

Ari Harnanto  
Ruminten

# KIMIA

KIMIA

UNTUK SMA/MA KELAS XII



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional



3

UNTUK SMA/MA KELAS XII

**Ari Harnanto**  
**Ruminten**

# **Kimia 3**

**Untuk SMA/MA Kelas XII**



**PUSAT PERBUKUAN**  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi oleh Undang-undang

## **Kimia 3**

### **Untuk SMA/MA Kelas XII**

Disusun oleh:

**Ari Harnanto**  
**Ruminten**

Editor : **Endang S.W.**

Setting : **Diana S.**

Layout : **Gurdiono, dkk.**

Ilustrasi : **Tesa**

Cover : **Pixcel**

540.7

ARI  
k

ARI Harnanto

Kimia 3 : Untuk SMA/MA Kelas XII / Disusun Oleh  
Ari Harnanto, Ruminten ;Editor Endang S.W. ; Ilustrasi Tesa.  
-- Jakarta : Pusat Perbukuan,  
Departemen Pendidikan Nasional, 2009.  
iv, 240 hlm. : ilus ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 236

Indeks

ISBN 978-979-068-179-8 (No.Jil.Lengkap)

ISBN 978-979-068-186-6

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Ruminten  
III. Endang S.W IV. Tesa

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional  
dari penerbit SETIA AJI

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2009

Diperbanyak oleh .....

# Kata Sambutan

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

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 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 ucapan 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, Februari 2009

Kepala Pusat Perbukuan

# K I M I A

## Kata Pengantar

Perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi dewasa ini merupakan tantangan bagi bangsa Indonesia dalam menghadapi era globalisasi, khususnya bagi para siswa dan guru. Oleh karena itu, diharapkan para siswa dan guru lebih giat dan tekun dalam belajar, salah satunya melalui sumber belajar yaitu buku-buku pelajaran yang relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi tersebut. Itulah perlunya buku Kimia Jilid 1, 2, dan 3 kami susun.

Buku ilmu kimia ini disusun dengan harapan dapat menjadi lengkap bagi siswa dan guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar yang sesuai dengan metode yang terus dikembangkan oleh pemerintah saat ini.

Beberapa materi dalam buku ini disajikan dalam bentuk percobaan, hal ini dimaksudkan agar siswa dapat memperoleh pengertian yang lebih jelas serta memiliki keterampilan. Istilah-istilah yang digunakan dalam buku ini adalah istilah-istilah yang lazim digunakan dan disesuaikan dengan ketentuan-ketentuan dari IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Selain itu, pada bagian akhir setiap materi pokok bahasan atau bab disertai rangkuman dan uji kompetensi untuk mengetahui sejauh mana materi tersebut dapat dikuasai atau dituntaskan oleh setiap siswa.

Kami menyadari bahwa penyusunan buku ini masih perlu penyempurnaan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan buku ini.

Akhirnya kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan serta terwujudnya buku ini.

Penyusun

# DAFTAR ISI



Kata Sambutan .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi .....	v
<b>Bab 1 Sifat Koligatif Larutan .....</b>	<b>1</b>
A. Sifat Koligatif Larutan .....	2
B. Perbandingan Sifat Koligatif Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit .....	11
Uji Kompetensi .....	18
<b>Bab 2 Reaksi Redoks dan Elektrokimia .....</b>	<b>25</b>
A. Persamaan Reaksi Redoks .....	27
B. Reaksi Redoks dalam Sel Elektrokimia .....	30
C. Potensial Sel .....	33
D. Reaksi Redoks Ditinjau dari Harga Potensial Sel .....	39
E. Korosi .....	41
F. Elektrolisis .....	47
Uji Kompetensi .....	56
<b>Bab 3 Kimia Unsur .....</b>	<b>63</b>
A. Unsur-unsur di Alam .....	64
B. Sifat-sifat Unsur .....	68
C. Manfaat Unsur dan Senyawanya .....	80
D. Penetapan Kadar Zat dalam Senyawa .....	92
E. Unsur Radioaktif .....	98
Uji Kompetensi .....	109
<b>Bab 4 Senyawa Karbon .....</b>	<b>115</b>
A. Gugus Fungsi .....	116
B. Benzena dan Turunannya .....	167
Uji Kompetensi .....	187
<b>Bab 5 Makromolekul (Polimer, Karbohidrat, Protein, dan Lemak) .....</b>	<b>193</b>
A. Polimer .....	194
B. Karbohidrat .....	205
C. Protein .....	212
D. Lemak dan Minyak .....	216
Uji Kompetensi .....	225
<b>Glosarium .....</b>	<b>230</b>
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>236</b>
<b>Kunci Jawaban .....</b>	<b>237</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>238</b>
<b>Indeks .....</b>	<b>240</b>





## BAB 1

# SIFAT KOLIGATIF LARUTAN



Gambar 1.1 Proses kenaikan titik didih  
Sumber: Jendela Iptek Materi

Pada pelajaran bab pertama ini, akan dipelajari tentang penurunan tekanan uap larutan ( $\Delta P$ ), kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ), penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ ), tekanan osmosis ( $\pi$ ), dan perbandingan sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit.

## Bab 1

# Sifat Koligatif Larutan

### Tujuan Pembelajaran:

Setelah melakukan percobaan dan mengamati hasil percobaan diharapkan siswa mampu:

- menafsirkan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih dan penurunan titik beku larutan melalui diagram  $P - T$  serta tekanan osmosis;
- mengamati penurunan titik beku dan kenaikan titik didih suatu zat cair akibat penambahan zat terlarut;
- menemukan hubungan jumlah partikel zat terlarut dengan sifat koligatif larutan elektrolit encer dan nonelektrolit berdasarkan data;
- menyimpulkan perbedaan sifat koligatif larutan elektrolit dengan sifat koligatif larutan nonelektrolit.

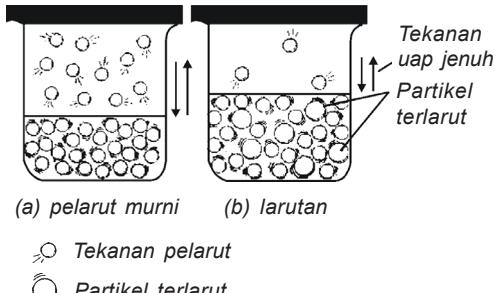


### A. Sifat Koligatif Larutan

Sifat koligatif larutan adalah sifat larutan yang tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dalam larutan, tetapi tidak tergantung pada jenis pelarutnya. Berikut akan dibahas sifat koligatif larutan yang meliputi penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku larutan, dan tekanan osmosis.

#### 1. Penurunan tekanan uap

Apabila ke dalam suatu pelarut dilarutkan zat yang tidak mudah menguap, ternyata tekanan uap jenuh larutan menjadi lebih rendah daripada tekanan uap jenuh pelarut murni. Dalam hal ini uap jenuh larutan dapat jenuh dianggap hanya mengandung uap zat pelarut, (lihat Gambar 1.2). Selisih antara tekanan uap jenuh pelarut murni



Gambar 1.2

Tekanan uap jenuh larutan ( $P$ ) lebih rendah daripada tekanan uap jenuh pelarut murni ( $P^\circ$ );  
 $\Delta P = P^\circ - P$

dengan tekanan uap jenuh larutan disebut penurunan tekanan uap jenuh ( $\Delta P$ ). Jika tekanan uap jenuh pelarut murni diatakan dengan  $P^\circ$  dan tekanan uap jenuh larutan dengan  $P$ , maka  $\Delta P = P^\circ - P$ .

Pada tahun 1880-an **F.M. Raoult**, seorang ahli kimia Prancis, menyatakan bahwa melarutkan zat terlarut mempunyai efek menurunkan tekanan uap dari pelarut.

Adapun bunyi **hukum Raoult** yang berkaitan dengan penurunan tekanan uap adalah sebagai berikut.

- Penurunan tekanan uap jenuh tidak bergantung pada jenis zat yang dilarutkan, tetapi tergantung pada jumlah partikel zat terlarut.
- Penurunan tekanan uap jenuh berbanding lurus dengan fraksi mol zat yang dilarutkan.

Hukum Raoult tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta P = P^\circ \cdot x_B$$

*Keterangan:*

$\Delta P$  = penurunan tekanan uap jenuh pelarut

$x_B$  = fraksi mol zat terlarut

$P^\circ$  = tekanan uap pelarut murni

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

Jika larutannya encer,  $n_B \ll n_A$ , sehingga  $n_A + n_B$  dapat dianggap sama dengan  $n_A$ , jadi:

$$x_B = \frac{n_B}{n_A} = \frac{\frac{W_B}{M_r B}}{\frac{W_A}{M_r A}} = \frac{W_B \times M_r A}{W_A \times M_r B}$$

$$\Delta P = P^\circ \cdot \frac{n_B}{n_A}$$

*Keterangan:*

$n_B$  = mol zat terlarut

$n_A$  = mol zat pelarut

$W_A$  = massa zat pelarut

$W_B$  = massa zat terlarut

$M_r A$  = massa molekul zat pelarut

$M_r B$  = massa molekul zat terlarut

Dalam larutan terdapat zat terlarut dan pelarut, sehingga:

$$x_A + x_B = 1$$

$$x_B = 1 - x_A$$

Jika tekanan uap pelarut dilambangkan  $P$ , di mana

$P < P^\circ$ , maka:

$$\Delta P = P^\circ - P$$

$$P^\circ - P = (1 - x_A)P_A^\circ$$

$$P^\circ - P = P^\circ - x_A \cdot P^\circ$$

$$P = x_A \cdot P^\circ$$

*Keterangan:*

$P$  = tekanan uap larutan

$x_A$  = fraksi mol pelarut

$P^\circ$  = tekanan uap pelarut murni

Hukum Raoult telah diuji kebenarannya dengan membandingkan harga  $P$  hasil eksperimen dengan  $P$  hasil hitungan berdasarkan rumus di atas. Antara hasil eksperimen dengan hasil hitungan terdapat perbedaan yang kecil karena kesalahan dalam pengamatan.

**Contoh soal:**

1. Manitol sebanyak 18,04 gram dilarutkan dalam 100 gram air pada suhu 20 °C. Ternyata tekanan uap jenuh larutan adalah 17,227 mmHg. Jika tekanan uap air jenuh pada suhu itu 17,54 mmHg, hitunglah massa molekul manitol!

*Jawab:*

$$W_B = 18,04 \text{ gram} \quad P = 17,227 \text{ mmHg}$$

$$W_A = 100 \text{ gram} \quad P^\circ = 17,54 \text{ mmHg}$$

$$M_r A = 18$$

$$\Delta P = P^\circ - P$$

$$= 17,54 - 17,227 = 0,313 \text{ mmHg}$$

$$\Delta P = P^\circ \cdot \frac{\frac{W_B}{M_r B}}{\frac{W_A}{M_r A}}$$

$$M_r B = \frac{P^\circ \cdot W_B \cdot M_r A}{\Delta P \cdot W_A}$$

$$M_r B = \frac{17,54 \times 18,04 \times 18}{0,313 \times 100}$$

$$= 181,96 \text{ } (M_r \text{ manitol yang sebenarnya } 182)$$

2. Fraksi mol larutan urea dalam air adalah 0,2.  
Tekanan uap jenuh air murni pada suhu 20 °C sebesar 17,5 mmHg. Tentukan tekanan uap jenuh larutan pada suhu tertentu!

*Jawab:*

$$x_B = 0,2$$

$$P^\circ = 17,5 \text{ mmHg}$$

$$\Delta P = P^\circ \cdot X_B$$

$$= 17,5 \text{ mmHg} \times 0,2 = 3,5 \text{ mmHg}$$

$$P = P^\circ - \Delta P$$

$$= 17,5 - 3,5 = 14 \text{ mmHg}$$

3. Tentukan penurunan tekanan uap jenuh larutan 10% massa glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dalam air, jika diketahui tekanan uap air pada suhu 25 °C adalah 24 mmHg!

*Jawab:*

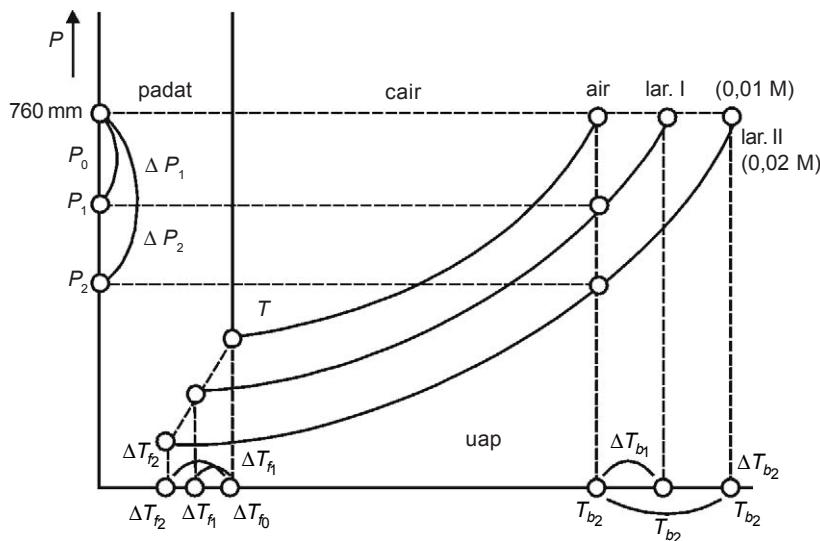
$$\text{massa glukosa} = \frac{10}{100} \times 100 \text{ gram} = 10 \text{ gram}$$

$$\text{kuantitas glukosa} = \frac{10}{180} = 0,555 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{massa air} &= 100 - 10 = 90 \text{ gram} \\
 \text{kuantitas air} &= \frac{90}{18} = 5 \text{ mol} \\
 x_B &= \frac{0,055}{5,055} \\
 \Delta P &= P^\circ \cdot x_B = 24 \times 0,01 = 0,24 \text{ mmHg}
 \end{aligned}$$

## 2. Kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ) dan penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ )

Setiap zat cair pada suhu tertentu mempunyai tekanan uap jenuh tertentu dan mempunyai harga yang tetap. Zat cair akan mendidih dalam keadaan terbuka jika tekanan uap jenuhnya sama dengan tekanan atmosfer. Pada saat udara mempunyai tekanan 1 atm, air mendidih pada suhu  $100^\circ\text{C}$ , tetapi jika dalam zat cair itu dilarutkan suatu zat, maka tekanan uap jenuh air itu akan berkurang. Penurunan tekanan uap jenuh larutan yang lebih rendah dibanding tekanan uap jenuh pelarut murni menyebabkan titik didih larutan lebih tinggi daripada titik didih pelarut murni.



Gambar 1.3  
Diagram penurunan tekanan uap, titik beku, dan kenaikan titik didih

Selisih antara titik didih suatu larutan dengan titik didih pelarut murni disebut kenaikan titik didih larutan ( $\Delta T_b$ ).

$$\Delta T_b = T_b \text{ larutan} - T_b \text{ pelarut murni}$$

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa tekanan uap larutan lebih rendah daripada tekanan uap pelarut murni. Hal ini menyebabkan penurunan titik beku larutan lebih rendah dibandingkan dengan penurunan titik beku pelarut murni. Selisih temperatur titik beku larutan dengan titik beku pelarut murni disebut penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ ).

$$\Delta T_f = T_f \text{ pelarut murni} - T_f \text{ larutan}$$

Menurut **Hukum Backman** dan **Raoult** bahwa penurunan titik beku dan kenaikan titik didih berbanding langsung dengan molalitas yang terlarut di dalamnya. Hukum tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut.

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

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

*Keterangan:*

$\Delta T_b$  = kenaikan titik didih

$K_b$  = tetapan kenaikan titik didih molal

$\Delta T_f$  = penurunan titik beku

$K_f$  = tetapan titik beku molal

$m$  = molalitas

Syarat Hukum Backman dan Raoult adalah sebagai berikut.

- a. Rumus di atas berlaku untuk larutan nonelektrolit.
- b.  $\Delta T_b$  tidak berlaku untuk larutan yang mudah menguap.
- c. Hanya berlaku untuk larutan yang sangat encer, pada larutan yang pekat terdapat penyimpangan.

**Contoh soal:**

1. Tentukan titik didih dan titik beku larutan berikut!
  - a. urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) 30 gram dalam 500 gram air.
  - b. glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 18 gram dalam 10 gram air.  
( $K_b$  air = 0,52 dan  $K_f$  air = 1,86 °C/m)

*Jawab:*

$$\begin{aligned} \text{a. } \Delta T_b &= m \times K_b \\ &= \frac{30}{60} \text{ gram} \times \frac{1.000}{500} \text{ gram} \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 0,5 \text{ gram} \times 2 \text{ gram} \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Titik didih larutan =  $100 \text{ }^{\circ}\text{C} + 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C} = 100,52 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= m \times K_b \\ &= \frac{30}{60} \text{ gram} \times \frac{1.000}{500} \text{ gram} \times 1,86 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 0,5 \text{ gram} \times 2 \text{ gram} \times 1,86 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 1,86 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Titik beku larutan =  $0 \text{ }^{\circ}\text{C} - 1,86 \text{ }^{\circ}\text{C} = -1,86 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \text{b. } \Delta T_b &= m \times K_b \\ &= \frac{18}{180} \text{ gram} \times \frac{1.000}{10} \text{ gram} \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 0,1 \text{ gram} \times 100 \text{ gram} \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Titik didih larutan =  $100 \text{ }^{\circ}\text{C} + 5,2 \text{ }^{\circ}\text{C} = 105,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= m \times K_f \\ &= \frac{18}{180} \text{ gram} \times \frac{1.000}{10} \text{ gram} \times 1,86 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 0,1 \text{ gram} \times 100 \text{ gram} \times 1,86 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m} \\ &= 10 \text{ gram} \times 1,86 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 18,6 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Titik beku larutan =  $0 \text{ }^{\circ}\text{C} - 18,6 \text{ }^{\circ}\text{C} = -18,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

2. Titik beku larutan 64 gram naftalena dalam 100 gram benzena adalah 2,91 °C. Jika titik beku benzena 5,46 °C dan tetapan titik beku molal benzena 5,1 °C, maka tentukan massa molekul relatif naftalena!

Jawab:

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= m \times K_f \\ \Delta T_f &= \frac{\text{massa benzena}}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \times K_f \\ \Delta T_f &= 5,46 \text{ } ^\circ\text{C} - 2,91 \text{ } ^\circ\text{C} = 2,55 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 2,55 &= \frac{6,4}{M_r} \text{ gram} \times \frac{1.000}{100} \text{ gram} \times 5,1 \text{ } ^\circ\text{C} \\ M_r &= \frac{6,4 \times 1.000 \times 5,1 \text{ } ^\circ\text{C}}{2,55 \times 100} \\ M_r &= \frac{6.400 \times 5,1 \text{ } ^\circ\text{C}}{255} \\ &= 128\end{aligned}$$

3. Berapa berat gula yang harus dilarutkan untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi 100,1°C pada tekanan 1 atm, jika  $M_r$  gula = 342 dan  $K_b$  = 0,5 °C/m?

Jawab:

$$\begin{aligned}\Delta T_b &= \frac{\text{massa gula}}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \times K_b \\ \Delta T_b &= 100,1 \text{ } ^\circ\text{C} - 100 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 0,1 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 0,1 &= \frac{\text{massa gula}}{342} \times \frac{1.000}{250} \text{ mL} \times 0,5 \text{ } ^\circ\text{C/m} \\ 0,1 \text{ } ^\circ\text{C} &= \frac{\text{massa gula}}{342} \times 4 \text{ mL} \times 0,5 \text{ } ^\circ\text{C/m} \\ 0,1 \text{ } ^\circ\text{C} &= \frac{\text{massa gula}}{342} \times 2 \\ 0,1 \text{ } ^\circ\text{C} \times 342 &= \text{massa gula} \times 2 \\ \text{massa gula} &= \frac{34,2}{2} = 17,1 \text{ gram}\end{aligned}$$

Jadi, berat gula adalah 17,1 gram.

### 3. Tekanan osmosis larutan

Osmosis adalah peristiwa mengalirnya molekul-molekul pelarut ke dalam larutan secara spontan melalui selaput semipermeabel, atau peristiwa mengalirnya molekul-molekul zat pelarut dari larutan yang lebih encer ke larutan yang lebih pekat. Proses osmosis terdapat kecenderungan untuk menyetimbangkan konsentrasi antara dua larutan yang saling berhubungan melalui membran.

Perhatikan peristiwa osmosis pada gambar 1.4! Gambar 1.4 tersebut menunjukkan osmometer yang diisi larutan gula, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi air, ternyata permukaan larutan gula pada osmometer naik. Akan tetapi, jika di atas torak diberi beban tertentu, maka aliran air ke dalam osmometer dapat di-cegah.

Gaya yang diperlukan untuk mengimbangi desakan zat pelarut yang mengalir melalui selaput semipermeabel ke dalam larutan disebut tekanan osmosis larutan. Hubungan tekanan osmosis dengan kemolaran larutan oleh Van't Hoff dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\pi = MRT$$

Keterangan:

$\pi$  = tekanan osmosis (atm)

$M$  = molaritas (mol/liter)

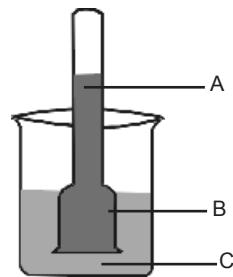
$T$  = suhu mutlak (K)

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

Hukum Van't Hoff ini hanya berlaku pada larutan non-elektrolut.

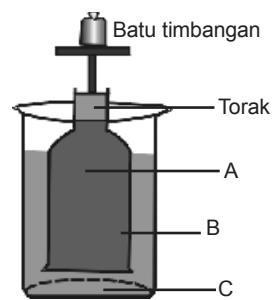
**Contoh soal:**

1. Tentukan tekanan osmosis larutan  $C_{12}H_{22}O_{11}$   $0,01\text{ M}$  pada suhu  $25^\circ\text{C}$ ?



Gambar 1.4  
Peristiwa osmosis

Keterangan:  
A = larutan gula  
B = selaput semipermeabel  
C = air



Gambar 1.5  
Pengimbangan tekanan osmosis

Keterangan:  
A = larutan gula  
B = selaput semipermeabel  
C = air

*Jawab:*

$$\begin{aligned}\pi &= MRT \\&= 0,01 \times 0,082 \times 298 = 0,24 \text{ atm}\end{aligned}$$

2. Satu liter larutan mengandung 45 gram zat X. Pada suhu 27 °C, larutan tersebut mempunyai tekanan osmosis 3,24 atm. Tentukan massa molekul relatif zat tersebut!

*Jawab:*

$$\begin{aligned}\pi &= MRT = \frac{\text{gram}/M_r}{\text{liter}} RT \\3,24 &= \frac{\text{gram}/M_r}{\text{liter}} 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 300 \text{ K} \\3,24 &= \frac{45}{M_r} \text{ gram} \times 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 300 \text{ K} \\M_r &= \frac{45 \times 0,082 \times 300}{3,24} = 341,66\end{aligned}$$



## B. Perbandingan Sifat Koligatif Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

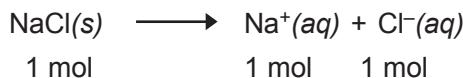
Pada bagian depan telah kita bahas sifat koligatif zat-zat nonelektrolit. Bagaimana dengan zat-zat elektrolit? Penurunan tekanan uap, penurunan titik beku, kenaikan titik didih, dan tekanan osmosis, tergantung pada banyaknya partikel yang terdapat dalam larutan. Zat elektrolit jika dilarutkan akan terionisasi menjadi ion-ion yang merupakan partikel-partikel di dalam larutan ini. Hal ini menyebabkan jumlah partikel pada satu mol larutan elektrolit lebih banyak daripada larutan nonelektrolit. Misalnya, larutan nonelektrolit  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , jika dimasukkan ke dalam air menghasilkan 1 mol partikel, sehingga larutan  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

1 M akan membeku pada suhu  $1,86^{\circ}\text{C}$  di bawah titik beku air murni, sedangkan 1 mol larutan elektrolit NaCl mengandung 2 mol partikel, yaitu 1 mol  $\text{Na}^+$  dan 1 mol  $\text{Cl}^-$ . Larutan NaCl 1 M sebenarnya mengandung 1 mol partikel per 1.000 gram air, secara teoretis akan menurunkan titik beku  $2 \times 1,86^{\circ}\text{C} = 3,72^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan larutan  $\text{CaCl}_2$  1 M mempunyai 3 mol ion per 1.000 g air, secara teoretis akan menurunkan titik beku tiga kali lebih besar dibandingkan larutan  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  1 M.

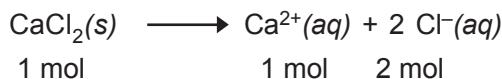
Contoh:



Jumlah partikelnya  $1 \times 6,02 \times 10^{23}$  molekul.



Jumlah partikelnya  $2 \times 6,02 \times 10^{23}$  (ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ ).

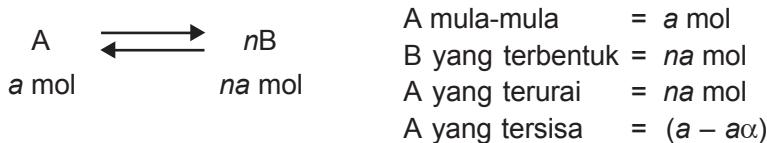


Jumlah partikelnya  $3 \times 6,02 \times 10^{23}$  partikel (ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Cl}^-$ ).

Banyak ion yang dihasilkan dari zat elektrolit tergantung pada derajat ionisasinya ( $\alpha$ ). Larutan elektrolit kuat mempunyai derajat ionisasi lebih besar daripada larutan elektrolit lemah, yaitu mendekati satu untuk larutan elektrolit kuat dan mendekati nol untuk larutan elektrolit lemah. Derajat ionisasi dirumuskan sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{\text{jumlah molekul zat yang terurai}}{\text{jumlah molekul mula-mula}}$$

Misalnya A terurai menjadi  $n$  ion-ion B.



Jumlah partikel dalam larutan setelah terurai:

A sisa + B yang terbentuk

$$(a - a\alpha) + (n\alpha) = a(1 + (n - 1)\alpha)$$

Dapat disimpulkan bahwa perbandingan jumlah mol atau jumlah partikel setelah ionisasi dengan keadaan semula adalah

$$\frac{a(1 + (n - 1)\alpha)}{a} = 1 + (n - 1)\alpha$$

Menurut Van't Hoff,  $i = 1 + (n - 1)\alpha$

$$i = \frac{\text{jumlah partikel yang diukur}}{\text{jumlah partikel yang diperkirakan}}$$

Sifat koligatif larutan elektrolit adalah sebagai berikut.

### 1. Kenaikan titik didih

$$\Delta T_b = K_b \times m \{1 + (n - 1)\alpha\}$$

### 2. Penurunan titik beku

$$\Delta T_f = K_f \times m \{1 + (n - 1)\alpha\}$$

Keterangan:

$n$  = jumlah ion yang dihasilkan dari ionisasi satu molekul zat elektrolit

$\alpha$  = derajat ionisasi zat elektrolit

### 3. Tekanan osmosis

$$\pi = MRT \{1 + (n - 1)\alpha\} \quad \text{atau}$$

$$\pi = \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times R \times T \{1 + (n - 1)\alpha\}$$

Hal-hal yang perlu diperhatikan berhubungan dengan larutan elektrolit antara lain:

1. a. Elektrolit yang menghasilkan dua ion ( $n = 2$ ), yaitu  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaCl}$ .  
 b. Elektrolit yang menghasilkan tiga ion ( $n = 3$ ), yaitu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .  
 c. Elektrolit yang menghasilkan empat ion yaitu  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ .
2. Makin banyak ion yang dihasilkan dari larutan elektrolit, makin besar pula harga  $\Delta T_b$  dan  $\Delta T_f$
3. Besarnya harga  $\alpha$  menunjukkan kuatnya larutan elektrolit. Makin besar harga  $\alpha$ , makin besar pula harga  $\Delta T_b$  dan  $\Delta T_f$
4. Larutan elektrolit kuat mempunyai  $\alpha = 1$ .

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

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

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

5. Pada elektrolit biner berlaku:

$$\Delta T_b = K_b \times m \times (1 + \alpha)$$

$$\Delta T_f = K_f \times m \times (1 + \alpha)$$

$$\pi = M \times R \times T \times (1 + \alpha)$$

### Contoh soal:

1. Suatu larutan elektrolit biner 0,05 mol dalam 100 gram air mempunyai  $\alpha = \frac{2}{3}$ . Jika  $K_f = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ , tentukan penurunan titik beku larutan tersebut!

*Jawab:*

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= K_f \times m \times \left(1 + \frac{2}{3}\right) \\ &= 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m} \times 0,05 \text{ mol} \times \frac{1.000}{100} \times \left(1 + \frac{2}{3}\right) \\ &= 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m} \times 0,5 \times \frac{5}{3} \\ \Delta T_f &= 1,55 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

2. Tetapan kenaikan titik didih molal air adalah  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . Jika 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dilarutkan dalam 100 gram air dan dipanaskan, tentukan kenaikan titik didih dan titik didih larutan tersebut!

*Jawab:*

$$\begin{aligned}\Delta T_b &= K_b \times m \times n \\ &= 0,5 \times 1 \times 3\end{aligned}$$

$$\Delta T_b = 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Titik didih larutan} = 100\text{ }^{\circ}\text{C} + 1,5\text{ }^{\circ}\text{C} = 101,5\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

3. Tentukan tekanan osmosis 29,25 gram NaCl dalam 2 liter larutan yang diukur pada suhu  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ !  
( $M_r\text{ NaCl} = 58,5$ ,  $R = 0,082\text{ L.atm.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

*Jawab:*

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

$$= \frac{29,25/58,5}{2} \times 0,082 \times 300 \times 2$$

$$= 0,25 \times 0,082 \times 600$$

$$\pi = 12,3\text{ atm}$$



## Rangkuman

1. Empat sifat koligatif larutan:
  - a. penurunan tekanan uap jenuh ( $\Delta P$ ),
  - b. kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ),
  - c. penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ ), dan
  - d. tekanan osmosis ( $\pi$ ).
2. Isi **Hukum Raoult** adalah sebagai berikut.
  - a. Penurunan tekanan uap jenuh tidak tergantung pada jenis zat yang dilarutkan, tetapi hanya tergantung pada jumlah mol zat yang terlarut.

