat
  - C. asam 4-nitro benzoat
  - D. asam 3-nitro benzoat
  - E. orto nitro benzoat
5. Suatu senyawa benzena yang digunakan untuk bahan detergen adalah ....
- A. benzena
  - B. fenol
  - C. anilina
  - D. asam benzoat
  - E. asam benzena sulfonat
6. Rumus struktur dari 2 bromo, 1 kloro, 3 nitro benzena adalah ....

- A. 
- B. 
- C. 
- D. 
- E. 
7.  Fungsi senyawa benzena di samping adalah ....
- A. pelarut dan bahan pembuatan TNT
  - B. sebagai bahan detergen
  - C. sebagai bahan pengawet
  - D. sebagai zat antiseptik
  - E. sebagai pembuatan polimer

8. Jika toluena direaksikan dengan  $\text{HNO}_3$ , hasilnya adalah ....
- A. 1,3,5-trimetil benzena
  - B. 1,2,4-trimetil benzena
  - C. 2,4,6-trinitro toluena
  - D. benzaldehid
  - E. benzoat
9. Suatu senyawa benzena, memerahkan kertas lakmus, bereaksi dengan  $\text{NaOH}$  membentuk Na Fenolat. Senyawa tersebut adalah ....
- A. benzaldehid
  - B. toluena
  - C. stirena
  - D. fenol
  - E. alkohol
10. Senyawa benzena yang digunakan sebagai zat pengawet dan bahan baku pembuatan parfum adalah ....

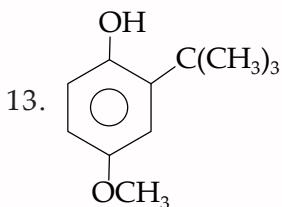
- A. 
- B. 
- C. 
- D. 
- E. 

11. Reaksi anilin dengan asam nitrat akan menghasilkan garam diazanium, proses ini disebut ....
- A. alkilasi
  - B. diazatisasi
  - C. nitrasi
  - D. halogenasi
  - E. adisi



Nama senyawa di atas adalah ....

- A. para bromo fenol
- B. orto bromo fenol
- C. meta bromo fenol
- D. orto bromo benzol
- E. orto bromo benzil alkohol

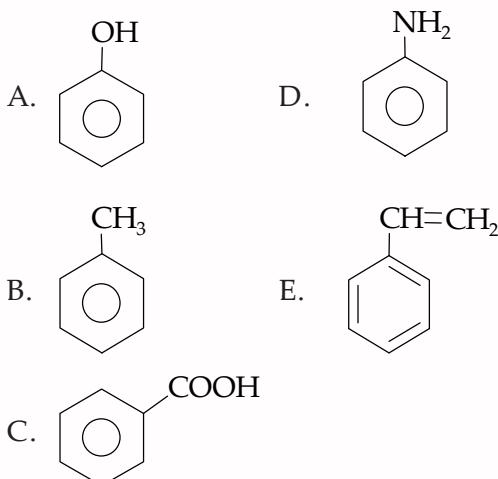


Zat aditif dengan rumus struktur seperti di samping sering ditambahkan dalam makanan.

Adapun fungsi senyawa tersebut adalah ....

- A. pengawet
- B. pewarna
- C. pemanis
- D. antioksidan
- E. sekuestran

14. Anilina merupakan salah satu bahan pewarna sintetis, berasal dari turunan benzena. Rumus struktur anilina adalah ....

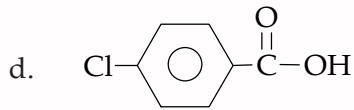
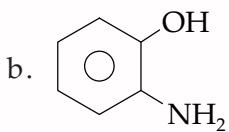
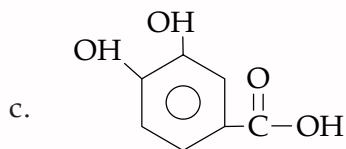
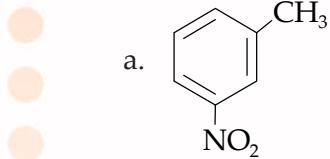


15. Trinitro toluena adalah salah satu turunan benzena yang digunakan untuk ....

- A. bahan pembuatan detergen
- B. bahan antioksidan
- C. bahan penyedap
- D. bahan pengawet
- E. bahan peledak

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Sebutkan sifat-sifat benzena!
2. Jelaskan kegunaan dari:
  - a. toluen,
  - b. stirena,
  - c. anilin,
  - d. benzaldehid.
3. Jelaskan perbedaan sifat antara fenol dan alkanol!
4. Apakah nama senyawa berikut:



5. Bagaimana isomer dari trimetil benzena?

# BAB IX

## Makromolekul

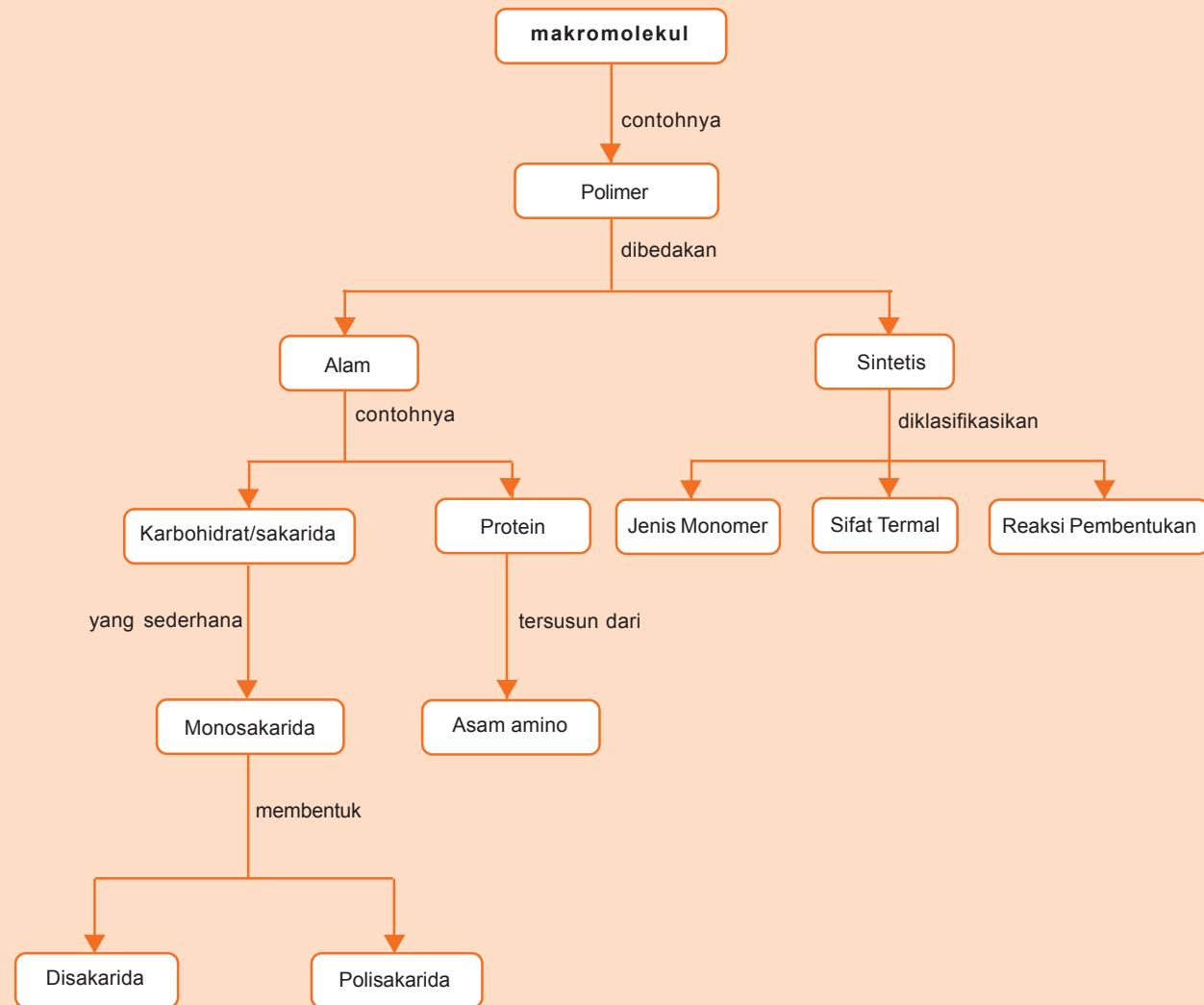


Sumber: Microsoft Student, 2006

Pernahkah kamu memancing ikan? Tali yang digunakan untuk memancing terbuat dari nilon. Nilon tergolong suatu polimer sintetis. Polimer merupakan suatu makromolekul yang mempunyai struktur yang teratur dan karakteristik. Polimer ini dibedakan atas polimer alam dan sintetis. Apa saja yang tergolong polimer alami dan polimer sintetis? Bagaimana struktur dan kegunaan makromolekul itu?



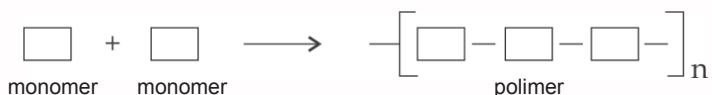
# Peta Konsep



Kata kunci : polimer, monosakarida, disakarida, polisakarida, asam amino, protein

**M**akromolekul didefinisikan sebagai molekul yang sangat besar dengan ukuran  $10 - 10.000 \text{ \AA}^{\circ}$ , yang terbentuk dari ratusan bahkan ribuan atom. Sebagian makromolekul mempunyai struktur yang teratur dan karakteristik, tersusun dari unit-unit terkecil yang berulang. Makromolekul ini dinamakan polimer dengan unit-unit terkecilnya dinamakan monomer.

Pembentukan polimer dari monomer-monomernya dapat digambarkan seperti berikut.

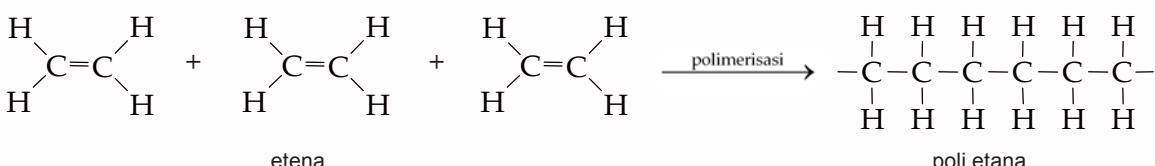


Polimer berdasarkan asalnya dibedakan menjadi polimer sintetis dan polimer alam. Marilah kita pelajari lebih lanjut polimer sintetis dan polimer alam agar lebih jelas.

## A. Polimer Sintetis

Tahukah kamu polimer sintetis? Polimer sintetis merupakan hasil sintesis senyawa-senyawa organik di mana molekul-molekul yang berupa monomer bergabung membentuk rantai panjang melalui ikatan kovalen.

**Contoh:**



Pada contoh di atas monomer-monomer etena bereaksi polimerisasi membentuk polietena. Bagaimana klasifikasi polimer sintetis ini? Dan apakah kegunaannya?

### 1. Klasifikasi Polimer Sintetis

Polimer diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok antara lain berdasarkan jenis monomernya, sifat termal, dan reaksi pembentukannya.

a. Berdasarkan Jenis Monomernya

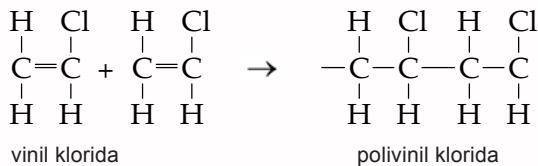
Berdasarkan jenis monomernya, polimer sintetis dibedakan atas homopolimer dan kopolimer.

#### 1) Homopolimer

Homopolimer merupakan polimer yang terdiri dari satu macam monomer, dengan struktur polimer seperti berikut.

... - A - A - A - A - A - A ... .

## Contoh

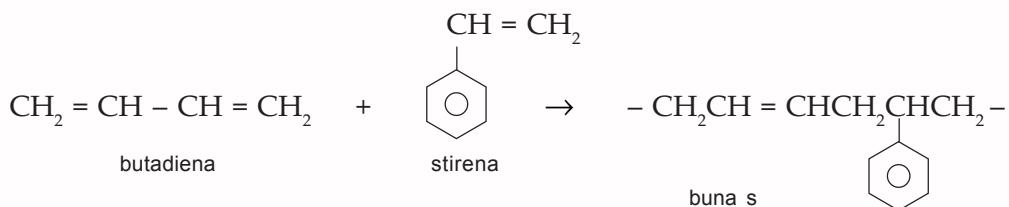


## 2) Kopolimer

Kopolimer merupakan polimer yang tersusun dari dua macam atau lebih monomer.

## Contoh

Polimer Buna S tersusun atas monomer butadiena dan stirena.



Berdasarkan susunan dari monomer-monomernya, kopolimer dibedakan sebagai berikut.

- a) Kopolimer acak, yaitu kopolimer yang mempunyai sejumlah satuan berulang yang berbeda, tersusun secara acak dalam rantai polimer.

### Strukturnya:

$$\dots = A - B - A - A - B - B - A - A - \dots$$

- b) Kopolimer bergantian, yaitu kopolimer yang mempunyai beberapa satuan ulang yang berbeda dan berselang-seling dalam rantai polimer.

### Strukturnye:

- A - B - A - B - A - B - A - B -

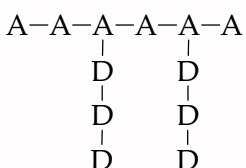
- c) Kopolimer balok (blok), yaitu kopolimer yang mempunyai suatu kesatuan berulang berselang-seling dengan kesatuan berulang lainnya dalam rantai polimer.

Strukturnya:

... - A - A - A - A - B - B - B - B - A - A - A - A - ...

- d) Kopolimer tempel/grafit, yaitu kopolimer yang mempunyai satu macam kesatuan berulang yang menempel pada polimer tulang punggung lurus yang mengandung hanya satu macam kesatuan berulang dari satu jenis monomer.

Strukturnya:



## b. Polimer Berdasarkan Sifat Termalnya

Berdasarkan sifat termalnya, polimer dibedakan menjadi dua, yaitu termoplas dan termoset. Bagaimana sifat termoplas dan termoset itu? Coba kamu perhatikan plastik.

Plastik adalah salah satu bentuk polimer yang sangat berguna dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa plastik memiliki sifat-sifat khusus, antara lain lebih mudah larut pada pelarut yang sesuai, pada suhu tinggi akan lunak tetapi akan mengeras kembali jika dinginkan dan struktur molekulnya linier atau bercabang tanpa ikatan silang antarrantai. Proses melunak dan mengeras ini dapat terjadi berulang kali. Sifat ini dijelaskan sebagai sifat *termoplas*.

Bahan-bahan yang bersifat termoplastik mudah untuk diolah kembali karena setiap kali dipanaskan, bahan-bahan tersebut dapat dituangkan ke dalam cetakan yang berbeda untuk membuat produk plastik yang baru. Contoh jenis polimer ini adalah polietilen (PE) dan polivinilklorida (PVC).

Adapun beberapa plastik lainnya mempunyai sifat tidak dapat larut dalam pelarut apapun, tidak meleleh jika dipanaskan, lebih tahan terhadap asam dan basa, jika dipanaskan akan rusak dan tidak dapat kembali seperti semula, dan struktur molekulnya mempunyai ikatan silang antarrantai. Polimer seperti ini disusun secara permanen dalam bentuk pertama kali mereka dicetak, polimer demikian disebut *polimer termosetting*.

Plastik-plastik *termosetting* biasanya bersifat keras karena mereka mempunyai ikatan-ikatan silang. Plastik *termoset* menjadi lebih keras ketika dipanaskan karena panas itu menyebabkan ikatan-ikatan silang lebih mudah terbentuk. Bakelit, polimelanin formaldehid dan poliurea formaldehid adalah contoh polimer ini. Sekalipun polimer-polimer *termosetting* lebih sulit untuk dipakai ulang daripada termoplastik, namun polimer tersebut lebih tahan lama. Polimer ini banyak digunakan untuk membuat alat-alat rumah tangga yang tahan panas seperti cangkir dan gelas. Perbedaan sifat-sifat polimer termoplas dan termoset disimpulkan pada Tabel 9. 1.

Tabel 9.1 Perbedaan Sifat Plastik Termoplas dan Plastik Termoset

Polimer Termoplas	Polimer Termoset
<ul style="list-style-type: none"><li>- Mudah direnggangkan</li><li>- Fleksibel</li><li>- Melunak jika dipanaskan</li><li>- Titik leleh rendah</li><li>- Dapat dibentuk ulang</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Keras dan rigid</li><li>- Tidak fleksibel</li><li>- Mengeras jika dipanaskan</li><li>- Tidak meleleh jika dipanaskan</li><li>- Tidak dapat dibentuk ulang</li></ul>

Sumber: *Kimia Organik*

## c. Polimer Berdasarkan Reaksi Pembentukannya

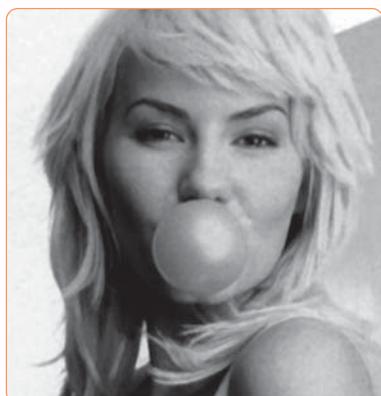
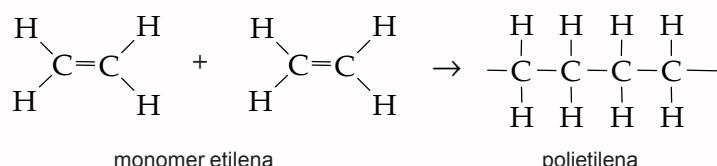
Polimerisasi merupakan reaksi kimia di mana monomer-monomer bereaksi membentuk rantai yang besar.

Berdasarkan reaksi pembentukannya, polimerisasi dibedakan atas *polimerisasi adisi* dan *polimerisasi kondensasi*. Suatu polimer adisi memiliki atom yang sama seperti monomer dalam unit ulangnya, sedangkan polimer kondensasi mengandung atom-atom yang lebih sedikit karena terbentuk produk samping selama berlangsungnya proses polimerisasi.

### 1) Polimer Adisi

Contoh polimer adisi adalah teflon yang terbentuk dari monomer-monomernya tetrafluoroetilen. Contoh lain adalah monomer etilena mengalami reaksi adisi membentuk polietilena yang digunakan sebagai tas plastik, pembungkus makanan, dan botol.

Perhatikan reaksi polimerisasi adisi berikut.



**Gambar 9.1** Polivinilasetat  
Digunakan dalam  
Pembuatan Permen  
Karet

Karet

Monomer-monomer yang mengandung ikatan rangkap dua saling bergabung membentuk rantai panjang. Produk yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi adisi mengandung semua atom dari monomer awal. Jadi *polimer adisi* adalah polimer yang terbentuk dari reaksi polimerisasi disertai dengan pemutusan ikatan rangkap diikuti oleh adisi dari monomer-monomernya yang membentuk ikatan tunggal. Dalam reaksi ini tidak disertai terbentuknya molekul-molekul kecil seperti  $\text{H}_2\text{O}$  atau  $\text{NH}_3$ .

Contoh lain dari polimer adisi adalah permen karet yang dibentuk dari monomer vinil asetat.

Pada reaksi polimerisasi adisi, umumnya melibatkan reaksi rantai. Mekanisme polimerisasi adisi dapat dibagi menjadi tiga tahap yaitu:

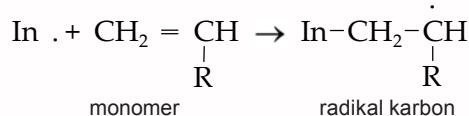
Tahap inisiasi : yaitu tahap pembentukan pusat-pusat aktif

Tahap propagasi : yaitu tahap pembentukan rantai melalui adisi monomer secara kontinu.

Tahap terminasi : yaitu tahap deaktivasi pusat aktif.

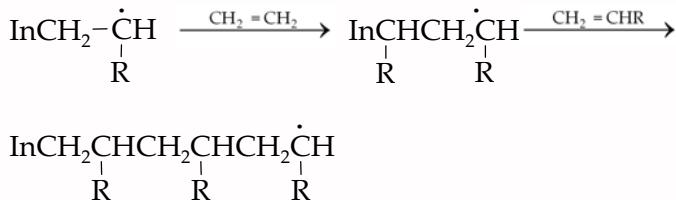
Perhatikan mekanisme polimerisasi adisi pada pembentukan polyetilena berikut

a) Inisiasi



Pada langkah inisiasi, inisiator biasanya mengadisi karbon yang paling kurang tersubstitusi dari monomer yaitu gugus  $\text{CH}_2$ .

b) Propagasi

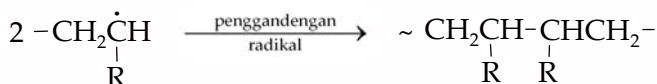


Pada tahap propagasi rantai dapat terjadi dengan cara yang sama seperti inisiasi, sehingga unit monomer terhubung secara kepala ke ekor dengan substituen pada atom karbon yang berseling.

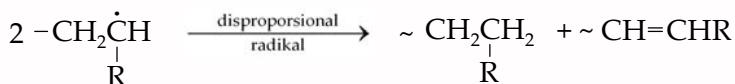
Propagasi rantai dapat berlanjut dari beberapa ratus sampai beberapa ribu monomer terhubung. Di mana pada tahap ini dipengaruhi faktor yang sama yaitu suhu, tekanan, pelarut, dan konsentrasi monomer.

c) Tahap terminasi (penamatian)

Pada tahap terminasi terjadi dua reaksi penamatian rantai yang umum yaitu penggandengan radikal dan disproporsional radikal dengan reaksi seperti berikut.



Adapun pada disporporsional adalah sebagai berikut.

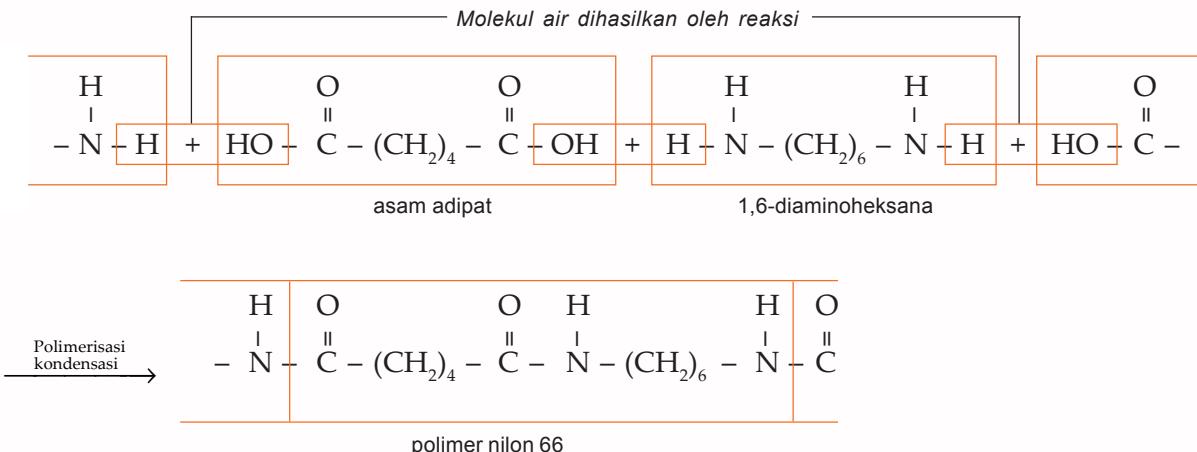


Pada reaksi terminasi, radikal dimusnahkan dan tidak ada radikal baru yang muncul.

2) Polimer Kondensasi

Polimer kondensasi terjadi dari reaksi antara gugus fungsi pada monomer yang sama atau monomer yang berbeda. Pada polimerisasi kondensasi kadang-kadang disertai dengan terbentuknya molekul kecil seperti  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , atau  $\text{HCl}$ . Pada reaksi kondensasi ini, monomer-monomer bereaksi secara eliminasi untuk membentuk rantai. Pada reaksi semacam ini, tiap monomer harus mempunyai dua gugus fungsional.

Pada polimerisasi kondensasi, suatu atom hidrogen dari satu ujung monomer bergabung dengan gugus  $-\text{OH}$  dari ujung monomer yang lainnya untuk membentuk air. Contoh reaksi polimerisasi kondensasi adalah pembuatan nilon dari monomer yang berbeda yaitu 1,6-diaminoheksana dan asam adipat. Perhatikan reaksi berikut.



Nilon diberi nama menurut jumlah atom karbon pada setiap unit monomer. Oleh karena terdapat enam atom karbon di setiap monomer, maka jenis nilon ini disebut nilon 66.

Contoh lain polimerisasi kondensasi adalah dacron, yang digunakan sebagai pakaian dan karpet; pendukung pada tape-audio dan video tape; dan kantong plastik.

Monomer yang dapat mengalami reaksi polimerisasi secara kondensasi adalah monomer-monomer yang mempunyai gugus fungsi seperti gugus  $-\text{OH}$ ;  $-\text{COOH}$ ; dan  $\text{NH}_3^+$ .

Untuk mengetahui jenis-jenis polimer pada suatu kain ikutilah percobaan berikut.

## Kegiatan 9.1

### Uji Polimer Kain

#### A. Tujuan

Mengklasifikasikan polimer-polimer kain dengan uji nyala, dan uji kimia.