- b. Penurunan tekanan uap jenuh berbanding lurus dengan fraksi mol zat yang dilarutkan.

Hukum Raoult dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta P = P^\circ \cdot x_B$$

$$P = x_A \cdot P^\circ$$

Keterangan:

$P$  = tekanan uap jenuh larutan

$P^\circ$  = tekanan uap jenuh terlarut

$x_A$  = fraksi mol pelarut

$x_B$  = fraksi mol zat terlarut

$\Delta P$  = penurunan tekanan uap jenuh larutan

3. Kenaikan titik didih larutan ( $\Delta T_b$ ), menurut Raoult dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta T_b = T_{b \text{ larutan}} - T_{b \text{ pelarut murni}}$$

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

Keterangan:

$\Delta T_b$  = kenaikan titik didih larutan

$K_b$  = tetapan kenaikan titik didih molal

4. Penurunan titik beku larutan ( $\Delta T_f$ ), menurut **Raoult** dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta T_f = T_{f \text{ pelarut larutan}} - T_{f \text{ murni}}$$

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

Keterangan:

$\Delta T_f$  = penurunan titik beku larutan

$K_f$  = tetapan penurunan titik beku larutan molal

5. Tekanan osmosis larutan ( $\pi$ ), menurut **Van't Hoff** dirumuskan sebagai berikut.

$$\pi = MRT$$

*Keterangan:*

$\pi$  = tekanan osmosis (atm)

$M$  = konsentrasi larutan (mol/liter) atau molaritas

$T$  = suhu mutlak (K)

$R$  = tetapan gas (0,082) liter.atm.mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

6. Tekanan osmosis adalah gaya yang diperlukan untuk mengimbangi desakan zat pelarut yang mengalir melalui selaput semipermeabel ke dalam larutan.
7. Osmosis adalah peristiwa mengalirnya molekul-molekul zat pelarut dari larutan yang lebih encer ke larutan yang lebih pekat melalui membran semipermeabel.
8. Jumlah ion-ion yang terbentuk tergantung pada derajat ionisasinya ( $\alpha$ ).

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

9. Sifat-sifat koligatif larutan elektrolit adalah sebagai berikut.

a. *Kenaikan titik didih*

$$\Delta T_b = K_b \times m \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

b. *Penurunan titik beku*

$$\Delta T_f = K_f \times m \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

*Keterangan:*

$n$  = jumlah ion yang dihasilkan dari ionisasi satu molekul zat elektrolit

$\alpha$  = derajat ionisasi zat elektrolit



## *Uji Kompetensi*

**A. Berilah tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E di depan jawaban yang tepat!**

1. Sebanyak 17,1 gram gula tebu,  $C_{12}H_{22}O_{11}$  dilarutkan dalam 500 cm<sup>3</sup> air. Bila A, C = 12; O = 16; dan H = 1, maka kemolaran dari larutan gula tersebut adalah ....  
A. 0,05 m                      D. 0,5 m  
B. 0,01 m                      E. 0,2 m  
C. 0,1 m
2. Sepuluh gram urea  $CO(NH_2)_2$  dilarutkan dalam 90 mL air. Bila tekanan uap jenuh air pada suhu 25 °C adalah 62 cmHg, maka tekanan uap larutan urea tersebut adalah ....  
A. 2 cmHg                      D. 60 cmHg  
B. 30 cmHg                      E. 64 cmHg  
C. 31 cmHg
3. Dua puluh gram zat X (nonelektrolit) dilarutkan dalam 360 ml air, ternyata tekanan uapnya sebesar 40 cmHg. Bila tekanan uap air pada suhu tersebut 40,2 cmHg, maka massa rumus zat X tersebut adalah ....  
A. 60                              D. 240  
B. 120                              E. 342  
C. 200
4. Zat berikut yang memiliki titik beku larutan paling rendah adalah ....  
A.  $C_{12}H_{22}O_{11}$  0,5 M              D. NaCl 0,3 M  
B.  $Cu(NO_3)_2$  0,2 M                      E. KCl 0,2 M  
C.  $CO(NH_2)_2$  0,8 M

5. Agar 500 gram air tidak membeku pada suhu  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $K_f = 1,8\text{ }^{\circ}\text{C/m}$ ), maka paling sedikit ditambahkan NaCl sebanyak ....
- A. 14,6 gram                      D. 58,5 gram  
B. 29,3 gram                      E. 87,8 gram  
C. 43,9 gram
6. Larutan berikut yang isotonik dengan larutan yang mengandung 6 gram urea ( $M_r = 60$ ) dalam 500 ml larutan adalah ....
- A.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  0,1 M              D.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  0,1 M  
B. NaCl 0,1 M                      E.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M  
C.  $\text{BaCl}_2$  0,1 M
7. Fraksi mol larutan urea dalam air = 0,4. Tekanan uap jenuh air pada suhu  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  sebesar 18 mmHg. Tekanan uap jenuh larutan pada suhu itu adalah ....
- A. 7,2 mmHg                      D. 25,2 mmHg  
B. 10,8 mmHg                      E. 36 mmHg  
C. 18,4 mmHg
8. Zat X sebanyak 15 gram dilarutkan dalam 90 gram air. Larutan ini mempunyai tekanan uap jenuh 28,85 mmHg. Pada suhu yang sama, air murni mempunyai tekanan uap jenuh 30 mmHg. Massa molekul relatif ( $M_r$ ) dari zat X adalah ....
- A. 30                              D. 90  
B. 60                              E. 150  
C. 75
9. Urea  $\{\text{CO}(\text{NH}_2)_2\}$  yang massanya 15 gram dilarutkan dalam 250 gram air ( $A_r$ : H = 1, C = 12, O = 16, dan N = 14). Bila tetapan penurunan titik beku molal air ( $K_b$ ) =  $1,86\text{ }^{\circ}\text{C/m}$ , maka titik beku larutan tersebut adalah ....
- A.  $0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$                       D.  $-0,46\text{ }^{\circ}\text{C}$   
B.  $0,46\text{ }^{\circ}\text{C}$                       E.  $-1,86\text{ }^{\circ}\text{C}$   
C.  $-0,32\text{ }^{\circ}\text{C}$

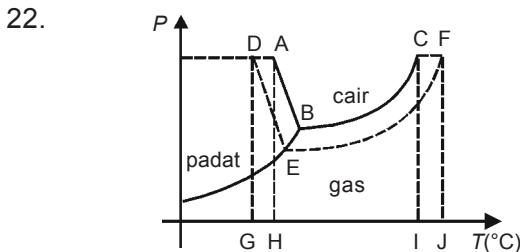
10. Data percobaan penurunan titik beku.

Larutan	Konsentrasi (m)	Titik beku (°C)
NaCl	0,1	-0,372
NaCl	0,2	0,744
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	-0,186
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0,2	-0,372
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,1	-0,186

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan titik beku tergantung pada ....

- A. jenis zat terlarut
  - B. konsentrasi molal
  - C. jenis pelarut
  - D. jenis partikel zat pelarut
  - E. jumlah partikel zat terlarut
11. Jika 5 gram dari masing-masing zat di bawah ini dilarutkan dalam 1 kg air, zat yang akan memberikan larutan dengan titik beku paling rendah adalah ....  
(A<sub>r</sub> C = 12; O = 16; H = 1)
- A. metanol (CH<sub>3</sub>OH) D. glukosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)
  - B. etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) E. sukrosa (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)
  - C. gliserol (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)
12. Larutan yang mempunyai tekanan osmosis paling tinggi adalah ....
- A. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 0,01 M D. BaSO<sub>4</sub> 0,01 M
  - B. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M E. K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,01 M
  - C. NaCl 0,01 M
13. Berikut ini larutan yang diharapkan mempunyai titik didih paling tinggi adalah ....
- A. CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 0,6 M D. Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,3 M
  - B. NaCl 0,4 M E. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 M
  - C. C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> 0,8 M

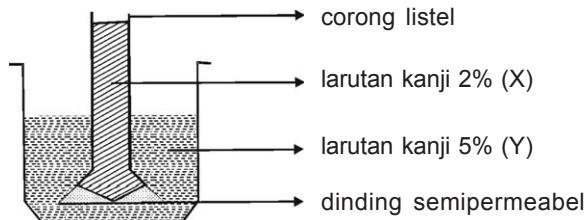
14. Tekanan uap air jenuh pada suhu 29 °C adalah 30 mmHg. Pada suhu yang sama, tekanan uap jenuh larutan 30 gram urea ( $M_r = 60$ ) dalam 81 gram air ( $M_r = 18$ ) adalah ....
- A. 3 mmHg                      D. 33 mmHg  
B. 6 mmHg                      E. 27 mmHg  
C. 24 mmHg
15. Glikol ( $M_r = 62$ ) digunakan sebagai antibeku dalam air pendingin radiator kendaraan bermotor daerah beriklim dingin. Supaya cairan pendingin tidak membeku pada -10 °C, maka ke dalam 1 liter air harus ditambahkan glikol setidaknya sebanyak ... ( $K_f$  air = 1,8).
- A. 690 gram                      D. 115 gram  
B. 344 gram                      E. 86 gram  
C. 172,5 gram
16. Suatu pelarut murni mempunyai ....
- A. titik beku lebih rendah daripada larutannya  
B. titik didih lebih tinggi daripada larutannya  
C. tekanan uap jenuh lebih tinggi daripada larutannya  
D. tekanan osmotik lebih besar daripada larutannya  
E. perbedaan 100 °C antara titik beku dan titik didih
17. Di antara larutan berikut ini pada konsentrasi yang sama, yang mempunyai titik didih paling tinggi adalah ....
- A. urea  
B. natrium klorida  
C. asam cuka  
D. gula  
E. kalsium klorida
18. Kelarutan  $\text{CaCl}_2$  dalam air pada 0 °C sekitar 5,4 molal. Jika  $K_f = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ , maka penurunan titik beku larutan  $\text{CaCl}_2$  0,54 molal adalah ....
- A. 1,0 °C                              D. 3,0 °C  
B. 2,0 °C                              E. 5,0 °C  
C. 2,7 °C



Pada diagram PT fase  $H_2O$  di atas, yang merupakan daerah perubahan titik didih adalah ....

- A. A-B
  - B. B-C
  - C. D-E
  - D. G-H
  - E. I-J

23. Diagram berikut ini adalah corong listel dengan dinding semipermeabel yang memisahkan dua larutan kanji yang berbeda konsentrasinya.



Sebelum mencapai keseimbangan, aliran molekul-molekul melalui dinding semipermeabel adalah ....

- A. molekul air bergerak dari larutan X ke larutan Y
  - B. molekul air bergerak dari larutan Y ke larutan X
  - C. molekul kanji bergerak dari larutan X ke larutan Y
  - D. molekul kanji bergerak dari larutan Y ke larutan X
  - E. tidak terjadi perpindahan molekul
24. Tiga gram zat X yang dilarutkan dalam 100 gram benzena menghasilkan kenaikan titik didih sebesar  $0,54\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Bila diketahui kenaikan titik didih molal benzena =  $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , maka massa molekul relatif ( $M_r$ ) dari zat X adalah ....
- A. 15
  - B. 30
  - C. 60
  - D. 120
  - E. 150
25. Larutan yang mengandung 20 gram zat nonelektrolit dalam 1 liter air ( $I_{\text{air}} = 1 \text{ g/ml}$ ) ternyata mendidih pada suhu  $100,052\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Bila  $K_b = 0,52\text{ }^{\circ}\text{C/m}$ , maka  $M_r$  zat non-elektrolit tersebut adalah ....
- A. 20
  - B. 40
  - C. 60
  - D. 180
  - E. 200

**B. Jawablah soal-soal di bawah ini dengan singkat dan tepat!**

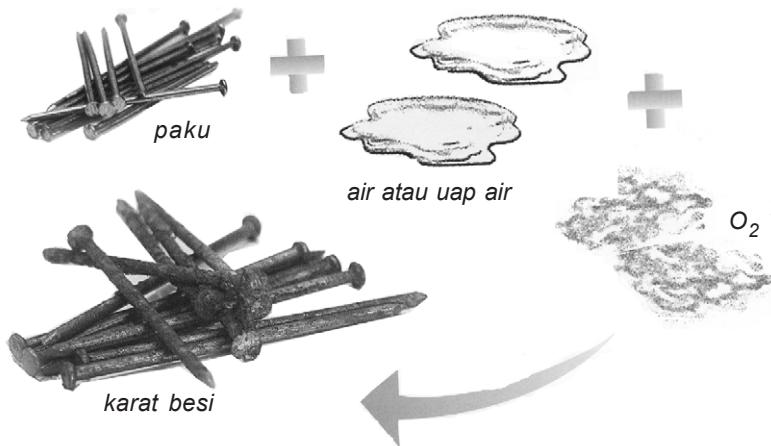
1. Ke dalam 250 gram air ditambahkan 11,7 gram garam dapur ( $A_r$ , Na = 23 dan Cl = 35,5),  $K_f = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ ; dan  $K_b = 0,52 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ . Tentukan:
  - a. titik didih larutan;
  - b. titik beku larutan!
2. Suatu senyawa (C, H, dan O) yang massanya 6,0 gram setelah dianalisis mengandung 2,4 gram karbon, 0,4 gram hidrogen, dan sisanya oksigen. Larutan 9 gram senyawa itu dengan 100 gram air membeku pada suhu  $-0,93 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ . Bila  $K_b = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}$  dan  $A_r$ , C = 12; H = 1; dan O = 16, maka tentukan rumus molekul dari senyawa tersebut!
3. Sebanyak 11,7 gram NaCl dan 34,2 gram zat nonelektrolit dilarutkan dalam 500 gram air. Ternyata larutan membeku pada suhu  $-1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ . Bila  $K_b = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ ;  $A_r$ , Na = 23 dan Cl = 35,5, maka tentukan massa rumus dari zat nonelektrolit tersebut!
4. Penurunan titik beku dari 19,6 gram asam sulfat dalam 2 liter air ternyata besarnya 2,9 kali dari 3 gram urea yang terlarut dalam 500 ml air ( $K_b = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ ). Berapa persen derajat ionisasi dari asam sulfat tersebut ( $A_r$ , H = 1; S = 32; O = 16; C = 12; dan N = 14)?
5. Tekanan osmosis darah manusia pada suhu  $37 \text{ } ^\circ\text{C}$  adalah 7,7 atm. Berapa gram NaCl harus dilarutkan dalam 1 liter larutan sehingga pada suhu  $37 \text{ } ^\circ\text{C}$  isotonik dengan darah manusia?





## BAB 2

# REAKSI REDOKS DAN ELEKTROKIMIA



Gambar 2.1 Proses perkaratan besi  
Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan

Pada pelajaran bab kedua ini, akan dipelajari tentang penyetaraan reaksi redoks, potensial sel, korosi, dan sel elektrolisis.

## Bab 2

# Reaksi Redoks dan Elektrokimia

### Tujuan Pembelajaran:

Setelah melakukan percobaan dan mengamati hasil percobaan diharapkan siswa mampu:

- menyetarakan persamaan reaksi redoks;
- menerangkan sel volta serta reaksi-reaksi yang terjadi;
- menentukan potensial sel melalui perhitungan dan pengukuran;
- memahami gejala terjadinya korosi dan faktor-faktor yang mempengaruhi;
- menjelaskan proses reaksi pada sel elektrolisis.
- menerapkan konsep hukum Faraday pada sel elektrolisis.

Di kelas X Anda sudah mempelajari pengertian oksidasi dan reduksi. Pada peristiwa oksidasi dan reduksi, sebelum dan sesudah terjadi reaksi, atom-atom yang terlibat mengalami perubahan bilangan oksidasi. Dalam pokok bahasan ini akan dipelajari persamaan reaksi redoks, konsep-konsep elektrokimia, hubungan reaksi redoks dengan elektrokimia, dan penggunaan konsep dan elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya penggunaan aki pada mobil, baterai pada *handphone*.

Hubungan antara reaksi oksidasi reduksi (redoks) dengan energi listrik dapat dipelajari dalam elektrokimia. Elektrokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari hubungan timbal balik antara perubahan kimia dengan gejala kelistrikan. Dalam elektrokimia akan dipelajari transfer elektron melalui sirkuit luar sebagai gejala listrik dan reaksi redoks yang terlibat di dalamnya. Transfer elektron pada reaksi redoks di dalam larutan berlangsung melalui hubungan langsung antara partikel berupa atom, molekul, atau ion yang saling melakukan serah terima elektron.



Gambar 2.2  
Penggunaan konsep redoks  
dan elektrokimia



## A. Persamaan Reaksi Redoks

Persamaan reaksi redoks dikatakan setara jika jumlah atom dan jumlah muatan di ruas kiri sama dengan jumlah atom dan jumlah muatan di ruas kanan. Pada dasarnya reaksi redoks berlangsung di dalam pelarut air sehingga penyetaraan persamaan reaksi redoks selalu melibatkan ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . Terdapat dua metode untuk menyetaraan reaksi redoks, yaitu dengan cara setengah reaksi dan cara bilangan oksidasi.

### 1. Penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi

Metode untuk menyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi lebih praktis dibanding cara bilangan oksidasi. Cara ini dapat berlangsung dalam suasana asam maupun basa.

#### a. Penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana asam

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk menyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana asam adalah sebagai berikut.

- 1) Ditulis perubahan ion yang terjadi.
- 2) Bagian yang kekurangan oksigen ditambahkan  $H_2O$ .
- 3) Bagian yang kekurangan hidrogen ditambahkan  $H^+$ .
- 4) Menyamakan muatan ruas kiri dan ruas kanan dengan menambahkan elektron.
- 5) Menjumlahkan setengah reaksi oksidasi dengan setengah reaksi reduksi dan pada akhir reaksi jumlah elektron dihilangkan.

b. Penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana basa

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk menyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana basa adalah sebagai berikut.

- 1) Ditulis perubahan ion yang terjadi.
- 2) Bagian yang kekurangan oksigen ditambahkan  $\text{OH}^-$ .
- 3) Bagian yang kekurangan hidrogen ditambahkan  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 4) Menyamakan muatan ruas kiri dan ruas kanan dengan menambahkan elektron.
- 5) Menjumlahkan setengah reaksi oksidasi dengan setengah reaksi reduksi dan pada akhir reaksi jumlah elektron dihilangkan.

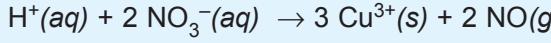
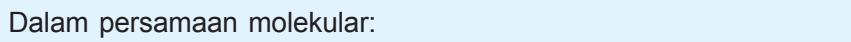
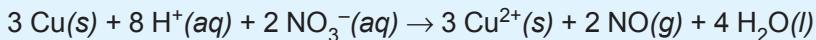
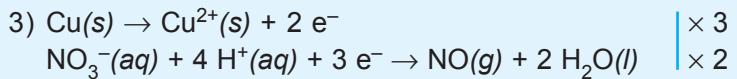
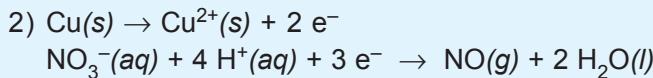
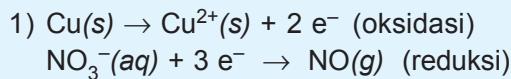
**Contoh soal:**

Setarakan reaksi-reaksi berikut!

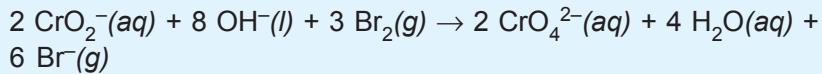
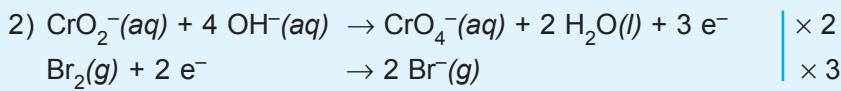
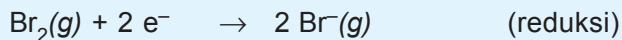
- a.  $\text{Cu(s)} + \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{NO(g)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- b.  $\text{NaCrO}_2(\text{aq}) + \text{Br}_2(\text{g}) + \text{NaOH(aq)} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4(\text{aq}) + \text{NaBr(s)} + \text{H}_2\text{O(l)}$

Jawab:

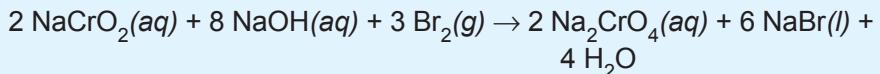
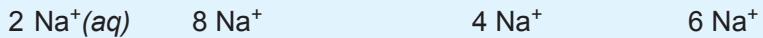
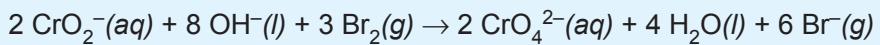
a. Reaksi ion:



b. Reaksi ion:



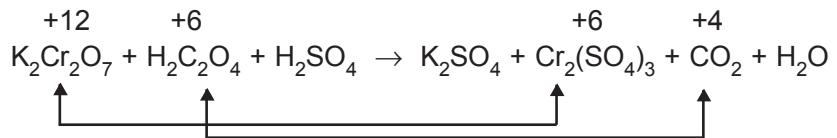
Dalam persamaan molekul:



## 2. Penyetaraan reaksi redoks dengan cara bilangan oksidasi

Langkah-langkah menyetarakan persamaan reaksi redoks dengan cara bilangan oksidasi sebagai berikut.

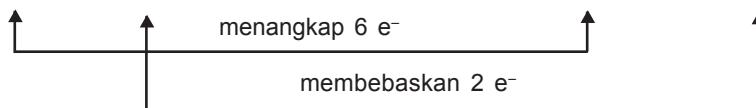
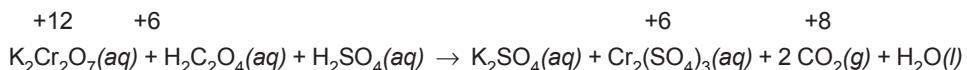
a. Menentukan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dan menuliskan di atas lambang atomnya.



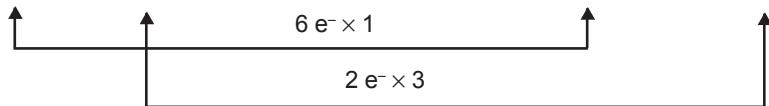
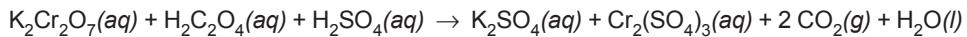
b. Menyamakan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



c. Menentukan jumlah elektron yang dibebaskan dan jumlah elektron yang ditangkap berdasarkan perubahan bilangan oksidasi dan jumlah atom yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



- d. Menyamakan jumlah elektron yang diterima dan jumlah elektron yang dilepaskan dengan mengalikannya.



- e. Tentukan koefisien reaksi zat-zat lain.

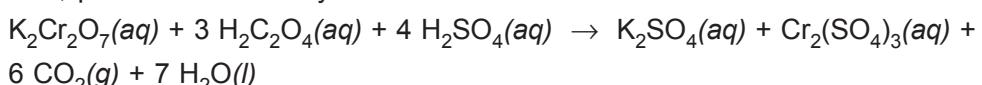
Reaksi di atas yang belum berisi koefisiennya adalah  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Jumlah atom S di sebelah kiri = 1, jumlah atom S di sebelah kanan = 4, sehingga koefisien  $\text{H}_2\text{SO}_4$  = 4.

Koefisien  $\text{K}_2\text{SO}_4$  = 1.

Jumlah atom H di ruas kiri = 14, jumlah atom H di ruas kanan = 2, sehingga koefisien  $\text{H}_2\text{O}$  = 7.

Jadi, persamaan reaksinya:



## B. Reaksi Redoks dalam Sel Elektrokimia

Sel elektrokimia merupakan suatu sistem yang terdiri atas dua elektrode, yaitu katode dan anode, serta larutan elektrolit sebagai penghantar elektron. Pada katode terjadi reaksi reduksi dan pada anode terjadi reaksi oksidasi.

Ada dua macam sel elektrokimia, yaitu sebagai berikut.

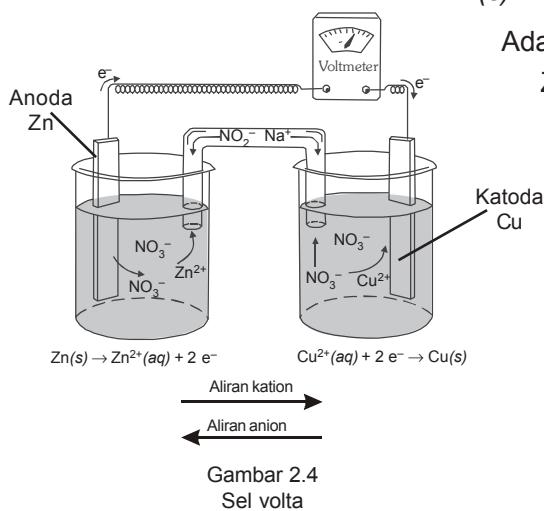
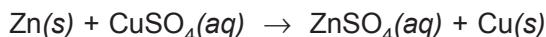
### 1. Sel Volta (Sel Galvani)

Dalam sel ini energi kimia diubah menjadi energi listrik atau reaksi redoks menghasilkan arus listrik.

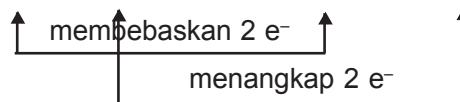
### 2. Sel Elektrolisis

Dalam sel ini energi listrik diubah menjadi energi kimia atau arus listrik menghasilkan reaksi redoks.

Bila logam seng dimasukkan ke dalam larutan tembaga (II) sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) terjadi reaksi sebagai berikut.



Adapun reaksi ionnya adalah sebagai berikut.

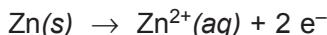


Pada reaksi redoks terjadi perpindahan elektron secara langsung.

Sel volta atau sel galvani dapat menghasilkan arus listrik dan berlangsung secara spontan. Sel volta adalah sel elektrokimia yang menghasilkan arus listrik. Perhatikan sel volta dengan elektrode Cu dan Zn pada gambar di samping.

Pada gambar tersebut, gelas kimia di sebelah kiri diisi larutan  $\text{ZnSO}_4$  dan dicelupkan logam Cu sebagai elektrode. Elektrode Zn dihubungkan dengan kutub negatif dan elektrode Cu dihubungkan dengan kutub positif voltmeter.

Pada anode terjadi peristiwa oksidasi yaitu elektron dilepaskan dari atom-atom Zn dan masuk ke dalam larutan. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut.



Pada katode terjadi peristiwa reduksi, yaitu elektron dari Zn mengalir melewati kabel menuju ke elektrode Cu. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut.



Pada reaksi di atas, Zn berfungsi sebagai anode karena Zn mengalami oksidasi, sedangkan Cu berfungsi sebagai katode karena Cu mengalami reduksi. Arah aliran elektron pada kawat penghantar adalah dari kutub negatif ke kutub positif. Jadi, pada sel elektrokimia (sel volta) anode sebagai kutub negatif sedangkan katode sebagai kutub positif. Reaksi pada sel elektrokimia dapat juga ditulis dengan notasi berikut.



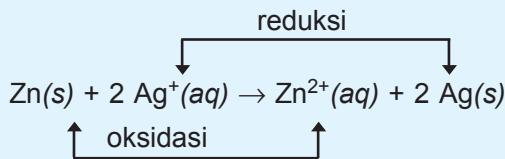
Berdasarkan notasi di atas, sebelah kiri menunjukkan anode dan sebelah kanan menunjukkan katode, sedang garis sejajar (||) menggambarkan jembatan garam.

#### Contoh soal:

1. Tuliskan notasi sel volta pada reaksi berikut ini!



Jawab:



Anode : Zn

Katode : Ag

Notasi sel volta:  $\text{Zn(s)} / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ag}^+(\text{aq}) / \text{Ag(s)}$

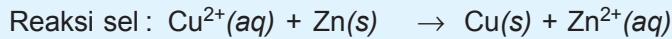
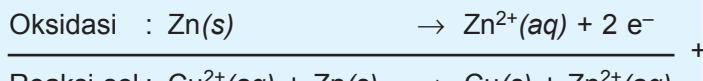
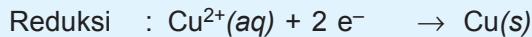
2. Diketahui diagram sel sebagai berikut.



a. Tuliskan persamaan reaksi selnya!

b. Tentukan logam yang bertindak sebagai katode dan sebagai anode!

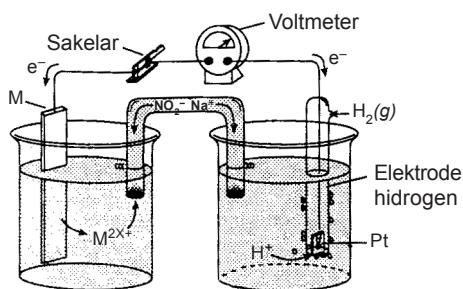
Jawab:





## C. Potensial Sel

Potensial sel volta dapat ditentukan melalui percobaan dengan menggunakan voltmeter potensiometer.



Gambar 2.5  
Menentukan potensial elektrode relatif.