#### B. Alat dan Bahan

- 7 jenis sampel kain yang berbeda dengan ukuran  $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$   
(A sampai G)
- Pembakar bunsen
- Tabung reaksi dan rak tabung reaksi
- Neraca
- Kaca arloji
- Kertas laksus merah
- Pengaduk kaca
- Gelas kimia 100 mL
- Pipet volume 10 mL
- Gelas ukur 25 mL
- Gunting tang
- Penjepit tabung reaksi
- Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\text{BaCl}_2$  1 M;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat; larutan iodin;  $\text{CuSO}_4$  0,05M; NaOH 3M; dan aseton

#### C. Cara Kerja

##### *Uji nyala*

1. Gunakan gunting tang untuk memegang sepotong kain A di atas nyala api selama 2 detik.

- Jauhkan kain dari nyala, dan matikan nyala api tersebut setelah kain terbakar sedikit.
- Amati bau melalui hembusan asap dari kain yang terbakar dekat hidungmu. Pastikan kain tidak terbakar lebih lama dengan mencelupkannya ke dalam gelas kimia yang berisi air.
- Catat pengamatanmu dalam tabel, meliputi cara kain terbakar di atas nyala api, bau yang ditimbulkan, dan karakteristik residu yang tertinggal setelah terbakar.
- Ulangi langkah 1 hingga 4 untuk sampel kain B - G
- Gunakan tabel berikut untuk membantumu identifikasi awal terhadap sampel kain.

Jenis Polimer	Jenis Pembakaran	Bau Pembakaran	Jenis Residu
Sutra dan Wool	Terbakar dan hangus	Rambut	Butiran yang dapat diremukkan
Cotton	Terbakar dan hangus	Kertas	Abu
Nilon, poliester, asetat atau akrilat	Terbakar dan hangus	Bahan kimia	Butiran plastik

### *Uji Kimia*

- Uji nitrogen.

Masukkan sepotong kain ke dalam tabung reaksi dan tambahkan 1 gram  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Dengan menggunakan penjepit tabung, panaskan tabung tersebut sambil memegang sepotong kertas laksam merah dengan gunting tang di atas mulut tabung. Jika kertas laksam berubah warna biru, berarti ada unsur nitrogen. Jenis kain yang mengandung unsur nitrogen hanya kain sutra, wool, nilon, dan akrilat.

- Uji sulfur.

Celupkan sepotong kain ke dalam 10 mL  $\text{NaOH}$  3 M di dalam tabung reaksi, dan panaskan dengan hati-hati hingga mendidih. Dinginkan larutan tersebut, tambahkan 30 tetes larutan  $\text{BaCl}_2$  dan amati apakah terbentuk endapan atau tidak. Jenis kain mengandung sulfur hanya wool sehingga memberikan endapan barium sulfida.

- Uji selulosa.

Masukkan sepotong kain ke dalam gelas kimia, tambahkan kira-kira 2 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Selanjutnya dengan hati-hati tuangkan isinya ke dalam gelas kimia lain yang mengandung 10 tetes larutan iodin dalam 25 mL air. Kain cotton memberikan warna biru tua selama 1 hingga 2 menit dan kain asetat memberikan warna selama 1 hingga 2 jam (perhatian : pegang gelas kimia yang mengandung asam sulfat dengan hati-hati).

- Uji protein.

Masukkan sepotong kain di atas kaca arloji, dan tambahkan 10 tetes  $\text{CuSO}_4$  0,05 M. Tunggu selama 5 menit, kemudian masukkan kain tersebut dengan gunting tang ke dalam larutan  $\text{NaOH}$  3 M di dalam tabung reaksi selama 5 detik. Jika uji protein positif maka akan terbentuk warna violet tua di atas kain-kain tersebut. Kain sutra dan wool merupakan polimer protein.

5. Uji asam formiat.

Masukkan sedikit kain ke dalam tabung reaksi. Lakukan uji dalam lemari asam dengan menambahkan 1 mL asam formiat dalam tabung dan mengaduk dengan pengaduk. Amati, apakah kain tersebut larut dalam larutan asam formiat atau tidak. Kain sutra, asetat dan nilon larut dalam asam formiat.

6. Uji aseton.

Masukkan sepotong kain ke dalam 1 mL aseton di dalam tabung reaksi, aduk dengan batang pengaduk. Amati, apakah kain itu larut atau tidak. Hanya kain asetat yang larut dalam aseton. (Perhatian: hati-hati dalam melakukan uji ini selama masih ada nyala).

#### D. Hasil Percobaan

##### *Uji Nyala*

Sampel	Jenis Pembakaran	Bau Pembakaran	Jenis Residu
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			

##### *Uji Kimia*

Sampel	Nitrogen	Sulfur	Selulosa	Protein	Asam Formiat	Aseton
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						

#### E. Analisa Data

1. Bagaimana kesimpulan mengenai cara terbakarnya polimer dan polimer sintetis alam?
2. Mengapa dalam uji sulfur perlu ditambahkan NaOH dan dipanaskan sebelum penambahan  $\text{BaCl}_2$ ?
3. Berdasarkan data yang kamu peroleh dari uji nyala dan uji kimia, tentukan jenis kain yang digunakan dalam percobaan ini!

## 2. Kegunaan Polimer Sintetis dalam Kehidupan Sehari-hari

Perkembangan industri polimer di Indonesia masih tertinggal jauh dari negara-negara lainnya. Adapun kegunaan polimer sebenarnya sangat luas. Oleh karena itu, tugasmu adalah memajukan penelitian untuk kemajuan industri polimer di Indonesia.

Salah satu contoh polimer sintetis adalah plastik. Plastik merupakan polimer yang dapat dicetak menjadi berbagai bentuk yang berbeda.

Jenis plastik dan penggunaannya sangat luas. Plastik yang banyak digunakan berupa lempeng, lembaran dan film. Ditinjau dari penggunaannya plastik digolongkan menjadi dua yaitu plastik untuk keperluan umum dan plastik untuk bahan konstruksi (*engineering plastics*).

Plastik mempunyai berbagai sifat yang menguntungkan, diantaranya:

- a. Umumnya kuat namun ringan;
- b. Secara kimia stabil (tidak bereaksi dengan udara, air, asam, alkali dan berbagai zat kimia lain);
- c. Merupakan isolator listrik yang baik;
- d. Mudah dibentuk, khususnya dengan dipanaskan;
- e. Biasanya transparan dan jernih;
- f. Dapat diwarnai;
- g. Fleksibel/plastis;
- h. Dapat dijahit;
- i. Harganya relatif murah.

Beberapa contoh plastik yang banyak digunakan antara lain polietilena, polivinil klorida, polipropilena, polistirena, polimetil pentena, dan politetrafluoroetilena atau teflon.

### a. Polietilena

Polietilena adalah bahan termoplastik yang kuat. Ada dua jenis polietilena yaitu polietilena densitas rendah (*low-density polyethylene/LDPE*) dan polietilena densitas tinggi (*high-density polyethylene/HDPE*). Polietilena densitas rendah relatif lemas dan kuat, digunakan antara lain untuk pembuatan kantong kemas, tas, botol, dan industri bangunan.

Polietilena densitas tinggi sifatnya lebih keras, kurang transparan dan tahan panas sampai suhu 100° C. Campuran polietilena densitas rendah dan polietilena densitas tinggi dapat digunakan sebagai bahan pengganti karet, dan mainan anak-anak.

### b. Polipropilena

Polipropilena mempunyai sifat sangat kaku, berat jenis rendah, tahan terhadap bahan kimia, asam, basa, tahan terhadap panas, dan tidak mudah retak. Plastik polipropilena digunakan untuk membuat alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, komponen mobil, pembungkus tekstil, botol, permadani, tali plastik, serta bahan pembuat karung.

c. Polistirena

Polistirena adalah jenis plastik termoplast yang termurah dan paling berguna serta bersifat jernih, keras, halus, mengilap, dapat diperoleh dalam berbagai warna, dan secara kimia tidak reaktif. Busa polistirena digunakan untuk membuat gelas dan kotak tempat makanan, polistirena juga dibuat untuk peralatan medis, mainan, alat olahraga, dan sikat gigi.

d. Polivinil Klorida (PVC)

Plastik jenis ini mempunyai sifat keras, kuat, tahan terhadap bahan kimia dan dapat diperoleh dalam berbagai warna. Banyak barang yang dahulu dibuat dari karet sekarang dibuat dari PVC. Penggunaan PVC terutama untuk membuat jas hujan, kantong kemas, isolator kabel listrik, ubin lantai, piringan hitam, fiber, kulit imitasi untuk dompet, dan pembalut kabel.

e. Politetrafluoroetilena (Teflon)

Teflon memiliki daya tahan kimia dan daya tahan panas yang tinggi (sampai 260 °C). Keistimewaan teflon adalah sifatnya yang licin sehingga bahan lain tidak melekat padanya. Teflon biasanya digunakan untuk penggorengan sehingga bahan makanan yang digoreng tidak lengket.

f. Polimetil pentena (PMP)

Plastik polimetil pentena adalah plastik yang ringan dan melebur pada suhu 240 °C. Barang yang terbuat dari PMP tidak berubah bentuknya bila dipanaskan hingga 200 °C dan daya tahannya terhadap benturan lebih tinggi daripada barang yang dibuat dari polistirena.

Bahan ini tahan terhadap zat-zat kimia yang korosif dan tahan terhadap pelarut organik, kecuali pelarut organik yang mengandung klor, misalnya kloroform dan karbon tetraklorida. PMP cocok untuk membuat alat-alat laboratorium dan kedokteran yang tahan panas dan tekanan, tanpa mengalami perubahan. Barang-barang dari bahan ini bersifat tahan lama.

### Latihan 9.1

1. Jelaskan yang dimaksud dengan polimer!
2. Uraikan klasifikasi polimer berdasarkan jenis monomer, sifat termal dan reaksi pembentukannya!
3. Jelaskan perbedaan polimer alam dan polimer sintetis! Berikan masing-masing lima contoh!
4. Jelaskan dengan contoh tahap-tahap reaksi adisi!
5. Jelaskan proses pembuatan karet sintetis! Informasi dapat kamu peroleh dari literatur lain atau melalui internet.

## B. Polimer Alam

Polimer alam terjadi secara alamiah. Contohnya amilum, selulosa, karet, wol, karbohidrat dan protein. Mari kita pelajari beberapa polimer alam berikut ini.

### 1. Karet

Karet alam merupakan polimer adisi alam yang paling penting. Karet disadap dari pohon karet dalam bentuk suspensi di dalam air yang disebut lateks. Karet banyak dikembangkan di Pulau Jawa dan Sumatra. Karet alam adalah polimer isoprena. Lateks atau karet alam bersifat lunak atau lembek dan lengket jika dipanaskan. Kekuatan rantai dalam elastomer (karet) terbatas, akibat adanya struktur jaringan, tetapi energi kohesi harus rendah untuk memungkinkan peregangan. Contoh elastomer lain yang banyak digunakan adalah polivinil klorida, dan polimer stirena-butadiena-stirena (SBS).

### 2. Karbohidrat

Nasi, jagung, sagu, ataupun roti mengandung karbohidrat. Karbohidrat adalah golongan senyawa organik yang terjadi secara alamiah dan berjumlah terbanyak. Potensi karbohidrat di wilayah Indonesia tersebar hampir merata. Hal ini karena iklim Indonesia yang cocok untuk tanaman penghasil karbohidrat. Misal padi banyak dihasilkan di Pulau Jawa, Propinsi Riau, Sumatra Utara, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Jagung dihasilkan di Propinsi Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, Maluku, Daerah Istimewa Jogjakarta, dan Pulau Jawa. Adapun sagu dihasilkan di Propinsi Sulawesi Selatan, Papua, Maluku, dan Riau.

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama bagi hampir seluruh penduduk dunia. Karbohidrat dalam tubuh manusia dapat dibentuk dari beberapa asam amino dan sebagian dari gliserol dan lemak. Akan tetapi sebagian besar karbohidrat diperoleh dari bahan makanan yang dimakan sehari-hari, terutama bahan makanan yang berasal dari tumbuhan-tumbuhan. Istilah karbohidrat diciptakan oleh ahli kimia Perancis pada abad ke-19, dengan memperhatikan bahwa senyawa karbon ini terdiri dari hidrogen dan oksigen. Senyawa ini dijuluki *hydrates de carbon* atau karbohidrat. Karbohidrat disebut juga dengan sakarida. Karbohidrat yang paling sederhana adalah gula. Gula yang paling sederhana adalah monosakarida. Gula yang tersusun dari dua unit sakarida dinamakan disakarida. Adapun karbohidrat kompleks yang terdiri atas banyak unit mono-sakarida disebut *polisakarida*.

#### a. Monosakarida

Monosakarida ialah karbohidrat yang paling sederhana yaitu karbohidrat yang tidak dapat diuraikan atau dihidrolisis menjadi karbohidrat lain.



Gambar 9.2 Polimer Isoprena dalam Karet Alam.

Sumber: *Indonesia Heritage, 2002*



**Tabel 9.2** Monosakarida Berdasarkan Jumlah Atom Karbon

Jumlah C	Nama	Rumus
3	Triosa	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>
4	Tetrosa	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>
5	Pentosa	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>
6	Heksosa	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>

1) Penggolongan Monosakarida

Monosakarida dapat digolongkan berdasarkan berikut.

a) Jumlah Atom Karbon

Berdasarkan jumlah atom karbon (C), monosakarida dibedakan seperti dalam tabel berikut. Perhatikan juga nama monosakarida-monosakarida tersebut.

b) Gugus Karbonil atau Gugus Keton yang Terikat

Monosakarida yang mengandung satu gugus aldehida disebut *aldosa* sedangkan monosakarida yang mengandung satu gugus keton disebut *ketosa*.

Tata nama monosakarida ini sama dengan penamaan monosakarida berdasarkan jumlah atom karbonnya, hanya ditambahkan awalan *aldosa* (mengandung aldehida) dan *keto* (mengandung keton). Contohnya adalah heksosa yang mengandung aldehida dinamakan *aldoheksosa* dan yang mengandung keton dinamakan *ketoheksosa*.

Contoh monosakarida yang mengandung aldehida yaitu glukosa (*aldoheksosa*). Adapun contoh monosakarida yang mengandung keton adalah fruktosa (*ketoheksosa*).

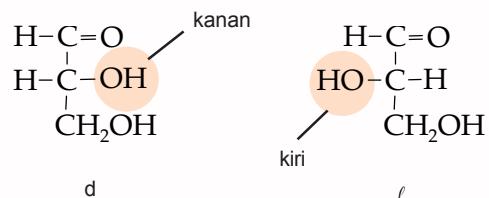
2) Struktur Monosakarida dan Penamaannya

Ada beberapa cara menuliskan rumus bangun dari monosakarida, antara lain seperti berikut.

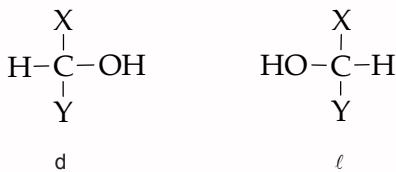
a) Rumus Fischer (*Fischer Projection Formula*)

Dalam rumus Fischer digunakan istilah dekstro (d) dan levo (l). Biasanya huruf d atau l ditulis di depan nama gula sederhana. Bentuk l merupakan bayangan cermin dari bentuk d. Bila gugus hidroksil pada karbon nomor 2 (di tengah) dari sebuah molekul struktur linier gliseraldehida terletak di sebelah kanan, dinamakan d dan bila berada di sebelah kiri, dinamakan l.

Perhatikan contoh berikut.



Secara umum dapat dituliskan seperti berikut.

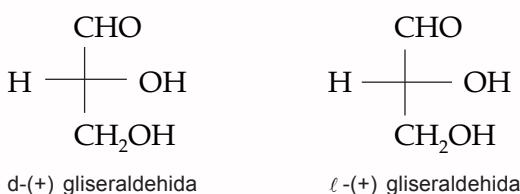


### Contoh

$\begin{array}{c} \text{HC=O} \\   \\ \text{HC-OH} \\   \\ \text{HO-C-H} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{HC=O} \\   \\ \text{HO-C-H} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{OH-C-OH} \\   \\ \text{HO-C-H} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ \text{HO-C-H} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{OH-C-H} \\   \\ \text{HO-C-H} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
d-glukosa	l-glukosa	d-fruktosa	l-fruktosa

Meskipun terdapat bentuk d dan  $\ell$ , tetapi monosakarida-monosakarida yang terdapat di alam pada umumnya berbentuk d, dan jarang sekali dalam bentuk  $\ell$ , kecuali  $\ell$ -fruktosa yang terdapat dalam mukopolisakarida dan mukoprotein. Beberapa pentosa yang secara alam terdapat dalam bentuk  $\ell$  ialah  $\ell$ -arabinosa dan  $\ell$ -xilosa, yang terdapat pada urin penderita pentosuria.

Fischer menggunakan (d) untuk menyatakan konfigurasi (+) gliseraldehida, dengan gugus hidroksil di sebelah kanan; enantiomernya dengan gugus hidroksil di sebelah kiri, ditetapkan sebagai  $\ell$  (-) gliseraldehida. Karbon yang paling teroksidasi (CHO) ditetapkan di bagian atas.



### b) Rumus Proyeksi Howarth

Kimiawan karbohidrat Inggris WN. **Howarth** memperkenalkan cara proyeksi yang dikenal dengan *proyeksi Howarth*. Sudut valensi antara atom karbon bukan  $180^\circ$  tetapi  $109,5^\circ$ . Oleh karena itu, gugus aldehida pada karbon pertama menjadi sangat dekat dengan gugus hidroksil pada atom karbon nomor lima jika rantai dipuntir.

Pada proyeksi ini cincin digambarkan seolah-olah planar dan dipandang dari tepinya, dengan oksigen di kanan-atas. Substituen melekat pada cincin di atas atau di bawah bidang.

Perhatikan cara penulisan Howarth untuk beberapa gula sederhana berikut ini.

Nama	Proyeksi Fischer	Proyeksi Howarth
d-glukosa	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	
d-galaktosa	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	
d-fruktosa	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	



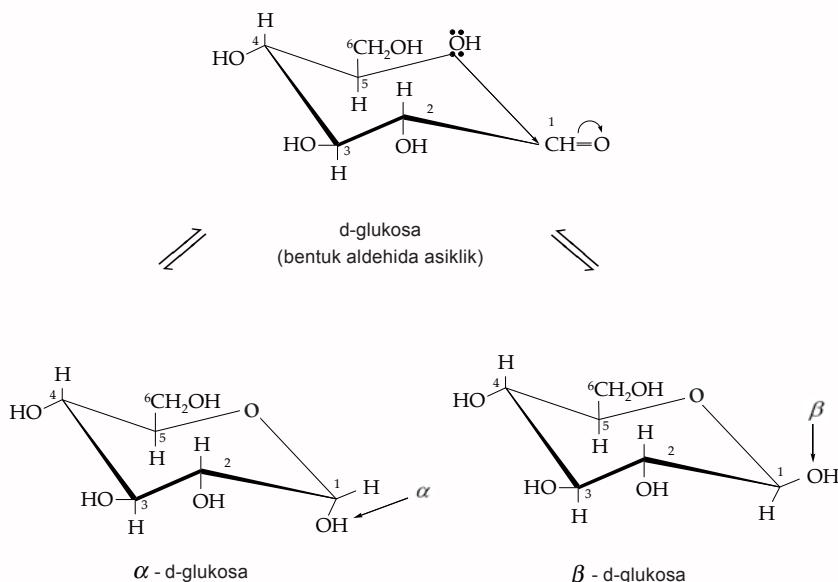
Dalam mengonversi satu jenis rumus proyeksi menjadi proyeksi lain yang perlu diperhatikan bahwa gugus hidroksil di sebelah kanan pada proyeksi Fischer akan terletak di bawah pada proyeksi Howarth dan sebaliknya, gugus hidroksi di sebelah kiri pada proyeksi Fischer akan terletak di atas pada proyeksi Howarth.

c) Sistem Kursi (*Contur Motional Formula*)

Sistem kursi hampir sama dengan proyeksi Howarth. Pada bentuk  $\alpha$ , gugus OH pada atom karbon nomor satu berada di bawah bidang, sedangkan pada bentuk  $\beta$  letak gugus OH di atas bidang.

Perhatikan contoh struktur monosakarida berdasarkan sistem kursi berikut.

### Contoh



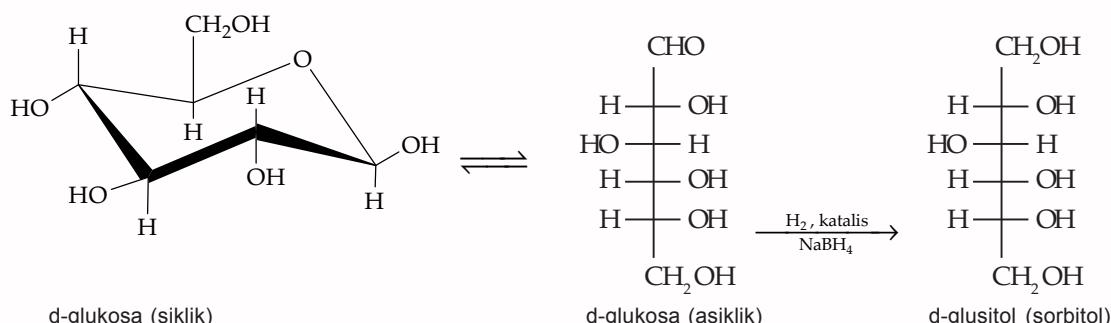
Sifat d-d-g lukosa berbeda dengan  $\beta$ -d-glukosa. Rumus proyeksi Howarth lebih banyak digunakan dari pada cara kursi, karena lebih mudah penulisannya.

### 3) Sifat-Sifat Monosakarida

#### a) Mengalami Reaksi Reduksi

Gugus karbonil dari aldosa dan ketosa dapat direduksi oleh berbagai reagen. Produksinya ialah poliol, yang disebut alditol. Contohnya, hidrogenasi katalitik atau reduksi dengan natrium boronhidrida ( $\text{NaBH}_4$ ) mengonversi d-glukosa menjadi d-glusitol.

### Contoh



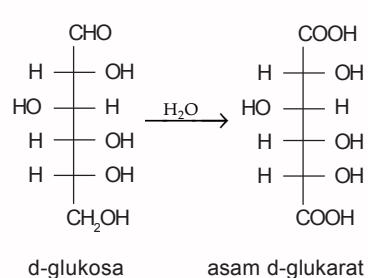
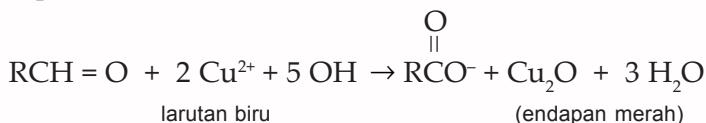
Reaksi yang terjadi adalah reaksi reduksi sejumlah kecil aldehida dalam kesetimbangan dengan hemiasetal siklik. Jika aldehida yang sedikit itu direduksi, keseimbangan bergeser ke kanan, sehingga akhirnya semua gula terkonversi. Sorbitol digunakan secara komersial sebagai pemanis dan pengganti gula.

b) Mengalami Reaksi Oksidasi

Aldosa berada terutama dalam bentuk hemiasetal siklik, tetapi struktur ini juga ada meskipun sedikit dalam bentuk aldehida rantai terbuka. Gugus aldehida ini dapat dengan mudah dioksidasi menjadi asam. Produknya dinamakan asam aldonat (*aldonic acid*). Contohnya, d-glukosa mudah dioksidasi menjadi asam d-glukonat.

Oksidasi aldosa mudah terjadi sehingga senyawa ini bereaksi dengan bahan pengoksidasi ringan seperti reagen Tollens ( $\text{Ag}^+$  dalam larutan amonia berair), reagen Fehling (kompleks  $\text{Cu}^{2+}$  dengan ion tartrat), atau reagen Benedict (kompleks  $\text{Cu}^{2+}$  dengan ion sitrat). Reagen Tollens menghasilkan uji cermin perak, dan reagen Fehling menyebabkan terbentuknya endapan merah dari tembaga oksida ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Karbohidrat yang bereaksi dengan  $\text{Ag}^+$  atau  $\text{Cu}^{2+}$  disebut gula pereduksi (*reducing sugar*) sebab reduksi terhadap logam diiringi dengan oksidasi terhadap gugus aldehida. Reagen ini digunakan di laboratorium untuk menguji keberadaan gula pereduksi.

Reaksi aldosa dengan pereaksi Fehling dituliskan seperti berikut.