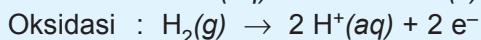
Perbedaan antara kedua sel yang terdapat di dalam sel volta disebut potensial elektrode. Untuk mengukur potensial suatu elektrode digunakan elektrode lain sebagai pembanding atau standar. Elektrode hidrogen digunakan sebagai elektrode standar karena harga potensialnya = 0. Potensial elektrode yang dibandingkan dengan elektrode hidrogen yang diukur pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm disebut potensial elektrode standar. Potensial elektrode hidrogen merupakan energi potensial zat tereduksi dikurangi energi potensial zat teroksidasi.

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

### Contoh soal:

Suatu sel volta terdiri atas elektrode Cu dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  dan elektrode hidrogen standar. Voltmeter menunjukkan angka 0,34. Tentukan harga potensial elektrode Cu!

Jawab:



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

$$E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ \text{ Cu}^{2+}/\text{Cu} - E^\circ \text{ H}_2/\text{H}^+$$

$$0,34 = E^\circ \text{ Cu}^{2+}/\text{Cu} - 0$$

$$E^\circ \text{ Cu}^{2+}/\text{Cu} = 0,34 \text{ volt}$$

**Tabel 2.1**  
**Potensial Reduksi Standar pada Suhu 25 °C**  
**dan Konsentrasi Ion 1 M**

$E^0$ (volt)	Setengah Reaksi Reduksi	Oksidator	Reduktor
2,87	$F_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 F^-$		Kuat ↑
2,00	$S_2O_8^{2-} + 2 e^- \rightleftharpoons 2 SO_4^{2-}$		
1,78	$H_2O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$		
1,69	$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4 H^+ + 2 e^- \rightleftharpoons PbSO_4 + 2H_2O$		
1,49	$SH^+ + MnO_4^- + 5 e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4 H_2O$		
1,47	$2 ClO_3^- + 12 H^+ + 10 e^- \rightleftharpoons Cl_2 + 6 H_2O$		
1,36	$Cl_2(g) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Cl^-$		
1,33	$Cr_2O_7^{2-} + 14 H^+ + 6 e^- \rightleftharpoons 2 Cr^{3+} + 7 H_2O$		
1,28	$MnO_2 + 4 H^+ + 2 e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2 H_2O$		
1,23	$O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$		
1,09	$Br_2(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Br^-$		
0,80	$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$		
0,77	$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$		
0,54	$I_2(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 I^-$		
0,52	$Cu^+ + e^- \rightleftharpoons Cu$		
0,34	$Cu^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Cu$		
0,27	$Hg_2Cl_2 + e^- \rightleftharpoons 2 Hg + 2 Cl^-$		
0,22	$AgCl + e^- \rightleftharpoons Ag + Cl^-$		
0,00	$2 H^+ + 2 e^- \rightleftharpoons H_2$		
-0,04	$Fe^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons Fe$		
-0,13	$Pb^{2+} + 3 e^- \rightleftharpoons Pb$		
-0,14	$Sn^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Sn$		
-0,25	$Ni^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Ni$		
-0,36	$PbSO_4 + 2 e^- \rightleftharpoons Pb + SO_4^{2-}$		
-0,44	$Fe^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Fe$		↓

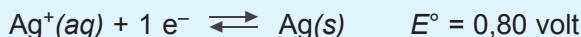
$E^\circ$ (volt)	Setengah Reaksi Reduksi	Oksidator	Reduktor
-0,74	$\text{Cr}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}$		
-0,76	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$		
-0,83	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$		
-1,03	$\text{Mn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}$		
-1,67	$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$		
-2,83	$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$		
-2,71	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$		
-2,76	$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}$		
-2,90	$\text{Ba}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ba}$		
-2,92	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$		
-3,05	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	Lemah	Kuat

Selain menggunakan rumus di atas,  $E^\circ$  sel dapat juga dihitung dengan rumus berikut ini.

$$E^\circ_{\text{sel}} = \text{Potensial reduksi standar} + \text{potensial oksidasi standar}$$

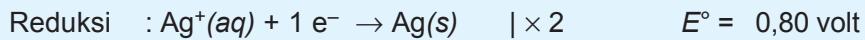
### Contoh soal:

Diketahui harga potensial reduksi standar sebagai berikut.



Tentukan harga potensial sel  $\text{Cu(s)}/\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ag}^+(\text{aq})/\text{Ag(s)}$ !

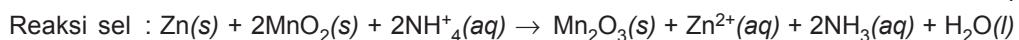
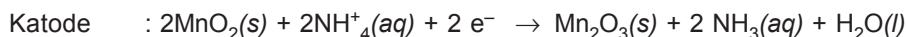
Jawab:



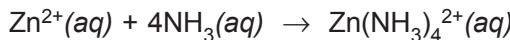
Sel-sel volta yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari antara lain baterai dan aki. Baterai merupakan sel volta primer sedangkan aki tergolong sel volta sekunder.

#### a. Baterai (sel Leclanche)

Baterai termasuk sel volta primer karena jika sumber energinya habis tidak dapat diisi lagi. Baterai (elemen kering) sering disebut sel Leclanche karena orang yang menemukan bernama Leclanche. Sel Leclanche menggunakan batang karbon sebagai katode dan pelat seng sebagai anode. Di dalamnya berisi pasta yang merupakan campuran batu kawi ( $\text{MnO}_2$ ), amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), karbon (C), dan sedikit air. Reaksi yang terjadi pada baterai sebagai berikut.



$\text{Zn}^{2+}$  yang terbentuk mengikat  $\text{NH}_3$  membentuk senyawa kompleks  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  dengan reaksi sebagai berikut.



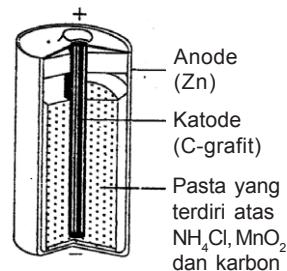
Beda potensial satu sel kering adalah 1,5 volt dengan notasi sebagai berikut.



$$E^\circ = 1,5 \text{ volt}$$

#### b. Baterai alkalin

Akhir-akhir ini baterai alkalin banyak digunakan orang. Mengapa? Hal ini tidak lain karena baterai alkalin mempunyai kekuatan arus listrik yang lebih besar bila dibanding baterai biasa (sel Leclanche). Pada dasarnya prinsip kerja baterai alkalin sama dengan sel kering, hanya saja baterai alkalin menggunakan logam seng sebagai anode dan  $\text{MnO}_2$  sebagai katode serta elektrolit yang digunakan KOH.

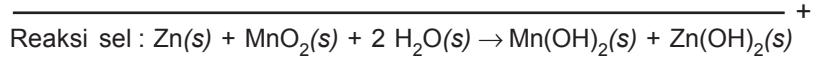
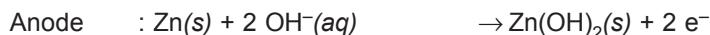
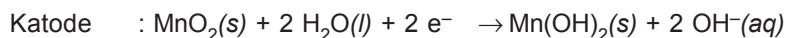


Gambar 2.6  
Potongan membujur baterai kering (sel Leclanche)



Gambar 2.7  
Baterai Alkalin

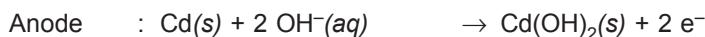
Reaksi yang terjadi pada baterai alkalin adalah sebagai berikut.



Gambar 2.8  
Baterai nikel-kadmium

c. *Baterai nikel-kadmium*

Baterai nikel-kadmium adalah baterai kering yang dapat diisi kembali. Reaksi sel:



Perhatikan, sama seperti pada aki, hasil-hasil reaksi pada baterai nikel kadmium merupakan zat padat yang melekat pada kedua elektrodenya. Dengan membalik arah aliran elektron, zat-zat tersebut dapat diubah kembali seperti zat semula.

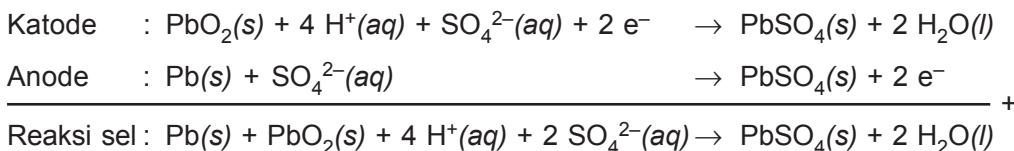
d. *Sel aki*

Sel aki tergolong jenis sel volta sekunder, karena jika zat yang ada di dalam aki habis, maka dengan mengalirkan arus listrik ke dalam sel aki zat semula akan terbentuk kembali, sehingga sel aki dapat berfungsi lagi.

Sel aki terdiri atas Pb (timbal) sebagai anode dan  $\text{PbO}_2$  (timbal dioksida) sebagai katode. Anode dan katode merupakan zat padat (lempeng) yang berpori, keduanya dicelupkan di dalam larutan asam sulfat.

Aki tidak memerlukan jembatan garam karena hasil reaksinya tidak larut dalam sulfat. Kedua elektrode disekat dengan bahan fiberglas agar keduanya tidak saling bersentuhan. Setiap sel aki mempunyai potensial 2 volt. Jadi, aki 6 volt terdiri 3 sel, aki 12 volt terdiri 6 sel, dan sebagainya. Masing-masing sel dihubungkan secara seri.

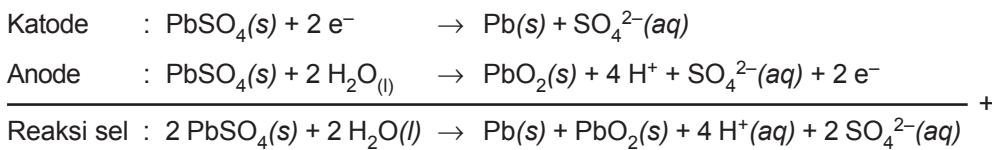
Reaksi pengosongan aki adalah sebagai berikut.



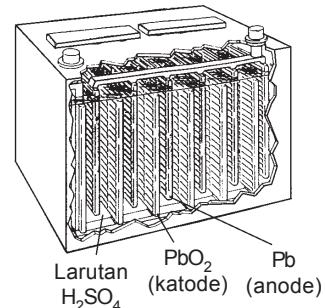
Anode dan katode berubah menjadi zat yang sama yaitu  $\text{PbSO}_4$ .  $\text{PbSO}_4$  yang terbentuk jika dibiarkan akan menutup kedua elektrode yang berupa kristal putih. Jika permukaan kedua elektrode sudah tertutup endapan  $\text{PbSO}_4$ , maka tidak terdapat selisih potensial, dikatakan aki sudah habis setrumnya.  $\text{PbO}_2$  di katode dan Pb di anode berubah menjadi  $\text{PbSO}_4$ . Untuk mengembalikan  $\text{PbSO}_4$  menjadi Pb dan  $\text{PbO}_2$ , aki harus dialiri arus listrik.

Selama pengosongan aki,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diikat dan dihasilkan air. Dengan demikian kadar  $\text{H}_2\text{SO}_4$  berkurang dan massa jenis larutan berkurang. Aki yang baru diisi mengandung larutan dengan massa jenis 1,25–1,30 gram/ $\text{cm}^3$ . Jika massa jenis larutan turun sampai 1,20 gram/ $\text{cm}^3$ , aki harus diisi kembali.

Pengisian aki dilakukan dengan membalik arah aliran elektron pada kedua elektrode. Pada pengosongan aki, anode (Pb) mengirim elektron pada katode; sebaliknya pada pengisian aki elektrode Pb dihubungkan dengan kutub negatif sumber-sumber arus.  $\text{PbSO}_4$  yang terdapat pada anode mengalami reduksi, sedangkan  $\text{PbSO}_4$  yang terdapat pada katode mengalami oksidasi membentuk  $\text{PbO}_2$ . Reaksi pengisian aki adalah sebagai berikut.



Pada reaksi di atas terbentuk  $4 \text{H}^+ + 2 \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_4$ , hal ini akan menambah kadar dan massa jenis larutan.

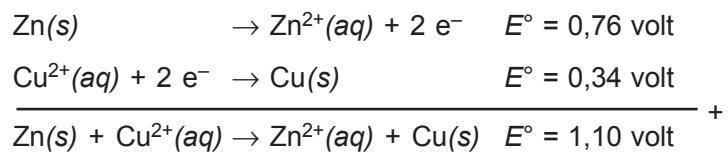


Gambar 2.9  
Baterai (aki) terdiri dari beberapa sel yang dihubungkan seri



## D. Reaksi Redoks Ditinjau dari Harga Potensial Sel

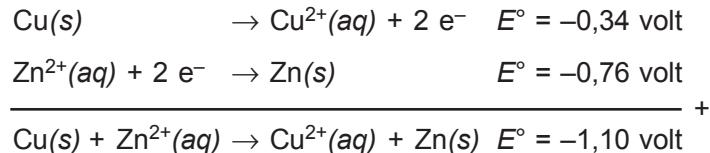
Berdasarkan daftar potensial elektrode standar, kita dapat meramalkan berlangsung atau tidak berlangsungnya suatu reaksi redoks. Harga potensial suatu reaksi atau potensial sel volta juga dapat digunakan untuk meramalkan berlangsungnya suatu reaksi. Perhatikan contoh berikut!



Harga potensial sel menunjukkan +1,10 volt, berarti reaksi ini dapat berlangsung. Harga potensial sel tersebut juga dapat dihitung dengan harga potensial standar masing-masing elektrode.

$$\begin{aligned} E^\circ_{\text{sel}} &= E^\circ_{\text{red}} - E^\circ_{\text{oks}} \\ &= E^\circ_{\text{Cu}} - E^\circ_{\text{Zn}} \\ &= 0,34 - (-0,76) \\ &= +1,10 \text{ volt} \end{aligned}$$

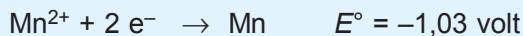
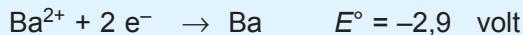
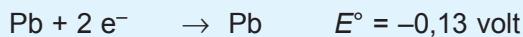
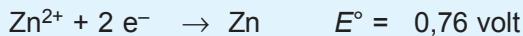
Harga potensial sel Cu/Cu<sup>2+</sup> || Zn<sup>2+</sup>/Zn, dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.



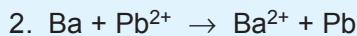
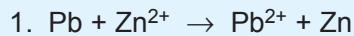
Karena  $E^\circ$  sel mempunyai harga negatif, maka reaksi tidak dapat berlangsung.

### Contoh soal:

Diketahui harga potensial reduksi standar beberapa elektrolit sebagai berikut.



Berdasarkan harga  $E^\circ$  tersebut, apakah reaksi berikut ini dapat berlangsung?



Jawab:

$$\begin{aligned} 1. \quad E^\circ_{\text{sel}} &= E^\circ_{\text{red}} - E^\circ_{\text{oks}} \\ &= -0,13 - 0,76 \text{ volt} \\ &= -0,89 \text{ volt} \text{ (reaksi tidak dapat berlangsung)} \end{aligned}$$

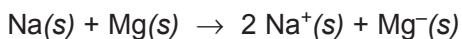
$$\begin{aligned} 2. \quad E^\circ_{\text{sel}} &= E^\circ_{\text{red}} - E^\circ_{\text{oks}} \\ &= -2,9 - (-0,13) \\ &= +2,77 \text{ volt} \text{ (reaksi dapat berlangsung)} \end{aligned}$$

Penyusunan unsur-unsur berdasarkan deret kereaktifan logam dikenal dengan deret volta. Deret volta menggambarkan urutan kekuatan pendesakan suatu logam terhadap ion logam yang lain. Unsur yang terletak di sebelah kiri hidrogen lebih mudah mengalami oksidasi dibanding yang terletak di sebelah kanan hidrogen. Logam yang memiliki sifat reduktor lebih kuat akan mendesak ion logam lain yang sifat reduktornya kecil. Adapun unsur-unsur dalam deret volta adalah sebagai berikut.

Li–K–Ba–Ca–Na–Mg–Al–Mn–Zn–Cr–Fe–Cd–Co–Ni–Sn–Pb–H–Cu–Hg–Ag–Pt–Au

Logam di sebelah kiri H memiliki  $E^\circ$  negatif, sedangkan di sebelah kanan H memiliki  $E^\circ$  positif. Di sebelah kiri H merupakan logam-logam yang aktif, sedangkan di

sebelah kanan H merupakan logam-logam mulia. Makin ke kanan sifat reduktor makin lemah, makin ke kiri sifat reduktor makin kuat. Unsur-unsur dalam deret volta hanya mampu mereduksi unsur-unsur di sebelah kanannya, tetapi tidak mampu mereduksi unsur-unsur di sebelah kirinya. Misalnya, Na mampu mereduksi Mg, tetapi tidak mampu mereduksi Ca, seperti terlihat pada reaksi berikut.



$\text{Na(s)} + \text{Ca(s)}$  tidak bereaksi/reaksi tidak berlangsung.



## E. Korosi

Korosi dalam istilah sehari-hari kita kenal sebagai peristiwa perkaratan. Korosi ini sebenarnya merupakan peristiwa oksidasi logam oleh gas oksigen yang ada di udara membentuk oksidanya.

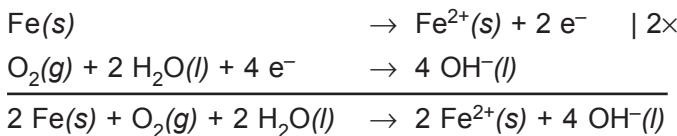
Proses korosi banyak menimbulkan masalah pada barang-barang yang terbuat dari besi walaupun logam-logam lain (kecuali logam mulia) dapat juga mengalami korosi.

Proses perkaratan pada besi dapat berlanjut terus sampai seluruh bagian dari besi hancur. Hal ini disebabkan oksida-oksida besi yang terbentuk pada peristiwa awal korosi akan menjadi katalis (otokatalis) pada peristiwa korosi selanjutnya. Hal itu berbeda dengan peristiwa korosi pada logam Al atau Zn.

Logam-logam ini tidak mulia bahkan mempunyai nilai  $E^\circ$  lebih kecil dari besi berarti logam-logam ini lebih cepat teroksidasi. Namun oksida Al atau Zn yang terbentuk melekat pada logam bagian dalam dan bersifat melindungi logam dari proses korosi selanjutnya. Oleh sebab itu, logam Al atau Zn tidak akan hancur karena korosi seperti pada logam besi.

Barang-barang yang terbuat dari besi mudah mengalami korosi karena umumnya bukan terbuat dari besi murni melainkan campuran dengan unsur-unsur lain. Jika logam pen-campurnya lebih mulia dari besi, maka besi akan menjadi anode yang akan habis teroksidasi secara terus-menerus, sebab paduan logam ini seolah-olah menjadi suatu sel volta yang mengalami hubungan pendek (*korslet*) oleh badan besi itu sendiri. Peristiwa ini akan lebih cepat terjadi jika barang berada di udara lembap atau terkena air, karena selain uap air, di udara juga terdapat gas-gas lain seperti  $\text{CO}_2$  atau  $\text{SO}_2$  yang dengan air akan membentuk larutan  $\text{H}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang bersifat elektrolit.

Reaksi yang terjadi pada peristiwa korosi besi:



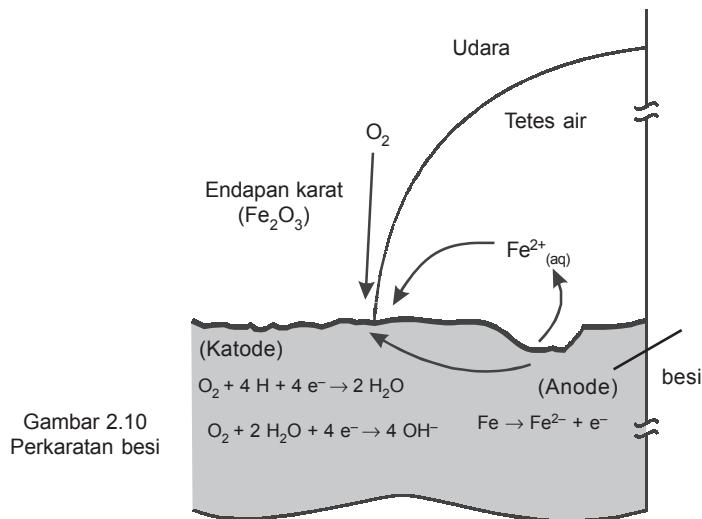
Pada reaksi ini jelas terlihat Fe akan lebih cepat teroksidasi dengan adanya molekul-molekul air yang dengan oksigen di udara berubah menjadi ion hidroksil. Ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang terbentuk dapat mengikat molekul-molekul air membentuk hidrat atau berikatan dengan ion karbonat yang terbentuk dari  $\text{CO}_2$  dan uap air yang ada di udara.

## 1. Proses korosi

Proses korosi dapat dijelaskan sebagai berikut.

Jika besi bersinggungan dengan oksigen atau ber-singgungan dengan logam lain dalam lingkungan air akan terjadi sel elektrokimia di mana logam yang memiliki  $E^\circ_{\text{red}}$  lebih cepat sebagai anode dan  $E^\circ_{\text{red}}$  yang lebih besar sebagai katode.

Logam atau unsur yang berfungsi sebagai anode, karena mengalami reaksi oksidasi, berarti yang mengalami korosi. Besi di udara akan berkarat, besi yang dilapisi seng, maka sengnya yang berkorosi sedangkan besi yang dilapisi timah putih, maka besinya yang mengalami korosi.



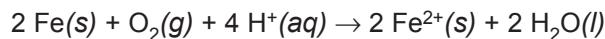
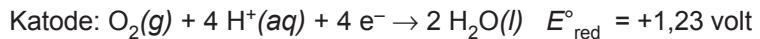
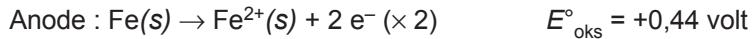
### Besi berada di udara

Potensial reduksi dari Fe dan O<sub>2</sub>:



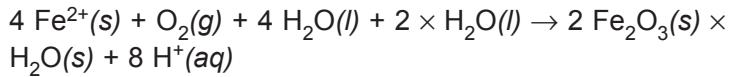
Karena  $E_{\text{red}}^{\circ} \text{ Fe} < E_{\text{red}}^{\circ} \text{ O}_2$ , maka Fe sebagai anode dan mengalami korosi.

*Reaksinya:*



$$E_{\text{sel}}^{\circ} = +1,67 \text{ volt}$$

$E_{\text{sel}}^{\circ} > 0$  berarti proses korosi berjalan spontan bahkan dapat bereaksi lanjut membentuk karat:



### 2. Pencegahan terhadap korosi

Berdasarkan proses terjadinya korosi, maka ada 2 cara yang dapat dilakukan untuk mencegah korosi, yaitu perlindungan mekanis dan perlindungan elektrokimia.

### a. Perlindungan Mekanis

Perlindungan mekanis ialah mencegah agar permukaan logam tidak bersentuhan langsung dengan udara.

Untuk jangka waktu yang pendek, cara ini dapat dilakukan dengan mengoleskan lemak pada permukaan logam. Untuk jangka waktu yang agak lama, dapat dilakukan dengan pengecatan. Salah satu cat pelindung yang baik ialah meni ( $Pb_3O_4$ ) karena selain melindungi secara mekanis juga memberi perlindungan elektrokimia.

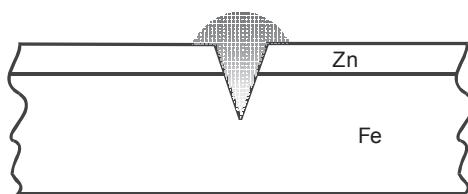
Selain pengecatan, perlindungan mekanis dapat pula dilakukan dengan logam lain, yaitu dengan cara penyepuhan.

Proses penyepuhan untuk perlindungan terhadap korosi harus diperhatikan harga  $E^\circ$  dari logam yang akan dilindungi dan logam pelindungnya. Logam yang baik sebagai pelindung harus mempunyai  $E^\circ$  lebih kecil dari  $E^\circ$  logam yang dilindungi. Sebab bila terjadi goresan pada logam yang dilapisi, maka logam pelindung akan menjadi anode pada "sel volta mini" yang terjadi, sehingga logam yang dilindungi tidak akan teroksidasi selama logam pelindung masih ada.

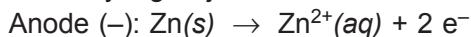
Untuk perlindungan agar barang-barang yang terbuat dari besi tidak cepat rusak, maka besi ( $E^\circ = -0,44$  volt) lebih baik dilapis dengan seng ( $E^\circ = -0,76$  volt) daripada dilapis dengan timah ( $E^\circ = -0,14$  volt).

#### 1) Besi yang dilapis seng

Apabila terjadi goresan atau lapisan mengelupas, kedua logam akan muncul di permukaan. Adanya uap air, gas  $CO_2$  di udara dan partikel-partikel lain, terjadilah sel volta mini dengan Zn sebagai anodenya dan Fe sebagai katodenya. Zn akan teroksidasi terlebih dahulu karena harga  $E^\circ$ -nya lebih kecil daripada Fe, sehingga korosi elektrolitik (reaksi elektrokimia yang mengoksidasi logam) tidak terjadi.



Reaksi yang terjadi:



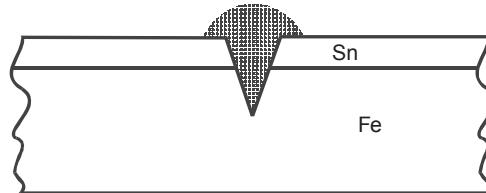
Gambar 2.11  
Pelapisan besi dengan seng

## 2) Besi yang dilapis timah

Apabila terjadi goresan atau lapisan mengelupas kedua logam akan muncul di permukaan. Adanya uap air, gas  $\text{CO}_2$  di udara dan partikel-partikel lain terjadilah sel volta mini. Di sini Fe akan bertindak sebagai anode karena  $E^\circ_{\text{Fe}}$  lebih kecil daripada  $E^\circ_{\text{Sn}}$ , hingga Fe akan teroksidasi lebih dulu.

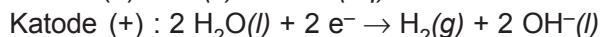
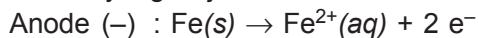
Di sini akan terjadi proses korosi elektrolitik. Oleh karena itu, pelat besi yang dilapisi timah akan cepat berlubang-lubang daripada besi Galvani.

Hanya dari segi keindahan, besi yang dilapisi dengan NiCr dan Sn tampak lebih bagus daripada besi yang dilapisi Zn.



Gambar 2.12  
Pelapisan besi dengan timah

Reaksi yang terjadi:



### b. Perlindungan elektrokimia

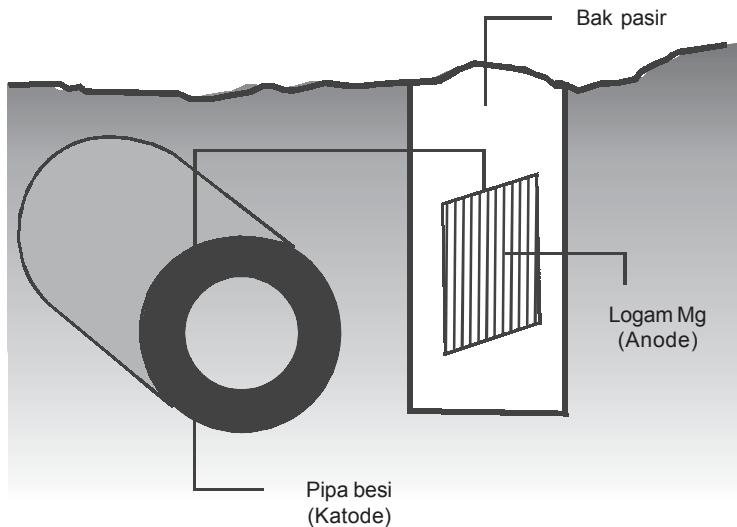
Perlindungan elektrokimia ialah mencegah terjadinya korosi elektrolitik (reaksi elektrokimia yang mengoksidasi logam).

Perlindungan elektrokimia ini disebut juga perlindungan katode (proteksi katodik) atau pengorbanan anode (anodaising).

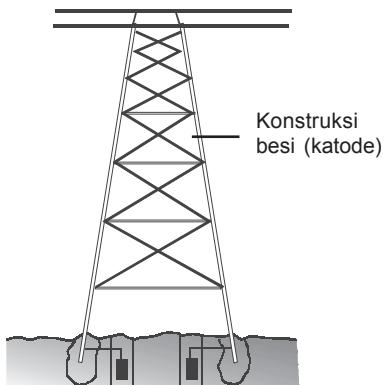
Cara ini dilakukan dengan menghubungkan logam pelindung, yaitu logam yang lebih tidak mulia ( $E^\circ$ -nya lebih kecil). Logam pelindung ini ditanam di dalam tanah atau air dekat logam yang akan dilindungi. Di sini akan terbentuk “sel volta raksasa” dengan logam pelindung bertindak sebagai anode (lihat gambar).

### Contoh-contoh proteksi katodik

- 1) Untuk mencegah korosi pada pipa di dalam tanah, di dekatnya ditanam logam yang lebih aktif, misalnya Mg, yang dihubungkan dengan kawat. Batang magnesium akan mengalami oksidasi dan Mg yang rusak dapat diganti dalam jangka waktu tertentu, sehingga pipa yang terbuat dari besi terlindung dari korosi.



Gambar 2.13  
Proteksi katodik pada pipa air



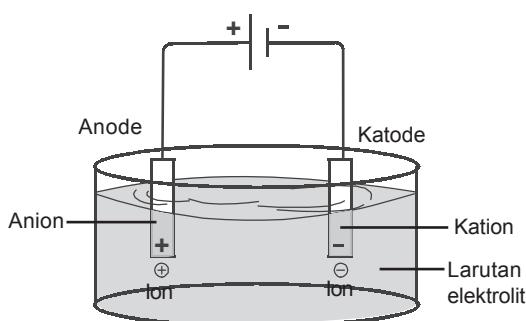
Gambar 2.14  
Menara raksasa

- 2) Untuk melindungi menara-menara raksasa dari pengkaratan, maka bagian kaki menara dihubungkan dengan lempeng magnesium yang ditanam dalam tanah. Dengan demikian menara besi akan menjadi katode magnesium dan lempeng Mg sebagai anodenya.