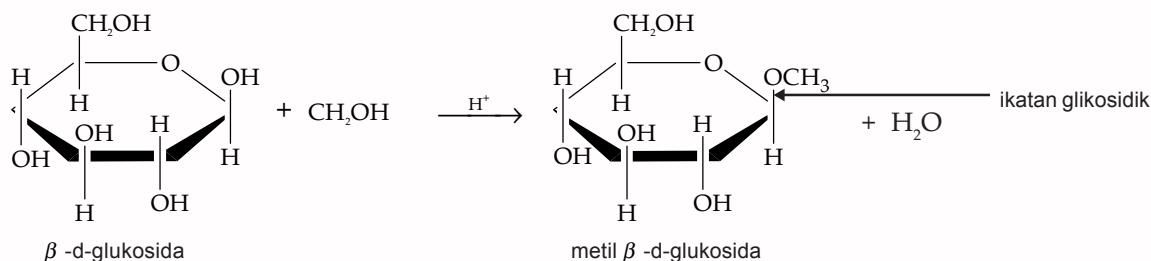


**Gambar 9.3** d-glukosa Dioksidasi Menghasilkan Asam d-glukarat

Bahan pengoksidasi yang lebih kuat, seperti larutan berair asam nitrat, mengoksidasi gugus aldehida, dan gugus alkohol primer menghasilkan asam dikarboksilat yang disebut asam aldarat (*aldaric acid*). Contohnya, d-glukosa menghasilkan asam d-glukonat seperti gambar di samping.

c) Pembentukan Glikosida dari Monosakarida

Oleh karena monosakarida berada sebagai hemiasetal siklik, senyawa ini dapat bereaksi dengan satu ekivalen alkohol membentuk asetal. Contohnya ialah reaksi  $\beta$ -D-glukosa dengan metanol.

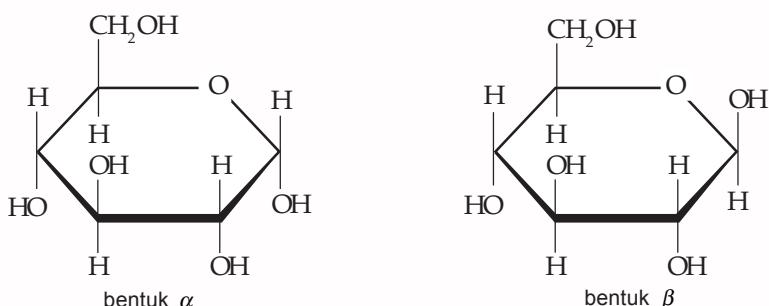


Perhatikan bahwa hanya gugus  $-\text{OH}$  pada karbon anomeric yang digantikan oleh gugus  $-\text{OR}$ . Asetal seperti ini dinamakan glikosida, dan ikatan dari

karbon anomerik dengan gugus-OR dinamakan ikatan glikosidik. Tata nama glikosida berdasarkan nama monosakaridanya dengan mengganti akhiran *-a* dengan akhiran *-ida*.

d) Isomeri pada Monosakarida

Monosakarida mempunyai isomer optis. Contoh (+)glukosa mempunyai isomer  $\alpha$  dan  $\beta$ . Dalam larutan air, konsentrasi  $\alpha$ -glukosa adalah 36% dan  $\beta$ -glukosa adalah 64%. Isomer-isomer tersebut mempunyai sifat fisika dan kimia yang berbeda sehingga dapat dipisahkan.



4) Penggunaan Monosakarida

Berikut beberapa monosakarida dan kegunaannya.

a) Glukosa

Glukosa disebut juga dekstrosa, gula anggur atau gula darah. Glukosa mempunyai peranan yang penting dalam proses biologis. Semua karbohidrat dalam tubuh diubah menjadi glukosa. Glukosa merupakan makanan berenergi yang nantinya dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dalam sel-sel. Semua jaringan tubuh menggunakan glukosa sebagai bahan bakar untuk pertumbuhan dan kegiatan. Glukosa banyak ditemukan dalam buah-buahan masak terutama anggur. Glukosa mempunyai rasa manis tetapi tidak semanis gula tebu. Glukosa dapat difermentasikan oleh ragi menjadi etil alkohol dan karbon dioksida.

b) Galaktosa

Galaktosa adalah suatu aldoheksosa yang terdapat pada gula susu dalam kombinasi dengan glukosa. Berbagai ikatan dari galaktosa, yaitu galaktosida terdapat dalam otak dan jaringan saraf.

c) Fruktosa

Fruktosa disebut juga levulosa atau gula buah. Fruktosa merupakan satu-satunya ketoheksosa yang penting. Fruktosa merupakan gula termanis yang terdapat bebas bersama-sama dengan glukosa dalam buah-buahan dan madu dan dalam bentuk kombinasi karbohidrat tingkat tinggi.



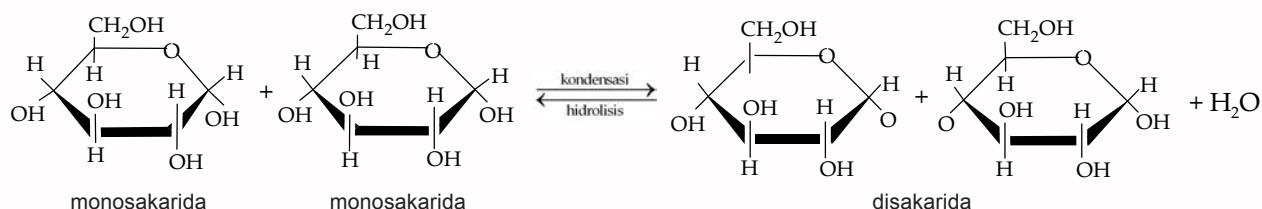
Gambar 9.4 Madu dan Buah-buahan Mengandung Fruktosa

Sumber: Photo Image

b. Disakarida

Disakarida adalah karbohidrat yang tersusun dari dua monosakarida melalui reaksi kondensasi. Pada reaksi kondensasi melibatkan gugus  $-OH$  dari atom C anomerik pada monosakarida pertama, dengan suatu gugus  $-OH$  yang terikat pada suatu atom C dari monosakarida kedua dan ikatan yang terjadi adalah ikatan kovalen antara atom C anomerik dengan atom O.

Perhatikan contoh berikut.



Berdasarkan reaksi di atas, dapat kita ketahui bahwa rumus umum disakarida adalah  $C_{12}H_{22}O_{12}$ . Contoh disakarida yang penting adalah laktosa yang terbentuk dari glukosa dan galaktosa; sukrosa, yang terbentuk dari glukosa dan fruktosa; dan maltosa yang terbentuk dari glukosa dan glukosa. Bagaimana sifat-sifat disakarida? Untuk mengetahui sifat-sifat disakarida lakukan kegiatan berikut.

## Kegiatan 9.2

## Uji Disakarida

A. Tujuan

Mempelajari sifat dan reaksi karbohidrat golongan disakarida.

### B. Alat dan Bahan

- Tabung reaksi
  - Penangas air
  - Kompor listrik
  - Pembakar spiritus
  - Pipet tetes
  - Larutan HCl encer
  - Larutan  $H_2SO_4$  pekat
  - Larutan NaOH 10%
  - Pereaksi Fehling
  - Pereaksi molisch's
  - Selulosa
  - Laktosa
  - Maltosa
  - Glukosa
  - Fruktosa
  - Kertas lakmus

### C. Cara Kerja

## 1. Uji Molisch's

- Ambil 5 mL larutan glukosa 2%. Masukkan ke dalam tabung reaksi.
  - Tambahkan 3 tetes pereaksi molisch's kemudian kocok hingga larut.
  - Tuangkan secara hati-hati larutan glukosa yang telah dicampur dengan pereaksi molisch's melalui pinggir tabung reaksi yang berisi  $H_2SO_4$  pekat, sehingga mengapung pada permukaan asam tanpa bercampur.

- d. Perhatikan dan catat warna cincin yang terbentuk antara kedua lapisan tersebut.
- e. Ulangi langkah a – d untuk fruktosa, sukrosa, laktosa dan maltosa.

### 2. *Uji Fehling*

- a. Masukkan 2 mL pereaksi Fehling ke dalam tabung reaksi.
- b. Tambahkan 1 mL larutan glukosa 2% ke dalam tabung reaksi tersebut.
- c. Panaskan campuran tersebut pada pembakar spiritus.
- d. Ulangi langkah a – c untuk fruktosa, sukrosa, laktosa dan maltosa.

### 3. *Hidrolisis Sukrosa*

- a. Campurkan 10 mL larutan sukrosa dengan 2 mL HCl encer.
- b. Panaskan campuran tersebut dalam penangas air.
- c. Netralkan campuran di atas dengan NaOH 10%.
- d. Uji dengan pereaksi Fehling.

## D. Hasil Percobaan

Percobaan	Pengamatan
A. Uji Molish	glukosa fruktosa sukrosa laktosa maltosa
B. Uji Fehling	glukosa fruktosa sukrosa laktosa maltosa
C. Uji Fehling hasil hidrolisis sukrosa	

## E. Analisa Data

1. Bagaimana perbedaan glukosa dan fruktosa berdasarkan uji Fehling dan Molish?
2. Sebutkan jenis gula yang dihasilkan dari hidrolisis sukrosa!
3. Mengapa untuk menguji hasil hidrolisis sukrosa dilakukan uji Fehling?

Sifat-sifat disakarida antara lain sebagai berikut.

- 1) Sukrosa bukan merupakan gula pereduksi, sedangkan laktosa dan maltosa adalah gula pereduksi karena dapat mereduksi larutan Fehling. Dan hal ini disebabkan pada laktosa dan maltosa masih menyisakan satu gugus hemiasetal bebas yang merupakan gugus pereduksi. Adapun sukrosa merupakan gula pereduksi karena pembentukan sukrosa melibatkan gugus hemiasetal glukosa dan gugus hemiasetal fruktosa, sehingga tidak memiliki gugus pereduksi.

- 2) Mempunyai rasa manis
- 3) Larut dalam air.
- 4) Mengalami hidrolisis menjadi dua monosakarida yang sejenis ataupun berlainan.

Apakah kegunaan disakarida dalam kehidupan sehari-hari? Berikut beberapa disakarida dan kegunaannya.

1) Sukrosa

Disakarida komersial yang paling penting ialah sukrosa, atau gula tebu. Lebih dari 100 juta ton diproduksi setiap tahun di dunia. Sukrosa terdapat dalam semua tumbuhan fotosintetik, yang berfungsi sebagai sumber energi. Sukrosa diperoleh secara komersial dari batang tebu dan bit gula, yang kadarnya 14 sampai 20% dari cairan tumbuhan tersebut.

2) Laktosa

Laktosa merupakan gula utama dalam ASI dan susu sapi (4 sampai 8% laktosa)

3) Maltosa

Maltosa ialah disakarida yang diperoleh melalui hidrolisis parsial pati. Maltosa biasa disebut juga gula malt dan disintesis dari proses hidrolisis amilum. Maltosa digunakan dalam produk minuman bir, wiski malt, dan makanan bayi.

c. Polisakarida

Polisakarida terdiri dari banyak satuan monosakarida. Polisakarida dalam bahan makanan berfungsi sebagai penguat tekstur (selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin) dan sebagai sumber energi (pati, dekstrin, glikogen, fruktan). Polisakarida penguat tekstur ini tidak dapat dicerna oleh tubuh, tetapi merupakan serat-serat (*dietary fiber*) yang dapat menstimulasi enzim-enzim pencernaan.

Polisakarida merupakan polimer molekul-molekul monosakarida yang dapat berantai lurus atau bercabang dan dapat dihidrolisis dengan enzim-enzim yang spesifik kerjanya. Hasil hidrolisis sebagian akan menghasilkan oligosakarida dan dapat dipakai untuk menentukan struktur molekul polisakarida.

Polisakarida dengan satuan monosakaridanya gula pentosa ( $C_5H_{10}O_5$ ) maka polisakarida tersebut dikelompokkan sebagai pentosan ( $C_5H_8O_4)_x$ . Adapun jika satuan monosakaridanya adalah gula heksosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) maka polisakarida tersebut dikelompokkan sebagai heksosan ( $C_6H_{10}O_5)_x$ .

Beberapa polisakarida mempunyai nama trivial yang berakhiran dengan *-in* misalnya kitin, dekstrin, dan pektin. Berikut beberapa polisakarida yang penting.

1) Pati

Pati termasuk polisakarida jenis heksosan. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C-nya, serta rantai

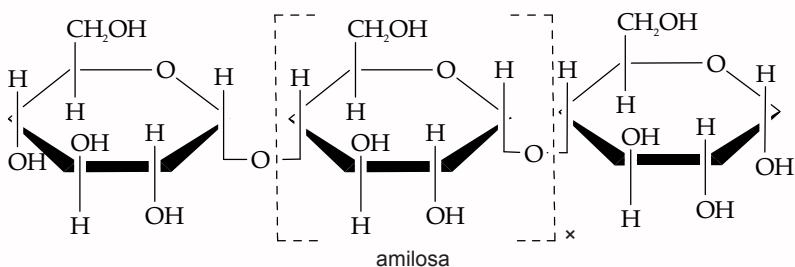


Gambar 9.5 Susu Mengandung Laktosa.

Sumber: Dokumen Penerbit



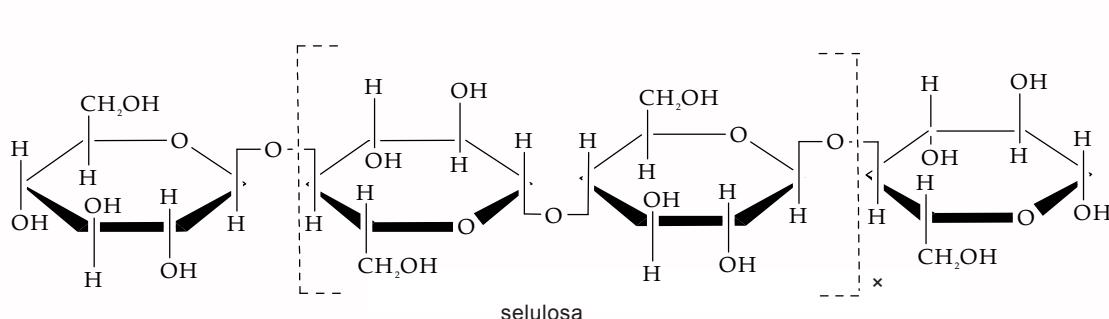
molekulnya lurus atau bercabang. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin. Amilosa mempunyai struktur lurus dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-d-glukosa, sedang amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-d-glukosa sebanyak 4–5 % dari berat total. Perhatikan struktur amilosa berikut.



Peranan perbandingan amilosa dan amilopektin terlihat pada serealia, contohnya pada beras. Semakin kecil kandungan amilosa atau semakin tinggi kandungan amilopektinnya, semakin lekat nasi tersebut. Beras ketan praktis tidak ada amilosanya (1 – 2%), sedang beras yang mengandung amilosa lebih besar dari 2% disebut beras biasa atau beras bukan ketan. Berdasarkan kandungan amilosanya, beras (nasi) dapat dibagi menjadi empat golongan yaitu (1) beras dengan kadar amilosa tinggi 25 – 33%; (2) beras dengan kadar amilosa menengah 20 – 25%; (3) beras dengan kadar amilosa rendah (9% – 20%); dan (4) beras dengan kadar amilosa sangat rendah (< 9%).

## 2) Selulosa

Selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Pada proses pematangan, penyimpanan, atau pengolahan, komponen selulosa dan hemiselulosa mengalami perubahan sehingga terjadi perubahan tekstur. Perhatikan struktur selulosa berikut.



Seperti juga amilosa, selulosa adalah polimer berantai lurus  $\alpha$ -(1,4)-d-glukosa. Perbedaan selulosa dengan amilosa adalah pada jenis ikatan glukosidanya. Selulosa oleh enzim sellobiose, yang cara kerjanya serupa dengan

$\beta$  -amilase, akan menghasilkan dua molekul glukosa dari ujung rantai.

Pada penggilingan padi, dihasilkan hampir 50% sekam yang banyak mengandung selulosa, lignin, serta mineral Na dan K yang mempunyai daya saponifikasi. Selulosa dalam sekam padi dapat dipergunakan untuk makanan ternak, tetapi kandungan ligninnya harus dihilangkan terlebih dahulu, biasanya dengan KOH. Di beberapa negara, misalnya Taiwan, telah diusahakan untuk melarutkan lignin dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$  sebagai pengganti KOH. Penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  ini mempunyai keuntungan berupa penambahan sumber N dalam makanan ternak. Di samping itu  $\text{NH}_4\text{OH}$  harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan KOH.

Selulosa sebagai bahan pembuatan kertas. Kayu dipotong kecil-kecil dan dimasak dalam kalsium bisulfat untuk melarutkan ligninnya. Selanjutnya selulosa diambil dengan penyaringan. Kegunaan selulosa yang lain adalah sebagai bahan benang rayon.

### 3) Hemiselulosa

Bila komponen-komponen pembentuk jaringan tanaman dianalisis dan dipisah-pisahkan, mula-mula lignin akan terpisah dan senyawa yang tinggal adalah hemiselulosa. Hemiselulosa terdiri dari selulosa dan senyawa lain yang larut dalam alkali. Dari hasil hidrolisis hemiselulosa, diperkirakan bahwa monomernya tidak sejenis (heteromer). Unit pembentuk hemiselulosa yang utama adalah d-xilosa, pentosa dan heksosa lain.

Perbedaan hemiselulosa dengan selulosa yaitu hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi rendah dan mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam, sedangkan selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa tidak mempunyai serat-serat yang panjang seperti selulosa, dan suhu bakarnya tidak setinggi selulosa.

### 4) Pektin

#### a) Senyawa Pektin

Pektin secara umum terdapat di dalam dinding sel primer tanaman, khususnya di sela-sela antara selulosa dan hemiselulosa. Senyawa-senyawa pektin juga berfungsi sebagai bahan perekat antara dinding sel yang satu dengan yang lain. Bagian antara dua dinding sel yang berdekatan tersebut disebut lamela tengah (*middle lamella*).

Senyawa-senyawa pektin merupakan polimer dari asam d-galakturonat yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$  - (1,4)-glukosida. Asam galakturonat merupakan turunan dari galaktosa.

Pektin terdapat dalam buah-buahan seperti jambu biji, apel, lemon, jeruk, dan anggur. Kandungan pektin

dalam berbagai tanaman sangat bervariasi. Bagian kulit (*core*) dan *albeda* (bagian dalam yang berbentuk spons putih) buah jeruk lebih banyak mengandung pektin daripada jaringan perenkimnya.

Pektin berfungsi dalam pembentukan jeli. Potensi pembentukan jeli dari pektin menjadi berkurang dalam buah yang terlalu matang. Selama proses pematangan terjadi proses dimetilasi pektin dan ini menguntungkan untuk pembuatan gel. Akan tetapi dimetilasi yang terlalu lanjut atau sempurna akan menghasilkan asam pektat yang menyebabkan pembentukan gel berkurang.

b) Gel Pektin

Pektin dapat membentuk gel dengan gula bila lebih dari 50% gugus karboksil telah termetilasi (derajat metilasi = 50). Adapun untuk pembentukan gel yang baik maka ester metil harus sebesar 8% dari berat pektin. Makin banyak ester metil, makin tinggi suhu pembentukan gel.

5) Glikogen

Glikogen merupakan “pati hewan” banyak terdapat pada hati dan otot, bersifat larut dalam air (pati nabati tidak larut dalam air). Jika bereaksi dengan iodin akan menghasilkan warna merah. Senyawa yang mirip dengan glikogen telah ditemukan dalam kapang, khamir, dan bakteri. Glikogen juga telah berhasil diisolasi dari benih jagung (*sweet corn*). Hal ini penting diketahui karena sejak lama orang berpendapat bahwa glikogen hanya terdapat pada hewan.

Glikogen merupakan suatu polimer yang struktur molekulnya hampir sama dengan struktur molekul amilopektin. Glikogen mempunyai banyak cabang (20 – 30 cabang) yang pendek dan rapat. Glikogen mempunyai berat molekul (BM) sekitar 5 juta dan merupakan molekul terbesar di alam yang larut dalam air.

Glikogen terdapat pula pada otot-otot hewan, manusia, dan ikan. Glikogen disimpan dalam hati hewan sebagai cadangan energi yang sewaktu-waktu dapat diubah menjadi glukosa. Glikogen dipecah menjadi glukosa dengan bantuan enzim yaitu fosforilase.



**Gambar 9.6** Albeda Buah Jeruk Mengandung Pektin

Sumber: Dokumen Penerbit

## Latihan 9.2

1. Apakah yang dimaksud dengan:
  - a. amilosa,
  - b. glikogen?
2. Apakah perbedaan antara monosakarida dan disakarida? Berilah masing-masing contohnya!
3. Bagaimana monosakarida dan disakarida?
4. Berilah contoh kegunaan polisakarida dalam kehidupan sehari-hari!
5. Apakah yang dimaksud glikosida?

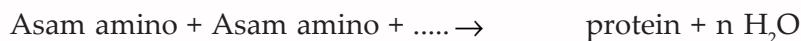
## C. Asam Amino dan Protein



Gambar 9.7 Bahan Makanan yang Mengandung Protein

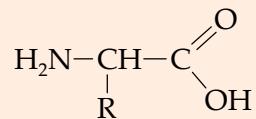
Sumber: Dokumen Penerbit

Pernahkah kamu minum susu? Atau makan kacang-kacangan? Dalam menu sehari-hari kamu, kadang terdapat kacang-kacangan, biji-bijian, buncis, telur ataupun daging. Bahan-bahan tersebut semuanya mengandung protein. Apakah protein itu? Protein merupakan polimer alam yang terbentuk dari banyak monomer asam amino yang saling berikatan satu sama lain melalui ikatan peptida dengan reaksi polimerisasi kondensasi.



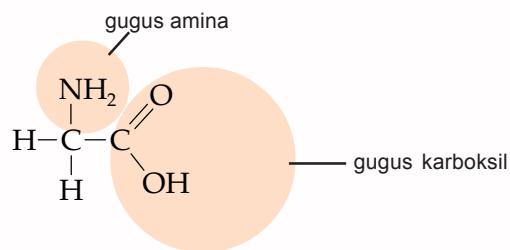
### 1. Asam Amino

Asam amino merupakan senyawaan dengan molekul yang mengandung gugus fungsional amino ( $-\text{NH}_2$ ) maupun karboksil ( $-\text{CO}_2\text{H}$ ). Secara umum, struktur asam amino dapat dituliskan seperti berikut.



R dapat berupa gugus alkil, suatu rantai karbon yang mengandung atom-atom belerang, suatu gugus siklik atau gugus asam ataupun basa.

Asam amino yang paling sederhana adalah glisin. Perhatikan struktur glisin berikut.



Asam amino diperoleh dengan menghidrolisis protein, dan ditemukan 20 asam amino. Asam amino ini dibedakan menjadi asam amino esensial dan asam amino nonesensial.

Asam amino esensial merupakan asam amino yang sangat penting untuk tubuh tetapi tubuh tidak dapat membuat sendiri. Oleh karena itu, harus diperoleh dari luar yaitu dari makanan. Contoh asam amino esensial adalah threonin, valin, leusin, isoleusin, lisin, metionin, fenilalanin, tirosin, dan triptofan. Adapun asam amino nonesensial merupakan asam amino yang dapat dibuat oleh tubuh sendiri. Contoh asam amino nonesensial adalah glisin, alanin, serin, arginin, histidin, asam aspartat, asam glutamat, aspartin, glutamin, sistein, dan prolin.

Perhatikan contoh rumus struktur asam amino esensial dan asam amino nonesensial pada tabel berikut.

**Tabel 9.3** Asam Amino Esensial dan Asam Amino Nonesensial

No	Nama	Struktur
1.	Threonin (Thr)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{NH}_2 & \text{O} \\   &   & \diagup \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} - \text{C} \\   &   & \diagdown \\ \text{OH} & \text{H} & \text{OH} \end{array}$
2.	Leusin (Leu)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 & \text{O} \\   & \diagup \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \\   &   & \diagdown \\ \text{CH}_3 & \text{H} & \text{OH} \end{array}$
3.	Lisin (Lys)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 & \text{O} \\   & \diagup \\ \text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \\   & \diagdown \\ \text{H} & \text{OH} \end{array}$
4.	Fenilalanin (Phe)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 & \text{O} \\   & \diagup \\ \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \\   & \diagdown \\ \text{H} & \text{OH} \end{array}$
5.	Tirosin (Tyr)	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} & \text{NH}_2 & \text{O} \\   &   & \diagup \\ \text{H} & \text{H} & \text{O} \end{array}$
6.	Alanin (Ala)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 & \text{O} \\   & \diagup \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} \\   & \diagdown \\ \text{H} & \text{OH} \end{array}$
7.	Arginin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 & \text{O} \\   & \diagup \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \\    &   &   & \diagdown \\ \text{NH} & \text{H} & \text{H} & \text{OH} \end{array}$
8.	Asam Glutamat	$\begin{array}{c} \text{O} & \text{NH}_2 & \text{O} \\ \diagup &   & \diagup \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \\ \text{OH} &   & \diagdown \\ & \text{H} & \text{OH} \end{array}$
9.	Sistein	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 & \text{O} \\   & \diagup \\ \text{HS} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \\   & \diagdown \\ \text{H} & \text{OH} \end{array}$

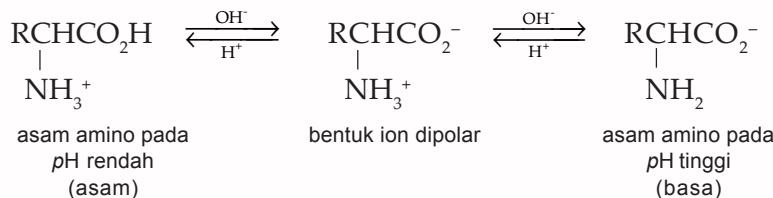
### a. Sifat Asam Amino

Asam amino memiliki sifat-sifat, antara lain seperti berikut.

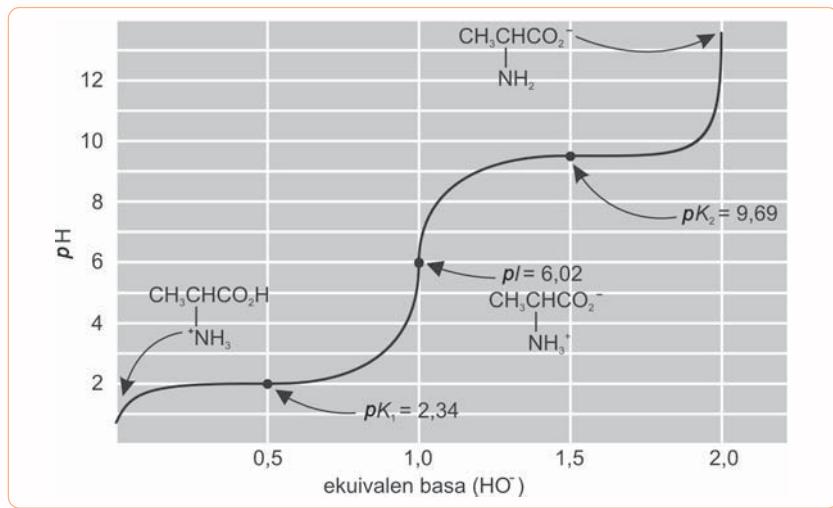
#### 1) Sifat Asam Basa

Asam amino bersifat *amfoter* artinya dapat berperilaku sebagai asam dan mendonasikan proton pada basa kuat atau dapat juga berperilaku sebagai basa dengan menerima proton dari asam kuat.

Pada  $pH$  rendah asam amino bersifat asam sedangkan pada  $pH$  tinggi asam amino bersifat basa. Perhatikan keseimbangan bentuk asam amino berikut.



Perhatikan kurva titrasi alanin pada berbagai  $pH$  berikut.



Gambar 9.8 Kurva Titrasi untuk Alanin

Sumber: *Kimia untuk Universitas*

Pada kurva tersebut memperlihatkan bahwa pada  $pH$  rendah (larutan asam) asam amino berada dalam bentuk ion amonium tersubstitusi dan pada  $pH$  tinggi (larutan basa) alanin hadir sebagai ion karboksilat tersubstitusi. Pada  $pH$  pertengahan yaitu 6,02, asam amino berada sebagai ion dipolar.

Jadi secara umum, asam amino dengan satu gugus amino dan satu gugus karboksilat dan tidak ada gugus asam atau basa lain di dalam strukturnya, memiliki dua nilai  $pK_a$  di sekitar 2 sampai 3 untuk proton yang lepas dari gugus karboksil dan di sekitar 9 sampai 10 untuk proton yang lepas dari ion amonium serta memiliki titik isoelektrik di antara kedua nilai  $pK_a$ , yaitu sekitar  $pH$  6.

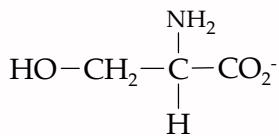
## Contoh

Tuliskan struktur serin pada:

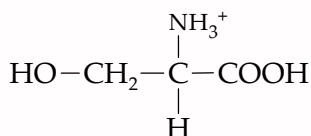
1. pH rendah,
2. pH tinggi.

**Penyelesaian:**

1. Pada pH tinggi sebagai ion negatif.



2. Pada pH rendah sebagai ion positif.



Bagaimanakah sifat asam basa dari asam amino yang memiliki gugus asam atau basa lebih dari satu?

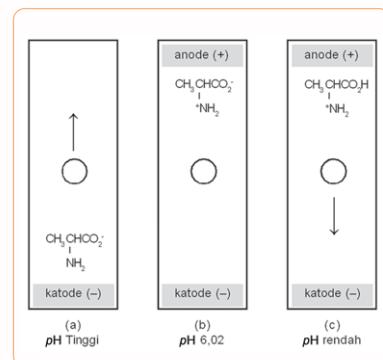
Asam aspartat dan asam glutamat memiliki dua gugus karboksil dan satu gugus amino. Dalam asam kuat ketiga gugus tersebut berada dalam bentuk asam (*terprotonasi*). Jika pH dinaikkan dan larutan menjadi lebih basa. Setiap gugus berturut-turut melepaskan proton dan titik isoelektriknya berada pada pH 2,87.

- 2) Terdapat Muatan Positif dan Negatif pada Asam Amino

Asam amino dapat memiliki muatan positif dan muatan negatif tergantung pada pH lingkungannya.

Asam amino-asam amino yang berbeda muatan dapat dipisahkan berdasarkan perbedaan muatannya. Metode yang digunakan adalah *elektroforesis*. Dalam suatu percobaan elektroforesis yang umum, campuran asam amino diletakkan pada penyanga padat, contohnya kertas dan penyanga itu ditetesi dengan larutan berair hingga basah pada pH yang diatur. Medan listrik kemudian dipasang melintang kertas. Asam amino yang bermuatan positif pada pH tersebut akan bergerak ke katode yang bermuatan negatif. Asam amino yang bermuatan negatif akan bergerak ke anode bermuatan positif. Gerakan ini berhenti bila medan listrik dimatikan. Perhatikan gambar hasil percobaan elektroforesis asam amino  $\alpha$ -alanin di samping.

Pada alat elektroforesis perpindahan asam amino dalam hal ini alanin dalam medan listrik tergantung pada pH. Pada pH tinggi alanin bermuatan negatif dan bergerak ke anode positif (Gambar 9.9 a) dan pada titik isoelektrik yaitu pH 6,02 alanin netral dan tidak bergerak (Gambar 9.9 b), sedangkan pada pH rendah, alanin bermuatan positif dan bergerak ke katode yang bermuatan negatif (Gambar 9.9 c).



**Gambar 9.9** Percobaan Elektroforesis pada Asam Amino  $\alpha$ -alanin

Sumber: *Kimia untuk Universitas*

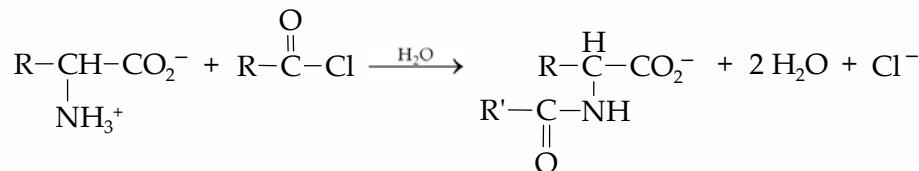
### 3) Reaksi Asam Amino

Asam amino dapat menjalin reaksi pada gugus asam karboksilat atau amino.

- a) Reaksi esterifikasi pada gugus karboksilat, dapat dituliskan seperti berikut.



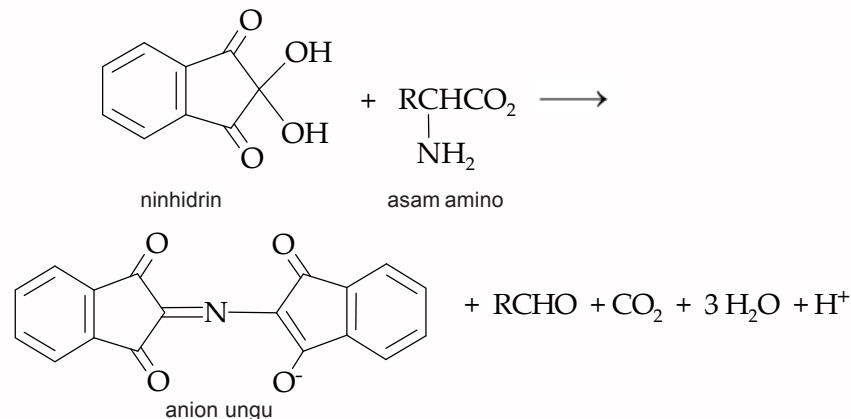
- b) Reaksi diasilasi gugus amino menjadi amida.



Kedua jenis reaksi ini bermanfaat dalam modifikasi atau pelindung sementara bagi kedua gugus tersebut, terutama sewaktu mengendalikan penautan asam amino untuk membentuk peptida atau protein.

### c) Reaksi Ninhidrin

Ninhidrin adalah reagen yang berguna untuk mendeteksi asam amino dan menetapkan konsentrasiannya dalam larutan. Senyawa ini merupakan hidrat dari triketon siklik. Bila bereaksi dengan asam amino akan menghasilkan zat warna ungu. Perhatikan reaksi seperti berikut.

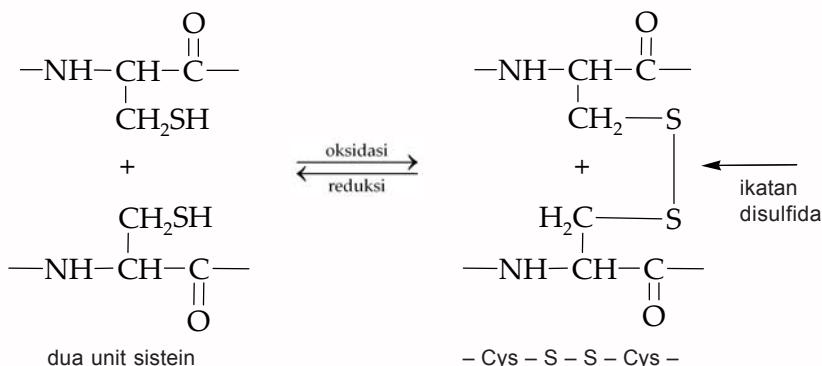


Hanya atom nitrogen dari zat ungu yang berasal dari asam amino, selebihnya terkonversi menjadi aldehida dan karbon dioksida. Jadi, zat warna ungu yang dihasilkan dari asam amino  $\alpha$  dengan gugus amino primer, intensitas warnanya berbanding lurus dengan konsentrasi asam amino yang ada. Adapun prolina yang mempunyai gugus amino sekunder bereaksi dengan ninhidrin menghasilkan warna kuning.

### 4) Ikatan Disulfida

Asam amino dapat membentuk *ikatan disulfida* (*disulfida bond*) dengan asam amino yang lain yaitu ikatan tunggal

S – S. Perhatikan terbentuknya ikatan disulfida dari reaksi oksidasi dua unit sistein berikut.



### b. Kegunaan Asam Amino

Dalam teknologi pangan asam amino ada yang menguntungkan tetapi juga ada yang kurang menguntungkan.

#### 1) Asam amino yang menguntungkan.

Contoh asam amino yang menguntungkan adalah d-triptofan yang mempunyai rasa manis 35 kali kemanisan sukrosa, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pemanis. Contoh lainnya adalah asam glutamat yang sangat penting perannya dalam pengolahan makanan karena dapat menimbulkan rasa yang lezat. Dalam kehidupan sehari-hari dikenal monosodium glutamat, di mana gugus glutamat akan bergabung dengan senyawa lain sehingga menghasilkan rasa enak.

#### 2) Asam amino yang merugikan.

Contoh putih telur (*albumen*) yang mengandung avidin dan mukadin, di mana asam amino tersebut dapat mengikat biotin (sejenis vitamin B), sehingga biotin tidak dapat diserap oleh tubuh.

## 2. Protein

*Protein* ialah biopolimer yang terdiri atas banyak asam amino yang berhubungan satu dengan lainnya dengan ikatan amida (*peptida*). Protein memainkan berbagai peranan dalam sistem biologis. Protein mengandung karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, sulfat, dan fosfat.

### a. Sifat-Sifat Protein

Sifat fisikokimia setiap protein tidak sama, tergantung pada jumlah dan jenis asam aminonya. Berat molekul protein sangat besar sehingga bila protein dilarutkan dalam air akan membentuk suatu dispersi koloidal. Molekul protein tidak dapat melalui membran semipermeabel, tetapi masing-masing dapat menimbulkan tegangan pada membran tersebut.

Tabel 9.4 Komposisi Dasar Protein

	Percentase (%)
Karbon	51,0 – 55
Hidrogen	6,5 – 7,3
Nitrogen	15,5 – 18
Oksigen	21,5 – 23,5
Sulfat	0,5 – 2,0
Phospat	0,0 – 1,5

Sumber: *Kimia Pangan dan Gizi*

Ada protein yang larut dalam air, dan ada pula yang tidak larut dalam air, tetapi semua protein tidak larut dalam pelarut lemak seperti etil eter. Bila dalam suatu larutan protein ditambahkan garam, maka daya larut protein akan berkurang, akibatnya protein mengendap. Prinsip ini digunakan untuk memisahkan protein dari larutannya. Proses pemisahan protein seperti ini disebut *salting out*.

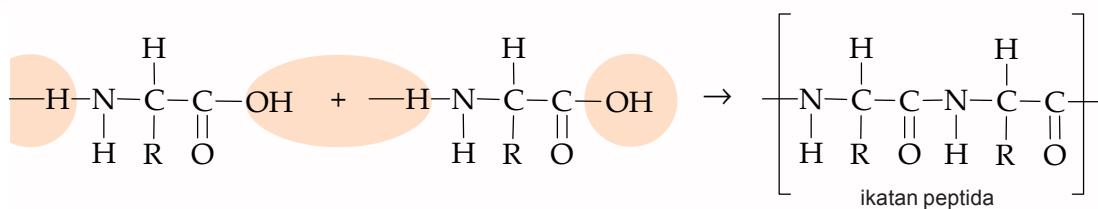
Garam-garam logam berat dan asam-asam mineral kuat ternyata baik digunakan untuk mengendapkan protein. Prinsip ini dipakai untuk mengobati orang yang keracunan logam berat dengan memberi minum susu atau makan telur mentah kepada pasien.

Apabila protein dipanaskan atau ditambahkan alkohol, maka protein akan menggumpal. Hal ini disebabkan alkohol menarik mantel air yang melingkupi molekul-molekul protein. Selain itu penggumpalan juga dapat terjadi karena aktivitas enzim-enzim proteolitik.

Adanya gugus amino dan karboksil bebas pada ujung-ujung rantai molekul protein, menyebabkan protein mempunyai banyak muatan (polielektrolit) dan bersifat amfoter (dapat bereaksi dengan asam maupun dengan basa). Daya reaksi berbagai jenis protein terhadap asam dan basa tidak sama, tergantung dari jumlah dan letak gugus amino dan karboksil dalam molekul. Dalam larutan asam ( $pH$  rendah), gugus amino bereaksi sebagai basa, sehingga protein bermuatan positif. Bila pada kondisi ini dilakukan elektrolisis, maka molekul protein akan bergerak ke arah katode. Sebaliknya, dalam larutan basa ( $pH$  tinggi) molekul protein akan bereaksi sebagai asam atau bermuatan negatif, sehingga molekul protein akan bergerak menuju anode. Pada  $pH$  tertentu yang disebut *titik isolistrik* ( $pI$ ), muatan gugus amino, dan karboksil bebas akan saling menetralkan sehingga molekul bermuatan nol. Tiap jenis protein mempunyai titik isolistrik yang berlainan. Perbedaan inilah yang dijadikan pedoman dalam proses-proses pemisahan serta pemurnian protein.

### b. Struktur Protein

Penyusun utama protein adalah urutan berulang dari satu atom nitrogen dan dua atom karbon. Protein tersusun atas beberapa asam amino melalui ikatan peptida. Perhatikan struktur molekul protein berikut ini.



Secara teoritik dari 20 jenis asam amino yang ada di alam dapat dibentuk protein dengan jenis yang tidak terbatas. Namun diperkirakan hanya sekitar 2.000 jenis protein yang terdapat di alam. Para ahli pangan sangat tertarik pada protein, karena struktur dan sifatnya yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Struktur protein dapat dibagi menjadi sebagai berikut.

### 1) Struktur Primer

Susunan linier asam amino dalam protein merupakan struktur primer. Susunan tersebut merupakan suatu rangkaian unik dari asam amino yang menentukan sifat dasar dari berbagai protein dan secara umum menentukan bentuk struktur sekunder dan tersier.

### 2) Struktur Sekunder

Kekuatan menarik di antara asam amino dalam rangkaian protein menyebabkan struktur utama membelit, melingkar, dan melipat diri sendiri. Bentuk-bentuk yang dihasilkan dapat spiral, heliks, dan lembaran. Bentuk ini dinamakan struktur sekunder.

Dalam kenyataannya struktur protein biasanya merupakan polipeptida yang terlipat-lipat dalam bentuk tiga dimensi dengan cabang-cabang rantai polipeptidanya tersusun saling berdekatan.

Contoh bahan yang memiliki struktur sekunder ialah bentuk  $\alpha$ -heliks pada wol, bentuk lipatan-lipatan (wiru) pada molekul-molekul sutra, serta bentuk heliks pada kolagen. Perhatikan bentuk  $\alpha$ -heliks protein di samping. Pada struktur ini ikatan peptida, dan ikatan hidrogen antara gugus N - H dan C = O berperan sebagai tulang punggung struktur.

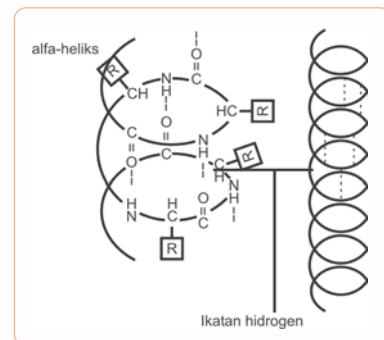
### 3) Struktur Tersier

Kebanyakan protein mempunyai beberapa macam struktur sekunder yang berbeda. Jika digabungkan, secara keseluruhan membentuk struktur tersier protein.

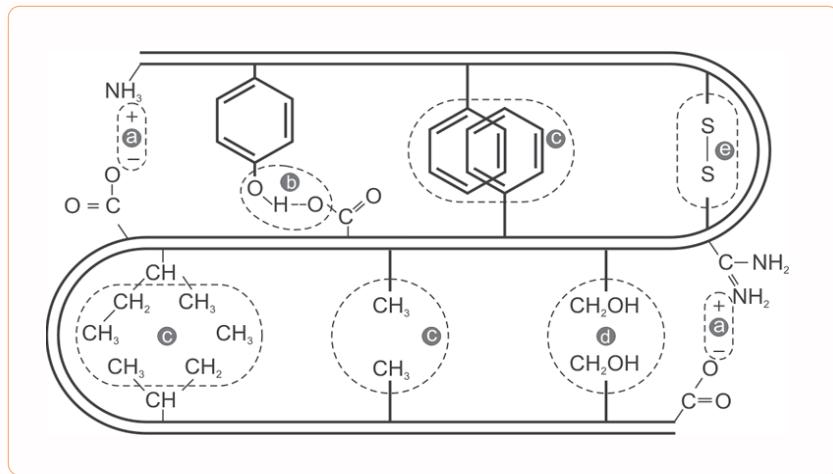
Bagian bentuk-bentuk sekunder ini dihubungkan dengan ikatan hidrogen, ikatan garam, interaksi hidrofobik, dan ikatan disulfida. Ikatan disulfida merupakan ikatan yang terkuat dalam mempertahankan struktur tersier protein.

Ikatan hidrofobik terjadi antara ikatan-ikatan nonpolar dari molekul-molekul, sedang ikatan-ikatan garam tidak begitu penting peranannya terhadap struktur tersier molekul. Ikatan garam mempunyai kecenderungan bereaksi dengan ion-ion di sekitar molekul.

Perhatikan ikatan-ikatan pada struktur tersier protein berikut.



Gambar 9.10 Skema Alfa - Heliks  
Sumber: Kimia Pangan dan Gizi



**Gambar 9.11** Ikatan pada Struktur Tersier Protein

a. Interaksi Elektrostatik; b. Ikatan Hidrogen; c. Interaksi Hidrofobik;  
d. Interaksi Hidrofilik; e. Interaksi Disulfida.

Sumber: [Kimia Pangan dan Gizi](#)

#### 4) Struktur Kuartener

Struktur primer, sekunder, dan tersier umumnya hanya melibatkan satu rantai polipeptida. Akan tetapi bila struktur ini melibatkan beberapa polipeptida dalam membentuk suatu protein, maka disebut struktur kuartener. Pada umumnya ikatan-ikatan yang terjadi sampai terbentuknya protein sama dengan ikatan-ikatan yang terjadi pada struktur tersier.

#### c. Klasifikasi Protein

Protein dapat digolongkan berdasarkan berikut ini.

##### 1) Struktur Susunan Molekul

Berdasarkan struktur susunan molekul, protein dibagi menjadi protein fibriler/skleroprotein dan protein globuler/sferoprotein.

Protein fibriler/skleroprotein adalah protein yang berbentuk serabut. Protein ini tidak larut dalam pelarut-pelarut encer, baik larutan garam, asam, basa, ataupun alkohol. Berat molekulnya yang besar belum dapat ditentukan dengan pasti dan sukar dimurnikan. Susunan molekulnya terdiri dari rantai molekul yang panjang sejajar dengan rantai utama, tidak membentuk kristal dan bila rantai ditarik memanjang, dapat kembali pada keadaan semula. Kegunaan protein ini terutama hanya untuk membentuk struktur bahan dan jaringan. Kadang-kadang protein ini disebut *albuminoid* dan *sklerin*.

Contoh protein fibriler adalah kolagen yang terdapat pada tulang rawan, miosin pada otot keratin pada rambut, dan fibrin pada gumpalan darah.

Protein globuler/sferoprotein yaitu protein yang berbentuk bola. Protein ini banyak terdapat pada bahan



**Gambar 9.12** Protein pada Rambut  
Tergolong Protein Fibriler

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

pangan seperti susu, telur, dan daging. Protein ini larut dalam garam dan asam encer; lebih mudah berubah di bawah pengaruh suhu, konsentrasi garam, pelarut asam, dan basa dibandingkan protein fibriler. Protein ini mudah *terdenaturasi*, yaitu perubahan susunan molekul yang diikuti dengan perubahan sifat fisik dan fisiologinya seperti yang dialami oleh enzim dan hormon.

## 2) Kelarutan

Berdasarkan kelarutannya, protein globuler dapat dibagi dalam beberapa kelompok, yaitu albumin, globulin, glutelin, prolamin, histon, dan protamin.

*Albumin*, larut dalam air dan terkoagulasi oleh panas. Contohnya albumin telur, albumin serum, dan laktalbumin dalam susu.

*Globulin*, tidak larut dalam air, terkoagulasi oleh panas, larut dalam larutan garam encer, dan mengendap dalam larutan garam konsentrasi tinggi (*salting out*). Contoh globulin adalah miosinogen dalam otot, ovoglobulin dalam kuning telur, amandin dari buah almonds, legumin dalam kacang-kacangan.

*Glutelin*, tidak larut dalam pelarut netral tetapi larut dalam asam/basa encer. Contohnya glutelin dalam gandum dan oriznin dalam beras.

*Prolamin atau gliadin*, larut dalam alkohol 70 - 80% dan tak larut dalam air maupun alkohol absolut. Contohnya gliadin dalam gandum, hordin dalam barley, dan zein dalam jagung.

*Histon*, larut dalam air dan tidak larut dalam amonia encer. Histon dapat mengendap dalam pelarut protein lainnya. Histon yang terkoagulasi karena pemanasan dapat larut lagi dalam larutan asam encer. Contohnya globin dalam hemoglobin.

*Protamin*, protein paling sederhana dibanding protein-protein lain, tetapi lebih kompleks daripada pepton dan peptida. Protein ini larut dalam air dan tidak terkoagulasi oleh panas. Larutan protamin encer dapat mengandung protein lain, bersifat basa kuat, dan dengan asam kuat membentuk garam kuat. Contohnya salmin dalam ikan salmon, klupein pada ikan herring, skombrin (*scombrin*) pada ikan mackarel dan spirinin (*cyprinin*) pada ikan karper.

## 3) Adanya Senyawa Lain pada Protein

Berdasarkan keberadaan senyawa lain pada protein, maka protein dibagi menjadi protein konjugasi dan protein sederhana.

*Protein konjugasi* yaitu protein yang mengandung senyawa lain yang nonprotein. Contohnya hemoglobin darah. Protein pada heme yaitu suatu senyawaan besi kompleks berwarna merah.

*Protein sederhana* yaitu protein yang hanya mengandung senyawa protein.

#### 4) Tingkat Degradasi

Protein dapat dibedakan menurut tingkat degradasinya. Degradasi merupakan tingkat permulaan *denaturasi*.

- Protein alami adalah protein dalam sel.
- Turunan protein yang merupakan hasil degradasi protein. Pada tingkat permulaan denaturasi, dapat dibedakan menjadi protein turunan primer (protein dan meta-protein) dan protein turunan sekunder (proteosa, pepton, dan peptida).

*Protein turunan primer* merupakan hasil hidrolisis yang ringan, sedangkan protein turunan sekunder adalah hasil hidrolisis yang berat.

*Protein* adalah hasil hidrolisis oleh air, asam encer, atau enzim, yang bersifat tidak larut. Contohnya adalah miosan dan endestan.

*Metaprotein* merupakan hasil hidrolisis lebih lanjut oleh asam dan alkali dalam asam serta alkali encer tetapi tidak larut dalam larutan garam netral. Contohnya adalah asam albuminat dan alkali albuminat.

*Proteosa* bersifat larut dalam air dan tidak terkoagulasi oleh panas. Diendapkan oleh larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  jenuh.

*Pepton* juga larut dalam air, tidak terkoagulasikan oleh panas, dan tidak mengalami *salting out* dengan amonium sulfat, tetapi mengendap oleh pereaksi alkohol seperti asam fosfotungstat.

*Peptida* merupakan gabungan dua atau lebih asam amino yang terikat melalui ikatan peptida.