Untuk melindungi baling-baling kapal laut yang selalu berada di bawah permukaan air, dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pada contoh a dan b.



## F. Elektrolisis



Anode (+) : terjadi reaksi oksidasi  
Katode (-) : terjadi reaksi reduksi

Gambar 2.15  
Prinsip kerja sel elektrolisis

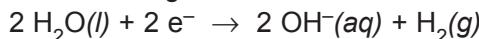
Elektrolisis adalah peristiwa penguraian zat elektrolit oleh arus listrik searah. Dalam sel elektrolisis energi listrik dapat menghasilkan reaksi kimia. Sel elektrolisis berfungsi sebagai pompa untuk menjalankan perpindahan elektron yang mengalir dari anode ke katode. Elektron dialirkkan melalui elektrode yang tidak bereaksi (*inert*). Biasanya digunakan batang karbon atau platina. Dalam elektrolisis, pada anode terjadi oksidasi (melepaskan elektron) sedangkan pada katode terjadi reduksi.

## 1. Reaksi elektrolisis

### a. Reaksi yang terjadi pada katode

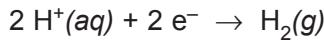
Reaksi yang terjadi pada katode, dapat diketahui dengan memperhatikan jenis kation yang terdapat dalam larutan elektrolitnya (pelarut air), yaitu sebagai berikut.

- 1) Jika kationnya  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Be^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$ , maka reaksi yang berlangsung pada katode adalah sebagai berikut.

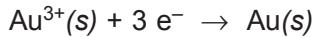
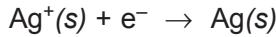
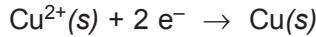


Jika tidak terdapat air, maka semua kation mengalami.

- 2) Jika kationnya  $H^+$  berasal dari suatu asam, maka reaksi yang berlangsung pada katode adalah sebagai berikut.



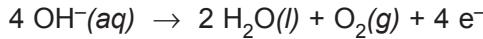
- 3) Jika kationnya selain *a* dan *b*, maka akan terjadi reaksi reduksi (diendapkan pada katode) seperti berikut ini.



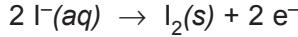
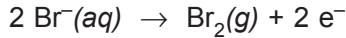
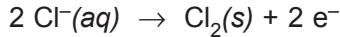
### b. Reaksi yang terjadi pada anode

Jika anode terbuat dari zat inert, seperti Pt, Au, dan C, maka akan terjadi peristiwa-peristiwa seperti berikut ini.

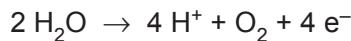
- 1) Jika anion yang menuju anode adalah  $OH^-$  dari suatu basa, maka  $OH^-$  akan teroksidasi.



- 2) Jika anionnya  $Cl^-$ ,  $Br^-$ , dan  $I^-$ , maka ion-ion tersebut akan teroksidasi seperti berikut ini.



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

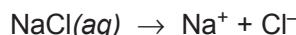


Jika anode terbuat dari logam aktif seperti Cu, maka anodenya juga mengalami oksidasi.



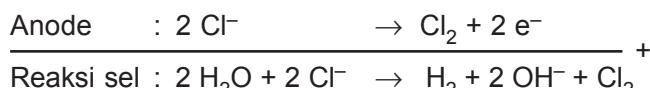
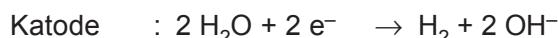
## 2. Contoh reaksi elektrolisis

### a. Elektrolisis larutan $\text{NaCl}$ dengan elektrode C



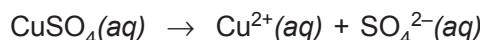
$\text{Na}^+$  menuju katode,  $\text{Cl}^-$  menuju anode.

#### Reaksi:



Reaksi sel menunjukkan bahwa ion  $\text{Cl}^-$  makin berkurang membentuk  $\text{Cl}_2$ , ion  $\text{OH}^-$  bertambah, dan ion  $\text{Na}^+$  jumlahnya tetap. Bila semua air telah terelektrolisis, maka yang tersisa dalam sel adalah NaOH.

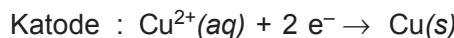
### b. Elektrolisis $\text{CuSO}_4$ dengan elektrode Cu



$\text{Cu}^{2+}$  menuju katode,  $\text{SO}_4^{2-}$  menuju anode.

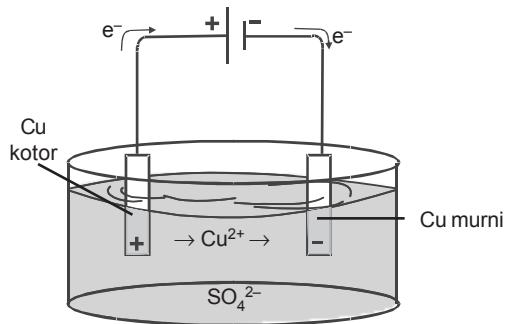
Elektrode Cu adalah elektrode aktif, sehingga Cu akan teroksidasi.

#### Reaksi:



Anode Katode

Logam Cu pada anode terlarut dan mengendap pada katode. Anode makin lama makin habis sedangkan katode makin tebal. Prinsip ini banyak digunakan pada pemurnian logam Cu. Perhatikan bagan elektrolisis  $\text{CuSO}_4$  di samping!

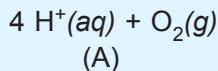
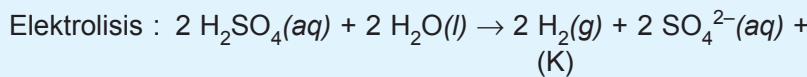
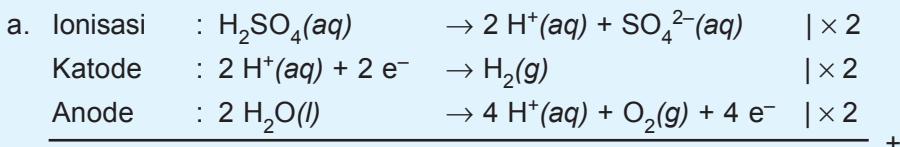


Gambar 2.16  
Elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan elektrode Cu

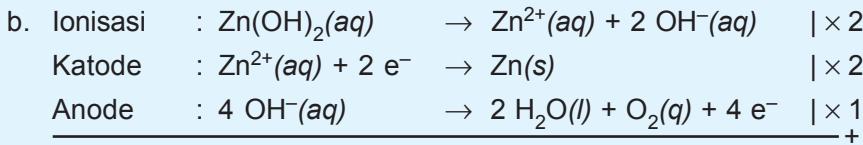
### Contoh soal:

1. Apa yang terjadi pada katode dan anode dalam elektrolisis larutan berikut?
  - a.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
  - b.  $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{aq})$

Jawab:



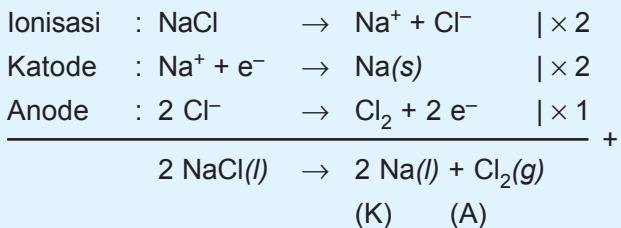
Pada katode terbentuk gas  $\text{H}_2$  dan pada anode terbentuk gas  $\text{O}_2$ .



Pada katode terbentuk endapan Zn dan pada anode terbentuk gas  $\text{O}_2$ .

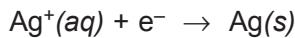
2. Apa yang terjadi pada katode dan anode dalam elektrolisis leburan NaCl dengan elektrode Pt?

Jawab:



Banyak zat yang mengendap pada elektrode dapat dihitung dengan **hukum Faraday**. Faraday adalah orang Inggris yang pertama menerangkan hubungan kuantitatif antara banyaknya arus listrik yang digunakan pada elektrolisis dengan hasil elektrolisisnya.

Perhatikan reaksi berikut ini!



Pada reaksi di atas untuk mereduksi satu mol ion Ag<sup>+</sup> dibutuhkan satu mol elektron yang dapat mereduksi 0,5 mol ion Cu<sup>2+</sup>. Muatan satu elektron adalah 1,6021 × 10<sup>-9</sup> coulomb, sehingga muatan suatu mol elektron adalah  $6,023 \times 10^{23} \times 1,6021 \times 10^{-9} = 96.478$  coulomb = 96.500 coulomb. Jumlah listrik ini disebut satu Faraday. Jadi, 1 Faraday = 96.500 coulomb.

### Hukum I Faraday

*Total zat yang dihasilkan pada elektrode, berbanding lurus dengan total muatan listrik yang mengalir melalui sel elektrolisis.*

Muatan listrik sebesar 1 Faraday dapat mendapatkan 1 gram ekuivalen. Massa zat hasil elektrolisis yang terbentuk pada katode maupun anode dirumuskan sebagai berikut.

$$m = eF$$

Keterangan:

$m$  = massa zat hasil elektrolisis (gram)

$e$  =  $A/n$  = massa ekivalen zat hasil elektrolisis

$n$  = mol elektron yang terlibat dalam reaksi

$F$  = jumlah muatan listrik (Faraday)

Jika 1 coulomb = 1 ampere detik, maka massa zat hasil elektrolisis dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$m = \frac{e i t}{96.500}$$

Keterangan:

$i$  = arus yang mengalir (ampere)

$t$  = lama elektrolisis (sekon)

## Hukum II Faraday

*Jumlah zat yang dihasilkan oleh arus yang sama di dalam beberapa sel yang berbeda berbanding lurus dengan berat ekivalen zat-zat tertentu.*

$$m_1 : m_2 = e_1 : e_2$$

Keterangan:

$m_1$  = massa zat terendap 1

$m_2$  = massa zat terendap 2

$e_1$  = massa ekivalen zat 1

$e_2$  = massa ekivalen zat 2

### Contoh soal:

1. Arus listrik sebesar 0,2 ampere mengalir selama 2 jam melalui larutan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ . Berapakah massa logam kobalt yang mengendap? ( $A_{\text{Co}} = 59$ ,  $N = 14$ , dan  $O = 16$ )

Jawab:

$$m = \frac{eit}{F} = \frac{\frac{5}{9} \times 0,2 \times 2 \times 360}{96.500}$$
$$= 0,44 \text{ gram}$$

2. Jika arus listrik dialirkan melewati larutan  $\text{AgNO}_3$  dan larutan  $\text{CuSO}_4$  yang disusun seri, dan terendapkan 2,16 gram ( $A_r \text{ Ag} = 108$ ,  $\text{Cu} = 63,5$ ). Hitunglah massa terendapkan!

Jawab:

$$m_1 : m_2 = e_1 : e_2$$

$$2,16 : m_2 = \frac{108}{1} : \frac{63,5}{2}$$

$$108m_2 = 63,5 \times 1,08$$

$$m_2 = \frac{63,5 \times 1,08}{108} = 0,635$$

Jadi, massa tembaga yang terendapkan adalah 0,635 gram.

Prinsip elektrolisis ini banyak digunakan dalam dunia industri, antara lain:

- Isolasi logam, misalnya isolasi aluminium.
- Pemurnian logam atau tembaga, perak, dan emas.
- Penyepuhan atau melapisi nikel, emas, dan lain-lain pada logam koin.
- Pembuatan gas, seperti  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ , dan lain-lain.



## Rangkuman

- Reaksi redoks dapat disetarakan dengan dua cara, yaitu dengan cara setengah reaksi dan cara bilangan oksidasi.
- Sel elektrokimia ada dua macam, yaitu sel volta dan sel elektrolisis.
- Sel elektrokimia mempunyai dua buah elektrode yaitu anode dan katode. Pada katode terjadi reaksi reduksi, sedang pada anode terjadi reaksi oksidasi.

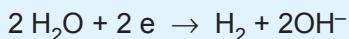
4. Ciri-ciri sel volta adalah sebagai berikut:
- Tersusun dari setengah sel katode dan setengah sel anode dalam larutannya.
  - Anode adalah kutub negatif dan katode adalah kutub positif.
  - Terdiri atas dua setengah reaksi yang dihubungkan dengan jembatan garam.
  - Reaksi redoks berlangsung spontan.
  - Bagan sel: A(s) / A<sup>+x</sup>(aq) || B<sup>+y</sup>(aq) / B(s).
6. Ciri-ciri energi potensial standar ( $E^\circ$ ) adalah sebagai berikut.
- $E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$
  - Jika  $E^\circ_{\text{sel}}$  positif, maka reaksi redoks dapat berlangsung. Jika  $E^\circ_{\text{sel}}$  negatif, maka reaksi redoks tidak berlangsung.
  - Dalam persamaan reaksi, harga  $E^\circ$  tidak ikut dikalikan walaupun koefisien reaksi setengah sel dikalikan.
  - Makin besar harga energi potensial reduksi standar, makin kuat sifat oksidatornya. Makin kecil harga energi potensial reduksi standar, makin kuat sifat reduktornya.
7. Sel volta ada dua macam, yaitu sebagai berikut.
- Sel volta primer adalah sel volta yang tidak dapat diisi lagi bila arusnya sudah habis, misalnya baterai.
  - Sel volta sekunder adalah sel volta yang dapat diisi lagi bila arusnya sudah habis, misalnya aki.
8. Deret volta
- Li-K-Ba-Ca-Na-Mg-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-H-Cu-Hg-Ag-Pt-Au
9. Korosi
- Korosi adalah suatu reaksi redoks pada logam menjadi senyawa logam karena pengaruh lingkungan.
  - Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi yaitu udara, uap air, larutan elektrolit, dan beberapa gas yang bersifat korosif.
  - Korosi pada besi dapat dihindari dengan mengecat, melapis besi dengan logam yang memiliki potensial elektrode standar lebih besar dari besi, dan menghubungkan besi dengan kutub negatif dari sumber listrik.
  - Rumus karat besi adalah  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

## 10. Elektrolisis

- a. Elektrolisis adalah peristiwa penguraian suatu zat elektrolit oleh arus listrik searah.

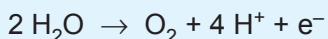
b. Reaksi pada katode

- Jika kationnya  $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$ , maka yang direduksi  $\text{H}_2\text{O}$ .



Reaksi pada anode

- Anode berupa logam inert anion  $\text{OH}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , dan  $\text{Cl}^-$  akan dioksidasi.
- Jika ada anion  $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{NO}_3^-$ , maka anion akan dioksidasi tetapi yang dioksidasi  $\text{H}_2\text{O}$ .



- c. Untuk menentukan hasil elektrolisis digunakan hukum Faraday.

Satu Faraday = 96.500 coulomb.

d. Hukum I Faraday

$$m = e.F$$

atau

$$m = \frac{e.i.t}{96.500}$$

### Hukum II Faraday

$$m_1 : m_2 = e_1 : e_2$$

- e. Kegunaan elektrolisis adalah sebagai berikut:

- isolasi logam;
- pemurnian logam;
- penyepuhan; dan
- pembuatan gas.



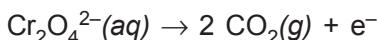
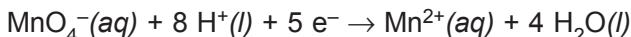
## *Uji Kompetensi*

**A. Berilah tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E di depan jawaban yang tepat!**

1. Bilangan oksidasi Mn sama dengan 7 terdapat dalam senyawa ....  
A.  $\text{MnO}_2$                               D.  $\text{MnSO}_4$   
B.  $\text{K}_2\text{MnO}_4$                             E.  $\text{Mn}_2\text{O}_3$   
C.  $\text{KMnO}_4$
2. Berikut ini yang termasuk reaksi redoks adalah ....  
A.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$   
B.  $\text{BaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{aq}) + 2 \text{HCl}(\text{aq})$   
C.  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{s}) + 3 \text{CO}_2(\text{g})$   
D.  $\text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{aq})$   
E.  $2 \text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
3. Berikut ini yang *bukan* reaksi redoks adalah ....  
A.  $2 \text{Ag}(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
B.  $2 \text{K}_2\text{CrO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$   
C.  $2 \text{Na}(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$   
D.  $3 \text{Cu}(\text{s}) + 8 \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{NO}(\text{g})$   
E.  $\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{NaI}(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6(\text{aq})$
4. Berikut yang termasuk reaksi autoredoks adalah ....  
A.  $\text{Cl}_2(\text{s}) + 2 \text{KI}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{KCl}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{s})$   
B.  $\text{Zn}(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{s})$   
C.  $2 \text{Al}(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$   
D.  $\text{Zn}(\text{s}) + 2 \text{AgNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2 \text{Ag}(\text{s})$   
E.  $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{s}) + \text{NaClO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

5. Pada persamaan reaksi redoks:
- $$a \text{ MnO}_4^-(aq) + b \text{ H}^+(aq) + c \text{ C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) \rightarrow d \text{ Mn}^{2+}(aq) + e \text{ H}_2\text{O}(l) + f \text{ CO}_2(g)$$
- Harga  $a$  dan  $b$  berturut-turut ....
- A. 2 dan 3
  - B. 2 dan 5
  - C. 2 dan 4
  - D. 2 dan 2
  - E. 1 dan 5
6. Perhatikan reaksi redoks berikut!
- $$g \text{ Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + h \text{ H}^+(aq) + i \text{ Cl}(aq) \rightarrow j \text{ Cr}^{3+}(aq) + k \text{ H}_2\text{O}(l) + l \text{ Cl}_2(g)$$
- Harga  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  berturut-turut adalah ....
- A. 1, 2, dan 4
  - B. 1, 2, dan 2
  - C. 1, 14, dan 2
  - D. 1, 14, dan 6
  - E. 2, 7, dan 6
7. Perhatikan reaksi berikut!
- $$m \text{ HI}(aq) + n \text{ HNO}_2(aq) \rightarrow o \text{ H}_2\text{O}(l) + p \text{ NO}(g) + q \text{ I}_2(g)$$
- Pernyataan berikut yang benar adalah ....
- A. HI adalah zat pereduksi
  - B. HNO<sub>2</sub> adalah zat pereduksi
  - C. H<sub>2</sub>O adalah zat pereduksi
  - D. H<sub>2</sub>O adalah zat pengoksidasi
  - E. I<sub>2</sub> adalah zat pereduksi
8. Asam oksalat dapat dioksidasi oleh KMnO<sub>4</sub> menurut persamaan:
- $$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) + \text{MnO}_4^-(aq) + \text{H}^+(aq) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$$
- Untuk mengoksidasi 2 mol ion C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup> diperlukan ion MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>(aq) sebanyak ....
- A. 0,3 mol
  - B. 0,5 mol
  - C. 0,7 mol
  - D. 0,8 mol
  - E. 2,0 mol

9. Diketahui beberapa setengah reaksi sebagai berikut:



Volume larutan  $\text{KMnO}_4$  0,1 M yang diperlukan untuk mengoksidasi 20 ml larutan  $\text{FeC}_2\text{O}_4$  0,1 M adalah ....

- A. 3 mol                      D. 12 mol  
B. 6 mol                      E. 15 mol  
C. 9 mol

10.  $\text{H}_2\text{S}$  dapat dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan antara lain  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{MnO}_2$ . Dalam reaksi ini, setiap mol  $\text{H}_2\text{S}$  melepas ....

- A. 8 mol elektron              D. 5 mol elektron  
B. 7 mol elektron              E. 2 mol elektron  
C. 6 mol elektron

11. Diketahui:



Sel volta yang disusun menggunakan elektrode Pb dan Al akan memiliki potensial sel sebesar ....

- A. +1,89 V                      D. -1,63 V  
B. -1,89 V                      E. +3,61 V  
C. +1,63 V

12. Diketahui:

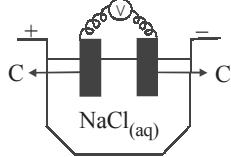


Besarnya potensial sel yang ditimbulkan oleh reaksi:



- A. -2,12 V                      D. -2,62 V  
B. +2,12 V                      E. +2,62 V  
C. +1,06 V

13. Suatu sel volta terdiri dari elektrode Ag yang dicelupkan di dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  1 M dan elektrode Zn yang dicelupkan ke dalam larutan  $\text{ZnSO}_4$  1 M, jika diketahui:
- $$\text{Ag}^+(aq) + e^- \rightarrow \text{Ag}(s) \quad E^\circ = +0,80 \text{ V}$$
- $$\text{Zn}^{2+}(s) + 2 e^- \rightarrow \text{Zn}(s) \quad E^\circ = 0,76 \text{ V}$$
- Pernyataan berikut benar, *kecuali* ....
- elektrode Ag sebagai katode
  - elektrode Zn sebagai anode
  - potensial standar sel adalah 2,56 V
  - logam Ag mengendap pada elektrode Ag
  - reaksi sel:  $2 \text{Ag}^+(aq) + \text{Zn}(s) \rightarrow 2 \text{Ag}(s) + \text{Zn}^{2+}(aq)$
14. Diketahui reaksi:  $2 \text{AgNO}_3 + \text{Cu} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$   
Notasi sel volta yang didasarkan reaksi di atas adalah ....
- $\text{Cu} / \text{Cu}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ / \text{Ag}$
  - $\text{Cu} / \text{Cu}^{2+} \parallel \text{Ag} / \text{Ag}^+$
  - $\text{Ag}^{2+} / \text{Cu} \parallel \text{Ag} / \text{Cu}^{2+}$
  - $\text{Ag} / \text{Ag}^+ \parallel \text{Cu} / \text{Cu}^{2+}$
  - $\text{Ag}^+ / \text{Ag} \parallel \text{Cu} / \text{Cu}^{2+}$
15. Diketahui:
- $$\text{Fe}(s) + \text{Cu}^{2+}(s) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(s) + \text{Cu}(s) \quad E^\circ = +0,78 \text{ V}$$
- $$\text{Sn}^{2+}(s) + 2 e^- \rightarrow \text{Sn}(s) \quad E^\circ = -0,14 \text{ V}$$
- $$\text{Cu}^{2+}(s) + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}(s) \quad E^\circ = +0,34 \text{ V}$$
- Besarnya potensial sel dari:  $\text{Fe} + \text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Sn}$  adalah ....
- 0,30 V
  - 0,44 V
  - 0,64 V
  - 0,92 V
  - 1,12 V
16. Logam yang dapat mencegah korosi pada pipa besi yang ditanam dalam tanah adalah ....
- Ni
  - Cu
  - Mg
  - Pb
  - Sn

17. Bahan yang digunakan sebagai elektrode pada baterai kering adalah ....
- A. Pt dan C                      D. Zn dan Cu  
 B. Zn dan C                      E. Cu dan  $\text{PbO}_2$   
 C. Pb dan  $\text{PbO}_2$
18. Elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan elektrode tembaga pada anode terjadi reaksi ....
- A.  $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2 e^-$   
 B.  $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow \text{Cu(s)}$   
 C.  $2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 4 \text{H}^+(aq) + \text{O}_2(g) + 4 e^-$   
 D.  $2 \text{H}_2\text{O(l)} + 2 e^- \rightarrow 2 \text{OH}^-(l) + \text{H}_2(g)$   
 E.  $\text{SO}_4^{2-}(aq) \rightarrow \text{SO}_2(g) + 2 e^-$
19. Reaksi yang terjadi pada katode dari elektrolisis larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  adalah ....
- A.  $2 \text{H}_2\text{O(l)} + 2 e^- \rightarrow 2 \text{OH}^-(l) + \text{H}_2(g)$   
 B.  $2 \text{H}^+(g) + 2 e^- \rightarrow \text{H}_2(g)$   
 C.  $\text{Na}^+(s) + e^- \rightarrow \text{Na(s)}$   
 D.  $\text{SO}_4^{2-}(aq) \rightarrow \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) + 2 e^-$   
 E.  $2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 4 \text{H}^+(g) + \text{O}_2(g) + 4 e^-$
- 20.
- 
- Pada gambar elektrolisis di samping, zat yang terjadi pada elektrode adalah ....
- A. gas  $\text{O}_2$                       D. gas  $\text{Cl}_2$   
 B. gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{NaOH}$             E.  $\text{NaCl}$   
 C. logam Na
21. Dalam suatu sel volta terjadi reaksi:  
 $\text{Sn(s)} + 2 \text{Ag}^+(aq) \rightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) + 2 \text{Ag(s)}$   
 Jika diketahui:  $E^\circ \text{ Sn}^{2+}/\text{Sn} = -0,14 \text{ V}$   
 $E^\circ \text{ Ag}^+/\text{Ag} = + 0,80 \text{ V}$   
 Besarnya potensial standar sel tersebut adalah ....
- A. 1,74 V                      D. 0,66 V  
 B. 1,46 V                      E. 0,52 V  
 C. 0,94 V

22. Arus listrik yang sama dialirkan ke dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  dan  $\text{AgNO}_3$ . Bila massa tembaga yang diperoleh adalah 0,3175 gram, maka massa perak yang mengendap adalah .... ( $A_r \text{ Ag} = 108$  dan  $\text{Cu} = 63,5$ ).
- A. 0,108 gram      D. 3,175 gram  
 B. 1,08 gram      E. 10,8 gram  
 C. 6,35 gram
23. Pada elektrolisis leburan  $\text{MgCl}_2$  dengan elektrode Pt, ternyata menggunakan muatan listrik sebanyak 0,02 F. Volume gas klorin yang dihasilkan di anode jika diukur pada keadaan di mana 1 liter gas nitrogen ( $M_r = 28$ ) massanya 1,4 gram adalah ....
- A. 100 ml      D. 400 ml  
 B. 200 ml      E. 448 ml  
 C. 224 ml
24. Pada elektrolisis larutan  $\text{MSO}_4$  di katode terbentuk 0,295 gram logam M. Larutan hasil elektrolisis dapat dinetralkan oleh 50 mL larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M. Massa atom relatif logam M adalah ....
- A. 29,50      D. 73,75  
 B. 44,25      E. 118,0  
 C. 59,00
25. Pada elektrolisis leburan  $\text{AlO}_3$  ( $A_r \text{ Al} = 27$  dan O = 16) diperoleh logam Al sebanyak 0,225 gram. Jumlah arus listrik yang diperlukan adalah ....
- A. 221,9 C      D. 2.412,5 C  
 B. 804 C      E. 8.685 C  
 C. 1.025,9 C

**B. Jawablah soal-soal di bawah ini dengan singkat dan tepat!**

1. a. Tentukan bilangan oksidasi belerang pada senyawa berikut ini!
- |                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ | 4) $\text{Na}_2\text{S}$ |
| 2) $\text{K}_2\text{SO}_4$           | 5) $\text{CuSO}_4$       |
| 3) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$      |                          |

- b. Setarakan reaksi redoks berikut dengan metode setengah reaksi!
- 1)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - 2)  $\text{Zn} + \text{NO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{ZnO}_2^{2-} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
  - 3)  $\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
2. a. Diketahui reaksi redoks yaitu:  
 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KI} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
Berapa mililiter volume  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2 M yang diperlukan untuk menghasilkan iodium sebanyak 5,08 gram?
- b. Diketahui reaksi redoks yaitu:  
 $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$   
Bila pada  $0^\circ\text{C}$  1 atm terbentuk 6,72 liter gas klor, maka berapa gram kalium permanganat yang bereaksi ( $\text{A}_r \text{K} = 39$ ;  $\text{Mn} = 55$ ; dan  $\text{O} = 16$ )?
3. Diketahui:  $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu} \quad E^\circ = +0,34 \text{ V}$   
 $\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al} \quad E^\circ = -1,66 \text{ V}$   
Tentukan:
- a. potensial sel dari rangkaian sel volta tersebut;
  - b. notasi sel dan elektrode sebagai anode dan katode!
4. Tuliskan reaksi elektrolisis terhadap:
- a. larutan tembaga (II) sulfat dalam air dengan elektrode grafit;
  - b. lelehan  $\text{CaCl}_2$  dengan elektrode platina;
  - c. larutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dengan elektrode Ag;
  - d. larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dengan elektrode Fe!
5. a. Pada elektrolisis larutan asam nitrat dengan elektrode karbon, ternyata menggunakan arus listrik sebanyak 0,2 faraday. Berapa liter gas yang terbentuk di anode bila diukur 1 liter  $\text{O}_2 = 1,28$  gram?
- b. Arus listrik tertentu mengendapkan 0,54 gram perak ( $\text{A}_r \text{Ag} = 108$ ) dari larutan  $\text{Ag}^+$ . Jika arus tersebut dilewatkan melalui larutan  $\text{X}^{2+}$ , maka berapakah massa logam X ( $\text{A}_r \text{X} = 40$ ) akan mengendap?





## BAB 3

# KIMIA UNSUR



Gambar 3.1 Kegunaan unsur-unsur  
Sumber: Ensiklopedia Sains dan Kehidupan

Pada pelajaran bab ketiga ini akan dipelajari tentang kelimpahan unsur-unsur di alam, sifat-sifat unsur-unsur halogen, gas mulia alkali, alkali tanah, unsur-unsur periode ketiga dan unsur-unsur transisi periode keempat, pembuatan dan kegunaan unsur-unsur halogen gas mulia, alkali tanah, unsur-unsur periode ketiga dan unsur transisi periode keempat, dan menentukan kadar zat dalam senyawa.