#### d. Kegunaan Protein bagi Tubuh

Protein mempunyai fungsi, antara lain seperti berikut.

##### 1) Sebagai Enzim

Hampir semua reaksi biologi dipercepat oleh suatu senyawa makromolekul spesifik yang disebut **enzim**, mulai dari reaksi yang sangat sederhana seperti reaksi transportasi karbon dioksida sampai yang sangat rumit seperti replikasi kromosom.

Sampai saat ini lebih dari seribu enzim telah dapat diketahui sifat-sifatnya dan jumlah tersebut masih terus bertambah.

##### 2) Alat Pengangkut dan Alat Penyimpan

Banyak molekul dengan massa molekul relatif ( $M_r$ ) kecil serta beberapa ion dapat diangkut atau dipindahkan oleh protein tertentu. Misalnya hemoglobin mengangkut oksigen dalam eritrosit, sedangkan mioglobin mengangkut oksigen dalam otot. Ion besi diangkut dalam plasma darah



**Gambar 9.13** Enzim Triosa Fosfat Isomerase Meng-katalisasi Pelepasan Energi dari Glukosa dalam Darah

Sumber: *Tempo* 20 Agustus 2006



oleh transterin dan disimpan dalam hati sebagai kompleks dengan feritin, suatu protein yang berbeda dengan transferin.

3) Pengatur Pergerakan

Protein merupakan komplek utama daging. Gerakan otot terjadi karena adanya dua molekul protein yang saling bergeseran. Contohnya pergerakan flagela sperma disebabkan oleh protein.

4) Penunjang Mekanis

Kekuatan serta daya tahan kulit dan tulang disebabkan adanya kalogen yaitu suatu protein berbentuk bulat panjang dan mudah membentuk serabut.

5) Pertahanan Tubuh/Imunisasi

Pertahanan tubuh biasanya dalam bentuk antibodi, yaitu suatu protein khusus yang dapat mengenal dan menempel atau mengikat benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh seperti virus, bakteri, dan sel-sel asing lain. Protein ini pandai sekali membedakan benda-benda yang menjadi anggota tubuh dengan benda-benda asing.

6) Media Perambatan Impuls Saraf

Protein yang mempunyai fungsi ini biasanya berbentuk reseptor. Misalnya rodopsin, yang bertindak sebagai reseptor/penerima warna atau cahaya pada sel-sel mata.

7) Pengendalian Pertumbuhan

Protein ini bekerja sebagai reseptor (dalam bakteri) yang dapat memengaruhi fungsi bagian-bagian DNA yang mengatur sifat dan karakter bahan.

Untuk menguji protein dalam suatu bahan, lakukan kegiatan berikut ini.

### Kegiatan 9.3

#### Uji Protein

##### A. Tujuan

Menguji adanya protein terhadap beberapa jenis bahan.

##### B. Alat dan Bahan

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| - Gelas kimia 250 mL           | - Larutan NaOH 6 M                 |
| - Pipet tetes                  | - Larutan NaOH 0,1 M               |
| - Tabung reaksi                | - Larutan CH <sub>3</sub> COOH 3 M |
| - Rak tabung reaksi            | - Larutan HNO <sub>3</sub> pekat   |
| - Penjepit tabung              | - Larutan timbel (II) asetat       |
| - Penangas air                 | - Susu cair                        |
| - Kompor                       | - Agar-agar                        |
| - Kaki tiga dan kawat kasa     | - Kapas                            |
| - Spatula kaca                 | - Gelatin                          |
| - Sendok plastik               | - Kertas saring                    |
| - Larutan putih telur          | - Air                              |
| - Larutan CuSO <sub>4</sub> 1% |                                    |

### C. Cara kerja:

#### 1. *Uji Timbel (II) Asetat*

- Ke dalam tabung reaksi yang berisi kira-kira 0,5 mL larutan NaOH 6 M, tambahkan 1 mL larutan putih telur. Didihkan selama 2 menit dengan penangas air, lalu dinginkan. Kemudian asamkan dengan kira-kira 2 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3 M. Tutuplah tabung dengan kertas saring yang dibasahi timbel (II) asetat.
- Panaskan tabung reaksi tersebut dengan penangas air dan amati perubahan yang terjadi pada kertas timbel (II) asetat.
- Ulangi percobaan ini untuk putih telur, susu, gelatin, agar-agar, dan kapas.

#### 2. *Uji Xantoproteat*

- Ambil putih telur dan tambahkan 2 tetes larutan  $\text{HNO}_3$  pekat. Panaskan 1 – 2 menit dengan penangas air. Amati warna yang terjadi, setelah dingin tambahkan NaOH 6 M tetes demi tetes.
- Ulangi untuk susu, gelatin, agar-agar, dan kapas.

#### 3. *Uji Biuret*

- Ambil 1 mL larutan putih telur, tambahkan 2 – 3 tetes larutan  $\text{CuSO}_4$  1%. Kemudian ditambah 1 mL NaOH 0,1 M. Amati yang terjadi!
- Ulangi percobaan ini untuk susu, gelatin, agar-agar, dan kapas.

### D. Hasil Percobaan

Percobaan	Putih Telur	Susu	Gelatin	Agar-agar	Kapas
1. Uji Biuret					
2. Uji Xantoproteat					
3. Uji Timbel Asetat					

### E. Analisa Data

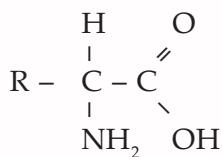
- Dari hasil percobaan, tunjukkan:
  - Bahan yang mengandung ikatan peptida.
  - Protein yang mengandung benzena dan belerang.
- Tunjukkan bagaimana terjadinya ikatan peptida dalam protein!
- Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

1. Tuliskan struktur leusin, pada:
  - a. pH normal,
  - b. pH tinggi,
  - c. pH rendah.
2. Jelaskan pengertian berikut.
  - a. ikatan peptida
  - b. ion dipolar
  - c. titik isoelektrik
3. Jelaskan manfaat asam amino dalam makanan!

### Rangkuman

- ✓ Makromolekul adalah molekul yang sangat besar dengan ukuran  $10\text{--}10.000 \text{ Å}^0$  yang terbentuk dari ratusan bahkan ribuan atom. Makromolekul yang mempunyai struktur teratur, bersifat karakteristik dan tersusun dari unit-unit terkecil dan berulang dinamakan polimer. Berdasarkan asalnya polimer dibedakan menjadi polimer sintetis dan polimer alamiah.
- ✓ Contoh polimer alam yaitu amilum, selulosa, karet, wol, protein, dan karbohidrat.
- ✓ Polimer sintetis dibedakan menjadi:
  - a. Berdasarkan jenis monomernya
    - Homopolimer, yaitu polimer yang terdiri dari monomer-monomer sejenis.
    - Kopolimer, yaitu polimer yang terdiri dari dua macam atau lebih monomer.
  - b. Berdasarkan sifat termalnya yaitu termoplas dan termoset.
  - c. Berdasarkan reaksi pembentukannya.
    - Polimer adisi terbentuk dari penggabungan monomer-monomer melalui reaksi polimerisasi adisi yang disertai pemutusan ikatan rangkap.
    - Polimer kondensasi terbentuk dari penggabungan monomer-monomer melalui reaksi polimerisasi kondensasi yang terkadang disertai terbentuknya molekul kecil seperti  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ , dan  $\text{NH}_3$ .
- ✓ Karbohidrat atau disebut juga sakarida. Karbohidrat yang paling sederhana adalah monosakarida, sedangkan karbohidrat kompleks yang terdiri dari banyak unit monosakarida disebut polisakarida.
- Contoh polimer sintetis yang banyak digunakan adalah plastik. Jenis-jenis plastik antara lain polietilena, polipropilena, polistirena, PVC, teflon, dan polimetil pentena.
- ✓ Monosakarida adalah satuan unit terkecil dari karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis lagi menjadi molekul karbohidrat yang terkecil.
- ✓ Struktur monosakarida dapat digambarkan dengan cara *Fischer*, *Howarth*, dan *sistem Kursi*. Jika gugus hidroksil pada struktur Fischer berada di sebelah kanan, maka pada rumus Howarth posisinya berada di bawah demikian sebaliknya. Jika gugus OH pada atom C yang berasal dari gugus karbonil ( $\text{C} = \text{O}$ ) mengarah ke bawah, maka senyawa yang ditandai dengan alfa ( $\alpha$ ). Adapun yang mengarah ke atas ditandai dengan beta ( $\beta$ ).
- ✓ Monosakarida memiliki sifat-sifat antara lain mengalami reaksi reduksi, oksidasi, membentuk glikosida, dan berisomeri.
- ✓ Monosakarida yang penting adalah glukosa, galaktosa, dan fruktosa.

- ✓ Disakarida dibentuk dari dua monosakarida melalui ikatan kondensasi. Disakarida mempunyai rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Contoh dari disakarida adalah sukrosa, maltosa, dan laktosa.
- ✓ Polisakarida tersusun atas banyak molekul monosakarida. Polisakarida yang penting adalah selulosa, hemiselulosa, pektin, dan glikogen.
- ✓ Asam amino memiliki struktur seperti berikut.



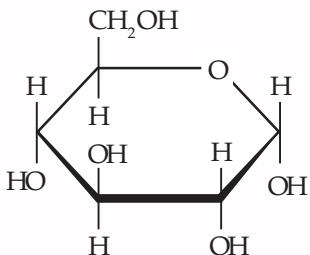
- ✓ Asam amino dibedakan menjadi asam esensial yaitu asam amino yang sangat diperlukan tubuh, tetapi tidak dapat disintesis oleh tubuh dan asam amino nonessensial yang dapat disintesis tubuh.
- ✓ Asam amino bersifat amfoter; terdapat muatan positif dan negatif; mengalami reaksi esterifikasi, diasilasi, dan ninhidrin; serta terdapat ikatan disulfida.
- ✓ Protein ialah biopolimer yang terbentuk dari asam-asam amino melalui ikatan peptida.
- ✓ Sifat fisikokimia protein tergantung pada jumlah dan jenis asam aminonya.
- ✓ Protein memiliki struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener.
- ✓ Klasifikasi protein berdasarkan struktur susunan molekul, kelarutan, keberadaan senyawa lain, dan tingkat degradasi.
- ✓ Protein berfungsi sebagai enzim; alat pengangkut dan alat penyimpan; pengatur pergerakan; penunjang mekanis, pertahanan tubuh, media perambatan impuls saraf, dan pengendalian pertumbuhan.
- ✓ Untuk menguji keberadaan protein dapat ditunjukkan dengan uji reaksi seperti berikut.
  - a. Uji biuret untuk menunjukkan adanya ikatan peptida.
  - b. Uji xantoproteat untuk menunjukkan adanya gugus fenil atau inti benzena.
  - c. Uji timbel (II) asetat untuk menunjukkan adanya belerang dalam protein.

## Latih Kemampuan IX

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

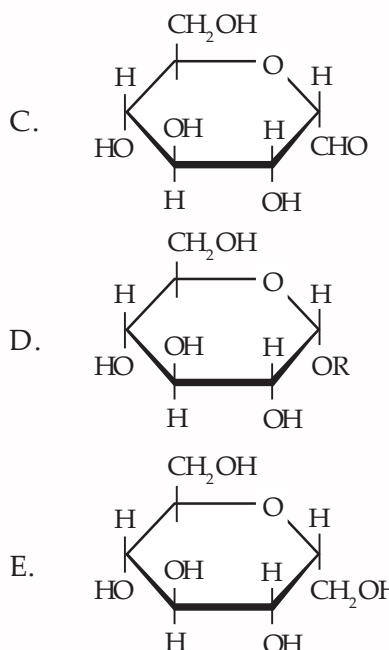
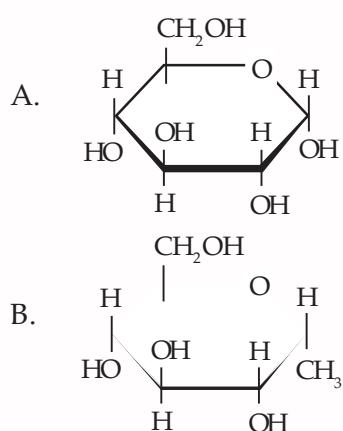
1. Polimer berikut yang termasuk polimer sintetis adalah ....
  - A. poliisoprena, asam nukleat
  - B. neoprena, amilum
  - C. selulosa, protein
  - D. polivinil klorida
  - E. protein
2. Polimer berikut merupakan jenis plastik, kecuali ....
  - A. polietilena
  - B. PVC
  - C. PVA
  - D. teflon
  - E. tefron
3. Senyawa berikut yang tidak terbentuk melalui polimerisasi adisi adalah ....
  - A. teflon
  - B. PVC
  - C. poliisoprena
  - D. dakron
  - E. polietena
4. Senyawa di bawah ini termasuk monosakarida kelompok aldoheksosa, kecuali ....
  - A. glukosa
  - B. galaktosa
  - C. fruktosa
  - D. manosa
  - E. idosa

5. Istilah lain dari bayangan cermin adalah ....  
 A. enantiomer      D. polimer  
 B. stereomer      E. monomer  
 C. stereoisomer
6. Perhatikan struktur hemiasetal senyawa monosakarida berikut ini.

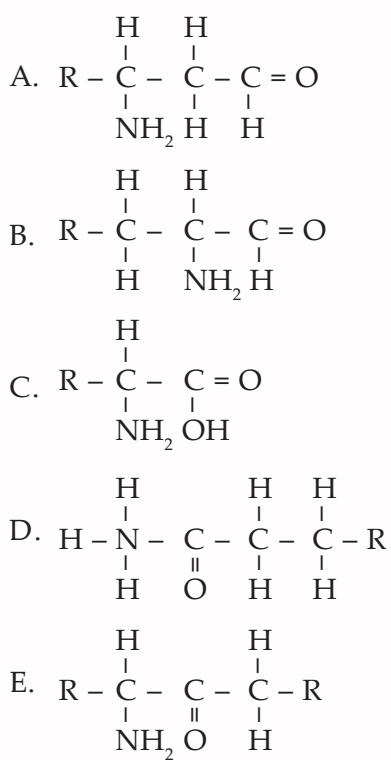


Senyawa di atas diberi nama ....  
 A.  $\alpha$ -glukosa      D. d-galaktosa  
 B. d-glukosa      E. d-manosa  
 C.  $\beta$ -galaktosa

7. Dalam senyawa manosa dikenal bentuk d-manosa dan  $\beta$ -manosa. Perbedaannya adalah ....  
 A. gugus aldehida dan keton  
 B. jumlah gugus OH  
 C. ikatannya  
 D. rumus molekulnya  
 E. letak gugus OH pada atom C sebelum terakhir
8. Polisakarida yang tersimpan di hati serta jaringan otot manusia dan hewan adalah ....  
 A. amilum      D. melizitoza  
 B. selulosa      E. gentianoza  
 C. glikogen
9. Senyawa glukosa membentuk senyawa glikosida oleh pengaruh alkohol. Rumus struktur glikosida adalah ....

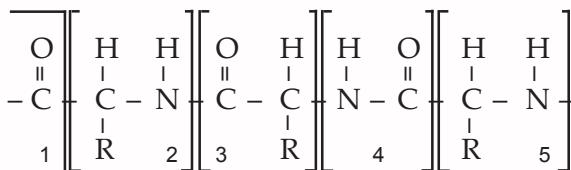


10. Sakarida yang memiliki banyak gula disebut ....  
 A. oligosakarida      D. oksisakarida  
 B. trisakarida      E. metasakarida  
 C. polisakarida
11. Komponen dasar penyusun protein terutama struktur primernya adalah asam amino. Secara umum asam amino memiliki struktur ....



12. Adanya gugus amino dan asam karboksilat menyebabkan asam amino memiliki dua muatan. Keadaan demikian dinamakan ....  
A. amfoter              D. metaloid  
B. zwitter ion           E. atom netral  
C. amfiprotik

13. Struktur primer senyawa protein digambarkan sebagai berikut.



Dari struktur tersebut yang merupakan ikatan peptida adalah ....

- A. 1                      D. 4  
B. 2                      E. 5  
C. 3

14. Di bawah ini yang tidak tergolong protein globular adalah ....  
A. albumin              D. timin  
B. globulin              E. protamin  
C. histidin

15. Senyawa di bawah ini termasuk asam amino nonesensial adalah ....  
A. alanin                D. leusin  
B. arginin               E. metionin  
C. glisin

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Berilah contoh polimer alam dan polimer sintetis masing-masing lima!
2. Apakah perbedaan antara selulosa dengan glukosa?
3. Mengapa sukrosa merupakan gula nonpereduksi tetapi moltosa merupakan gula pereduksi? Jelaskan!
4. Jelaskan kegunaan protein bagi tubuh kita!
5. Apakah yang dimaksud dengan ikatan peptida?



# BAB X

## Lemak



Sumber: Dokumen Penerbit

Pernahkah kamu makan roti dengan mentega? Apakah bahan yang diperlukan untuk membuat mentega? Mentega termasuk lemak. Senyawa lemak lainnya yang sering kita temukan dalam kehidupan sehari-hari adalah minyak. Apakah lemak itu? Bagaimana struktur dan tata namanya? Dan apakah kegunaan lemak itu?



# Peta Konsep



Kata kunci : asam lemak, gliserol

**K**amu tentu tahu bahwa ada orang yang gemuk dan ada juga orang yang kurus. Gemuk ataupun kurus terkait dengan timbunan lemak di bawah kulit. Lemak sebagai sumber cadangan energi dalam tubuh makhluk hidup.

Pernahkah kamu mendengar tentang kadar kolesterol dalam darah. Kadar kolesterol yang tinggi yaitu di atas 280 mg/dL akan beresiko tinggi terhadap penyakit jantung koroner. Kolesterol termasuk dalam lemak. Apakah sebenarnya lemak, bagaimana struktur serta sifat dan kegunaannya? Marilah kita pelajari lebih lanjut mengenai lemak agar lebih jelas.

## A. Lemak

Lemak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu lemak juga merupakan sumber energi yang lebih efektif dibanding dengan karbohidrat dan protein. Satu gram lemak dapat menghasilkan 9 kkal/gram, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 kkal/gram.

Lemak termasuk golongan biokimia yang dikenal sebagai lipid. Istilah lemak mengacu pada lipid yang berupa padatan pada suhu ruang, sedangkan istilah minyak mengacu pada lipid yang tetap berupa cairan pada suhu ruang.

### 1. Struktur Lemak

Lemak tergolong ester. Lemak sederhana adalah trigliserida (ester) yang terbuat dari sebuah molekul gliserol yang terikat pada tiga asam karboksilat (asam lemak).

Pada dasarnya asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Dikatakan jenuh, jika molekulnya hanya mempunyai ikatan tunggal. Adapun dikatakan tidak jenuh berarti molekulnya mempunyai ikatan rangkap di antara atomnya.

Perhatikan struktur asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh pada tabel berikut.

Tabel 10.1 Struktur Asam Lemak Jenuh dan Asam Lemak Tidak Jenuh

Asam lemak jenuh			
No.	Nama urutan	Jumlah karbon	Rumus molekul
1.	Asam laurat	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}-\text{C}=\text{O}$   OH
2.	Asam miristat	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}-\text{C}=\text{O}$   OH
3.	Asam palmitat	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\text{C}=\text{O}$   OH
4.	Asam stearat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}-\text{C}=\text{O}$   OH

### Asam lemak tidak jenuh

No.	Nama urutan	Jumlah karbon	Rumus molekul
5.	Asam oleat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{C}(=\text{O})\text{OH}$
6.	Asam linoleat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH} = \text{CHCH}_2\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{C}(=\text{O})\text{OH}$
7.	Asam linolenat	18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} = \text{CHCH}_2\text{CH} = \text{CHCH}_2\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{C}(=\text{O})\text{OH}$

Sumber: *Kimia Organik*

Untuk membedakan asam lemak jenuh dan tidak jenuh lakukan kegiatan berikut.

### Kegiatan 10.1

#### Identifikasi Lemak

##### A. Tujuan

Membedakan asam lemak jenuh dan tidak jenuh.

##### B. Alat dan Bahan

- |                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| - Panci masak volume 2 liter | - Pipet tetes          |
| - Gelas ukur                 | - Minyak kelapa        |
| - Mangkuk                    | - Minyak goreng        |
| - Sendok                     | - Air                  |
| - Kompor                     | - Larutan iodium       |
| - Stopwatch                  | - Gajih (lemak daging) |

##### C. Cara Kerja

1. Ambil 20 mL minyak goreng dengan gelas ukur, masukkan ke dalam mangkuk.
2. Tambahkan 4 tetes larutan iodium dan aduk dengan sendok
3. Amati warna minyak goreng tersebut.
4. Isi panci dengan air setinggi 4 cm.
5. Masukkan campuran minyak goreng dan iodium ke dalam panci.
6. Panaskan dan catat hasil pengamatan selama 10 menit
7. Ulangi langkah 1 sampai 6 di atas untuk minyak kelapa dan gajih.

##### D. Hasil Percobaan

Bahan	Hasil Pengamatan Menit Ke-						
	0	2	4	6	8	10	
1. minyak goreng + iodium							
2. minyak kelapa + iodium							
3. gajih + iodium							

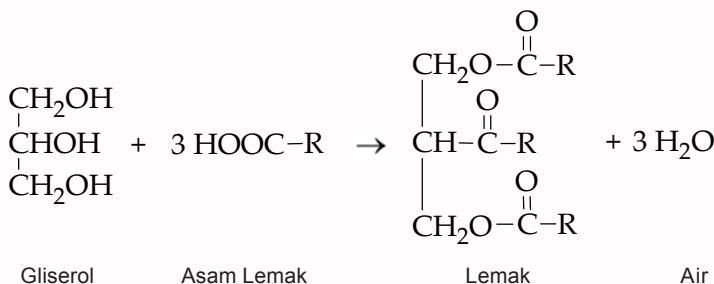
##### E. Analisa Data

1. Bagaimana reaksi yang terjadi antara asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh dengan iodium?
2. Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

## 2. Tata Nama pada Lemak

Molekul lemak terbentuk dari gabungan tiga molekul asam lemak dengan satu molekul gliserol.

Perhatikan reaksi berikut.

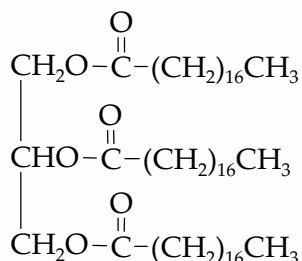


Dalam pemberian nama suatu lemak, tergantung dari nama asam lemak yang diikatnya.

- a. Apabila lemak mengikat asam lemak yang sama, maka pemberian nama senyawa lemak sebagai berikut.

Gliserol + tri + asam lemak

### Contoh

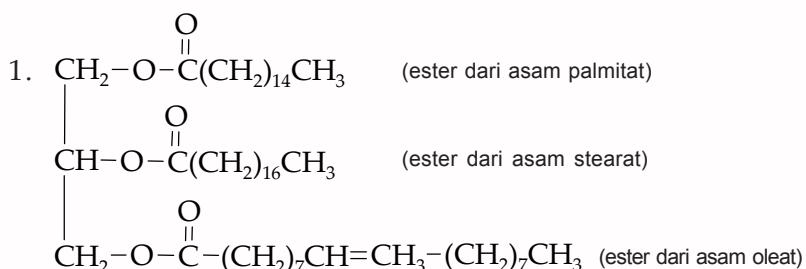


Oleh karena senyawa tersebut terdiri dari asam lemak yang sama yaitu asam stearat, senyawa tersebut dinamakan gliserol tristearat.

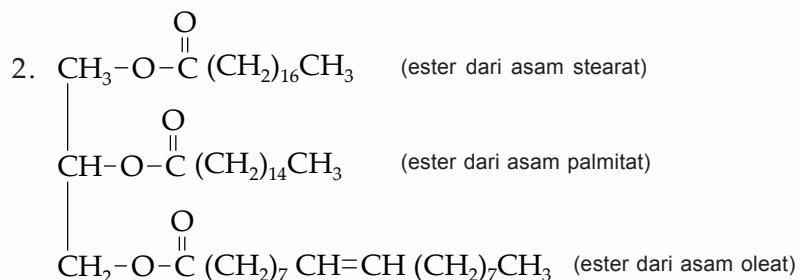
- b. Apabila lemak mengikat asam lemak yang berbeda maka pemberian nama senyawa lemak seperti berikut.

Gliserol + asam lemak menurut letaknya

### Contoh



Jadi senyawa lemak tersebut dinamakan gliserol palmito stearo oleat.



Lemak tersebut dinamakan gliserol stearopalmito oleat.

### 3. Sifat-Sifat Lemak

Lemak memiliki sifat-sifat antara lain seperti berikut.

- Lemak merupakan bahan padat pada suhu kamar, di antaranya disebabkan kandungan asam lemak jenuh yang secara kimia tidak mengandung ikatan rangkap sehingga mempunyai titik lebur yang tinggi.
- Lemak juga dapat memiliki sifat plastis. Artinya mudah dibentuk atau dicetak atau dapat diempukkan (*cream*), yaitu dilunakkan dengan pencampuran dengan udara. Lemak yang plastis biasanya mengandung kristal gliserida yang padat dan sebagian trigliserida cair. Bentuk ukuran kristal gliserida memengaruhi sifat lemak pada roti dan kue.