# Bab 3

## Kimia Unsur

### Tujuan Pembelajaran:

Setelah melakukan percobaan dan mengamati hasil percobaan diharapkan siswa mampu:

- mengidentifikasi kelimpahan unsur-unsur di alam dan produk-produk yang mengandung unsur tersebut;
- menguraikan sifat-sifat fisik dan kimia unsur baik melalui percobaan atau diskusi;
- menjelaskan pembuatan, kegunaan, dan dampak yang ditimbulkan dalam kehidupan sehari-hari;
- menentukan kadar zat dalam produk kimia melalui percobaan serta mempresentasikannya.

Beberapa unsur logam dan nonlogam, dalam bentuk unsur maupun senyawanya, banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan beberapa unsur logam dan nonlogam meningkat dengan berkembang pesatnya industri, baik sebagai alat, bahan dasar, maupun sumber energi.

Unsur-unsur logam umumnya diperoleh sebagai bijih logam dalam batuan. Alam Indonesia sangat kaya akan sumber mineral bijih logam, karena itu perlu penguasaan teknologi untuk mengolahnya menjadi logam yang dibutuhkan.

Pada bab ini dibahas beberapa unsur logam dan beberapa unsur nonlogam yang berperan penting bagi kesejateraan hidup manusia.



### A. Unsur-unsur di Alam

Pada umumnya unsur-unsur logam terkandung dalam batuan sebagai senyawa yang disebut mineral bijih logam.

Berbagai bijih logam tersebar di seluruh Indonesia dan beberapa di antaranya tercantum dalam tabel berikut ini.

**Tabel 3.1 Beberapa mineral bijih logam**

Logam	Mineral	Rumus	Daerah
Besi	hematit magnetit siderit pirit	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ $\text{FeCO}_3$ $\text{FeS}_2$	Kalimantan Barat, Sumatra Barat, Sumatra Selatan, Sulawesi Tengah
Nikel	pentlandit garnerit	( $\text{FeNi}$ )S $\text{H}_2(\text{NiMg})\text{SiO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara
Aluminium	bauksit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$	Bintan, Kalimantan Barat
Timah	kasiterit	$\text{SnO}_2$	Bangka, Belitung, Singkep, Karmun
Tembaga	kalkopirit	$\text{CuFeS}_2$	Pegunungan Jayawijaya, Kalimantan Barat

Emas dan perak terdapat dalam keadaan murni tersebar di beberapa daerah yaitu Salido (Sumatra Barat), Rejang Lebong (Sumatra Selatan), Bengkulu, Cikotok (Jawa Barat), Paleleh (Sulawesi Utara), Bolaang Mongondow (Sulawesi Tengah), Kota Waringin (Kalimantan Barat).

Untuk memperoleh logam-logam berat seperti besi, timah, dan tembaga dari bijihnya, biasanya dilakukan melalui langkah-langkah pemekatan, pengeringan, pembakaran (untuk bijih yang bukan oksida), reduksi, dan pemurnian. Aluminium diperoleh melalui elektrolisis.

### 1. Komposisi alkali dalam kerak bumi

Logam alkali termasuk logam yang sangat reaktif. Di alam tidak terdapat dalam keadaan bebas, melainkan dalam keadaan terikat dalam bentuk senyawa.

Berikut ini tabel kadar unsur-unsur alkali di kerak bumi dalam satuan bpj (bagian per sejuta).

Unsur	Kadar (bpj)
Li	65
Na	28.300
K	25.900
Rb	310
Cs	7

Unsur yang paling banyak adalah Na dan K. Kedua unsur ini banyak terdapat dalam air laut dalam bentuk senyawa NaCl dan KCl.

2. **Unsur-unsur alkali tanah tidak terdapat bebas di alam, tetapi terdapat dalam bentuk senyawanya**
  - a. Berilium terdapat dalam bijih beril ( $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ ).
  - b. Magnesium sebagai dolomit ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ), karnalit ( $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).
  - c. Kalsium sebagai  $\text{CaCO}_3$  pada batu kapur dan pualam, batu tahu/gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).
  - d. Stronsium sebagai stronsianit ( $\text{SrCO}_3$ ) dan galestin ( $\text{SrSO}_4$ ).
  - e. Barium sebagai bijih barit ( $\text{BaSO}_4$ ).
3. **Unsur-unsur periode ketiga di alam**

Unsur	Sebagai senyawa	
Na	$\text{NaNO}_3$	: Senyawa chilli
	$\text{NaCl}$	: Dalam air laut
Mg	$\text{MgCO}_3$	: Magnesit
	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	: Garam inggris
	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	: Karnalit
	$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$	: Dolomit
	$\text{MgCl}_2$	: Dalam air laut

Unsur	Sebagai senyawa	
Al	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	: Kaolin
	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	: Bauksit
	$\text{Na}_3\text{AlF}_6$	: Kriolit
Si	$\text{SiO}_2$	: Pasir
	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	: Tanah liat
P	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	: Fosfit, dalam tulang
S	Bebas di alam	
	$\text{FeS}_2$	: Pirit
	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	: Gips
Cl	NaCl	: Dalam air laut

#### 4. Unsur-unsur transisi periode keempat di alam

Di alam unsur-unsur transisi periode keempat terdapat dalam senyawa/mineral berupa oksida, sulfida, atau karbonat. Berikut ini tabel beberapa mineral terpenting dari unsur-unsur transisi periode keempat.

**Tabel 3.2 Beberapa mineral dari unsur transisi periode keempat**

Logam	Nama mineral	Rumus
Ti	rutile	$\text{TiO}_2$
Cr	kromit	$\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$
Mn	pirolusit	$\text{MnO}_2$
	manganit	$\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Fe	hematit	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
	magnetit	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
	pirit	$\text{FeS}_2$
	siderit	$\text{FeCO}_3$
	limonit	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Co	kobaltit	$\text{CoAsS}$
Ni	pentlandit	$\text{FeNiS}$

Logam	Nama mineral	Rumus
Cu	garnerit	$H_2(NiMg)SiO_4 \cdot 2H_2O$
	kalkopirit	$CuFeS_2$
	kalkosite	$Cu_2S$
	malachit	$Cu_2(OH)_2CO_3$
	seng blende	$ZnS$
	smith sonite	$ZnCO_3$



## B. Sifat-sifat Unsur

### 1. Sifat unsur-unsur utama

#### a. Sifat halogen

- 1) Halogen merupakan golongan yang sangat reaktif dalam menerima elektron dan bertindak sebagai oksidator kuat dalam satu golongan. Makin ke atas, oksidator makin kuat.
- 2) Keelektronegatifan halogen dalam satu golongan makin ke atas makin besar. Unsur yang paling elektro-negatif dibanding unsur lain dalam sistem periodik adalah fluor (perhatikan data keelektronegatifan).
- 3) Jari-jari atom halogen dalam satu golongan makin ke atas makin kecil (perhatikan data). Ini berarti makin ke atas ukuran molekul makin kecil, maka gaya tarik-menarik antar-molekul (gaya Van der Waals) akan makin kecil. Perhatikan juga titik didih dan titik lelehnya, makin ke atas makin kecil.

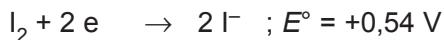
**Tabel 3.3 Data sifat-sifat unsur halogen**

Sifat	Fluor	Klor	Brom	Iodium	Astatin
Massa atom	19	35,5	80	127	210
Jari-jari atom (Å)	72	99	115	133	155
Titik leleh (°C)	-220	-101	-7	113	302
Titik didih (°C)	-188	-35	59	183	337
Keelektronegatifan	4,1	2,8	2,8	2,5	2,2
Wujud	gas	gas	cair	padat	padat
Warna	kuning muda	hijau kekuningan	merah cokelat	ungu	

Unsur halogen sangat berbahaya terhadap mata dan tenggorokan. Unsur halogen mempunyai bau yang merangsang dan berwarna.

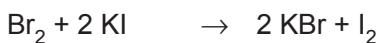
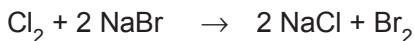
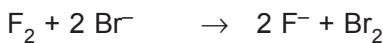
Walaupun brom berwujud cair, tetapi brom mudah sekali menguap. Begitu juga iodium, mudah sekali menyublim.

- 4) Unsur golongan halogen bersifat oksidator. Urutan kekuatan oksidator halogen dapat dilihat dari data potensial reduksinya:



Berdasarkan data tersebut, makin ke atas, daya oksidasinya (oksidator) makin kuat. Data ini dapat digunakan untuk memperkirakan apakah reaksi halogen dengan senyawa halida dapat berlangsung atau tidak. Caranya dengan menghitung potensial sel, jika harga potensial sel positif berarti reaksi berlangsung dan jika harga potensial sel negatif berarti reaksi tidak berlangsung.

Halogen (yang bebas/diatomik) yang berada di atas dapat bereaksi dengan halida (senyawa/ion halida) yang berada di bawahnya. Contoh reaksi berlangsung:

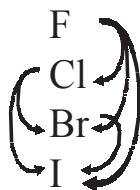


Jika halogen yang bebas berada di bawah senyawa/ion halida, maka reaksi tidak berlangsung. Contoh reaksi tidak berlangsung:



Secara sederhana halogen yang di atas dapat mendesak/mengusir halida yang di bawahnya, seperti atasan dapat mengusir bawahannya.

Halogen di bawah tidak dapat mendesak/mengusir halida yang di atasnya, seperti bawahannya tidak dapat mengusir atasannya.



- 5) Mempunyai bilangan oksidasi lebih dari satu, kecuali fluor.

**Tabel 3.4 Bilangan oksidasi halogen, oksida halogen, dan asam oksihalogen**

Bilangan Oksidasi	Oksida Halogen				Asam Oksihalogen			Nama Umum
	Fluorin	Klorin	Bromin	Iodin	Klorin	Bromin	Iodin	
+1	–	Cl <sub>2</sub> O	Br <sub>2</sub> O	I <sub>2</sub> O	HClO*	HBrO*	HIO*	asam hipohalit
+3	–	Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Br <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	I <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	HClO <sub>2</sub> *	HBrO <sub>2</sub> *	HIO <sub>2</sub> *	asam halit
+5	–	Cl <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Br <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	I <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	HClO <sub>3</sub> *	HBrO <sub>3</sub> *	HIO <sub>3</sub>	asam halat
+7	–	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Br <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	I <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	HClO <sub>4</sub>	HBrO <sub>4</sub> *	HIO <sub>4</sub>	asam perhalat

\* Hanya terdapat sebagai larutan encer dan tidak stabil.

Asam oksihalida bersifat sebagai zat pengoksidasi (oksidator). Makin banyak atom O yang diikat, oksidator makin kuat.

Sifat asam dari oksihalida akan bertambah kuat dengan bertambahnya jumlah atom O. Jadi, urutan kekuatan asam: HClO < HClO<sub>2</sub> < HClO<sub>3</sub> < HClO<sub>4</sub>.

#### b. Sifat gas mulia

Gas mulia dalam sistem periodik terdapat dalam golongan VIIIA.

Gas mulia dahulu juga disebut golongan nol.

Gas mulia terdiri atas unsur-unsur helium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe), dan radon (Rn). Radon bersifat radioaktif.

**Tabel 3.5 Sifat unsur-unsur gas mulia**

Sifat	Gas mulia	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
Nomor atom		2	10	18	36	54	86
Massa atom		4	20	40	84	131	222
Jari-jari atom (Å)	0,93	1,12	1,54	1,69	1,90	2,20	
Energi ionisasi (kJmol <sup>-1</sup> )	2.640	2.080	1.420	1.350	1.170	1.040	
Titik didih (°C)	-269	-246	-180	-152	-107	-62	
Titik leleh (°C)	-272	-249	-189	-157	-112	-71	

Sifat-sifatnya:

- 1) Unsur-unsur gas mulia mengandung 8 elektron pada kulit terluarnya kecuali He mengandung 2 elektron.
- 2) Energi ionisasinya sangat tinggi, akibatnya unsur-unsur gas mulia sukar bereaksi dengan unsur-unsur lainnya.
- 3) Pada tabel dapat dilihat bahwa titik leleh dan titik didihnya sangat rendah, namun baik titik leleh maupun titik didih makin ke bawah makin tinggi, sesuai dengan makin besarnya massa atom gas mulia.
- 4) Molekul gas mulia monoatomik.

c. *Sifat alkali dan alkali tanah*

Unsur-unsur kedua golongan tersebut sebagai berikut.

Golongan alkali	Golongan alkali tanah
Li (Litium)	Be (Berilium)
Na (Natrium)	Mg (Magnesium)
K (Kalium)	Ca (Kalsium)
Rb (Rubidium)	Sr (Stronsium)
Cs (Sesium)	Ba (Barium)
Fr (Fransium)	Ra (Radium)

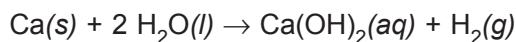
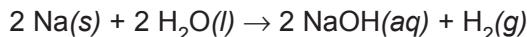
Dalam sistem periodik, alkali terletak pada golongan IA (kecuali H) dengan elektron valensi 1 yaitu  $ns^1$ . Sedangkan alkali tanah terletak pada golongan IIA dengan elektron valensi 2 yaitu  $ns^2$ . Kedua golongan ini dimulai pada periode 2. Dengan elektron valensi yang kecil, maka kedua golongan ini sangat mudah melepaskan elektron, yaitu mudah melakukan reaksi oksidasi. Dengan demikian kedua golongan ini disebut sebagai zat pereduksi yang kuat (reduktor kuat). Sifat reduksinya makin ke kiri makin kuat dan makin ke bawah makin kuat.

Jadi, sifat reduktor alkali lebih kuat dibanding alkali tanah.

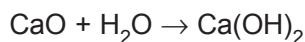
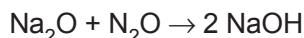
Berdasarkan mudahnya melepaskan elektron, maka secara umum sifat-sifat kedua golongan tersebut sebagai berikut.

- 1) Sebagai reduktor kuat.
- 2) Mudah bereaksi (sangat reaktif) dengan unsur-unsur nonlogam.

- 3) Mudah bereaksi dengan air kecuali Be. Sedangkan Mg bereaksi dengan air panas. Reaksi dengan air menghasilkan gas hidrogen dan membentuk basa.

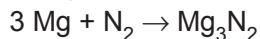


- 4) Oksidanya dalam air bersifat basa sehingga disebut oksida basa.

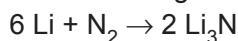


Kedua logam tersebut bersifat alkalis (pembentuk basa).

- 5) Logam alkali tanah dapat bereaksi dengan gas nitrogen pada suhu tinggi, menurut reaksi:



Sedangkan pada alkali hanya logam Li yang dapat bereaksi dengan nitrogen.



- 6) Logam alkali sifat kelogamannya lebih kuat dibanding sifat logam alkali tanah. Dalam satu golongan, baik alkali maupun alkali tanah makin ke bawah makin kuat sifat logamnya. Sesium paling bersifat logam dan litium kurang bersifat logam. Barium merupakan logam alkali tanah paling reaktif, sedangkan berilium merupakan logam yang kurang reaktif.

- 7) Untuk lebih jelas tentang sifat periodik kedua golongan tersebut perhatikan tabel berikut.

**Tabel 3.6 Sifat-sifat periodik unsur alkali dan alkali tanah**

Sifat	Unsur Alkali					Unsur Alkali tanah				
	Li	Na	K	Rb	Cs	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Jari-jari atom (Å)	1,23	1,57	2,03	2,16	2,35	0,89	1,36	1,74	1,91	1,98
Keelektronegatifan	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9
Energi ionisasi (kJmol <sup>-1</sup> )	520	496	419	403	375	(I) 899 (II) 1.757	737	590	549	503
							1.450	1.145	1.064	965

a) Jari-jari atom

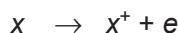
Makin ke bawah jari-jari atom makin besar, berarti makin mudah melepaskan elektron.

b) Keelektronegatifan

Dengan harga keelektronegatifan yang kecil, maka atom logam alkali dan alkali tanah cenderung melepaskan elektron dan membentuk bilangan oksidasi positif dengan atom non-logam.

c) Energi ionisasi

Untuk alkali tanah ada energi ionisasi pertama, artinya melepaskan satu buah elektron dari atom:



Sedangkan energi ionisasi kedua terjadi dari ion  $x^+$  melepaskan satu buah elektron:



- 8) Tes nyala

Menurut teori atom Niels Bohr, bahwa energi yang dibebaskan dari atom yang tereksitasi, faktanya berupa spektrum garis dari setiap unsur. Beberapa spektrum terletak pada panjang gelombang sinar tampak sehingga kita dapat mengamati-

nya. Pengamatan dapat dilakukan dengan membakar senyawa yang mengandung unsur tersebut, kemudian diamati warna nyala api yang terjadi.

**Tabel 3.7 Warna tes nyala unsur alkali dan alkali tanah**

unsur	natrium	kalium	kalsium	stronium	barium
Warna Nyala	kuning	ungu	merah	merah tua	hijau pucat

Masing-masing warna mempunyai panjang gelombang tertentu dan ini berarti energi yang dibebaskannya juga tertentu.

*d. Sifat unsur periode ketiga*

Unsur-unsur periode ketiga terdiri atas:

Unsur	Elektron valensi
Natrium (Na)	[Ne] 3s <sup>1</sup>
Magnesium (Mg)	[Ne] 3s <sup>2</sup>
Aluminium (Al)	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>
Silikon (Si)	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>
Fosfor (P)	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>
Belerang (S)	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>
Klor (Cl)	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>

Berdasarkan elektron valensi yang bervariasi, maka sifat-sifat periodik unsur periode tiga sebagai berikut.

**Tabel 3.8 Sifat periodik unsur periode tiga**

Sifat	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Jari-jari atom ( $\text{\AA}$ )	1,57	1,36	1,24	1,17	1,10	1,04	0,99
Energi ionisasi ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	496	739	580	790	1.063	1.004	1.256
Keelektronegatifan	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	2,9
Biloks tertinggi	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
Rumus oksida tertinggi	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	$\text{Cl}_2\text{O}_7$

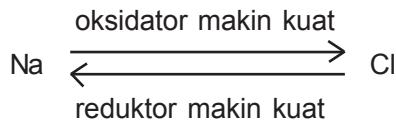
Sifat	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Rumus basa/asam tertinggi	NaOH	Mg(OH) <sub>2</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HClO <sub>4</sub>
Kekuatan basa/asam	basa kuat	basa lemah	amfoter	asam lemah	asam lemah	asam kuat	asam kuat
Potensial reduksi standar (V)	-2,71	-2,37	-1,66	-0,86	-0,43	+0,36	+ 1,36

### 1) Sifat reduktor/oksidator

Jari-jari atom dari Na ke Cl makin kecil berarti makin sukar melepaskan elektron atau makin mudah menerima elektron. Hal ini sesuai dengan harga keelektronegatifan yang makin besar.

Makin mudah menerima elektron berarti makin mudah melakukan reaksi reduksi, maka oksidator makin kuat. Hal ini didukung dari data potensial reduksi yang makin positif dan makin besar.

Kebalikannya, berarti makin ke kiri reduktor makin kuat.



Natrium termasuk reduktor yang kuat, ini terbukti dari:

- Reaksi dengan air sangat reaktif.
- Potensial reduksi standar besar dan negatif.
- Energi ionisasi kecil.

### 2) Kekuatan logam

Sesuai dengan sifat reduktornya, maka makin ke kiri sifat logam makin kuat. Pengelompokan sifat logam dari unsur periode tiga sebagai berikut.

**Tabel 3.9 Sifat kekuatan logam periode tiga**

Unsur	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Sifat	logam	logam	logam	meta-loid	non-logam	non-logam	non-logam

Natrium, magnesium, dan aluminium termasuk logam yang lunak dan mengilap. Logam natrium mudah diiris, sedangkan logam magnesium dan aluminium mudah dibengkokkan.

Silikon berwarna abu-abu, gelap, dan sangat keras. Hal ini berkaitan dengan jumlah elektron valensi sebanyak 4 buah. Jadi, unsur ini sukar melepaskan dan menerima elektron. Silikon, seperti halnya intan, membentuk struktur molekul yang besar. Silikon bersifat semikonduktor.

Fosfor, belerang, dan klor termasuk unsur nonlogam dalam keadaan bebas membentuk molekul atomik yaitu fosfor membentuk  $P_4$ , belerang membentuk  $S_8$ , dan klor membentuk  $Cl_2$ .

### 3) Kekuatan basa/asam

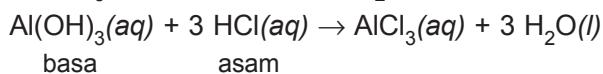
Sesuai dengan kekuatan logam, makin ke kiri makin kuat, maka sifat basa makin ke kiri makin kuat.

$NaOH$  termasuk basa kuat.

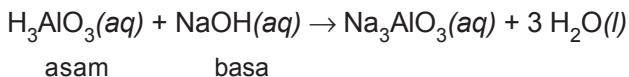
$Mg(OH)_3$  termasuk basa lemah.

$Al(OH)_3$  termasuk amfoter (dapat bersifat asam atau dapat bersifat basa).

Reaksi terhadap asam atau terhadap basa dari  $Al(OH)_3$  seperti pada  $Be(OH)_2$ :



Jika  $\text{Al(OH)}_2$  direaksikan dengan  $\text{NaOH}$  berarti  $\text{Al(OH)}_3$  bertindak sebagai asam, dituliskan  $\text{H}_3\text{AlO}_3$ , maka reaksinya:



e. *Sifat unsur-unsur transisi periode keempat*

Unsur-unsur transisi periode keempat mempunyai sifat-sifat yang khas. Sifat-sifat khas unsur transisi periode keempat antara lain:

- 1) Bersifat logam, maka sering disebut logam transisi.
- 2) Bersifat logam, maka mempunyai bilangan oksidasi positif dan pada umumnya lebih dari satu.
- 3) Banyak di antaranya dapat membentuk senyawa kompleks.
- 4) Pada umumnya senyawanya berwarna.
- 5) Beberapa di antaranya dapat digunakan sebagai katalisator.

Untuk mengetahui lebih lanjut sifat-sifat unsur transisi periode keempat dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.9 Sifat unsur transisi periode keempat**

Sifat	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Konfigurasi elektron (di luar argon)	$3d^1 4s^2$	$3d^2 4s^2$	$3d^3 4s^2$	$3d^5 4s^2$	$3d^5 4s^2$	$3d^6 4s^2$	$3d^7 4s^2$	$3d^8 4s^2$	$3d^{10} 4s^2$
Tenaga ionisasi ( $\text{kJmol}^{-1}$ ) $\text{M}^{2+} + 2e^-$	1.872	1.970	2.018	2.243	2.226	2.222	2.397	2.486	2.705
Warna ion $\text{M}^{2+}$	-	cokelat	ungu	biru	merah muda	hijau	merah muda	hijau	biru

Sifat	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Elektronegativitas	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,8	1,9
Massa jenis	3,0	4,5	5,96	7,20	7,20	7,89	8,9	8,9	8,92
Jari-jari atom (nm)	0,144	1,32	0,122	0,117	0,117	0,116	0,115	0,117	0,125
Jari-jari ion m <sup>2+</sup>					0,91	0,83	0,83	0,78	0,80

**Tabel 3.10 Warna senyawa unsur transisi periode keempat dengan bilangan oksidasi**

Bilok Unsur	+2	+3	+4	+5	+6	+7
Sc	-	tidak berwarna	tidak berwarna	-	-	-
Ti	-	ungu	biru	-	-	-
V	ungu	hijau	-	merah	jingga	-
Cr	biru	hijau	-	-	hijau	-
Mn	merah muda	-	-	-	-	ungu
Fe	hijau muda	kuning	-	-	-	-
Co	merah muda	biru	-	-	-	-
Ni	hijau	-	-	-	-	-
Cu	biru	-	-	-	-	-
Zn	tidak berwarna	-	-	-	-	-



## C. Manfaat Unsur dan Senyawanya

### 1. Halogen

Kegunaannya:

- $\text{CCl}_2\text{F}_2$  : Gas freon (freon–12) digunakan sebagai zat pendingin pada lemari es dan AC.
- $\text{NaF}$  : Natrium fluorida digunakan sebagai obat penguat pada kayu.
- DDT : Dikloro Difenil Trikloro etana digunakan sebagai insektisida.
- PVC : Polivinil klorida digunakan sebagai plastik untuk pipa pralon.
- $\text{CaOCl}_2$  : Digunakan sebagai serbuk pengelantang dan desinfektan.
- $\text{NaClO}$  : Kaporit sebagai serbuk pengelantang
- $\text{KCIO}_3$  : Digunakan dalam industri korek api.
- KCl : Digunakan untuk pupuk.
- NaBr : Digunakan dalam kedokteran sebagai obat penenang.

Pembuatan:

Unsur-unsur halogen dapat dibuat dengan jalan oksidasi, reduksi, dan elektrolisis.

- Klor : – Oksidasi  
Dengan memanaskan campuran  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NaCl}$ , dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat.
- Elektrolisis lebur  $\text{NaCl}$  menghasilkan gas klor di anode.
  - Elektrolisis lebur  $\text{NaCl}$ , dihasilkan gas  $\text{Cl}_2$  pada anode dan  $\text{Na}$  pada katode.
  - Elektrolisis larutan  $\text{NaCl}$  dengan menggunakan diafragma, dihasilkan gas  $\text{Cl}_2$  pada anode dan  $\text{NaOH}$  pada katode.

- Brom : – Oksidasi  
Dengan mengalirkan gas  $\text{Cl}_2$  ke dalam air laut.  

$$\text{Cl}_2(g) + 2 \text{Br}^-(aq) \rightarrow 2 \text{Cl}^-(aq) + \text{Br}_2(aq)$$
- Iodium : – Reduksi  
Dengan menambah  $\text{NaHSO}_3$  ke dalam larutan  $\text{NaIO}_3$   

$$2 \text{IO}_3^-(aq) + 5 \text{HSO}_3^-(aq) \rightarrow 3 \text{HSO}_4^-(aq) + 2 \text{SO}_4^{2-}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{I}_2(aq)$$

## 2. Nitrogen dan oksigen

### a. Nitrogen

Dalam keadaan bebas terdapat di udara ( $\pm 78\%$ ); dalam keadaan terikat sebagai  $\text{KNO}_3$  dan  $\text{NaNO}_3$  (sendawa Chili).

#### Pembuatan:

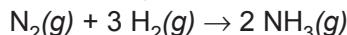
Dalam teknik/industri: dengan distilasi udara cair.

Dalam laboratorium : dengan memanaskan  $\text{NH}_4\text{NO}_2$

$$\text{NH}_4\text{NO}_2(s) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(l) + \text{N}_2(g)$$

#### Senyawa yang penting:

$\text{NH}_3$  : dibuat dengan Proses Haber–Bosch



Sebagai bahan baku pembuatan pupuk urea.

$\text{HNO}_3$  (asam nitrat): dibuat dengan proses Ostwald.

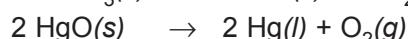
### b. Oksigen

#### Pembuatan oksigen:

1) Proses elektrolisis air.

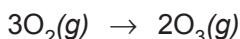
2) Proses penyulingan udara.

3) Memanaskan garam tertentu dan oksida logam berat



### *Ozon*

Ozon merupakan allotrop dari oksigen. Ozon dapat dibuat dengan mengalirkan gas oksigen ke dalam busur listrik.



Ozon digunakan sebagai desinfektan pada air, sebagai pengganti klor.

### **3. Alkali dan alkali tanah**

#### *a. Senyawa-senyawa alkali*

NaOH : Disebut soda api

Digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan sabun, detergen, kertas, serat rayon.

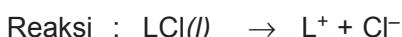
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ : Natrium karbonat dikenal dengan nama soda.

Digunakan dalam industri kaca, melunakkan air sadah dan menghilangkan noda minyak.

$\text{NaHCO}_3$ : Natrium bikarbonat juga disebut soda kue.  
Digunakan untuk pembuatan kue.

#### *Pembuatan:*

Logam alkali dibuat dengan elektrolisis cairan garamnya (sebagai klorida).



#### *b. Senyawa-senyawa alkali tanah*

##### 1) Magnesium oksida ( $\text{MgO}$ )

Digunakan untuk bahan gading tiruan, obat penyakit mag, dan pelapis tanur.

##### 2) Magnesium sulfat berkristal ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Digunakan sebagai obat kuras dengan nama garam inggris.

##### 3) Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ )

Kalsium oksida disebut juga kapur tohor atau camping. Digunakan dalam industri besi, semen, soda, kaca.

4) Kalsium karbida ( $\text{CaC}_2$ )

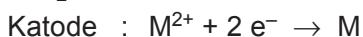
Kalsium karbida disebut juga karbit, digunakan untuk membuat gas asetilen.

5) Kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ )

Kalsium sulfat yang mengandung 2 molekul air kristal disebut batu tahun ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

*Pembuatan:*

Logam alkali tanah dibuat dengan elektrolisis garam klorida cairannya.

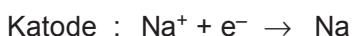
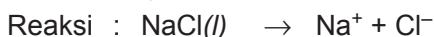


#### 4. Unsur-unsur Periode Ketiga

*Pembuatan dan kegunaannya*

a. *Natrium*

Dibuat dengan cara elektrolisis leburan  $\text{NaCl}$



Natrium tidak dapat dibuat dengan elektrolisis air laut.

Natrium disimpan dalam minyak tanah.

*Kegunaannya:*

Sebagai lampu penerangan di jalan-jalan raya. Natrium mempunyai kemampuan menembus kabut.

b. *Magnesium*

Dibuat dengan cara elektrolisis lelehan  $\text{MgCl}_2$ .