Bila suatu lemak didinginkan, maka jarak antarmolekul menjadi lebih kecil. Jika jarak antarmolekul tersebut mencapai  $5 \text{ \AA}$ , maka akan timbul gaya tarik-menarik antara molekul yang disebut *gaya Van der Walls*. Besar gaya ini hanya bisa dihitung pada molekul yang berantai panjang, seperti asam lemak dengan massa molekul relatif tinggi. Akibat adanya gaya ini, radikal-radikal asam lemak dalam molekul lemak akan tersusun berjajar dan saling bertumpuk serta berikatan membentuk kristal.

Kristal lemak mempunyai bentuk polimer, yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$  (*intermediate*) yang masing-masing memiliki sifat berbeda-beda. Perhatikan sifat kristal lemak bentuk polimer  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\beta'$  berikut.

**Tabel 10.2** Sifat Fisika Kristal Lemak

Bentuk polimer	Sifat fisika	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )
$\alpha$	Rapuh, transparan, pipih	5
$\beta'$	Jarum halus	1
$\beta$	Besar-besaran dan berkelompok	25 – 50, kadang-kadang 100

Sumber: *Kimia Pangan dan Gizi*

Bentuk polimer yang khas pada suatu lemak tergantung pada kondisi bentuk kristalnya itu, dan perlakuan terhadap lemak tersebut. Jika lemak didinginkan, terbentuk kristal  $\alpha$  yang segera menghilang berubah menjadi bentuk yang halus ( $\beta'$ ). Pada beberapa lemak bentuk  $\beta'$  ini stabil, tetapi dalam lemak lainnya kristal  $\beta'$  ini berubah menjadi bentuk intermediat dan akhirnya berubah menjadi bentuk  $\beta$  yang besar.

Kristal-kristal ini berbeda sifat dan titik cairnya sehingga mengakibatkan lemak mempunyai beberapa titik lebur. Misalnya, tristearin dengan tiga bentuk polimer mempunyai titik cair  $64,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $53\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; dan  $71,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan titik cair ini menyebabkan lemak mulai mencair pada suhu  $53\text{ }^{\circ}\text{C}$ , yang kemudian segera membeku kembali. Bila perlahan-lahan dipanaskan lagi, lemak akan mencair lagi pada suhu  $64,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Perlakuan dengan perbedaan suhu dapat berperan dalam pembentukan kristal yang halus atau kasar sesuai dengan tujuan yang diinginkan dalam industri pangan; misalnya untuk mentega berbeda dengan untuk minyak salad, kembang gula, atau *ice cream*.

c. Titik Lebur Lemak

Pada bahan makanan terdapat berbagai jenis trigliserida. Oleh karena itu, titik lebur lemak dan minyak berada pada suatu kisaran suhu. Lemak dan minyak juga mempunyai sifat tekstur dan daya pembentuk krim yang bervariasi.

Kekuatan ikatan antara radikal asam lemak dalam kristal memengaruhi pembentukan kristal. Hal ini berarti juga memengaruhi titik cair lemak. Makin kuat ikatan antarmolekul asam lemak, makin banyak panas yang diperlukan untuk mencairkan kristal. Asam lemak dengan ikatan yang tidak begitu kuat memerlukan panas yang lebih sedikit, sehingga energi panas yang diperlukan untuk mencairkan kristal-kristalnya makin sedikit dan titik leburnya akan lebih rendah.

Titik lebur suatu lemak atau minyak dipengaruhi juga oleh sifat asam lemak, yaitu gaya tarik antara asam lemak yang berdekatan dalam kristal. Gaya ini ditentukan oleh panjang rantai C, jumlah ikatan rangkap, dan bentuk *cis* atau *trans* pada asam lemak tidak jenuh. Makin panjang rantai C, titik cair akan semakin tinggi.

Titik lebur menurun dengan bertambahnya jumlah ikatan rangkap. Hal ini dikarenakan ikatan antarmolekul asam lemak tidak jenuh kurang kuat.

d. Bilangan Iodium

Bilangan iodium adalah suatu ukuran dari derajat ketidakjenuhan. Lemak tidak jenuh dengan mudah dapat bergabung dengan iodium (tiap ikatan rangkap dalam lemak dapat mengambil dua atom iodium). Bilangan iodium ditetapkan sebagai jumlah gram iodium yang diserap oleh 100 gram lemak.

**Tabel 10.3** Bilangan iodium dari beberapa lemak dan minyak

Sumber	Bilangan iodium
Minyak kelapa	8 – 10
Minyak jagung	115 – 127
Minyak wijen	79 – 90
Minyak kacang kedelai	130 – 138
Lemak daging sapi	35 – 45
Lemak babi	50 – 65
Lemak unggas	80

**Sumber:** *Kimia Pangan dan Gizi*

Berdasarkan Tabel 10.3 bilangan iodium 130 untuk minyak kacang kedelai menunjukkan derajat ketidakjenuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak kelapa (bilangan iodium 8).

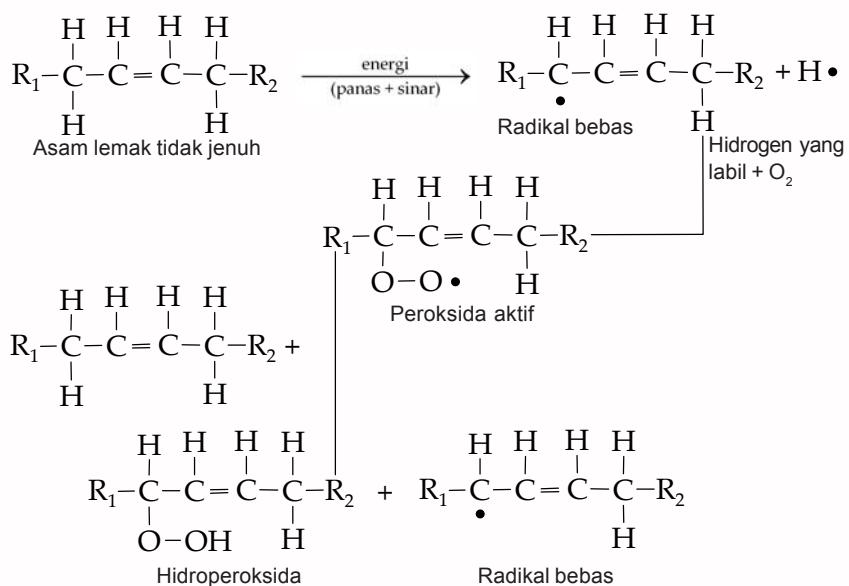
#### e. Bilangan Penyabunan

Bila lemak dipanaskan dengan alkali seperti natrium hidroksida, maka lemak pecah menjadi gliserol dan garam alkali dari asam-asam lemak. Garam-garam alkali tersebut dinamakan sabun dan prosesnya disebut penyabunan. Jumlah alkali yang dibutuhkan dalam reaksi penyabunan dinamakan **bilangan penyabunan**.

#### f. Oksidasi dan Ketengikan

Kerusakan lemak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik yang disebut **proses ketengikan**. Hal ini disebabkan oleh oksidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Oksidasi dimulai dengan pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang dapat mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, peroksida; lemak atau hidroperoksida; logam-logam berat seperti Cu, Fe, Co, dan Mn; logam porfirin seperti hematin, hemoglobin, mioglobin, klorofil, dan enzim-enzim lipoksidase.

Perhatikan reaksi oksidasi pada asam lemak berikut.



Molekul-molekul lemak yang mengandung radikal asam lemak tidak jenuh mengalami oksidasi dan menjadi tengik. Bau tengik yang tidak sedap tersebut disebabkan oleh pembentukan senyawa-senyawa hasil pemecahan hidroperoksida yang bersifat sangat tidak stabil dan mudah pecah menjadi senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek oleh radiasi energi tinggi, energi panas, katalis logam, atau enzim. Senyawa-senyawa dengan rantai C lebih pendek ini adalah asam-asam lemak, aldehyda-aldehyda dan keton yang bersifat *volatile* dan menimbulkan bau tengik pada lemak.

Perubahan-perubahan selama oksidasi ini dapat diikuti dengan spektrofotometer ultraviolet dengan absorpsi pada panjang gelombang 232 nm.

Proses ketengikan sangat dipengaruhi oleh adanya prooksidan dan antioksidan. Prooksidan akan mempercepat terjadinya oksidasi, sedangkan antioksidan akan menghambatnya. Penyimpanan lemak yang baik adalah dalam tempat tertutup yang gelap dan dingin. Wadah lebih baik terbuat dari aluminium atau *stainless steel*. Lemak harus dihindarkan dari logam besi atau tembaga. Bila minyak telah diolah menjadi bahan makanan, pola ketengikannya akan berbeda. Kandungan gula yang tinggi mengurangi kecepatan timbulnya ketengikan, misalnya biskuit yang manis akan lebih tahan daripada yang tidak bergula.

Adanya antioksidan dalam lemak akan mengurangi kecepatan proses oksidasi. Antioksidan terdapat secara alamiah dalam lemak nabati, dan kadang-kadang sengaja ditambahkan.

g. Hidrolisis Lemak

Lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak jika ada air. Reaksi ini dipercepat oleh basa, asam, dan enzim-enzim. Dalam teknologi makanan, hidrolisis oleh enzim lipase sangat penting karena enzim tersebut terdapat pada semua jaringan yang mengandung minyak. Hidrolisis sangat mudah terjadi dalam lemak dengan asam lemak rendah (lebih kecil dari  $C_{14}$ ) seperti pada mentega, minyak kelapa sawit dan minyak kelapa. Hidrolisis sangat menurunkan mutu minyak goreng. Minyak yang telah terhidrolisis, menjadikan *smoke point*-nya menurun. Selama penyimpanan dan pengolahan minyak atau lemak, asam lemak bebas bertambah dan harus dihilangkan dengan proses pemurnian dan deodorisasi untuk menghasilkan minyak yang lebih baik mutunya.

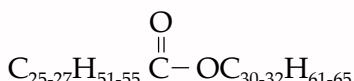
## B. Senyawa Lipid dan Kegunaannya

Senyawa lipid banyak dimanfaatkan. Berikut beberapa senyawa lipid dan kegunaannya.

## 1. Malam

Malam (*wane*) berbeda dari lemak dan minyak karena hanya merupakan monoester sederhana. Bagian asam maupun bagian alkohol dari molekul malam adalah rantai karbon jenuh yang panjang.

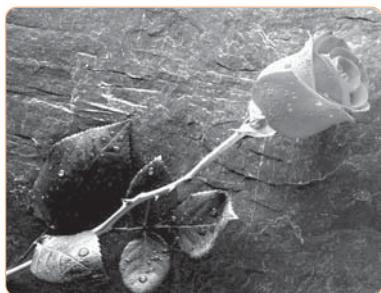
### Contoh



Komponen malam lebah

Malam bersifat lebih getas, lebih keras, dan kurang berminyak dibandingkan lemak. Malam digunakan untuk membuat semir, kosmetika, balsem, dan sediaan farmasi lainnya, serta lilin dan piringan hitam. Di alam, malam melapisi dedaunan dan batang tumbuhan yang tumbuh di daerah kering, sehingga mengurangi penguapan. Demikian pula, serangga sering memiliki mantel berupa malam pelindung alami.

## 2. Terpena dan Steroid



Gambar 10.1 Bunga Mawar Mengandung Terpena

Sumber: Photo Image

Minyak atsiri (*essential oil*) dari banyak tumbuhan dan bunga diperoleh melalui penyulingan. Minyak atsiri tersebut biasanya memiliki bau khas dari tumbuhan tersebut (misal minyak mawar dan minyak kenanga). Senyawa yang diisolasi dari minyak ini mengandung atom karbon kelipatan dari lima atom karbon (5, 10, 15, dan seterusnya) yang disebut *terpena*. Terpena disintesis dalam tumbuhan dari asetat melalui zat antara biokimia yang penting, yaitu isopenil pirofosfat. Unit lima karbon itu memiliki rantai dengan empat karbon dan satu cabang karbon pada C-2 yang disebut unit isoprena.

Kebanyakan struktur terpena dapat dipecah menjadi beberapa unit isoprena. Terpena mengandung berbagai gugus fungsi ( $\text{C} = \text{C}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $\text{C} = \text{O}$ ) sebagai bagian dari strukturnya dan dapat berupa asiklik atau siklik.

Contoh terpena adalah sitronelat (minyak jeruk), mentol (minyak permen), dan mirsena (daun salam). Salah satu pemanfaatan senyawa dari terpena yaitu mentol (minyak permin). Kamu dapat membuat minyak angin dengan senyawa terpena ini. Lakukan kegiatan berikut untuk membuat minyak angin.

### Kegiatan 10.2

#### Membuat Minyak Angin

##### A. Tujuan

Membuat minyak angin

##### B. Bahan

- Minyak gandapura 100 cc
- Minyak permint 5 cc

- Bibit minyak wangi 2 cc
- Bibit warna hijau 0,5 cc
- Mentol kristal 10 gr
- Kamfer kristal 5 gr

### C. Cara Kerja

1. Minyak gandapura, minyak permint, bibit minyak, dan zat pewarna hijau dicampur jadi satu tanpa pemanasan api.
2. Kemudian mentol kristal dimasukkan sekaligus dalam percampuran tersebut.
3. Bandingkan minyak angin yang telah kamu buat dengan minyak angin yang ada di pasaran.

### D. Hasil Percobaan

Minyak angin yang telah dibuat memiliki:

Warna : ....

Bentuk : ....

Aroma : ....

### E. Analisa Data

1. Apakah fungsi minyak gandapura dan mentol kristal dalam pembuatan minyak angin?
2. Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

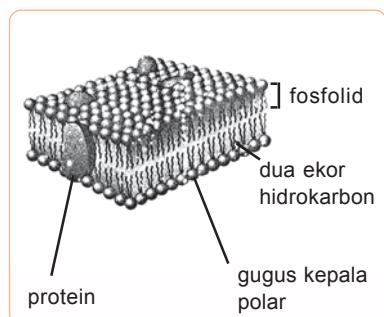
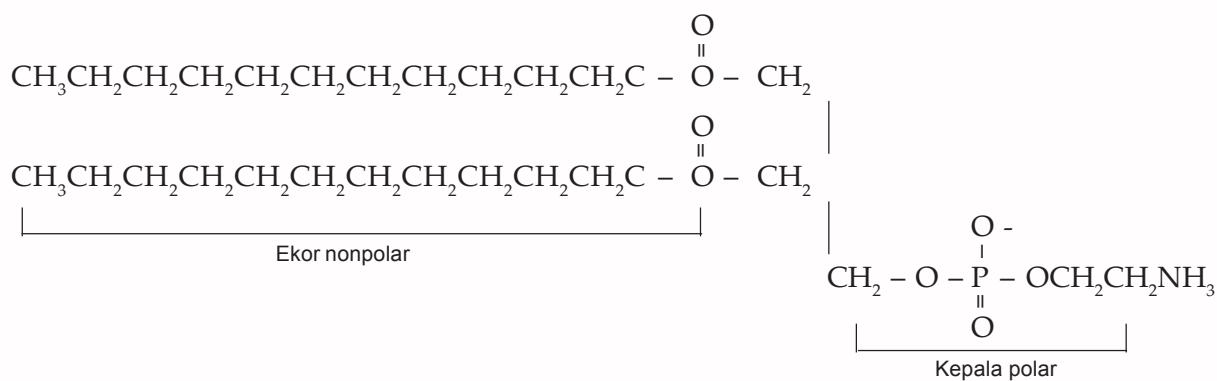
Steroid merupakan golongan lipid utama. Steroid dan terpena, keduanya disintesis melalui rute yang mirip.

Steroid yang paling dikenal ialah kolesterol. Kolesterol terdapat dalam semua sel hewan tetapi terutama terkonsentrasi dalam otak dan sumsum tulang punggung. Kolesterol juga merupakan penyusun utama batu empedu. Jumlah total kolesterol dalam tubuh manusia rata-rata ialah sekitar 2 ons. Kadar kolesterol dalam darah di bawah 200 mg/dL dapat diterima, tetapi kadar di atas 280 mg/dL berisiko tinggi terkena penyakit jantung koroner.

Steroid lain yang juga umum dijumpai dalam jaringan hewan dan memainkan peran biologis yang penting adalah asam kolat (*cholic acid*). Asam kolat terdapat dalam saluran empedu, terutama dalam berbagai bentuk garam amida. Fungsi asam kolat sebagai bahan pengemulsi untuk memudahkan penyerapan lemak dalam usus. Pada dasarnya senyawa ini merupakan sabun biologis.

### 3. Fosfolipid

Fasfolipid menyusun sekitar 40% membran sel sedangkan sisanya protein. Fosfolipid secara struktur berkaitan dengan lemak dan minyak, kecuali salah satu dari gugus esternya digantikan oleh fosfatidilamina. Perhatikan struktur fosfolipid berikut ini.



**Gambar 10.2** Fosfolipid  
Sumber: *Kimia untuk Universitas*

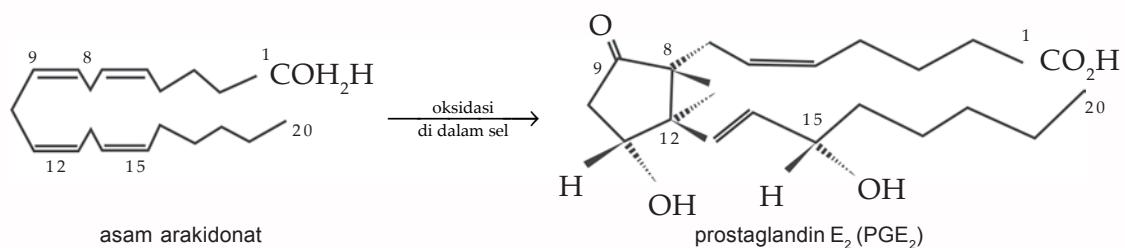
Bagian asam lemak biasanya palmitil, stearil, atau oleil. Struktur yang ditunjukkan di atas ialah sefalin. Ketiga proton pada nitrogen digantikan oleh gugus metil dalam lesitin. Kedua jenis fosfolipid ini tersebar luas dalam tubuh, terutama di otak dan jaringan saraf.

Fosfolipid menyusun diri dalam lapisan ganda (*bilayer*) pada membran, dengan kedua "ekor" hidrokarbon mengarah ke dalam dan ujung polar fosfatidilamina membentuk permukaan membran, seperti diperlihatkan pada Gambar 10.2. Membran memainkan peran kunci dalam biologi, yaitu mengatur difusi zat ke dalam dan ke luar sel.

## 4. Prostaglandin

Prostaglandin ialah kelompok senyawa yang berhubungan dengan asam lemak tak jenuh. Kelompok senyawa ini ditemukan pada tahun 1930-an, sewaktu dijumpai bahwa manusia mengandung zat yang dapat merangsang jaringan otot halus, seperti otot uterus untuk berkontraksi. Berdasarkan anggapan bahwa zat tersebut berasal dari kelenjar prostat, maka namanya menjadi prostaglandin. Sekarang kita mengetahui bahwa prostaglandin tersebar luas dalam hampir semua jaringan manusia, dan bahwa senyawa ini dalam jumlah sedikit aktif secara biologis dan menimbulkan berbagai efek pada metabolisme lemak, denyut jantung, dan tekanan darah.

Prostaglandin memiliki 20 atom karbon. Senyawa ini disintesis di dalam tubuh melalui oksidasi dan siklisasi ke-20 karbon asam lemak tak jenuh, yaitu asam arakidonat (*arachidonic acid*). Karbon ke-8 sampai karbon ke-12 dari rantai bergelung membentuk cincin siklopentana dan fungsi oksigen (gugus karbonil atau hidroksil) selalu ada pada karbon ke-9. Jumlah ikatan rangkap atau gugus hidroksil dapat beragam di dalam strukturnya.



Prostaglandin telah menarik minat dalam masyarakat medis, sebab senyawa ini digunakan dalam pengobatan penyakit inflamasi, seperti asma dan artritis reumatoid; pengobatan tukak paptik; pengendalian hipertensi; pengaturan tekanan darah, dan metabolisme serta menginduksi kelahiran dan aborsi terapeutik.

## Latihan 10

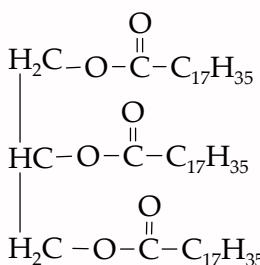
1. Jelaskan sifat-sifat lemak!
2. Tuliskan rumus struktur dari:
  - a. gliserol trimiristat,
  - b. gliserol palmito laurooleat!
3. Jelaskan kegunaan malam!
4. Tuliskan rumus umum dari:
  - a. malam,
  - b. terpena,
  - c. steroid,
  - d. fosfolipid!

## Rangkuman

- ✓ Lemak merupakan sumber cadangan energi di dalam tubuh suatu makhluk hidup.
- ✓ Struktur asam lemak dibedakan sebagai asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh.
- ✓ Tata nama lemak tergantung dari asam lemak yang diikat.
- ✓ Lemak mempunyai sifat-sifat sebagai berikut.
  - Lemak merupakan bahan padat pada suhu kamar.
  - Lemak memiliki sifat plastis artinya mudah dibentuk atau dicetak atau dapat diempukkan.
  - Titik lebur minyak dipengaruhi oleh sifat tekstur serta daya tarik antara asam lemak yang berdekatan.
- ✓ Bilangan iodium adalah suatu ukuran dari derajat ketidakjenuhan. Bilangan iodium ditetapkan sebagai jumlah gram iodium yang diserap oleh 100 gram lemak.
- ✓ Lemak dapat mengalami bau dan rasa tengik yang disebut proses ketengikan.
- ✓ Lemak mengalami hidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak.
- ✓ Beberapa senyawa lipid adalah malam, terpena, steroid, fosfolipid, dan prostaglandin.

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Biomolekul di bawah ini termasuk senyawa lipid, *kecuali* ....
  - A. karbohidrat, protein, dan lemak
  - B. karbohidrat, vitamin dan mineral
  - C. lemak, steroid, dan fosfolipid
  - D. lemak, steroid, dan vitamin C
  - E. steroid, fosfolipid, dan protein
2. Senyawa lemak berikut yang banyak terdapat di alam adalah ....
  - A. trigliserida
  - B. triolein
  - C.  $\alpha$ -oleo palmito stearin
  - D. tristearin
  - E. tripalmitin
3. Bilangan yang menyatakan miligram kalium hidroksida yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram lemak adalah ....
  - A. lemak total
  - B. bilangan penyabunan
  - C. bilangan iodium
  - D. bilangan asam
  - E. bilangan Reichert-Meisel
4. Perhatikan rumus struktur senyawa berikut!



Senyawa di atas diberi nama ....

- A. tristearin
  - B. triolein
  - C.  $\alpha$ - $\beta$ -dielo  $\gamma$ -stearin
  - D.  $\alpha$ - $\beta$ -distearo  $\gamma$ -olein
  - E.  $\alpha$ -oleo- $\beta$ - $\gamma$ -distearin
5. Oksidasi lemak akan menimbulkan bau tengik atau sering disebut ....
    - A. oksidasi negatif
    - B. antioksidan
    - C. reduksi positif
    - D. prooksidan
    - E. viskositas

6. Di antara kelompok asam lemak di bawah ini yang tergolong esensial adalah ....
  - a. palmitat, stearat, dan oleat
  - b. palmitat, linoleat, dan aradihonat
  - c. linoleat, linolenat, dan stearat
  - d. linoleat, stearat, dan oleat
7. Minyak dibedakan dari lemak karena ....
  - A. daya panasnya
  - B. daya emulsinya
  - C. daya oksidasinya
  - D. jenis atom penyusun monomernya
  - E. jenis ikatannya
8. Pada proses pembuatan margarin, minyak dipadatkan menjadi lemak dengan cara ....
  - A. pemanasan
  - B. pendinginan
  - C. netralisasi
  - D. oksidasi
  - E. hidrogenasi
9. Salah satu manfaat fosfolipida adalah ....
  - A. sebagai stabilisator
  - B. sebagai buffer
  - C. sebagai pengemulsi
  - D. sebagai katalisator
  - E. sebagai substituen yang reaktif
10. Protein sel selalu mengandung ....
  - A. lemak
  - B. minyak
  - C. karbohidrat
  - D. steroid
  - E. fosfolipid
11. Sifat molekul fosfolipida adalah amfoter, artinya dalam 1 molekul terdapat ....
  - A. 1 bagian bersifat asam dan bagian lain bersifat basa
  - B. 1 bagian bersifat polar dan bagian lain bersifat nonpolar
  - C. 1 bagian bersifat logam dan bagian lain bersifat nonlogam
  - D. 1 bagian bersifat optis aktif dan bagian lain bersifat nonoptis aktif
  - E. 1 bagian bersifat ion dan bagian lain bersifat kovalen.

12. Dua fosfolipida yang dikenal banyak terdapat di alam adalah ....
- etanalimin dan fosfoglicerida
  - eterlin dan fosfoglicerida
  - lesitin dan sefalin
  - sefalin dan eterlin
  - lesitin dan etanalin
13. Senyawa berikut yang memiliki derajat ketidakjenuhan paling tinggi adalah ....
- minyak kelapa
  - minyak wijen
  - minyak kacang kedelai
  - daging sapi
  - unggas
14. Lemak di bawah ini pada suhu kamar berwujud padat adalah ....
- minyak wijen
  - minyak jagung
  - minyak jarak
  - minyak kelapa
  - minyak babi
15. Banyaknya ikatan rangkap yang terdapat dalam minyak dapat diketahui melalui pengukuran ....
- bilangan asam
  - bilangan penyabunan
  - bilangan iodium
  - bilangan ester
  - bilangan oksida

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Jelaskan sifat-sifat fisik dari lemak!
- Apakah yang dimaksud dengan;
  - prostaglandin,
  - terpena,
  - kolesterol?
- Gambarkan struktur dari:
  - komponen malam lebah,
  - asam oleat
  - asam linoleat!
- Jelaskan fungsi lemak dalam metabolisme tubuh kita!
- Jelaskan pengertian bilangan penyabunan dan bilangan iodium!

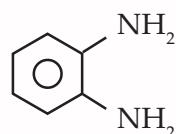


## Latihan Semester 2

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Di antara senyawa di bawah ini yang termasuk alkohol sekunder adalah ....
  - A. 2 metil butanol
  - B. 2 metil, 2-butanol
  - C. 2,3 dimetil butanol
  - D. propanol
  - E. 2-propanol
2. Identifikasi senyawa alkohol primer, sekunder, atau tersier dilakukan dengan cara ....
  - A. oksidasi
  - B. substitusi
  - C. adisi
  - D. polimerisasi
  - E. kondensasi
3. Alkohol jika direaksikan dengan asam karboksilat akan terbentuk senyawa ester, reaksi berikut dinamakan ....
  - A. hidrolisis
  - B. esterifikasi
  - C. kondensasi
  - D. polimerisasi
  - E. oksidasi
4. Oksidasi senyawa 2-butanol akan membentuk senyawa ....
  - A. butanol
  - B. butanon
  - C. asam butanoat
  - D. etilbutanoat
  - E. 1-butanol
5. Eter dibedakan dengan alkohol dalam hal ....
  - A. kemampuan bereaksi dengan  $\text{PCl}_5$
  - B. kemampuan bereaksi dengan logam natrium
  - C. titik didih eter jauh lebih tinggi daripada alkohol dengan jumlah atom C yang sama
  - D. rumus molekulnya
  - E. kemampuan melarutkan zat-zat organik
6. Identifikasi suatu senyawa organik, diperoleh data sebagai berikut.
  - i) rumus umumnya  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ ,
  - ii) dapat dihidrolisis oleh reagen Fehling,
  - iii) reduksinya membentuk senyawa alkohol primer.
7. Senyawa organik tersebut adalah ....
  - A. alkanon
  - B. alkanal
  - C. alkoksi alkana
  - D. alkohol
  - E. asam karboksilat
8. Formaldehid dengan alkali pekat akan membentuk senyawa metanol dengan garam formiat. Reaksi tersebut dikenal dengan reaksi ....
  - A. cermin perak
  - B. cannizaro
  - C. molish
  - D. barfoed
  - E. benedict
9. Reduksi senyawa 2-butanon dihasilkan senyawa ....
  - A. butanal
  - B. 2-butanol
  - C. butanol
  - D. butana
  - E. 2-butena
10. Asam karboksilat adalah produk dari ester melalui reaksi ....
  - A. karboksilasi
  - B. adisi
  - C. substitusi
  - D. eliminasi
  - E. hidrolisis
11. Reduksi asam butanoat menghasilkan senyawa ....
  - A. butana
  - B. butanol
  - C. butanal
  - D. butanon
  - E. etil butanoat
12. Reduksi asam butanoat dihasilkan senyawa ....
  - A. butanal
  - B. pentanal
  - C. butanol
  - D. butana
  - E. pentena

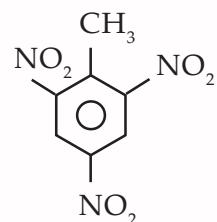
12. Reaksi hidrolisis senyawa ester akan menghasilkan ....
- alkanol dan alkanon
  - alkanol dan alkanal
  - alkanol dan asam karboksilat
  - alkanol dan alkil alkanoat
  - alkanol dan aldehida
13. Senyawa difluoro dikloro metana adalah senyawa haloalkana yang banyak dimanfaatkan untuk ....
- pelarut
  - zat pendorong
  - antikarat
  - antioksidan
  - zat pengaktif
14. Senyawa kloro etana sangat berperan dalam ....
- pembuatan fungisida kloral
  - pembuatan TEL
  - pembuatan kloroform
  - pembuatan iodoform
  - pembuatan pupuk KCl
15. Senyawa 1,1,1 tribromo 2,2,2 trikloro etana mempunyai rumus struktur ....
- $\text{CCl}_3 - \text{CBr}_3$
  - $\text{CHBr}_2 - \text{CHCl}_2$
  - $\text{CH}_2\text{Br} - \text{CH}_2\text{Cl}$
  - $\text{CH}_3 - \text{CBr}_2\text{Cl}$
  - $\text{CH}_3 - \text{CBrCl}_2$
16. Nitro alkana dapat dibuat dari kloro alkana dengan menambah ....
- asam nitrit
  - asam nitrat
  - gas nitrogen oksida
  - gas dinitrogen trioksida
  - gas nitrogen monoksida
17. Substitusi benzena oleh gas klorin dengan katalisator  $\text{FeCl}_3$  membentuk senyawa ....
- heksa kloro sikloheksana
  - kloro benzena
  - o* - kloro benzena
  - m* - kloro benzena
  - p* - kloro benzena
18. Perhatikan rumus struktur berikut.



Senyawa di atas diberi nama ....

- 1,2-diamino toluena
- 1,2-diamonia toluena
- para-diamino benzena
- meta-diamino benzena
- ortho-fenildiamin

19. Senyawa trinitrotoluena (TNT) memiliki rumus struktur seperti berikut.



Kegunaan senyawa tersebut adalah ....

- bahan pembuat kue
- bahan pengawet
- bahan peledak
- bahan pewarna
- bahan pembuatan film

20. Di bawah ini beberapa kegunaan senyawa stirena, *kecuali* ....

- kabin TV
- dash-board mobil
- radio
- boneka
- pelarut etil benzena

21. Turunan benzena mempunyai sifat sebagai berikut.

- jika dioksidasi memerahkan laksus biru
- dengan etanol membentuk ester

Senyawa tersebut adalah ....

- toluena
- kloro benzena
- nitro benzena
- fenol
- anilina

22. Kloro benzena dapat dibuat dari senyawa di bawah ini dengan menambah  $\text{PCl}_5$ . Senyawa tersebut adalah ....

- fenol
- katekol
- benzofenon
- benzaldehida
- asam benzoat

23. Nitro benzena dihasilkan dari reaksi ....
- sulfonasi benzena
  - sulfonasi toluena
  - nitrasi benzena
  - nitrasi toluena
  - klorinasi toluena
24. Polimer yang dibentuk oleh kondensasi glukosa disebut polisakarida. Berikut yang termasuk polisakarida adalah ....
- protein
  - maltosa
  - pati
  - sukrosa
  - fruktosa
25. Adanya glukosa dapat diidentifikasi dengan larutan Fehling yang ditandai dengan ....
- cermin perak
  - endapan merah
  - warna ungu
  - warna biru
  - warna kuning
26. Hidrolisis laktosa menghasilkan ....
- glukosa
  - glukosa dan fruktosa
  - glukosa dan galaktosa
  - fruktosa dan galaktosa
  - maltosa dan galaktosa
27. Senyawa berikut termasuk protein, *kecuali* ....
- hemoglobin
  - glikogen
  - insulin
  - kasein
  - enzim
28. Adanya ikatan peptida dalam protein dapat diketahui dengan uji ....
- Benedict
  - Fehling
  - Biuret
  - Tollens
  - Millon
29. Zat-zat berikut dapat mengendapkan protein, *kecuali* ....
- larutan pekat NaCl
  - asam klorida
  - alkohol
  - etanol
  - dimetil keton
30. Di bawah ini merupakan fungsi lipida, *kecuali* ....
- sumber energi
  - komponen membran sel
  - hormon
  - antibodi
  - vitamin

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut!
  - butanal
  - 2,3,3-trimetil pentanal
  - heksanol
  - etil etanoat
  - isopropil butanoat
- Tuliskan reaksi berikut beserta hasil reaksinya!
  - metoksi butana + HI
  - 2-butanon + H<sub>2</sub>
  - etilpropanoat + H<sub>2</sub>O
  - propanal + Reagen Tollens
- Jelaskan sifat istimewa asam formiat dibandingkan dengan asam alkana karboksilat yang lain!
- Jelaskan kegunaan dari senyawa ester!
- Tuliskan rumus struktur dari:
  - stirena
  - aspirin
  - DDT
  - p* nitro fenol
  - benzilamina
- Sebutkan empat senyawa turunan benzena dan kegunaannya!
- Jelaskan pembagian protein!
- Berdasarkan bentuknya, polimer dibedakan menjadi beberapa macam. Jelaskan secara singkat!
- Jelaskan perbedaan antara lemak dan minyak!
- Tuliskan reaksi kondensasi dari glisin dan alanin!

## Glosarium

*Amfoter* adalah zat yang dapat bertindak sebagai asam atau sebagai basa. (68, 72, 222, 226, 234)

*Asam lemak* adalah asam karboksilat berantai panjang yang diperoleh dari penyabunan minyak. (239, 242, 243, 244, 245, 248)

*Besi tuang* adalah sekelompok aloy besi yang mengandung 1,8 – 4,5% karbon. (111)

*Distilasi* adalah proses pemisahan cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih. (84, 86, 87)

*Elektroforesis* adalah metode pemisahan asam amino dari protein berdasarkan perbedaan muatannya dan arah perpindahannya pada medan listrik dengan pH tertentu. (223)

*Enantiomer* adalah sepasang molekul yang bayangan cerminnya tidak dapat ditumpangkan tindihkan satu dengan lainnya. (209)

*Energi ikatan* adalah energi yang diperlukan untuk memutuskan semua ikatan antaratom dalam 1 mol molekul pada keadaan gas. (73, 120)

*Fisi* adalah proses peluruhan radioaktif di mana inti berat pecah menjadi dua inti yang lebih ringan dan beberapa neutron. (125)

*Fusi* adalah inti-inti atom kecil bergabung menjadi inti yang besar bersama itu juga sejumlah massa diubah menjadi energi. (125)

*Gaya Van der Waals* adalah gaya yang menyebabkan antarpartikel dalam sistem gas atau cair terjadi tarik menarik atau terjadi ikatan. (73, 75, 158)

*Glikosida* adalah asetal yang dibuat dengan mengganti gugus hidroksil (-OH) anomeric dari suatu monosakarida dengan gugus monosakarida dengan gugus alkaksi. (212, 233)

*Gula pereduksi* adalah karbohidrat yang mereduksi  $\text{Ag}^+$  atau  $\text{Cu}^+$  dan ia sendiri teroksidasi menjadi asam karboksilat. (212, 215)

*Inert* adalah tidak mudah bereaksi. (47, 48, 55, 62, 76, 160, 180)

*Isomer* adalah molekul dengan jumlah dan jenis atom yang sama tetapi berbeda susunan atomnya. (213)

*Jembatan garam* adalah jembatan penghubung antara kedua  $\frac{1}{2}$  sel dari sebuah sel volta. (31)

*Karbon anomeric* adalah karbon hemiasetal dalam monosakarida siklik. (212)

*Korosi* adalah peristiwa terkikisnya atau termakkanya logam oleh zat lain, pada umumnya karena reaksi oksidasi. (36)

*Ligan* adalah gugus yang terikat pada atom atau ion logam tertentu melalui ikatan kovalen koordinasi. (105)

*Lindi natron* adalah natrium hidroksida. (87)

*Malam* adalah monoester dengan bagian asam maupun alkoholnya memiliki rantai hidrokarbon jenuh yang panjang. (77, 246)

*Metalurgi* adalah cara memperoleh logam dari bijihnya. (109)

*Paramagnetik* adalah sifat magnet suatu bahan karena bahan itu mengandung satu atau lebih elektron tak berpasangan. (102)

*Partikel alfa* adalah gabungan dua proton dan dua neutron yang identik dengan inti helium. (117)

*Partikel beta* adalah elektron yang diemisikan sebagai hasil perubahan neutron menjadi proton dalam inti radioaktif. (118)

*Penyabunan* adalah reaksi lemak dan minyak dengan natrium hidroksida berair untuk menghasilkan gliserol dan garam natrium dari asam lemak. (244)

*Peroksida* adalah senyawa organik yang mengandung ion peroksida,  $O_2^{2-}$ . (62, 72, 216, )

*Polisakarida* adalah karbohidrat yang mengandung ratusan atau bahkan ribuan unit monosakarida yang ditautkan oleh ikatan glikosidik. (207, 209, 216, )

*Proses Kroll* adalah proses untuk menghasilkan logam tertentu melalui reduksi klorida dengan logam magnesium. (111)

*Reaksi adisi* adalah reaksi masuknya sebuah molekul pada molekul organik tak jenuh melalui pemutusan ikatan rangkap. (189, 200)

*Reaksi eliminasi* adalah reaksi yang menghasilkan satu molekul sederhana sebagai akibat lepasnya dua gugus dari dua atom karbon yang bersebelahan. (170, 154, 168)

*Reaksi hidrolisis* adalah reaksi yang terjadi antara suatu senyawa dan air membentuk reaksi kesetimbangan. (74, 166, 167)

*Reaksi substitusi* adalah reaksi kimia dengan mengganti salah satu atom atau gugus atom dalam sebuah molekul oleh atom atau gugus atom lain. (154, 168, 173, 180)

*Sel elektrokimia* adalah alat yang memanfaatkan reaksi kimia untuk menghasilkan listrik. (25, 45, 46)

*Sel elektrolisis* adalah alat yang memanfaatkan arus listrik untuk menghasilkan reaksi kimia. (25, 30, 39, )

*Semipermiabel* adalah selaput yang hanya dapat dilalui oleh molekul-molekul pelarut dan tidak oleh molekul-molekul zat terlarut. (16, 17)

*Sistem kursi* adalah konformasi yang paling stabil dari cincin beranggotakan enam yang semua ikatannya goyang. (210, 233)

*Spin* adalah sifat partikel yang berhubungan dengan momentum sudut intrinsiknya. (102)

*Titik beku* adalah suhu pada saat benda sedang berubah wujud dari wujud cair menjadi wujud padat (beku). (8, 14)

*Titik didih* adalah suhu pada saat zat sedang mendidih (yaitu timbulnya uap dari seluruh bagian zat). (8, 10, 11, 14, 61, 73, 75, 157, 160, 162, 164, 166, 167)

*Titik isoelektrik* adalah pH pada saat asam amino berada dalam bentuk dipolarnya dan tidak memiliki muatan bersih. (222, 223)

*Uap jenuh* adalah uap yang pada suhu itu tidak dapat menampung uap lagi dari penguapan zat cair. (8, 9, 10)

*Waktu paruh* adalah waktu yang dibutuhkan agar setengah dari atom yang ada dalam sampel mengalami peluruhan radioaktif. (81, 122, 123, 126, 128, 131)

# Daftar Pustaka

daftar  
pustaka

- Achmad, Hiskia. *Kimia Unsur dan Radiokimia*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Achmadi, Suminar. 1990. *Kamus Lengkap Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Brady, James E. 1990. *General Chemistry (Principle and Structures)*. New York: John Wiley and Sons.
- Elyas, Nurdin. 2006. *Berwiraswasta dengan Home Industry*. Yogyakarta: Absolut.
- Ensiklopedia IPTEK. 2004. PT Lentera Abadi.
- Fessenden, Ralph J dan Joan S. Fessen. 1983. *Kimia Organik* (Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Hart, Harold, et. al. 2003. *Kimia Organik, Suatu Kuliah Singkat*. Jakarta: Erlangga.
- Ilmu Pengetahuan Populer. 2005. Grolier International, Inc.
- Jendela IPTEK (Terjemahan). 2000. Cetakan kedua. Jakarta: Balai Pustaka.
- Keenan, et.al. 1984. *Kimia untuk Universitas* (Terjemahan). Jilid 1 dan 2. Jakarta: Erlangga.
- Kurnia Endang. 2006. *Pengendalian dan Keselamatan Kerja*. Sub Bidang Proteksi Radiasi dan Keselamatan Kerja Puslitbang Teknik Nuklir- BATAN.
- Microsoft Corporation. 2006. *Microsoft Student, Encarta 2006*. New York: Microsoft, Inc.
- Mulyono HAM,. 2006. *Kamus Kimia*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Petrucci, Ralph H. 1989. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* (Terjemahan). Jilid 1, 2, dan 3. Jakarta: Erlangga.
- Pfeil, Wolfgang. 1999. *Tabel Referensi*. Jakarta: Erlangga
- Setford, Steve. 2004. *Fakta Sains*. Jakarta: Erlangga.
- Suminar, Hart 1983. *Kimia Organik, Suatu Kuliah Singkat*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Suratman. 2001. *Introduksi Proteksi Radiasi Bagi Siswa/Mahasiswa Praktek*. Jogjakarta: Puslitbang Teknologi Maju BATAN
- Tempo. 20 Agustus 2006
- Tempo. Edisi 14 - 20 Mei 2007
- Vogel, A. I. 1970. *A Text Book Of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. Fourt Edition. London: Longmans.
- Wahyuni, Sri, dan Dewi Suryana. 2006. *Buku Kerja Ilmiah untuk SMA Jilid 3B*. Jakarta: Erlangga.
- Wartheim, Jane et. al. *Kamus Kimia Bergambar* (Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Winarno, F. G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [www.alcanthang.com](http://www.alcanthang.com)
- [www.chem-is-try.org](http://www.chem-is-try.org)
- [www.furiae.com](http://www.furiae.com)
- [www.google.com](http://www.google.com)
- [www.marcdatabase.com](http://www.marcdatabase.com)
- [www.mistaya.com](http://www.mistaya.com)
- [www.swissline.com](http://www.swissline.com)

**Tabel 1. Titik Beku dan Titik Beku Molal, serta Titik Didih dan Titik Didih Molal Pelarut**

Pelarut	$T_f$ (° C)	$K_f$ (dermol $^{-1}$ )	$T_b$ (° C)	$K_b$ (dermol $^{-1}$ )
Air	0,0	1,86	100	0,52
Asam asetat	16,6	3,90	117,9	3,07
Asam format	8,4	2,77	-	-
Benzena	5,5	4,90	80,1	2,53
Fenol	43	7,40	-	-
Nitrobenzena	5,7	7,00	210,8	5,24
Karbon tetraklorida	-23,9	28,8	76,5	5,03

**Tabel 2. Deret Potensial Elektrode Unsur-Unsur Logam**

Oksidator +	$ze^-$	$\rightleftharpoons$	Reduktor	Pasangan Redoks	Potensial elektrode standar ( $E^\circ$ ) dalam volt	
$\text{Li}^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Li}_{(s)}$	$\text{Li}^+/\text{Li}$	-3,04
$\text{K}^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{K}_{(s)}$	$\text{K}^+/\text{K}$	-2,92
$\text{Ba}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ba}_{(s)}$	$\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}$	-2,90
$\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ca}_{(s)}$	$\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}$	-2,87
$\text{Na}^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Na}_{(s)}$	$\text{Na}^+/\text{Na}$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Mg}_{(s)}$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$	-2,36
$\text{Be}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Be}_{(s)}$	$\text{Be}^{2+}/\text{Be}$	-1,85
$\text{Al}^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Al}_{(s)}$	$\text{Al}^{3+}/\text{Al}$	-1,66
$\text{Ti}^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ti}_{(s)}$	$\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}$	-1,21
$\text{Mn}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Mn}_{(s)}$	$\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$	-1,18
$\text{V}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{V}_{(s)}$	$\text{V}^{2+}/\text{V}$	-1,17
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Zn}_{(s)}$	$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cr}_{(s)}$	$\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}_{(s)}$	$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cd}_{(s)}$	$\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$	-0,40
$\text{Co}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Co}_{(s)}$	$\text{Co}^{2+}/\text{Co}$	-0,28
$\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ni}_{(s)}$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Sn}_{(s)}$	$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Pb}_{(s)}$	$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}_{(s)}$	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}$	-0,02
$2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_{(g)} + 2\text{H}_2\text{O}^+_{(l)}$	$2\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2$	0,00 (pH = 0)
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}_{(s)}$	$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	+0,35
$\text{Cu}^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}_{(s)}$	$\text{Cu}^+/\text{Cu}$	+0,52
$\text{Hg}_2^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{Hg}_{(l)}$	$\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}$	+0,79
$\text{Ag}^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ag}_{(s)}$	$\text{Ag}^+/\text{Ag}$	+0,80
$\text{Hg}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Hg}_{(s)}$	$\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}$	+0,85
$\text{Pt}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Pt}_{(s)}$	$\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}$	+1,20
$\text{Au}^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}_{(s)}$	$\text{Au}^{3+}/\text{Au}$	+1,50
$\text{Au}^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}_{(s)}$	$\text{Au}^+/\text{Au}$	+1,70

# KUNCI JAWABAN

## BAB I

### I. Pilihan Ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. C | 6. C  | 11. B |
| 2. D | 7. B  | 12. A |
| 3. B | 8. B  | 13. D |
| 4. A | 9. B  | 14. E |
| 5. C | 10. D | 15. A |

### II. Essay

1. 0,24 M
2. 22,5 mmHg
3.  $Mr = 60$
4.  $n = 3$
5. 3 gr

## BAB II

- |         |       |       |
|---------|-------|-------|
| I. 1. C | 6. D  | 11. B |
| 2. B    | 7. B  | 12. D |
| 3. C    | 8. C  | 13. E |
| 4. B    | 9. B  | 14. C |
| 5. B    | 10. B | 15. B |

### II. Essay

1. a.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{SO}_4^{2-} + 5 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$   
b.  $2 \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{NO} + 3 \text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}$
2. a.  $3 \text{SO}_3^{2-} + 2 \text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$   
b.  $2 \text{ClO}_3^- + 3 \text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 4 \text{Cl}^- + 6 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{NO}$
3. a.  $\text{Cu} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Ag}$   
b.  $\text{Cu}(s) \mid \text{Cu}^{2+}(aq) \parallel \text{Ag}^+(aq) \mid \text{Ag}(s)$   
c. 0,46 volt
4. a. Anode: Zn; katode: Ag  
b. 1,56 volt  
c.  $\text{Zn}(s) \mid \text{Zn}^{2+}(aq) \parallel \text{Ag}^+(aq) \mid \text{Ag}$
5. a. Fungsi jembatan garam adalah untuk menyetimbangkan ion-ion dalam larutan.  
b. Reaksi perkaratan besi:  
 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$   
 $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$   
 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$   
(karat)

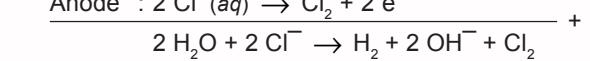
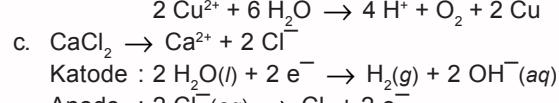
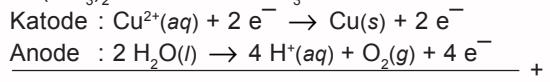
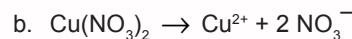
## BAB III

### I. Pilihan Ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. C | 6. D  | 11. B |
| 2. D | 7. B  | 12. C |
| 3. B | 8. C  | 13. E |
| 4. A | 9. E  | 14. A |
| 5. C | 10. C | 15. B |

### II. Essay

1. a.  $\text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{K}^+ + \text{SO}_4^{2-}$   
Katode:  $2 \text{H}_2\text{O}(l) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2 \text{OH}^-(aq) \times 2$   
Anode:  $2 \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 4 \text{H}^+(aq) + \text{O}_2(g) + 4 \text{e}^-$   
 $6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}_2 + 4 \text{OH}^- + 4 \text{H}^+ + \text{O}_2$   
 $6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$



2. 72,5 gram

3.  $V_{\text{H}_2} = 8,06 \text{ L}$

$V_{\text{O}_2} = 4,03 \text{ L}$

4. a. 8,04 A

b. 0,635 gr

c. 0,224 L

5. Manfaat elektrolisis dalam dunia industri adalah *elektroplating* atau pelapisan dengan logam, dan elektrolisis lelehan NaCl.