*Kegunaannya:*

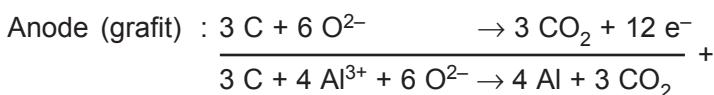
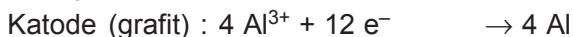
Untuk aliase (magnalium), digunakan untuk kerangka pesawat terbang dan lampu kilat dalam fotografi.

c. *Aluminum*

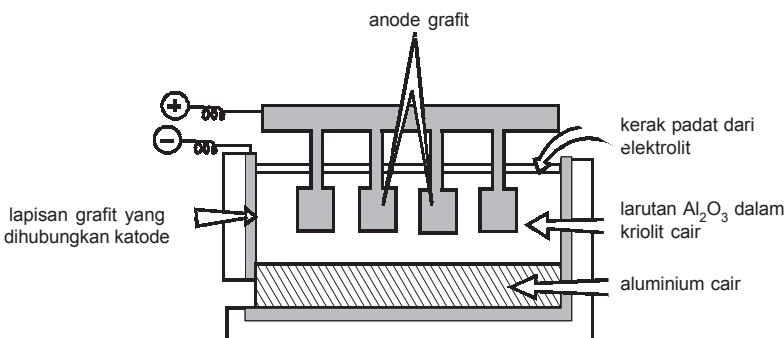
Dibuat dengan elektrolisis dari bauksit yang murni.

1)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  murni dicampur dengan  $\text{Na}_3\text{AlF}$  (kriolit) untuk menurunkan titik leleh  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan bertindak sebagai pelarut untuk pemurnian  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

2) Dielektrolisis, reaksi yang terjadi:



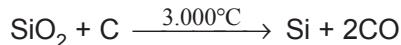
Anode sedikit demi sedikit akan habis.



Gambar 3.2 Elektrolisis aluminium

#### d. Silikon

Dibuat dengan mereduksi  $\text{SiO}_2$  dengan karbon

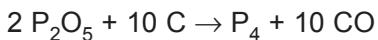


Kegunaannya:

- Bahan bakar pada pembuatan jenis-jenis gelas atau kaca.
- Bahan-bahan solar sel.
- Sebagai semikonduktor.

*e. Fosfor*

Dibuat dengan Proses Wohler



Dikenal dalam 2 bentuk alotropi, yaitu fosfor putih dan fosfor merah.

*Kegunaannya:*

- Bahan untuk membuat pupuk superfosfat.
- Bahan untuk membuat korek api.

*f. Belerang*

Terdapat bebas di alam, terutama di daerah gunung berapi. Dikenal dalam 2 bentuk alotropi, yaitu monoklin (di atas suhu 96 °C) dan rombik (di bawah suhu 96 °C).

*Kegunaannya:*

Sebagai bahan baku pembuatan asam sulfat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Proses Kontak dan Proses Kamar Timbal).

1) Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Asam sulfat adalah zat cair kental, tak berwarna, bersifat sangat higroskopis. Asam sulfat dapat menarik hidrogen dan oksigen dari senyawanya dengan perbandingan 2 : 1. Senyawa-senyawa yang mengandung H dan O seperti gula, selulosa, dan kayu akan hangus bila dituangi asam sulfat pekat. Selain bersifat higroskopis, asam sulfat pekat merupakan oksidator kuat.

2) Pembuatan asam sulfat

Dalam dunia industri asam sulfat dibuat dengan 2 cara, yaitu:

- a) Menurut proses kontak.
- b) Menurut proses bilik timbal/kamar timbal.

Proses kontak dengan proses kamar timbal mempunyai persamaan dan perbedaan.

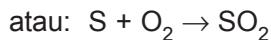
- Persamaan : bahan dasar  $\text{SO}_2$  dari pembakaran belerang.
- Perbedaan : katalis yang digunakan pada proses kamar timbal adalah campuran NO dan  $\text{NO}_2$  (uap nietreusa).

*Hasil kemurniannya:*

- Proses kontak : 98–100%
- Proses kamar timbal : ± 77%

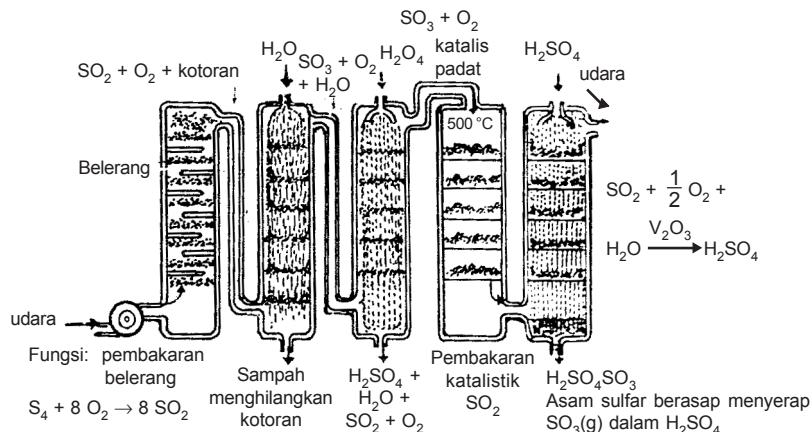
### 1) Proses kontak

Bahan baku asam sulfat adalah gas  $\text{SO}_2$  yang diperoleh dengan pemanggangan pirit atau pembakaran arang.



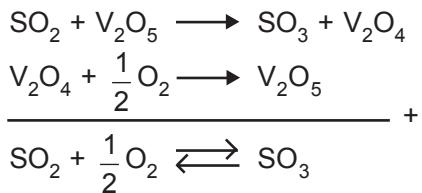
Gas belerang dioksidasi yang terjadi dicampur dengan udara dialirkan melalui katalisator kontak ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) pada suhu ± 400 °C.

Dalam tanur kontak, gas  $\text{SO}_2 + \text{O}_2$  diembuskan ke dalam tanur hingga bersentuhan dengan lempeng-lempeng yang dilapis  $\text{V}_2\text{O}_5$  dalam tanur tersebut sebagai zat kontak.



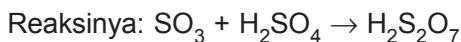
Gambar 3.3  
Pembuatan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan proses kontak

Reaksi yang terjadi:

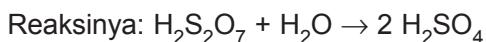


Dalam reaksi ini  $\text{V}_2\text{O}_5$  tidak hanya bertindak sebagai katalis, tetapi juga bertindak sebagai oksidator. Oleh karena itu, dalam proses kontak  $\text{V}_2\text{O}_5$  bertindak sebagai katalis oksidator.

Gas  $\text{SO}_3$  yang terjadi dialirkan ke dalam larutan asam sulfat encer, sehingga terjadi asam pirosulfat.



Dengan menambahkan air ke dalam campuran ini diperoleh asam sulfat pekat (98%).

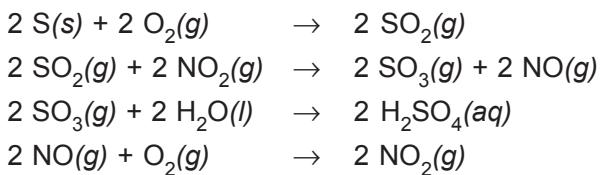


## 2) Proses bilik timbal

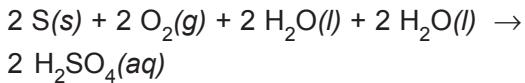
Bahan baku dalam proses ini sama seperti pada proses kontak yaitu gas  $\text{SO}_2$ . Katalis yang digunakan pada proses ini ialah gas NO dan  $\text{NO}_2$ .

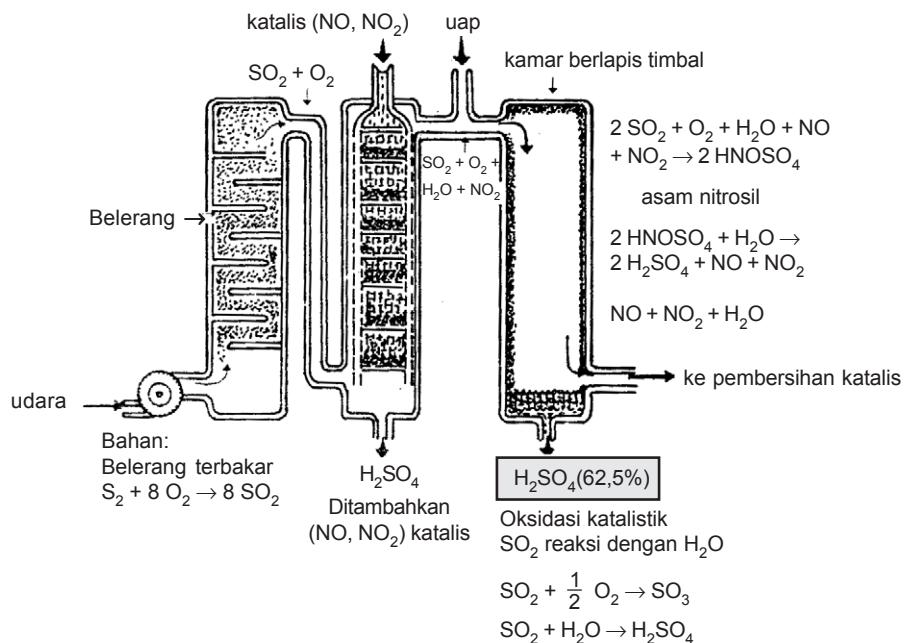
Gas  $\text{SO}_2$ , NO,  $\text{NO}_2$ , dan uap air dialirkan ke dalam ruang yang bagian dalamnya dilapisi Pb (timbal).

Reaksi yang terjadi:



Reaksi total:





Gambar 3.4  
Pembuatan asam sulfat menurut proses kamar timbal

#### g. Klor

Dapat dibuat dengan elektrolisis leburan NaCl atau elektrolisis larutan NaCl dengan menggunakan diafragma.

*Kegunaannya:*

Sebagai desinfektan ( $Ca(OCl)_2$ ), pemutih NaClO.

#### h. Argon

Digunakan sebagai pengisi bola lampu listrik dalam pengelasan dan pencegahan perkaratan.

## 5. Unsur-unsur transisi periode keempat

### a. Penggunaan

Unsur	Dalam bentuk	Kegunaan
Ti	$\text{TiCl}_3(\text{Al}_2\text{C}_2\text{H}_5)_6$	Katalis dalam polimerisasi etena.
V	$\text{V}_2\text{O}_5$ atau $\text{VO}_3^-$	Katalis dalam pembuatan $\text{H}_2\text{SO}_4$ menurut proses Kontak.
Cr	logam campur	Baja krom terdiri atas Cr, Mn, dan Si; nikrom terdiri atas Ni, Fe, Cr, stainless steel terdiri atas Cr, Fe, dan Ni.
Mn	$\text{MnO}_2$	Pengisi baterai kering (batu kawi); katalis pada penguraian $\text{KClO}_3$ dan $\text{H}_2\text{O}_2$ .
Fe	serbuk	Katalis pada pembuatan amonia, $\text{NH}_3$ menurut proses Haber Bosch.
Ni	logam campur serbuk Ni	Berbagai baja. Katalis pada proses pengerasan minyak tumbuhan (hidrogenasi) seperti pembuatan margarin.
Cu	logam campur	Kuningan terdiri atas Cu dan Zn, perunggu terdiri atas Cu, Sn, dan Zn, monel (digunakan untuk alat dapur atau barang hiasan) terdiri atas Ni dan Cu. Alnico (pembuatan magnet) terdiri atas Al, Ni, Cu, dan Fe.

b. Pengolahan

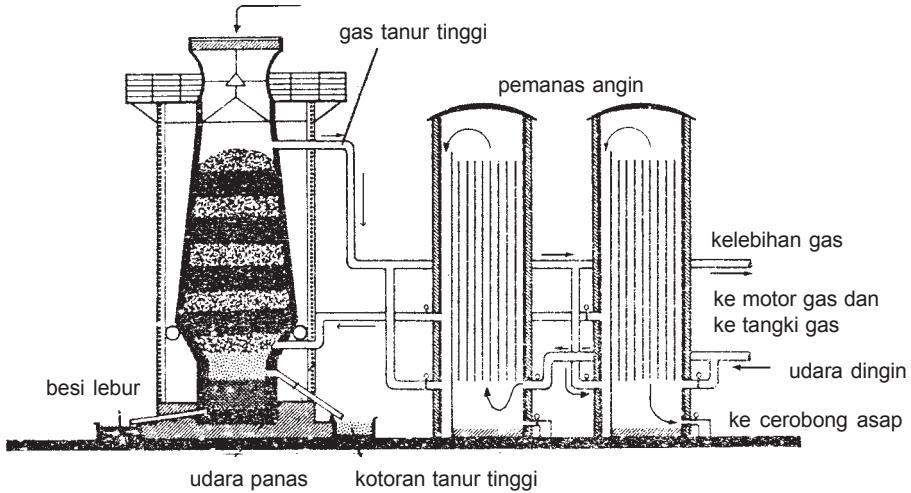
1) Tembaga

- a) Bahan baku adalah kalkopirit, CuFeS<sub>2</sub>.
- b) Pengolahan dengan proses oksidasi reduksi.
- c) Bagan pengolahan tembaga sebagai berikut.



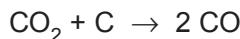
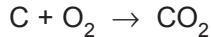
2) Besi

- a) Bahan baku terdiri atas: bijih besi, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, atau SiO<sub>2</sub> kokas (C).
- b) Pengolahan dengan proses tanur tinggi.
- c) Bagan pengolahan besi dengan proses tanur tinggi.



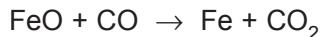
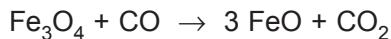
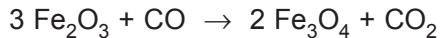
Gambar 3.5  
Tanur tinggi dengan 2 pemanas angin yang bekerja bergantian

- Campuran bahan baku akan turun ke bagian bawah dengan suhu yang lebih tinggi  $\pm 800^\circ\text{C}$ . Di sini karbon terbakar menjadi  $\text{CO}_2$  dan gas  $\text{CO}_2$  yang terjadi direduksi oleh karbon menjadi gas CO.



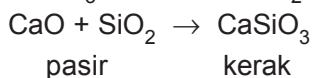
Gas CO yang terjadi mereduksi bijih besi.

Reaksinya:



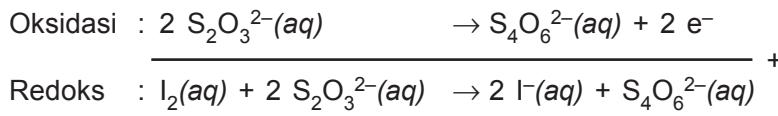
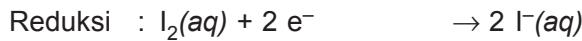
- Besi yang terbentuk masih dalam bentuk padat (titik lebur besi  $\pm 1.540^\circ\text{C}$ ) dan terus turun ke bagian lebih bawah lagi. Di sini besi yang terbentuk menyerap karbon. Oleh karena itu, daerah ini disebut daerah karburasi atau daerah hangus ( $\pm 1.000^\circ\text{C}$ ), karena menyerap karbon, sehingga titik lebur besi turun.

- Besi yang telah menyerap karbon ini meluncur lagi ke bawah dan mencair (daerah pencairan) besi cair berkumpul di bagian bawah tanur.
- Pada bagian atas besi cair terjadi reaksi pembentukan kerak.

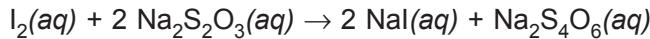


## D. Penetapan Kadar Zat dalam Senyawa

Iodometri adalah titrasi (penetapan) kadar suatu zat berdasarkan reaksi redoks antara iod dan natrium tiosulfat,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .



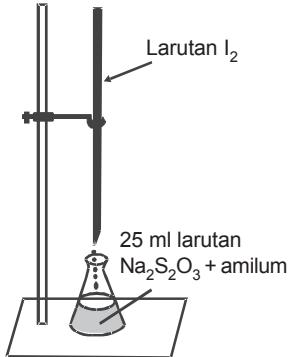
Reaksi rumusnya:



Titik ekivalen ditunjukkan dengan indikator amilum yang memberi warna biru dengan iod.



Dengan iodometri dapat ditentukan kadar zat-zat yang dapat bereaksi dengan iod atau zat-zat yang bereaksi dengan iodida (KI) membebaskan iod. Perhatikan contoh-contoh soal berikut.



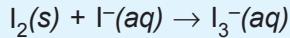
Gambar 3.6  
Proses iodometri

1. Kadar larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dapat ditetapkan dengan iod murni sebagai berikut: 2,54 g iod murni dicampur dengan  $\pm 5$  g kristal KI kemudian diberi sedikit air. Setelah semua iod larut, ditambah lagi air hingga volume larutan tepat 100 mL. Larutan ini kemudian diisikan ke dalam buret 25 mL. Larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang akan ditentukan kadranya setelah diberi 4–5 tetes suspensi amilum, ditestesi dengan larutan  $\text{I}_2$  tadi (lihat gambar).

- Apa fungsi kristal KI pada pelarutan kristal iod?
- Hitung molaritas larutan iod yang digunakan!
- Bagaimana perubahan warna pada titik ekivalen?
- Tulis persamaan reaksinya!
- Apabila volume larutan iod yang digunakan 20 mL, tentukan molaritas larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  itu!

*Jawab:*

- Kristal iod berguna untuk melarutkan iod. Iod sukar larut dalam air murni tetapi mudah larut dalam larutan  $\text{I}^-$  karena membentuk triiodida:

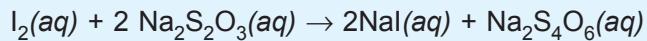


$$\begin{aligned} \text{b. } 2,54 \text{ g I}_2 &= \frac{2,54}{254} \text{ mol} \\ &= 0,01 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{n}{V} \text{ mol L}^{-1} \\ &= \frac{0,01}{0,1} \text{ mol L}^{-1} \\ &= 0,1 \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

- Amilum + larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow$  tidak berwarna. Setelah ada pada titik ekivalen, maka satu tetes saja kelebihan larutan iod akan memberi warna biru-ungu pada amilum. Jadi, terjadi perubahan warna: Tidak berwarna  $\rightarrow$  biru-ungu.

- Persamaan reaksi:



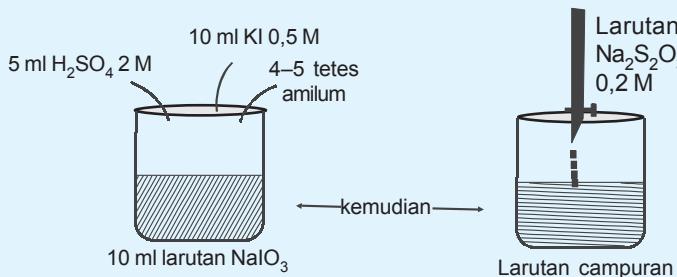
$$\begin{aligned}
 \text{e. } 20 \text{ ml } 0,1 \text{ M } I_2 &= 20 \times 0,1 \text{ mmol} \\
 &= 2 \text{ mmol} \\
 2 \text{ mmol } I_2 &\sim 4 \text{ mmol } Na_2S_2O_3^-
 \end{aligned}$$

Jadi, dalam 25 ml larutan terdapat 4 mmol  $Na_2S_2O_3^-$ .

$$M = \frac{n}{V} = \frac{4 \text{ mmol}}{25 \text{ ml}} = 0,16 \text{ mol L}^{-1}$$

Jadi, kadar larutan  $Na_2S_2O_3 = 0,16 \text{ mol L}^{-1}$ .

2. Kadar larutan  $NaIO_3$  akan ditentukan sebagai berikut. Sebanyak 10 ml larutan itu dicampur dengan 5 ml larutan  $H_2SO_4$  2 M kemudian diberi 10 ml larutan  $KI$  0,5 M (berlebih). Setelah diberi 4–5 tetes larutan amilum, larutan ditetesi dengan larutan  $Na_2S_2O_3$  0,2 M.



- Apa guna  $H_2SO_4$ ?
- Mengapa larutan  $KI$  0,5 M ditambahkan berlebihan?
- Bagaimanakah perubahan warna?
- Tulis persamaan reaksi redoks yang terjadi!
- Bila volume larutan  $Na_2S_2O_3$  yang digunakan = 15 mL, maka tentukan kadar larutan  $NaIO_3$ !

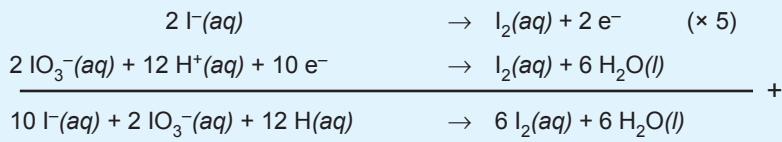
*Jawab:*

- $H_2SO_4$  berguna membuat suasana larutan menjadi asam.
- $KI$  ditambahkan berlebihan sebab:
  - Tidak mungkin menambahkannya dalam jumlah yang pas karena jumlah  $NaIO_3$  belum diketahui.
  - Kelebihan  $KI$  perlu untuk melarutkan  $I_2$  yang terbentuk.

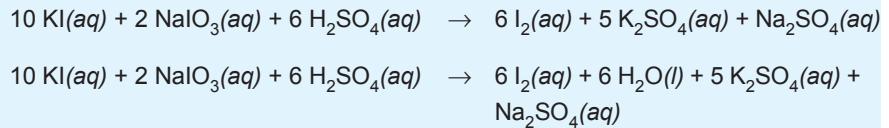
c. Perubahan warna dari biru menjadi tak berwarna.

d. Reaksi:

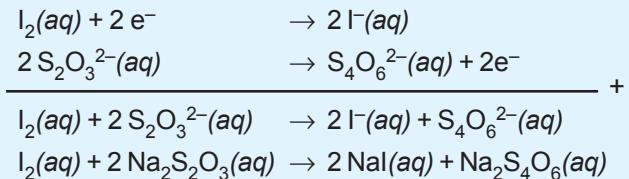
Pada penambahan larutan KI:



atau



Pada penambahan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ :



$$\begin{aligned} \text{e. } 15 \text{ ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0,2 M} &= 15 \times 0,2 \text{ mmol} \\ &= 3 \text{ mmol} \end{aligned}$$

$$3 \text{ mmol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \sim 1,5 \text{ mmol I}_2 \sim 0,5 \text{ mmol NaIO}_3$$

Jadi, dalam 10 ml larutan terdapat 0,5 mmol NaIO<sub>3</sub>.

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,5}{10} \text{ mol/mL} = 0,05 \text{ molL}^{-1}$$



## Percobaan

### Penentuan kadar NaClO dalam larutan pemutih

Larutan pemutih banyak dijual di toko-toko dalam berbagai merek. Larutan pemutih mengandung senyawa oksiklor, yaitu NaClO. Pada label botol di pasaran umumnya tertera mengandung 5,25% NaClO. Pada kegiatan ini, Anda diminta menguji kadar NaClO yang tepat berdasarkan eksperimen.

#### Alat:

Labu erlenmeyer 125 mL

Pipet volumetri 5 mL

Pipet tetes

Gelas ukur 10 mL

#### Bahan:

Larutan pemutih

Larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M

Larutan KI 1 M

Larutan HCl 1 M

#### Urutan kerja:

1. Masukkan 1 mL larutan pemutih ke dalam labu erlenmeyer menggunakan pipet.
2. Tambahkan 2 mL larutan KI 1 M dan 5 mL larutan HCl 1 M.
3. Titrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M sampai warna  $\text{I}_2$  tepat hilang ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  disiapkan pada gelas ukur, ambillah dengan pipet untuk titrasi, dan catat volume yang digunakan).
4. Hitung kadar  $\text{ClO}^-$  dalam larutan pemutih.

**Catatan:** Larutan pemutih jangan diisap oleh mulut.

**Pengamatan:**

Volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M yang digunakan = ..... mL.

**Perhitungan:**

1. Selesaikan reaksi berikut:  
 $\text{ClO}^- + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}^- + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{I}_2 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$
2. Berapa mol  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang digunakan?
3. Berapa perbandingan mol  $\text{ClO}^-$  dengan  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  berdasarkan reaksi?
4. Hitung kadar  $\text{ClO}^-$  pada larutan pemutih tersebut!
5. Jika ada perbedaan kadar  $\text{ClO}^-$  dipasang pada label dengan hasil percobaan, apa penyebabnya? Jelaskan!

**Pelatihan**

1. Selesaikan reaksi di bawah ini dengan cara redoks!
  - a.  $\text{ClO}^- + \text{H}^+ + \text{I}^- \rightarrow$
  - b.  $\text{ClO}_2^- + \text{H}^+ + \text{I}^- \rightarrow$
  - c.  $\text{ClO}_3^- + \text{H}^+ + \text{I}^- \rightarrow$
  - d.  $\text{IO}_3^- + \text{H}^+ + \text{I}^- \rightarrow$
2. Untuk mengetahui  $\text{KClO}_3$  dalam serbuk garam klorat, maka timbang 10 gram garam klorat kotor, kemudian larutkan dalam air sehingga volumenya tepat 50 mL. Pipet 10 mL dan masukkan ke dalam erlenmeyer kolf yang telah diisi larutan KI dengan HCl secukupnya. Kemudian larutan tersebut dititrasi, ternyata membutuhkan 18 mL larutan natrium tiosulfat 0,1 M ( $A_r \text{K} = 39$ ,  $\text{Cl} = 35,5$ , dan  $\text{O} = 16$ ).
  - a. Bagaimana reaksi yang terjadi?
  - b. Berapa kadar  $\text{KClO}_3$  dalam garam klorat?



## E. Unsur Radioaktif

Unsur/zat radioaktif adalah zat yang secara spontan memancarkan sinar/radiasi. Sinar yang dipancarkan disebut sinar radioaktif.

### 1. Perkembangan Keradioaktifan

Gejala keradioaktifan pertama kali dikemukakan oleh Henry Becquerel seorang ahli berkebangsaan Prancis pada tahun 1896. Setelah ditemukan sinar X oleh W.C. Rontgen pada tahun 1895.

Pada tahun 1898 Pierre Curie dan Marie Curie menemukan dua unsur radioaktif yang lain yaitu radium (Ra) dan polonium (Po).

Sifat-sifat sinar radioaktif:

- Mempengaruhi/merusak film.
- Dapat mengionkan gas.
- Memiliki daya tembus besar.
- Menyebabkan benda yang berlapis ZnS dapat berpendar (berfluoresensi).

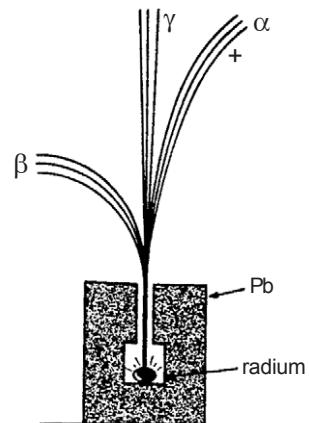
### 2. Macam-macam Sinar Radioaktif

#### a. Sinar alfa ( $\alpha$ )

- Simbol:  ${}^4_2\alpha$  atau  ${}^4_2\text{He}$
- Penemu: E. Rutherford.
- Daya tembus kecil, daya ionisasi besar.
- Dapat diblokkan oleh medan listrik/magnet.

#### b. Sinar beta ( $\beta$ )

- Simbol:  ${}^0_{-1}\beta$  atau  ${}^0_{-1}e$
- Penemu: E. Rutherford.
- Daya tembus lebih besar daripada sinar alfa.



Gambar 3.6  
Pengurai sinar radioaktif di dalam medan magnet

- Daya ionisasi lebih kecil daripada sinar alfa.
  - Dapat dibelokkan oleh medan listrik/magnet.
- c. *Sinar gama ( $\gamma$ )*
- Simbol:  ${}^0_0\gamma$
  - Penemu: Paul Ulrich Villard.
  - Daya tembus paling besar.
  - Daya ionisasi paling kecil
  - Tidak dapat dibelokkan oleh medan listrik/magnet.
  - Merupakan gelombang elektromagnetik.

### 3. Partikel-partikel Dasar

Jenis partikel	Notasi	Muatan	Massa (sma)
proton	${}^1_1p$ atau ${}^1_1H$	+1	1
elektron	${}^0_{-1}e$	-1	0
neutron	${}^1_0n$	0	1
positron	${}^0_{+1}e$	+1	0
deutron	${}^2_1H$ atau ${}^2_1D$	+1	2
triton	${}^3_1H$ atau ${}^3_1T$	+1	3
sinar alfa	${}^4_2\alpha$ atau ${}^4_2He$	+2	4
sinar beta	${}^0_{-1}\beta$	-1	0
sinar gama	${}^0_0\gamma$	0	0

### 4. Struktur Inti

Inti atom tersusun dari partikel-partikel yang disebut nukleon. Suatu inti atom yang diketahui jumlah proton dan neutronnya disebut nuklida.

Simbol Nuklida:  $\begin{array}{c} A \\ Z \\ X \end{array}$

X = unsur radioaktif

A = nomor massa (jumlah  $p + n$ )

Z = nomor atom (jumlah  $p$ )

Contoh:  $^{238}_{92}\text{U}$

proton = 92

neutron =  $(238 - 92) = 143$

Macam-macam nuklida:

- Isotop: nuklida yang mempunyai jumlah proton sama tetapi jumlah neutron berbeda.

Contoh:  $^{206}_{82}\text{Pb}$  dan  $^{207}_{82}\text{Pb}$

- Isobar: nuklida yang mempunyai jumlah proton dan neutron sama tetapi jumlah proton berbeda.