## BAB IV

### I. Pilihan Ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. A | 6. D  | 11. D |
| 2. E | 7. A  | 12. A |
| 3. D | 8. D  | 13. A |
| 4. B | 9. A  | 14. C |
| 5. D | 10. B | 15. D |

### II. Essay

1. a.  $\text{XeF}_4$  = bujur sangkar  
b.  $\text{XeF}_6$  = oktahedral
2. a. Cara memperoleh litium dengan ekstrasi menggunakan metode elektrolisis  
b. Cara memperoleh kalium dengan ekstrasi menggunakan metode reduksi
3. a. mudah larut dari Be ke Ba  
b. semakin sukar larut dari Be ke Ra  
c. mudah larut dari Be ke Ba
4. Pembuatan asam sulfat dengan proses kontak  
Tahap I  $\rightarrow$  pembentukan  $\text{SO}_2$   
Tahap II  $\rightarrow$  pembentukan  $\text{SO}_3$   
Tahap III  $\rightarrow$  pembentukan  $\text{H}_2\text{SO}_4$
5. karena aluminium termasuk unsur amfoter

## BAB V

### I. Pilihan Ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. E | 6. B  | 11. C |
| 2. B | 7. E  | 12. B |
| 3. E | 8. C  | 13. B |
| 4. D | 9. C  | 14. D |
| 5. D | 10. B | 15. C |

### II. Essay

1. a. Sifat paramagnetik  $\rightarrow$  sifat ini dimiliki zat yang memiliki setidaknya 1 elektron tidak berpasangan

## KUNCI JAWABAN

- (↑). Dalam medan magnet luar, momen-momen magnetic atom yang terdistribusi acak akan tersusun berjajar, sehingga zat akan tertarik ke medan magnet luar tersebut. Sifat magnet ini akan hilang jika medan magnet luar ditiadakan.
- b. Sifat Feromagnetik → Sifat ini dimiliki zat yang mempunyai atom-atom paramagnetik yang berada pada jarak sedemikian sehingga interaksi yang terjadi antaratom-atom begitu kuat.
- c. Sifat Diamagnetik → Sifat ini dimiliki zat yang semua elektronnya sudah berpasangan dimana momen magnetnya saling meniadakan. Sewaktu diletakkan dalam medan magnet zat ini akan tertolak.
2. a.  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$   
b.  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$   
c.  $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$
3. Tungku Basemer dilapisi pelapis tahan api, leburan besi dimasukkan ke dalam tungku Basemer, kemudian dihembuskan oksigen ke leburan. Karbon, belerang, dan fosfor sebagai oksida berupa gas, sedangkan silikon oksida membentuk kerak di atas besi. Setelah terak dipisahkan pada leburan besi ditambah karbon, mangan, dan unsur lain.
4. Besi tempa merupakan besi yang terbentuk di dalam tanur tiup yang masih mengandung pengatur dan bersifat cukup rapuh. Adapun besi tuang merupakan besi tempa yang diproses lebih lanjut menjadi baja.
5. Tetraamin zink(II) sulfat,  
reaksi ionisasi:  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$

### BAB VI

#### I. Pilihan Ganda

- |      |      |       |
|------|------|-------|
| 1. B | 6. E | 11. B |
| 2. C | 7. C | 12. A |
| 3. C | 8. E | 13. B |
| 4. C | 9. D | 14. C |
| 5. C | 10.  | 15. A |

#### II. Essay

1. a. Mengalami peluruhan radioaktif  
b. Mengalami tranmutasi inti.  
c. Pembelahan spontan
2. a. Sinar  $\alpha$ 
  - 1) Memiliki massa besar
  - 2) Radiasi partikel bermuatan positif
  - 3) Partikel sama dengan inti helium
  - 4) Daya tembus lemah
  - 5) Daya ionisasi terkuat**b. Sinar  $\beta$** 
  - 1) Partikel bermassa
  - 2) Daya tembus lebih besar dari sinar  $\alpha$
  - 3) Daya pengion lebih lemah dari sinar  $\alpha$**c. Sinar gamma**
  - 1) Radiasi elektromagnet berenergi tinggi.
  - 2) Tidak bermuatan dan tidak bermassa

- 3) Daya tembus besar  
4) Daya pengion kecil

3. a.  ${}_{11}^{23}\text{Na} + {}_{2}^{1}\text{H} \rightarrow {}_{12}^{23}\text{Mg} + {}_{1}^{1}\text{H}$   
b.  ${}_{27}^{59}\text{CO} + {}_{0}^{1}\text{n} \rightarrow {}_{25}^{56}\text{Mn} + {}_{2}^{4}\text{He}$   
c.  ${}_{96}^{246}\text{Cm} + {}_{6}^{13}\text{C} \rightarrow {}_{102}^{254}\text{NO} + {}_{0}^{1}\text{n}$   
d.  ${}_{92}^{238}\text{U} + {}_{7}^{14}\text{N} \rightarrow {}_{99}^{246}\text{ES} + {}_{0}^{1}\text{n}$
4. a. 12,5%  
b. 0,625 mg
5. Radioisotop ditambahkan ke dalam suatu sistem, baik sistem fisika, kimia maupun biologi untuk mempelajari sistem tersebut sehingga radioisotop mempunyai sifat kimia yang sama seperti isotop stabilnya. Radioisotop dapat digunakan untuk menandai suatu senyawa sehingga perpindahan/perubahan senyawa dapat dipantau.

### SEMESTER I

#### I. Pilihan Ganda

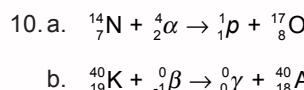
- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. D  | 11. A | 21. D |
| 2. A  | 12. C | 22. E |
| 3. D  | 13. B | 23. D |
| 4. D  | 14. D | 24. C |
| 5. B  | 15. D | 25. D |
| 6. B  | 16. C | 26. A |
| 7. D  | 17. D | 27. B |
| 8. E  | 18. D | 28. E |
| 9. C  | 19. C | 29. B |
| 10. D | 20. C | 30. E |

#### II. Soal Essay

1.  $T_f = -36,27^\circ\text{C}$
2. 40 gr
3.  $\alpha = 0,7$
4. a.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 14 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO}_2$   
b.  $3 \text{Cl}_2 + 4 \text{OH}^- + 2 \text{IO}_3^- + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{Cl}^- + 2 \text{IO}_4^- + 4 \text{H}_2\text{O}$
5. a. Katode :  $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$   
Anode :  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}^+ + \text{O}_2 + 4 \text{e}^-$   
b. 6,35 gr  
c. 1,12 liter
6. a. 0,1 F  
b. 6,35 gr  
c. 1,12 liter
7. Kegunaan:
  - a.  $\text{NaHCO}_3$  : soda kue, campuran pada minuman dalam botol, bahan pemadam api.
  - b.  $\text{KClO}_3$  : bahan korek api, petasan, zat peledak.
  - c.  $\text{MgSO}_4$  : obat pencahar usus

## KUNCI JAWABAN

- d.  $\text{CaOCl}_2$  : Kapur klor, zat peledak  
 e.  $\text{KMnO}_4$  : Zat pengoksidasi, zat desinfektan  
 8. Karena jari-jari atom Mg lebih besar sehingga elektron terluarnya mudah lepas.  
 9. a. kedokteran
  - I-131, diserap terutama oleh kelenjar gondok dan hati.
  - Xe-133, mendeteksi penyakit paru-paru.
  - P-32, untuk penyakit mata.
 b. Petanian
  - Pemberantasan hama dengan teknik jantan mandul.
  - Pemuliaan tanaman.
  - Penyimpanan makanan.
 c. Industri
  - Mengontrol ketebalan bahan.
  - Pemeriksaan tanpa merusak.
  - Pengawetan bahan.



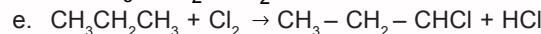
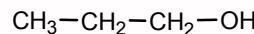
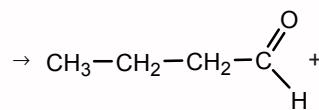
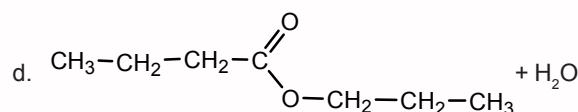
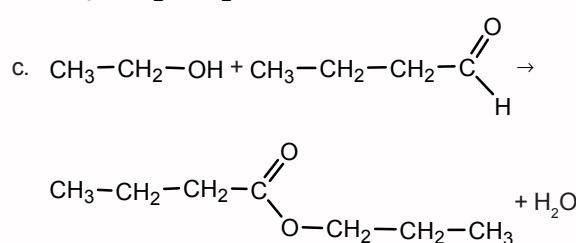
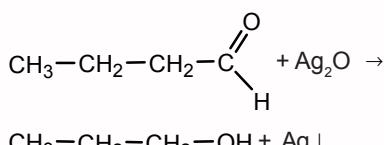
## BAB VII

### I. Pilihan Ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. E | 6. D  | 11. B |
| 2. B | 7. D  | 12. D |
| 3. D | 8. B  | 13. A |
| 4. D | 9. D  | 14. D |
| 5. C | 10. C | 15. C |

### II. Essay

1. Butanol
2. a. 2 metoksi butana  
 b. 3 metil butanol  
 c. pentanal  
 d. etokso butanoat  
 e. asam propanat
3. a.  $2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + 12 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$   
 b. Butanol + pereaksi Tollens



4. a. cairan tambahan pada bensin yang bereaksi dengan TEL.
- b. zat antiseptik pada luka.
- c. bahan baku pada polimer teflon.
- d. zat pendingin, zat pelintir, isolator listrik.
5. a. propil asetat = aroma buah pir  
 b. metil butirat = aroma apel  
 c. etil butirat = aroma nanas

## BAB VIII

### I. Pilihan Ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. E | 6. A  | 11. B |
| 2. C | 7. D  | 12. C |
| 3. E | 8. C  | 13. D |
| 4. E | 9. D  | 14. D |
| 5. E | 10. D | 15. E |

### II. Essay

1. Sifat-sifat Benzena
  - a. memiliki titik didih dan titik leleh yang khas dengan titik didih  $80^\circ\text{C}$  dan titik leleh  $5,5^\circ\text{C}$ .
  - b. tidak mengalami reaksi adisi, tetapi mengalami reaksi substitusi.

2. a. untuk pembuatan bahan peledak TNT  
 b. untuk boneka-boneka dan sol sepatu.  
 c. bahan dasar zat pewarna tekstil  
 d. pada industri zat warna dan aroma.

### 3. Fenol

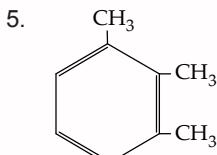
- a. bersifat asam
- b. bereaksi dengan NaOH membentuk Nafenolat (garam)
- c. Tidak bereaksi dengan logam Na atau dengan  $\text{PX}_3$
- d. Tidak bereaksi dengan asam tetapi bereaksi dengan asil halida untuk pembentuk ester.

### Alkohol

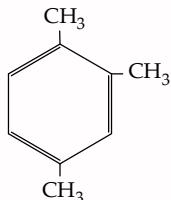
- a. Bersifat netral
- b. Tidak bereaksi dengan basa
- c. Bereaksi dengan logam IA atau dengan  $\text{PX}_3$
- d. Bereaksi dengan asam atau dengan asil halida membentuk ester.

### 4. a. *m*-nitrotoluena

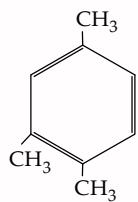
- b. o-aminofenol
- c. asam 3,4-dihidrolisis benzoat
- d. asam *p*-klorobenzoat



1, 2, 3 - trimetil benzena



1, 2, 4-trimetil benzena



1, 4, 5-trimetil benzena

## BAB IX

### I. Pilihan Ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. A | 6. B  | 11. B |
| 2. E | 7. E  | 12. A |
| 3. B | 8. C  | 13. B |
| 4. B | 9. E  | 14. B |
| 5. D | 10. A | 15. C |

### II. Essay

- Contoh polimer alam adalah karbohidrat, protein, karet alam, asam nukleat, dan ensim.  
Contoh polimer sintetis adalah plastik, SBR, saran, dan polibuladiena.
- Perbedaan selulosa dan glikogen:
  - Selulosa tersusun dari rantai-rantai lurus molekul  $\beta$  – D – glukosa yang terikat dengan ikatan glikosida  $\beta$  – (1 – 4). Pada selulosa terdapat ikatan hidrogen. Adanya ikatan ini selulosa memiliki kekuatan yang cukup besar.
  - Glikogen tersusun dari banyak  $\alpha$  glukosa yang membentuk struktur rantai yang sangat bercabang dibandingkan amilum. Struktur glikogen melibatkan ikatan  $\alpha$  (1 – 4) pada rantai lurus dan  $\alpha$  (1 – 6).
- Sukrosa sebagai gula nonpereduksi.
  - Karena pembentukan sukrosa melibatkan gugus hemiasetal glukosa dan gugus hemiketal fruktosa, sehingga tidak memiliki gugus pereduksi lagi.
  - Pada maltosa merupakan gula pereduksi karena maltosa masih menyisakan satu gugus hemasetal bebas yang merupakan gugus pereduksi.
- Sebagai enzim, alat transportasi, antibodi, hormon, dan pembentuk membran sel.
- Ikatan kovalen C–N yang terbentuk antara atom C pada gugus –COOH dari suatu asam amino dengan atom N pada gugus –NH<sub>2</sub> dari asam amino lainnya.

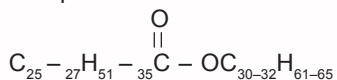
## BAB X

### I. Pilihan Ganda

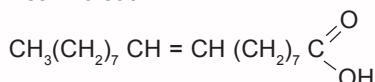
- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. D | 6. C  | 11. B |
| 2. B | 7. C  | 12. B |
| 3. C | 8. E  | 13. C |
| 4. C | 9. B  | 14. E |
| 5. B | 10. D | 15. C |

### II. Essay

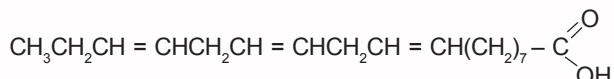
- Sifat Fisik lemak
  - Lemak merupakan bahan padat pada suhu kamar.
  - Lemak juga dapat memiliki sifat plastik.
  - Titik lebur menurun dengan bertambahnya jumlah ikatan rangkap.
- a Prostaglandin adalah kelompok senyawa yang berhubungan dengan asam lemak tak jenuh.
  - terpena adalah senyawa yang diisolasi dari minyak astiri yang memiliki atom karbon kelipatan lima atom karbon.
  - Kolesterol adalah steroid yang terkenal yang merupakan penyusun utama batu empedu.
- a Komponen malam lebah



### b. Asam oleat



### c. Asam linoleat



### 4. Sebagai cadangan energi.

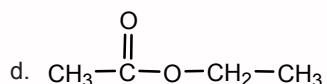
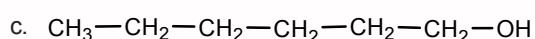
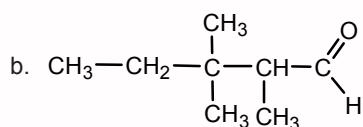
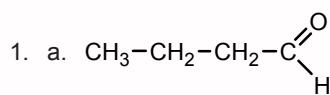
- Bilangan penyabunan** : Jumlah alkali yang dibutuhkan dalam reaksi penyabunan.  
**Bilangan iodium** : suatu ukuran dari derajat ketidakjenuhan.

## SEMESTER I

### I. Pilihan Ganda

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. E  | 11. C | 21. B |
| 2. A  | 12. C | 22. D |
| 3. B  | 13. D | 23. C |
| 4. C  | 14. A | 24. C |
| 5. B  | 15. A | 25. D |
| 6. B  | 16. B | 26. C |
| 7. D  | 17. B | 27. C |
| 8. B  | 18. E | 28. C |
| 9. E  | 19. C | 29. B |
| 10. C | 20. E | 30. D |

### II. Soal Essay



- e.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{O}-\overset{\text{CH}-\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}$
2. a.  $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_3-\text{OH} + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{I}$
- b.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{CH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow$   
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$
- c.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$   
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{OH} + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
- d.  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow$   
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{OH} + 2\text{Ag(s)}$
3. Asam formiat mempunyai sifat mereduksi.
4. Sebagai aroma buah-buahan, lilin, sebagai senyawa lemak.
5. a. Stirena
- c. Aspirin
- d. DDT
- e. *p*-nitro fenol
- f. Benzil amina
6. a. Trinitro Toluena (TNT), sebagai pelarut dan bahan baku pembuatan zat peledak.  
 b. Stirena, untuk insulator listrik, boneka-boneka, sol sepatu.  
 c. Anilina, bahan baku zat warna.  
 d. Benzildehida, zat pengawet serta bahan baku pembuatan parfum.
7. Pembagian protein berdasarkan:
- Struktur susunan molekul
    - Sklero protein
    - globuler
  - Kelarutan
  - Senyawa lain pada protein
    - protein konjugasi
    - protein sederhana
  - Tingkat degradasi
8. Polimer dibedakan menjadi
- polimer alam
    - karbohidrat
    - protein
    - asam nukleat
  - polimer sintetis dibedakan
    - jenis monomer: homopolimer dan kopolimer.
    - sifat termal termoplast dan termoset.
    - jenis reaksi pembentukannya: adisi dan kondensasi
9. Lemak
- Pada suhu kamar berbentuk padat.
  - Penyusun asam lemak jenuh, seperti asam palmitat, asam stearat, asam butirat.
- Minyak
- Pada suhu kamar berbentuk cair.
  - Penyusun asam lemak tak jenuh seperti asam oleat dan asam linoleat.
10.  $\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-\text{OH} + \text{NH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{OH} \rightarrow$   
 $\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$

## INDEKS

### A

albas 89  
albeda 219  
albumin 229, 236  
alditol 211  
aldosa 208, 211, 212  
alkil alkanoat 154  
alkilasi 184, 189  
alkohol 87, 93, 109, 128, 141, 144, 145, 146, 147, 148, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 175, 176, 179, 180  
sekunder 146, 180  
tersier 146, 159  
trihidrat 175  
amfoter 68, 72, 222, 226, 234  
amilopektin 217  
amilosa 217  
analisis 92, 97, 109, 128, 129  
aktivasi neutron 129  
pengenceran isotop 132  
antiknoking 176, 180  
antioksidan 245  
aqua bromata 93  
asam  
kolat 247  
lemak jenuh 239, 242, 248  
lemak tidak jenuh 239, 243, 244, 245

### B

bakelit 176, 199  
Becquerel 117, 133  
benzaldehid 191  
benzil Alkohol 191  
bilangan Iodium 243, 244  
biopolimer 225

### C

Charles Friedel 189

### D

defek massa 119  
dekstrin 216  
denaturalisasi 229, 230  
derajat  
    ionisasi 19, 20  
    metilasi 219  
deret  
    aktinium 121  
    neptunium 122  
    thorium 121, 133  
    uranium 121  
dipolar 222  
disakarida 207, 216, 214, 234

dispersi koloidal 225

distilasi 84, 86, 87

fraksionasi 80

Dupont 178

### E

eksoenergik 124  
elastomer 207  
elektroforesis 223  
elektrokimia 25, 45, 46  
elektrolit 18, 19, 21  
elektromagnetik 117  
elektroplating 54, 56  
encer 16  
endoenergik 124  
energi  
    foton 121  
    ikatan 73, 120  
    pengikat inti 119  
enzim 143, 169, 171, 175, 180  
essential oil 246

### F

F.M. Raoult 9  
faktor Van't Hoff 19, 21  
fibriler 228  
fisikokimia 225, 234  
fosfolipid 247  
fraksi mol 5, 7, 10, 21  
Frasch 82, 84, 96  
freezing point 15

### G

garam inggris 90  
gas ideal 17  
gel pektin 219  
gips 78, 80, 89, 96  
glikosida 212, 233  
grafit 46, 47, 48, 79, 96, 198  
gula pereduksi 212, 215

### H

Haber-Bosch 84  
hablur putih 78, 88  
halogenasi 189  
heksagon 185  
heliks 227  
hemiasetal siklik 211  
hemiselulosa 217, 218  
hipertonik 18  
hipotonik 18  
histon 229  
homopolimer 197, 216, 233

## INDEKS

### I

ikatan  
disulfida 224, 227, 234  
garam 227  
glikosidik 213  
hidrogen 157, 158, 160, 161, 162, 164, 167, 180  
rangkap 160, 173, 185, 192, 200, 233, 239, 242, 243, 248  
tunggal 160, 185, 200, 224  
inert 47, 48, 55, 62, 76, 160, 180  
inisiasi 200, 201  
intermediate 242  
Irene Joliot Curie 121  
isomer optis 213  
isotonik 18

### J

James Crafts 189

### K

karbon anomerik 212  
karsinogenik 176  
keisomeran 148  
kekule 185, 192  
kisi kristal 188  
kolesterol 239, 247  
koligatif 5, 8, 17, 18, 21  
kopolimer  
    acak 198  
    balok 198  
    bergantian 198  
    tempel 198  
kurva titrasi 222

### L

lampu Blitzchth 89  
leguminosa 79  
levo 208  
levulosa 213  
lignin 216, 218  
lindi natron 87  
lipid 177, 239, 245, 247  
Lockyer 81  
logam inert 47  
low-density polyethylene 205

### M

makromolekul 195, 197, 230, 233, malam 77, 246  
manometer merkurium 8  
Marie Curie 117, 121  
medan  
    listrik 118, 223  
    magnet 117, 118

membran semipermeabel 16, 225

mengetas 93  
metaloid 66, 75  
metaprotein 230  
Michael Faraday 49  
molalitas 5, 13, 21  
molaritas 5, 21  
mutterlauge 80, 86

### N

natrium benzoat 185, 190  
Neil Bartlett 76  
neutron 118, 119, 120, 124, 125, 126, 127, 129, 131  
nilon 195, 201, 202, 203, 204  
nitrasii 184, 189  
nonelektrolit 18, 21

### O

oksigen-18 128  
oligosakarida 216  
ozon 77, 92, 94, 97

### P

pati 216  
pektin 216, 217, 218, 219  
pelarut 8, 9, 16  
peluruhan 81, 117, 118, 120, 121, 122  
pengembunan 8  
penguapan 8  
pepton 229, 230  
pereaksi 109  
    Fehling 161, 162  
    Grignard 168, 180

perkrom 54  
Piere Curie 117, 133  
Pita Kestabilan 126  
polielektrolit 226

poliester 175  
polietilena 200, 205, 233  
polimerisasi  
    adisi 200, 233  
    kondensasi 200, 201, 202, 233

polipropilena 203, 233  
polistirena 205, 206, 233  
polivinil klorida 205, 207

proalamin 229  
prooksidan 245  
propagasi 200, 201  
prostaglandin 248, 249  
proyeksi Fischer 210  
proteolitik 226

### R

radiator 175

## INDEKS

radikal bebas 244  
radiometrik 129  
radionuklida 117, 121  
reagen  
    Benedict 212  
    Fehling 212  
    Tollens 212  
reaksi  
    adisi 189, 200  
    diasilasi 224  
    eliminasi 154, 168  
    esterifikasi 128, 159, 165, 171, 180  
    fisi 125  
    fusi 125  
    netralisasi 165  
    ninhidrin 224  
    nuklir 115, 124  
    rantai 125, 200  
    substitusi 154, 168, 173, 180  
    termonuklir 125  
Rutherford 117, 121

**S**  
salting out 226, 229, 230

saponifikasi 167, 218  
selulosa 177, 207, 216, 218, 233, 234  
senyawa  
    antarhalogen 74  
    organik 69, 79, 87, 93, 95, 96, 141, 143, 176, 207

serat 216, 217, 218

sinar  
    alfa 117, 121  
    beta 118  
    gamma 118, 121, 124, 130, 131

sintesis Wart 168

sistem Kursi 210, 233

solut 16

solvay 82

spektrometer gamma 129

spektroskopi massa 128

struktur

delokalisasi 185, 192  
kekule 185, 192  
kuartener 228  
primer 227, 228  
sekunder 227  
tersier 227, 228  
sulfunasi 184, 189, 192  
Svante Arrhenius 19

### T

tekanan  
    osmotik 8, 16, 17  
    uap 8, 9, 21  
terminasi 200, 120  
termoplastik 199, 205  
termosetting 199  
tingkat degradasi 230, 234  
titik isoelektrik 222, 223  
transisi isomer 121  
transmutasi 121  
trigliserida 239, 242, 243

### U

uji  
    asam formiat 204  
    aseton 204  
    nitrogen 203  
    protein 203  
    selulosa 203  
    sulfur 203  
ultramin 92

### V

Van der Waals 73, 75, 158  
Vant Hoff 17  
volatil 245

### W

waktu paruh 81, 122, 123, 126, 128, 131  
William Ramsay 80

### Z

zat terlarut 5, 8, 9, 13, 15, 21

# **Kimia**

**Untuk SMA dan MA Kelas XII**

**Kimia** termasuk rumpun IPA yang mempelajari gejala-gejala alam yang terkait dengan komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika dan energetika zat yang melibatkan kemampuan dan penalaran.

Buku **Kimia** ini akan membantu kamu untuk mempelajari lebih jauh mengenai kimia. Penyajian materi dengan bahasa yang sederhana, dan adanya contoh serta latihan akan memudahkan kamu untuk mempelajari konsep dan teori kimia. Di akhir setiap bab, kamu akan menemukan latihan soal untuk menguji pemahamanmu tentang materi yang telah kamu pelajari. Buku ini juga dilengkapi dengan info-info yang mendukung materi untuk menambah pengetahuanmu.

Pada awal buku kamu akan mempelajari sifat-sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit. Di bab berikutnya kamu diajak mempelajari konsep reaksi redoks dalam sistem elektrokimia serta dalam sel elektrolisis. Di sini kamu juga akan belajar menerapkan hukum Faraday untuk elektrolisis larutan elektrolit.

Pada bab selanjutnya kamu akan diajak memahami kelimpahan, sifat-sifat, manfaat, dampak dan pembuatan unsur-unsur utama dan unsur transisi. Pembahasan selanjutnya adalah unsur radioaktif. Di sini kamu akan mempelajari sifat-sifat unsur radioaktif, kegunaan serta bahayanya.

Di bagian lain kamu akan menemukan senyawa organik dan benzena yang membahas struktur, tata nama, sifat, kegunaan serta identifikasinya. Bahasan yang tentunya menarik bagi kamu adalah senyawa makromolekul yang meliputi polimer, karbohidrat dan protein. Pembahasan lemak juga akan kamu temukan dalam buku ini. Pembahasan ini meliputi struktur, cara penulisan, tata nama, sifat dan kegunaannya.

ISBN 978-979-068-725-7 (no. jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-731-8

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp16.852,--