Contoh:  $^{14}_6\text{C}$  dan  $^{14}_7\text{N}$

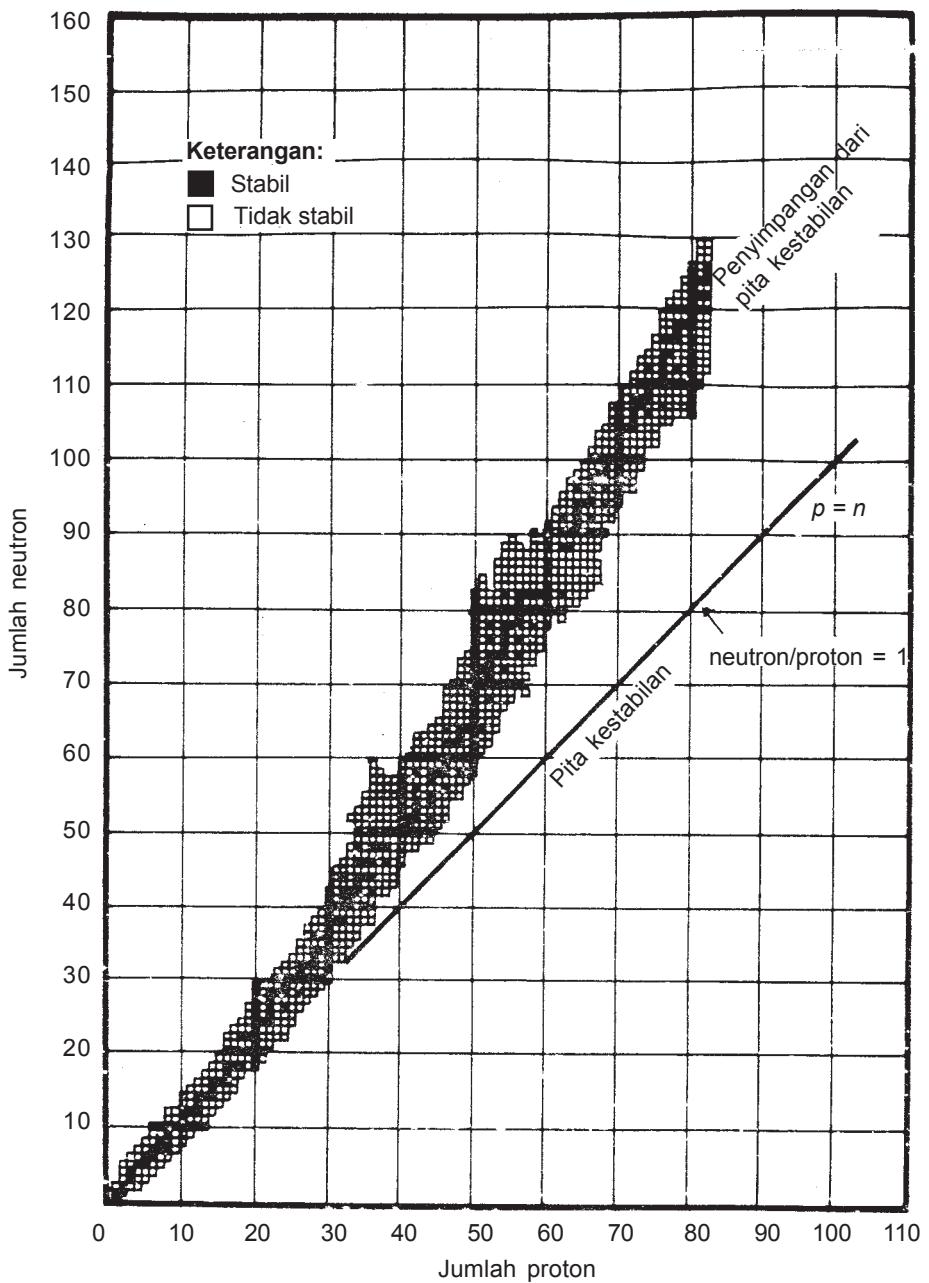
- Isoton: nuklida yang mempunyai jumlah neutron sama.

Contoh:  $^3_1\text{H}$  dan  $^4_2\text{He}$

## 5. Kestabilan inti

Inti atom tersusun dari partikel proton dan neutron.

Inti yang stabil apabila memiliki harga  $\frac{n}{p} = 1$ . Kestabilan inti dapat digambarkan sebagai berikut.

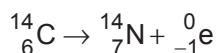


Gambar 3.7  
Pita kestabilitan inti

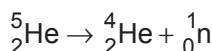
Inti atom yang tidak stabil akan mengalami peluruhan menjadi inti yang lebih stabil dengan cara:

- a. Inti yang terletak di atas pita kestabilan  $\left(\frac{n}{p} > 1\right)$  stabil dengan cara:

- 1) Pemancaran sinar beta (elektron).

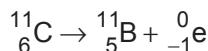


- 2) Pemancaran neutron (jarang terjadi).

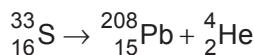


- b. Inti yang terletak di bawah pita kestabilan  $\left(\frac{n}{p} < 1\right)$  stabil dengan cara:

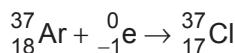
- 1) Pemancaran positron.



- 2) Pemancaran proton (jarang terjadi).



- 3) Penangkapan elektron di kulit K.

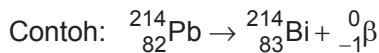


- c. Inti yang terletak di seberang pita kestabilan ( $Z > 83$ ) stabil dengan mengurangi massanya dengan cara memancarkan sinar  $\alpha$ .

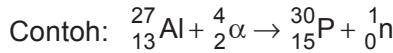


## 6. Macam-macam reaksi inti

- a. Reaksi peluruhan/desintegrasi adalah reaksi inti secara spontan memancarkan sinar/partikel tertentu.

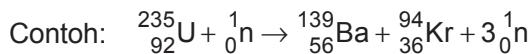


- b. Reaksi transmutasi adalah reaksi penembakan inti dengan partikel menghasilkan nuklida baru yang bersifat radioaktif.

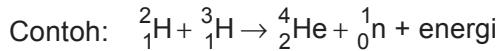


dapat ditulis 
$${}_{13}^{27}\text{Al}(\alpha; n) {}_{15}^{30}\text{P}$$

- c. Reaksi fisi adalah reaksi pembelahan inti yang besar menjadi dua nuklida yang lebih kecil dan bersifat radioaktif.



- d. Reaksi fusi adalah reaksi penggabungan inti yang kecil menjadi nuklida yang lebih besar.



## 7. Waktu paro

Waktu pro adalah waktu yang dibutuhkan unsur radioaktif untuk mengalami peluruhan sampai menjadi  $\frac{1}{2}$  kali semula (masa atau aktivitas).

Rumus: 
$$N_t = N_0 \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{T}{t_{\frac{1}{2}}}}$$

$N_t$  = massa setelah peluruhan

$N_0$  = massa mula-mula

$T$  = waktu peluruhan

$t_{\frac{1}{2}}$  = waktu paro

### Contoh:

Suatu unsur radioaktif mempunyai waktu paro 4 jam. Jika semula tersimpan 16 gram unsur radioaktif, maka berapa massa zat yang tersisa setelah meluruh 1 hari?

Diketahui:  $N_0 = 16$  gram  
 $T = 1$  hari = 24 jam  
 $t_{\frac{1}{2}} = \text{waktu paro}$

Ditanya:  $N_t = \dots?$

Jawab:

$$\begin{aligned}N_t &= N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T}{t_{\frac{1}{2}}}} \\&= 16 \text{ gram} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{24}{4}} \\&= 16 \text{ gram} \left(\frac{1}{2}\right)^6 \\&= 16 \text{ gram} \cdot \frac{1}{64} \\&= \frac{16}{64} = 0,25 \text{ gram}\end{aligned}$$

## 8. Penggunaan radioisotop

Radioisotop dapat digunakan sebagai peruntut, sumber radiasi, dan sumber energi.

- Radioisotop digunakan sebagai peruntut/pelacak karena perpindahannya dapat diikuti berdasarkan radiasi yang dipancarkan.

Contoh:

- Bidang kedokteran
  - Isotop I-131: untuk diagnosis penyakit kelenjar gondok.
  - Isotop Na-24: untuk mengetahui penyumbatan darah pada urat.
- Bidang arkologi  
Isotop C-14: untuk menentukan umur fosil.
- Bidang pertanian  
Isotop P-32: untuk mempelajari cara pemupukan yang tepat.

- 4) Bidang hidrologi  
Isotop Na-24: untuk menentukan debit air dan mengetahui gerak lumpur pada sungai.
  - 5) Bidang biologi  
Isotop C-14: untuk mempelajari peristiwa fotosintesis.
  - 6) Bidang kimia  
Isotop O-18: untuk mempelajari mekanisme reaksi esterifikasi.
- b. Radioisotop digunakan sebagai sumber radiasi karena daya tembus radiasinya serta akibat dari radiasi terhadap bahan yang dilalui.
- Contoh:
- 1) Bidang kedokteran.  
Isotop Co-60: untuk terapi penyakit kanker.
  - 2) Bidang pertanian
    - Untuk memberantas hama.
    - Untuk pembuatan bibit unggul.
  - 3) Bidang industri  
Untuk mengawetkan makanan/minuman dalam kaleng.
- c. Radioisotop digunakan sebagai sumber energi.  
Contoh: untuk PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir) dengan menggunakan reaksi fisi bahan bakar fosil  $^{235}_{92}\text{U}$ .



## Rangkuman

1. Helium untuk mengisi balon udara, dicampur dengan oksigen untuk membuat udara buatan. Argon untuk mengisi bola lampu pijar.
2. Gas mulia digunakan untuk pembuatan lampu tabung bertekanan rendah.
3. Unsur gas mulia yang membentuk senyawa adalah xenon dan kripton. Senyawanya adalah  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{XeF}_6$ ,  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{KrF}_2$ ,  $\text{KrF}_6$ ,  $\text{XeO}_2$ , dan  $\text{Na}_4\text{XeO}_6$ .
4. Unsur golongan VIIA disebut golongan halogen yaitu fluor, klor, brom, iodium, dan astatin.
5. Halogen bersifat reaktif, di alam terdapat dalam bentuk senyawa.
6. Pada suhu normal fluorin dan klorin berwujud gas, bromin berwujud cair, dan yodium berwujud padat.
7. Di dalam pelarut nonpolar, misalnya tetraklor metana dan sikloheksana, klorin tidak berwarna, brom berwarna merah, dan iodium berwarna ungu.
8. Reaktivitas halogen terhadap logam berkurang, jika nomor atomnya bertambah.
9. Reaktivitas halogen terhadap nonlogam menunjukkan pola yang sama. Fluorin bereaksi langsung dengan semua unsur nonlogam, kecuali nitrogen, helium, neon, dan argon.
10. Fluor merupakan unsur paling elektronegatif, tidak dijumpai senyawa fluor, yang fluornya mempunyai bilangan positif.
11. HCl murni relatif tidak reaktif, tetapi larutannya dalam air bersifat asam. Bereaksi dengan logam menghasilkan gas hidrogen, dengan basa membentuk garam.
12. Nitrogen dibuat dengan cara mendinginkan udara hingga menjadi cair. Titik didih nitrogen  $-195,8^\circ\text{C}$  dan titik didih oksigen  $-183^\circ\text{C}$ , berdasarkan perbedaan titik didih ini nitrogen dapat dipisahkan dari oksigen.
13. Amonia dibuat menurut proses Haber-Bosch. Campuran gas nitrogen dan hidrogen dipanaskan pada suhu  $500^\circ\text{C}$ , tekanan 200 atmosfer dengan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dengan promotor  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , diperoleh amonia.  
Reaksi:  $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g) + 24 \text{ kkal}$

14. Oksigen dipergunakan untuk membantu pernapasan. Dalam industri untuk mengelas dan memotong logam, jika oksigen dicampur dengan gas asetilen dan dibakar.
15. Ozon rumusnya  $O_3$ . Lapisan ozon di atmosfer merupakan lapisan pelindung dari radiasi sinar ultraviolet yang berasal dari matahari.
16. Hidrogen peroksida rumusnya  $H_2O_2$ . Digunakan untuk mengelantang bahan kulit, wol, rambut, dan sutra.
17. Hidrogen peroksida dibuat dari barium peroksida direaksikan dengan asam sulfat encer.  
$$Ba_2O_2(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + H_2O_2(aq)$$
18. Dalam logam-logam alkali dan alkali tanah elektron-elektron valensinya menempati orbital s.
19. Atom-atom logam-logam blok s mudah melepaskan elektron-elektron valensi-nya membentuk ion-ion stabil; unsur-unsur golongan IA membentuk ion  $M^+$ , sedang unsur-unsur golongan IIA membentuk ion  $M^{2+}$ .
20. Logam-logam golongan IA dan IIA hanya menunjukkan sebuah bilangan oksi-dasi dalam senyawa-senyawanya; bilangan oksidasi unsur-unsur golongan IA adalah +1, dan golongan IIA adalah +2.
21. Logam-logam blok s memiliki titik lebur, titik didih, dan kerapatan yang lebih rendah daripada logam transisi serta lebih lunak pula.
22. Unsur-unsur periode ketiga dari natrium ke argon, sifat logamnya berkurang atau sifat nonlogamnya bertambah.
23. Variasi sifat-sifat unsur dalam satu periode dapat dijelaskan berdasarkan struktur elektron atom dan energi ionisasinya.
24. Sifat pengoksidasi unsur-unsur periode ketiga, dari natrium ke argon, makin bertambah. Sebaliknya, sifat pereduksi mereka makin berkurang.
25. Sifat asam senyawa hidroksida unsur-unsur periode makin bertambah dari natrium sampai klor atau sebaliknya sifat basanya makin berkurang.
26. Perubahan sifat reduktor dan oksidator unsur-unsur periode ketiga sepanjang periode dapat dijelaskan berdasarkan energi ionisasi dan struktur elektronnya.

27. Unsur-unsur periode ketiga terdapat di alam dalam keadaan terikat, kecuali belerang dan argon.
28. Kerapatan muatan  $\text{Al}^{3+}$  berpengaruh terhadap:
  - a. Sifat ikatan ion/kovalen aluminium oksida dan sifat amfoternya.
  - b. Polarisasi anion.
29. Aluminium oksida dan aluminium bersifat amfoter.
30. Unsur-unsur transisi bersifat logam, hal ini didasarkan atas sifat-sifat fisisnya.
31. Senyawa logam transisi pada umumnya berwarna, hal ini disebabkan oleh perpindahan elektron antarorbital  $d$  yang belum terisi elektron penuh.
32. Unsur-unsur transisi mempunyai kemampuan membentuk senyawa kompleks.
33. Tingkat oksidasi unsur-unsur transisi bervariasi.
34. Ion kompleks adalah ion yang tersusun dari atom pusat yang dikelilingi oleh ligan, yang terikat dengan ikatan koordinasi.
35. Kation kompleks tersusun oleh kation dengan ligan netral, sedangkan anion kompleks tersusun oleh kation dengan ligan anion.
36. Ligan adalah molekul netral atau ion yang mempunyai pasangan elektron bebas.
37. Unsur-unsur transisi di alam terdapat sebagai senyawa, kecuali tembaga.
38. Logam transisi banyak digunakan dalam industri.
39. Logam besi dan tembaga diperoleh dari bijihnya melalui proses reduksi.
40. Reduksi bijih besi, dilakukan dalam tanur tinggi.
41. Supaya tidak berkarat, permukaan logam besi dilapisi dengan cat atau logam lain yang tahan karat.
42. Logam besi dan tembaga banyak digunakan dalam industri.



## *Uji Kompetensi*

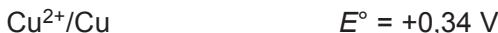
- A. Berilah tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E di depan jawaban yang tepat!

  1. Larutan etanol ( $C_2H_5OH$ ) 46% berat dalam air, bila  $A$ ,  $C = 12$ ,  $H = 1$ , dan  $O = 10$ , maka molalitas larutan tersebut adalah ....  
A. 8,5 m                      D. 18,5 m  
B. 0,85 m                    E. 0,925 m  
C. 1,85 m
  2. Berikut ini *bukan* merupakan sifat koligatif larutan adalah ....  
A. penurunan titik beku  
B. kenaikan titik didih  
C. tekanan osmotik  
D. derajat keasaman  
E. penurunan tekanan uap
  3. Dua puluh gram zat X (nonelektrolit) dilarutkan dalam 450 ml air, ternyata tekanan uapnya sebesar 45 cmHg. Bila pada suhu  $20^\circ C$  tekanan uap air sebesar 45,2 cmHg, maka massa rumus zat X tersebut adalah ....  
A. 60                              D. 225  
B. 75                              E. 342  
C. 180
  4. Untuk menaikkan titik didih 250 ml air sampai pada suhu  $100,1^\circ C$ , maka diperlukan gula tebu ( $M_r = 342$ ) sebanyak ....  
A. 3,42 gram                      D. 17,1 gram  
B. 1,71 gram                      E. 342 gram  
C. 34,2 gram

5. Reaksi berikut dapat berlangsung *kecuali* reaksi antara ....
- A. larutan KI dengan gas Br<sub>2</sub>
  - B. larutan KI dengan gas Cl<sub>2</sub>
  - C. larutan KCl dengan gas Br<sub>2</sub>
  - D. larutan KBr dengan gas Cl<sub>2</sub>
  - E. larutan KCl dengan gas F<sub>2</sub>
6. Logam berikut yang dapat bereaksi dengan air adalah ....
- A. K
  - B. Ca
  - C. Na
  - D. Ba
  - E. K, Ca, Na, Ba
7. Unsur periode ketiga yang terdapat bebas di alam yaitu ....
- A. Si dan Cl
  - B. Cl dan Ar
  - C. P dan S
  - D. S dan Cl
  - E. Ar dan S
8. Halogen yang mudah direduksi adalah ....
- A. fluorin
  - B. klorin
  - C. bromin
  - D. iodin
  - E. semua halogen tak dapat direduksi
9. Larutan berikut yang mempunyai titik beku paling rendah adalah ....
- A. NaCl 0,4 M
  - B. AlCl<sub>3</sub> 0,1 M
  - C. C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> 0,8 M
  - D. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>
  - E. CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 0,2 M
10. Berikut yang *bukan* merupakan sifat logam alkali adalah ....
- A. merupakan unsur yang sangat reaktif
  - B. terdapat di alam dalam keadaan bebas
  - C. dibuat dengan cara elektrolisis leburan garamnya
  - D. ionnya bermuatan positif satu
  - E. senyawa-senyawanya mudah larut dalam air

11. Oksida klorin yang dapat membentuk asam perklorat adalah ....
- A.  $\text{Cl}_2\text{O}_3$       D.  $\text{Cl}_2\text{O}_7$   
B.  $\text{ClO}_2$       E.  $\text{Cl}_2\text{O}$   
C.  $\text{Cl}_2\text{O}_5$
12. Reaksi berikut yang merupakan reaksi redoks adalah ....
- A.  $\text{NaOH}(aq) + \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
B.  $\text{CuO}(aq) + \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CuCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
C.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{I}_2(g) \rightarrow \text{NaI}(aq) + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6(aq)$   
D.  $\text{AgNO}_3(aq) + \text{NaCl}(aq) \rightarrow \text{AgCl}(aq) + \text{NaNO}_3(aq)$   
E.  $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$
13. Diketahui reaksi:  
$$\text{Cu}(s) + \text{NO}_3^-(aq) + \text{H}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(s) + \text{NO}(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$$
Zat yang berfungsi sebagai reduktor adalah ....
- A. Cu      D.  $\text{Cu}^{2+}$   
B.  $\text{NO}_3^-$       E. NO  
C.  $\text{H}^+$
14. Oksigen dapat diperoleh dari udara cair melalui proses ....
- A. elektrolisis      D. difusi  
B. distilasi      E. kristalisasi  
C. penyaringan
15. Senyawa klorin berikut yang merupakan asam paling kuat adalah ....
- A. HCl      D.  $\text{HClO}_3$   
B. HClO      E.  $\text{HClO}_4$   
C.  $\text{HClO}_2$
16. Kelompok unsur yang merupakan oksidator kuat adalah golongan unsur ....
- A. alkali      D. gas mulia  
B. alkali tanah      E. aluminium  
C. halogen

17. Diketahui:



Harga  $E_{\text{sel}}$  dari  $2 \text{ Al} + 3 \text{ Cu}^{2+} \rightarrow 2 \text{ Al}^{3+} + 3 \text{ Cu}$  adalah ....

- A. 1,32 V      D. 4,4 V  
B. 2 V      E. 4,64 V  
C. 2,2 V

18. Unsur-unsur periode ketiga terdiri atas Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl dan Ar. Atas dasar konfigurasi elektronnya, maka dapat dikatakan bahwa ....

- A. Na paling sukar bereaksi  
B. P, S, dan Cl cenderung membentuk basa  
C. Si adalah logam  
D. Na, Mg, dan Al dapat berperan sebagai pengoksidasi  
E. energi ionisasi pertama Ar paling besar

19. Diketahui reaksi:



Dua setengah sel yang beda potensialnya terbesar adalah ....

- A. Zn/Zn<sup>2+</sup> || Ag<sup>+</sup>/Ag      D. Zn/Zn<sup>2+</sup> || Fe<sup>2+</sup>/Fe  
B. Mg/Mg<sup>2+</sup> || Ag<sup>+</sup>/Ag      E. Zn/Zn<sup>2+</sup> || Mg/Mg<sup>2+</sup>  
C. Mg/Mg<sup>2+</sup> || Fe<sup>2+</sup>/Fe

20. Bahan yang digunakan sebagai elektrode pada sel aki adalah ....

- A. Pt dan C      D. Zn dan Cu  
B. Zn dan C      E. Cu dan PbO<sub>2</sub>  
C. Pb dan PbO<sub>2</sub>

22. Logam berikut yang dapat bereaksi dengan asam klorida encer dan menghasilkan gas hidrogen adalah ....

- A. emas      D. tembaga  
B. besi      E. perak  
C. raksa

21. Unsur-unsur A, B, C terletak pada periode 3 sistem periodik. Oksida unsur A dalam air menghasilkan larutan yang mempunyai  $pH < 7$ , sedangkan unsur B dengan air bereaksi menghasilkan gas hidrogen. Percobaan lain menunjukkan bahwa unsur C dapat bereaksi baik dengan larutan asam maupun larutan basa. Susunan unsur-unsur tersebut dalam sistem periodik dari kiri ke kanan adalah ....
- A. A, C, B                      D. A, B, C  
B. C, A, B                      E. B, C, A  
C. B, A, C
23. Hidroksida berikut yang amfoter yaitu ....
- A.  $\text{Co(OH)}_2$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$   
B.  $\text{Al(OH)}_3$ ,  $\text{Ni(OH)}_3$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$   
C.  $\text{Al(OH)}_3$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$   
D.  $\text{Ni(OH)}_2$ ,  $\text{Co(OH)}_2$   
E.  $\text{Co(OH)}_2$ ,  $\text{Ni(OH)}_2$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$
24. Bila ke dalam larutan  $\text{AlCl}_3$  ditambahkan larutan  $\text{NaOH}$  setetes demi setetes, maka ....
- A. terbentuk endapan yang tetap  
B. terbentuk endapan yang kemudian larut lagi  
C. tidak terbentuk endapan  
D. terbentuk endapan bila larutan  $\text{NaOH}$  berlebihan  
E. terbentuk  $\text{Al(OH)}_3$  yang mudah larut dalam air
25. Pada pengolahan besi digunakan batu kapur. Fungsi batu kapur ini adalah ....
- A. sebagai oksidator  
B. sebagai reduktor  
C. sebagai katalisator  
D. untuk mengikat oksida asam, seperti  $\text{SiO}_2$   
E. menurunkan titik cair besi

**B. Jawablah soal-soal di bawah ini dengan singkat dan tepat!**

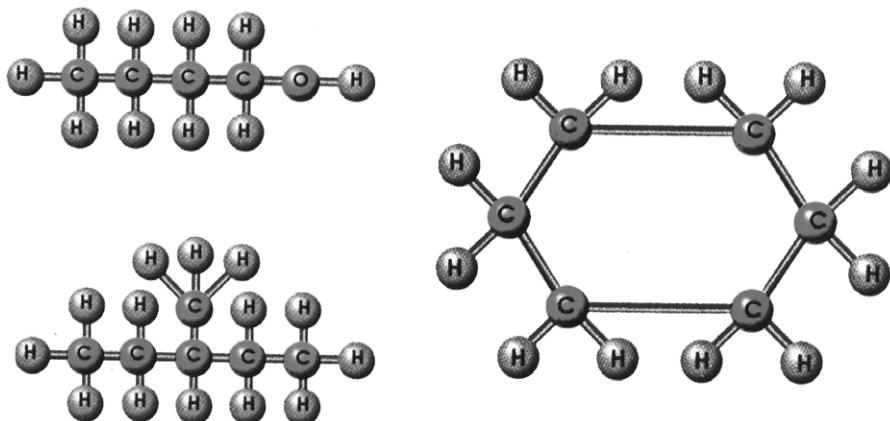
1. Tuliskan rumus-rumus dari mineral berikut!
  - a. Rutile
  - b. Magnetit
  - c. Pirit
  - d. Kalkopirit
  - e. Hematit
2. Sebutkan kegunaan senyawa berikut!
  - a. Freon (CFC)
  - b.  $\text{NaHCO}_3$
  - c.  $\text{NaClO}$
  - d.  $\text{CaOCl}_2$
  - e.  $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
  - f.  $\text{Al(OH)}_3$
3. Tentukan:
  - a. unsur-unsur periode ketiga dari kiri ke kanan;
  - b. unsur periode ketiga yang berupa logam;
  - c. unsur periode ketiga yang paling elektronegalit;
  - d. unsur periode ketiga yang mempunyai energi ionisasi terbesar!
4. Bijih bauksit mengandung 80%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Berapa ton logam aluminium murni yang diperoleh pada elektrolisis 2,04 ton bijih bauksit ( $A_r \text{Al} = 27$  dan  $\text{O} = 16$ )?
5. Suatu bijih besi mengandung 80%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Berapa kg logam besi yang diperoleh, bila bijih besi yang diolah sebanyak 1 ton ( $A_r \text{Fe} = 56$  dan  $\text{O} = 16$ )?





## BAB 4

# Senyawa Karbon



Gambar 4.1 Berbagai senyawa karbon  
Sumber: Ensiklopedia Sains dan Kehidupan

Pada pelajaran bab keempat ini, akan dipelajari tentang pengertian gugus fungsi, tata nama, sifat-sifat, pembuatan, isomer, dan kegunaan senyawa-senyawa haloalkana, eter, alkanol, aldehid, alkanon, alkanoat, dan ester, tata nama dan kegunaan senyawa turunan benzena.

## Bab 4

# Senyawa Karbon

### Tujuan Pembelajaran:

Setelah berdiskusi dan mencari informasi dari literatur diharapkan siswa dapat:

- membedakan gugus fungsi senyawa karbon;
- menuliskan rumus gugus fungsi senyawa karbon;
- menyebutkan dan menuliskan nama gugus fungsi senyawa karbon;
- menentukan isomer-isomer dari senyawa karbon;
- menjelaskan kegunaan senyawa karbon;
- menentukan rumus struktur benzena;
- menentukan reaksi substitusi atau H dari benzena;
- membedakan orto, meta, dan para dengan pengaruh substituen;
- mengidentifikasi kegunaan benzena dan turunannya dalam kehidupan sehari-hari.

Di kelas X telah dipelajari senyawa karbon yaitu kekhasan atom karbon, senyawa hidrokarbon, dan pengertian isomer. Selanjutnya dalam bab ini akan kita pelajari senyawa karbon yang lain, yaitu: haloalkana, alkanol, alkaksi alkana, alkanon, alkanoat, dan alkil alkanoat.



### A. Gugus Fungsi

#### 1. Pengertian gugus fungsi

Jumlah senyawa karbon sangat banyak, sehingga sulit jika dipelajari satu per satu. Untuk memudahkannya, maka senyawa-senyawa karbon itu dikelompokkan berdasarkan sifat khas yang dimiliki oleh senyawa-senyawa tersebut. Sifat yang khas itu disebabkan adanya atom

atau gugus atom yang menentukan struktur dan sifat dari senyawa karbon, yang disebut gugus fungsi. Gugus fungsi merupakan bagian yang aktif dari senyawa karbon. Apabila senyawa karbon direaksikan dengan suatu zat, maka gugus fungsinya yang mengalami perubahan. Jadi, senyawa karbon yang memiliki gugus fungsi tertentu mempunyai sifat-sifat tertentu pula. Berdasarkan gugus fungsinya senyawa-senyawa karbon yang jumlahnya sangat banyak dikelompokkan. Dengan demikian gugus fungsi dapat membedakan suatu golongan senyawa karbon dengan golongan yang lainnya. Beberapa gugus fungsional yang kita pelajari dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.1 beberapa gugus fungsional**

Gugus fungsional	Rumus umum senyawa	Deret homolog	Contoh	Nama
$-X$	$R - X$	alkil halida (haloalkana)	$CH_3 - Br$	metilbromida (bromo metana)
$-OH$	$R - OH$	alkil alkohol (alkanol)	$CH_3 - OH$	metilalkohol (metanol)
$-OR$	$R - O - R$	alkoksi alkana (eter)	$CH_3 - O - C_2H_5$	metoksi etana (etil metileter)
$-C = O$	$\begin{matrix} O \\ // \\ R - C - R \end{matrix}$	alkanon (keton)	$\begin{matrix} O \\ // \\ CH_3 - C - CH_3 \end{matrix}$	propanon (dimetilketon)
$\begin{matrix} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ H \end{matrix}$	$\begin{matrix} O \\ // \\ R - C \\ \backslash \\ H \end{matrix}$	alkanal (aldehida)	$\begin{matrix} O \\ // \\ CH_3 - C \\ \backslash \\ H \end{matrix}$	etanol (asetaldehida)
$\begin{matrix} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ OR \end{matrix}$	$\begin{matrix} C \\ // \\ R - C \\ \backslash \\ OH \end{matrix}$	alkanoat (karboksilat)	$\begin{matrix} C \\ // \\ CH_3 - C \\ \backslash \\ OH \end{matrix}$	etanoat (asetat/metana karboksilat)

Gugus fungsi	Rumus umum senyawa	Deret homolog	Contoh	Nama
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash\backslash \\ \text{OR} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}'-\text{C} \\ \backslash\backslash \\ \text{OR} \end{array}$	ester	$\text{C}_3\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\underset{\text{  }}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$	metil propanoat
$-\text{NH}_2$	$\text{R}-\text{NH}_2$	amina	$\text{CH}_3-\text{NH}_2$	metil amina

**Catatan:** X = F, Cl, Br, dan I  
 R = gugus alkil

## 2. Haloalkana

Senyawa haloalkana merupakan keparjangan dari halogen alkana dan mempunyai rumus umum:

$$\text{R}-\text{X} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{X}$$

X = unsur halogen  
 = F, Cl, Br, I

Halogen yang terikat bisa lebih dari satu baik jumlah maupun jenisnya.

Contoh:

$\text{CH}_3\text{Cl}$ ;  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ;  $\text{CHCl}_3$ ;  $\text{CCl}_4$ ;  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ ;  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ ;  $\text{CH}_3\text{I}$ ;  
 $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ;  $\text{CF}_3-\text{CHClBr}$ .

### a. Tata nama

Tata nama senyawa haloalkana bisa dengan cara sebagai berikut.

- 1) Nama halogen disebutkan terlebih dahulu dan diberi nama halo seperti F dengan fluoro, Cl dengan kloro, Br dengan bromo, dan I dengan iodo.
- 2) Penomoran C<sub>1</sub> berdasarkan nomor halogen yang terkecil. Halogen dianggap cabang seperti alkil.
- 3) Jika halogen yang sama lebih dari satu diberi awalan:

- 2 dengan di,
  - 3 dengan tri,
  - 4 dengan tetra,
  - 5 dengan penta.
- 4) Jika jenis halogen lebih dari satu penomoran C<sub>1</sub> berdasarkan halogen yang lebih reaktif.
- 5) Untuk kereaktifannya: F > Cl > Br > I

Penulisan halogen berdasarkan urutan abjad.

Contoh:

- |  |  |
|--|--|
| 1) CH <sub>3</sub> Cl<br>kloro metana  | 7) CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH—CH—CH <sub>3</sub><br>   <br>Cl Cl<br>2,3-dikloro pentana  |
| 2) CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub><br>dikloro metana                         | 8) CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub><br>dikloro difluoro metana<br>(freon)   |
| 3) CHCl <sub>3</sub><br>trikloro metana<br>(kloroform)                       | 9) CHI <sub>3</sub><br>triido metana (iodoform)<br>CH <sub>3</sub> —CH—CH—CH—CH <sub>3</sub><br>     <br>C Cl CH <sub>3</sub><br>2,3-dikloro-4-metil pentana |
| 4) CCl <sub>4</sub><br>tetrakloro metana<br>(karbon tetraklorida)            | 10) F Br<br>   <br>C—C—C—H<br>   <br>F Cl<br>2-bromo-2-kloro-1,1-difluoro etana  |
| 5) CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub><br>   <br>Br Br<br>1,2-dibromo etana     |  |
| 6) CH <sub>3</sub> —CH—CH <sub>2</sub> —Cl<br> <br>Cl<br>1,2-dikloro propana |  |

### Sifat kimia dan fisika:

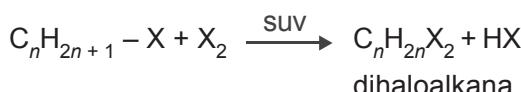
- 1) Mempunyai titik didih yang lebih tinggi daripada alkana asalnya. Suku rendah berwujud gas, suku tengah berwujud cair, dan padat untuk suku yang lebih tinggi.
- 2) Sukar larut dalam air, dan mudah larut dalam pelarut organik.
- 3) Atom halogen yang terikat, mudah disubstitusikan oleh atom/gugus lain.

*b. Pembuatan*

Pembuatan senyawa haloalkana bisa melalui beberapa reaksi seperti berikut.

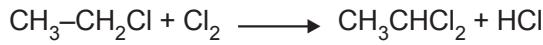
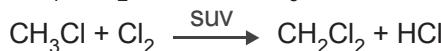
**1) Reaksi substitusi**

Reaksi penggantian atom H dengan atom halogen dengan bantuan sinar ultraviolet (suv) atau suhu tinggi:



Demikian seterusnya, jika dihaloalkana direaksikan dengan halogen, maka akan selalu menggantikan atom H dengan atom halogen dan sampai dihasilkan suatu senyawa polihaloalkana.

Contoh:

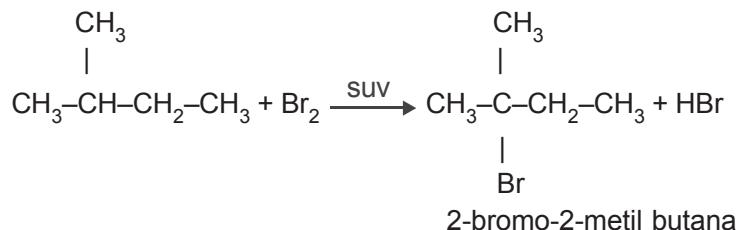
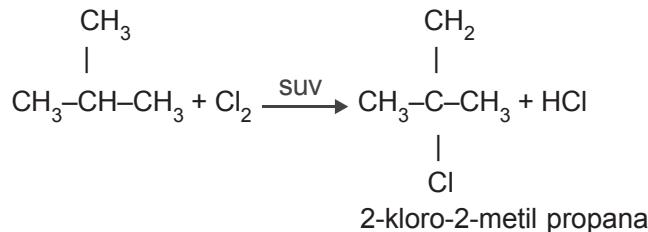
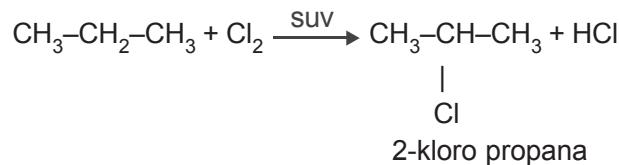


Untuk metana dan etana, atom H yang terikat semua pada atom C primer. Jika dalam alkana terdapat atom C primer, atom C sekunder atau atom C tersier, maka atom H yang akan disubstitusi adalah yang terikat paling lemah.

Urutan kekuatan ikatan atom H dengan atom C:

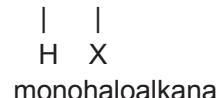


Contoh:

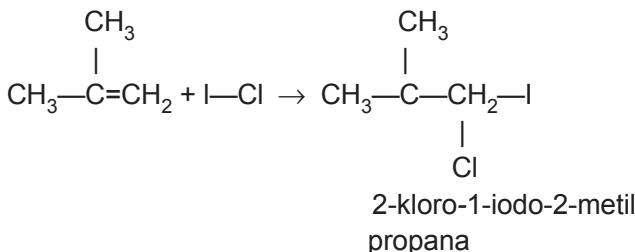
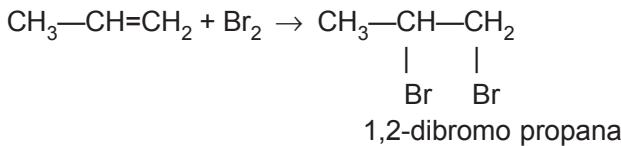
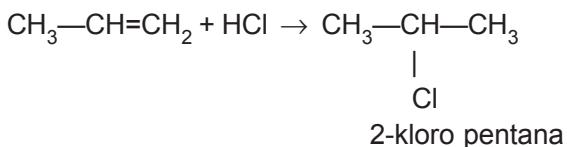


## 2) Reaksi adisi

Reaksi adisi untuk pembuatan haloalkana yaitu antara senyawa alkana dengan senyawa asam halida ( $\text{HX}$ ) atau senyawa halogen ( $\text{X}_2$ ). Lihat kembali aturan Markovnikov pada bab “Reaksi Senyawa Karbon”.



Contoh:



c. Kegunaan dan kerugiannya

- 1) Haloalkana digunakan sebagai pelarut. Banyaknya senyawa haloalkana digunakan pelarut nonpolar seperti  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}_3$ . Pelarut ini bersifat racun, obat bius sehingga jangan sampai terhirup.
- 2) Digunakan sebagai obat bius. Kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ) digunakan sebagai obat bius atau pemati rasa (anestesi) yang kuat. Kerugianya,  $\text{CHCl}_3$  dapat mengganggu hati.
- 3)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  (kloroetana) digunakan sebagai anestesi lokal (pemati rasa nyeri lokal). Ini digunakan pada pemain sepak bola dengan cara disemprotkan pada daerah yang sakit.
- 4) Freon (dikloro difluoro metana) digunakan sebagai pendorong pada produksi aerosol. Freon juga banyak digunakan sebagai gas pendingin pada AC (*Air Conditioned*), lemari es, dan lain-lain.

- 5)  $\text{CH}_3\text{Cl}$  digunakan sebagai zat fumigan.  
Freon dan metil klorida dapat merusak lapisan ozon sehingga sangat membahayakan lingkungan.
- 6)  $\text{C}_3\text{H}_5\text{Br}_2\text{Cl}$  (1,1-dibromo-1-kloro propana) digunakan sebagai insektisida pertanian.  
Hanya saja zat ini bisa menimbulkan kemandulan bagi para buruh tani.
- 7) DDT = dikloro difenil trikloro etana.  
Ini digunakan sebagai insektisida. Akan tetapi, ternyata DDT sukar sekali terurai, sehingga masih tetap ada dalam sayuran atau daging hewan ternak yang memakan rumput yang disemprot DDT. Akibatnya bisa menimbulkan keracunan.
- 8)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$  (1,2-dibromo etana) digunakan sebagai aditif pada bensin yang menggunakan TEL (Tetra Ethyl Lead),  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ .  
Zat ini akan mengubah timbal menjadi timbal bromida dan akan menguap keluar dari knalpot.

### 3. Alkohol ( $\text{R}-\text{OH}$ )

Alkohol adalah senyawa turunan alkana, karena satu atom H atau lebih dari alkana diganti oleh gugus  $-\text{OH}$ . Alkohol yang mempunyai satu gugus  $-\text{OH}$  disebut monoalkohol, sedangkan alkohol yang mempunyai lebih dari satu  $-\text{OH}$  disebut polialkohol.

#### a. Monoalkohol

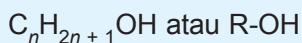
##### 1) Rumus umum monoalkohol (alkanol)

Alkohol yang hanya mempunyai satu gugus  $-\text{OH}$ . Monoalkohol disebut juga alkanol. Untuk memahami rumus dari senyawa monoalkohol, maka kita lihat rumus senyawa alkana.

**Tabel 4.2 Beberapa senyawa alkana dan alkohol**

Rumus alkana	Nama alkana	Rumus alkohol	Nama alkohol
$\text{CH}_4$	Metana	$\text{CH}_3\text{-OH}$	Metanol
$\text{C}_2\text{H}_6$	Etana	$\text{C}_2\text{H}_5\text{-OH}$	Etanol
$\text{C}_3\text{H}_8$	Propana	$\text{C}_3\text{H}_7\text{-OH}$	Propanol
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	Butana	$\text{C}_4\text{H}_9\text{-OH}$	Butanol
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	Pentana	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{-OH}$	Pentanol
:	:	:	:
$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	Alkana	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{-OH}$	Alkanol

Perhatikan bahwa senyawa alkana melepaskan satu atom H diganti dengan gugus -OH. Sehingga gugus fungsi -OH terikat pada gugus alkil, rumus umum alkohol adalah:



## 2) Jenis-jenis alkohol

Atom karbon primer, sekunder, tersier, dan kuarterner telah dipelajari sebelumnya. Dalam kaitan itu berdasarkan letak gugus -OH pada rantai karbonnya, alkohol dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

### a) Alkohol primer

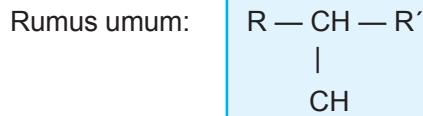
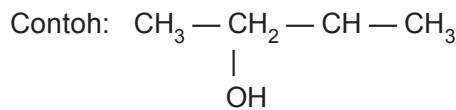
Alkohol primer ialah alkohol yang gugus -OH-nya terikat pada atom C primer.

Contoh:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$

Rumus umum:  $\text{R-CH}_2\text{-OH}$

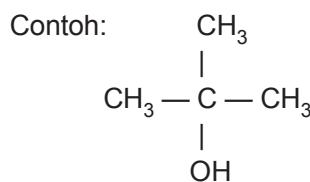
### b) Alkohol sekunder

Alkohol sekunder ialah alkohol yang gugus -OH-nya terikat pada atom C sekunder.



c) *Alkohol tersier*

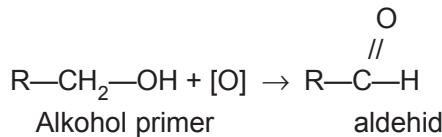
Alkohol tersier ialah alkohol yang gugus -OH-nya terikat pada atom C tersier.



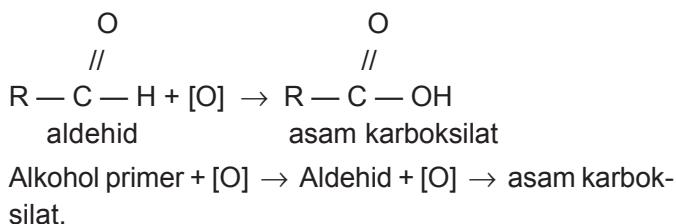
Untuk membedakan alkohol primer, sekunder, dan tersier dilakukan dengan reaksi oksidasi. Alkohol direaksikan dengan zat oksidator yaitu  $\text{KMnO}_4$  atau  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Zat oksidator akan memberikan atom O. Pada reaksi di bawah ini zat oksidator ditulis dengan [O].

a) *Oksidasi alkohol primer*

Alkohol primer dapat dioksidasi menjadi aldehid.

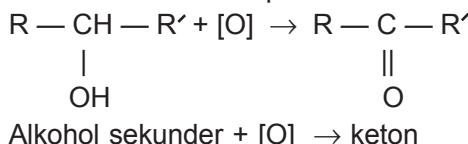


Jika oksidatornya berlebih, maka aldehid akan dioksidasi menjadi asam karboksilat.



### b) Oksidasi alkohol sekunder

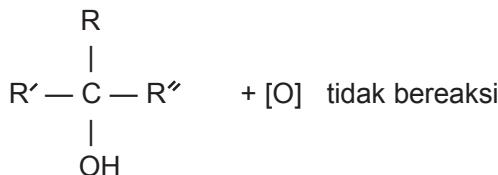
Alkohol sekunder dapat dioksidasi menjadi keton.



Alkohol sekunder + [O] → keton

### c) Oksidasi alkohol tersier

Alkohol tersier tidak dapat dioksidasi.



Alkohol tersier + [O] tidak bereaksi.

## 3) Tata nama monoalkohol

Ada dua macam cara untuk memberi nama se-nyawa monoalkohol. Pertama berdasarkan aturan yang ditetapkan oleh IUPAC (*International Union for Pure and Applied Chemistry*) disebut nama IUPAC atau nama sistematis. Kedua nama yang sudah biasa digunakan sehari-hari atau dalam perdagangan disebut nama lazim atau nama dagang (*trivial*).

### a) Nama IUPAC

Pada sistem IUPAC nama alkohol diambil dari nama alkana dengan akhiran *ana* diganti dengan *anol*.

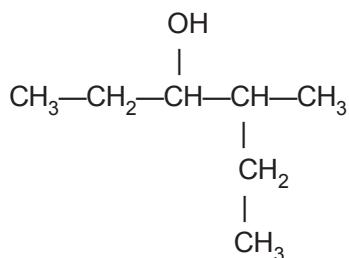
Contoh: metana menjadi metanol  
etana menjadi etanol

Untuk alkohol yang memiliki isomer, pem-berian namanya sebagai berikut.

### (1) Pemilihan rantai pokok

Rantai pokok merupakan rantai terpanjang yang mengandung gugus  $-OH$ , diberi nama alkanol.

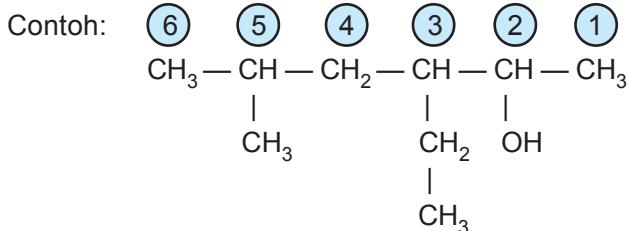
Contoh:



Rantai terpanjang terdiri atas 6 atom karbon, jadi nama rantai pokok adalah heksanol.

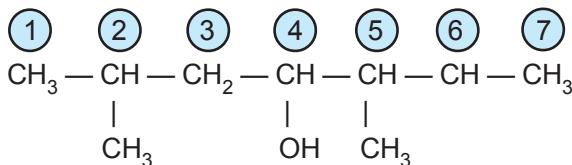
### (2) Penomoran atom C pada rantai pokok

Atom C pada rantai pokok diberi nomor untuk menyatakan letak gugus fungsi atau cabang-cabang pada senyawa alkanol tersebut. Penomoran dimulai dari C ujung yang terdekat dengan posisi gugus fungsi sehingga C yang mengandung gugus fungsi mendapat nomor terkecil.



Apabila gugus fungsi mempunyai nomor yang sama dari kedua ujung, maka penomoran dimulai dari salah satu ujung yang terdekat dengan cabang, sehingga cabang-cabang mempunyai nomor terkecil.

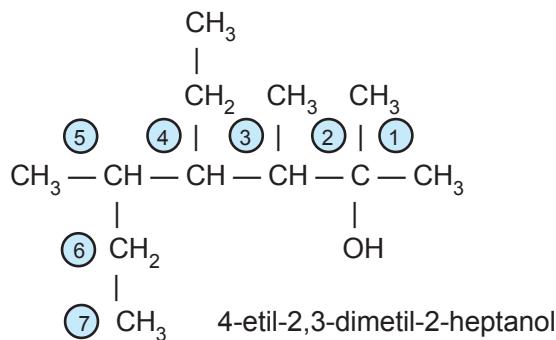
Contoh:



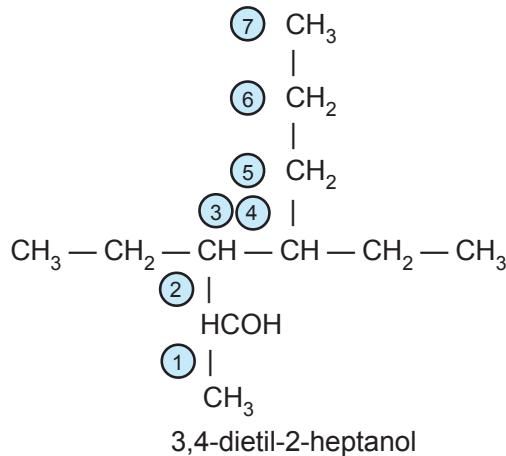
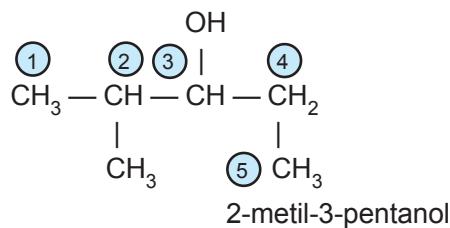
## Tata nama

Tata nama alkanol sama seperti alkana. Cabang-cabang disebut lebih dulu disusun menurut abjad dan diberi awalan yang menyatakan jumlah cabang tersebut. Kemudian nama rantai pokok. Letak gugus fungsi dinyatakan dengan awalan angka pada nama rantai pokok.

Contoh:



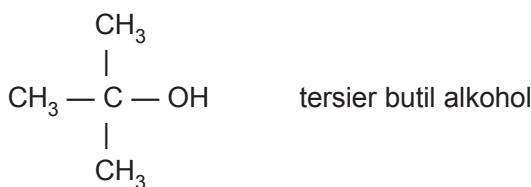
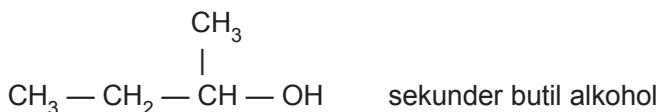
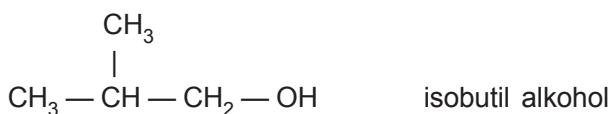
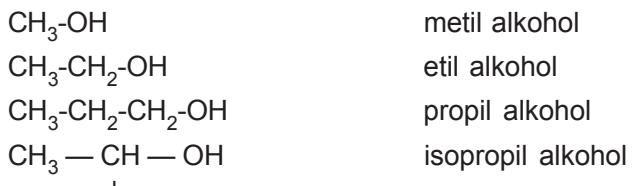
Contoh lain:



**b) Nama Trivial**

Nama Trivial dari monoalkohol adalah alkil alkohol.

Contoh:



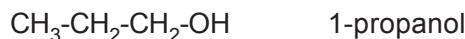
**4) Isomer posisi senyawa alkohol**

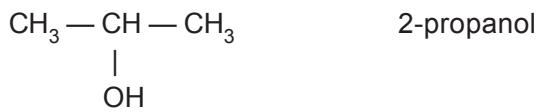
Isomer posisi adalah senyawa yang mempunyai rumus molekul sama, gugus fungsi sama tetapi posisi gugus fungsinya berbeda.

Contoh:

**a) Senyawa C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH**

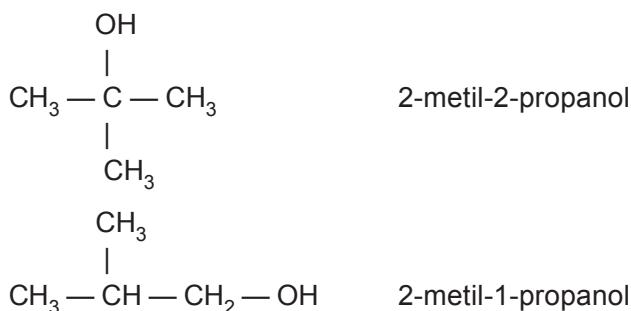
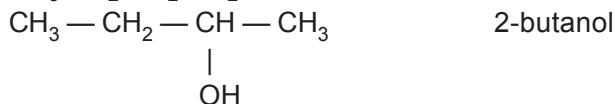
Rumus struktur dari senyawa C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>-OH dapat berupa:





### b) Senyawa $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$

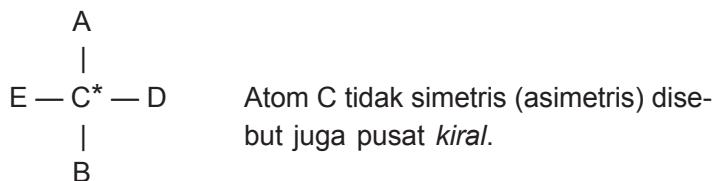
Rumus struktur dari senyawa  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$  dapat berupa:



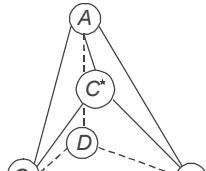
### *Isomer optis*

Isomer optis dapat terjadi pada senyawa yang mempunyai atom karbon (C) tidak simetris. Senyawa tersebut dapat juga disebut sebagai senyawa *kiral*.

Senyawa/benda kiral adalah benda yang dapat dienal melalui bayangan cermin. Ia tidak identik atau tidak dapat diimpitkan dengan bendanya sendiri. Sedangkan yang dimaksud atom karbon (C) tidak simetris adalah *atom C yang mengikat empat gugus yang berbeda*. Atom C asimetris diberi tanda asterik (\*).



Molekul yang memiliki atom C asimetris, struktur molekulnya digambarkan berbentuk tetrahedral (merupakan struktur ruang).



Struktur tetrahedral

Bentuk ruang molekul senyawa karbon dapat untuk menjelaskan sifat optis aktif. Menurut Van Hoff dan Le Bel, jika atom C mengikat 4 gugus yang berbeda terletak pada sudut-sudut tetrahedral, maka akan terdapat kemungkinan terbentuk dua struktur molekul senyawa karbon.

Dilihat dari struktur ikatan C—A, urutan gugus menurut arah jarum jam adalah ADBE, sedangkan pada bayangan cermin urutan ADBE harus dibaca berlawanan arah jarum jam. Struktur molekul tetrahedral pada sebelah kiri cermin tidak dapat ditindihkan pada struktur molekul sebelah kanan cermin. Jadi, kedua molekul kiri dan kanan cermin berbeda karena keduanya memiliki struktur yang tidak simetris atau asimetris.

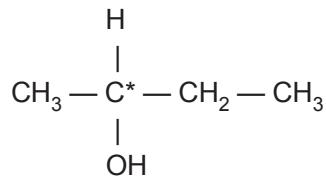
Senyawa karbon yang mempunyai struktur geometris berbeda tersebut mempunyai kemampuan untuk memutar bidang cahaya terpolarisasi, sehingga mempunyai sudut tertentu dari aslinya. Senyawa yang berputar ke kanan disebut (*dextro*) dan diberi tanda d(+), sebaliknya jika berputar ke kiri disebut *levo* dan diberi tanda l(−).

Kedua senyawa tersebut mengalami keisomeran optis dan disebut *enantiomer*.

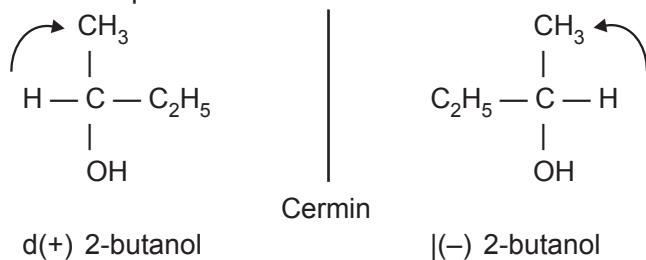
#### Contoh isomer optis

(1) Senyawa 2-butanol

Rumus bangun:

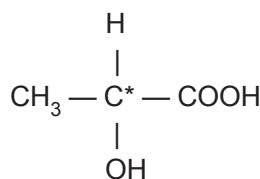


Isomer optis:

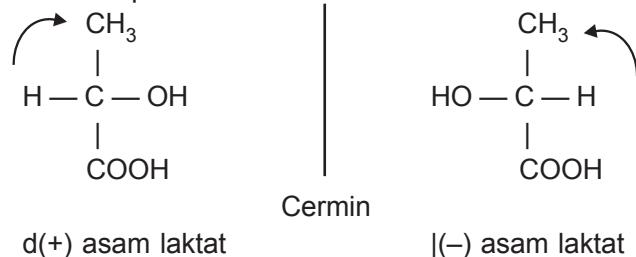


## (2) Senyawa asam laktat

Rumus bangun:



Isomer optis:



## 5) Sifat alkohol

### a) Sifat fisis

- (1) Bersifat polar karena memiliki gugus –OH (R adalah gugus nonpolar).
- (2) Titik didih tinggi, hal ini disebabkan gugus –OH yang sangat polar sehingga antarmolekul alkohol terdapat ikatan hidrogen.
- (3) Mudah bercampur dengan air.

- (4) Alkohol suku rendah ( $C_1$ – $C_4$ ) berupa zat cair encer.  
Alkohol suku sedang ( $C_5$ – $C_9$ ) berupa zat cair kental.  
Alkohol suku tinggi ( $C_{10}$  atau lebih) berupa zat padat.

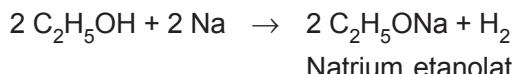
**b) Sifat kimia**

- (1) Reaksi dengan natrium

Jika alkohol direaksikan dengan Na, maka akan dihasilkan natrium alkanoat.



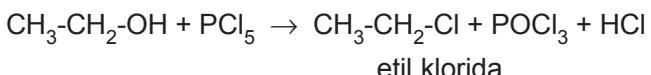
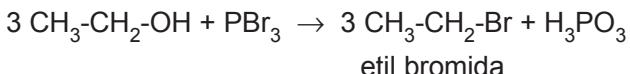
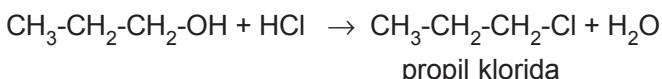
Contoh:



- (2) Reaksi dengan  $\text{HX}$ ,  $\text{PX}_3$ , dan  $\text{PX}_5$

Jika alkohol direaksikan dengan  $\text{HX}$ ,  $\text{PX}_3$ , atau  $\text{PX}_5$ , maka akan dihasilkan alkil halida.

Contoh:



- (3) Reaksi oksidasi

Oksidasi adalah reaksi suatu zat dengan oksidator.

Oksidator yang digunakan pada oksidasi ini adalah  $\text{KMnO}_4$  atau  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

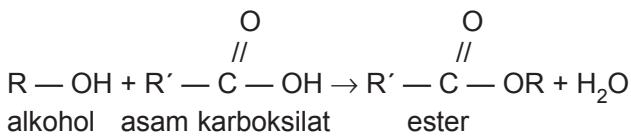
(a) Alkohol primer dioksidasi akan menghasilkan aldehid. Jika dioksidasi lebih lanjut akan menjadi asam karboksilat.

(b) Alkohol sekunder dioksidasi akan menghasilkan keton.

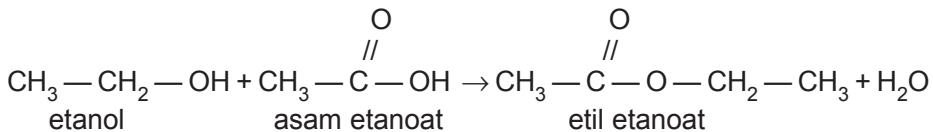
(c) Alkohol tersier tidak dapat dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  maupun  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

#### (4) Reaksi esterifikasi (pengesteran)

Reaksi esterifikasi adalah reaksi pembentukan ester. Jika alkohol direaksikan dengan asam karboksilat, maka akan dihasilkan ester dan air.



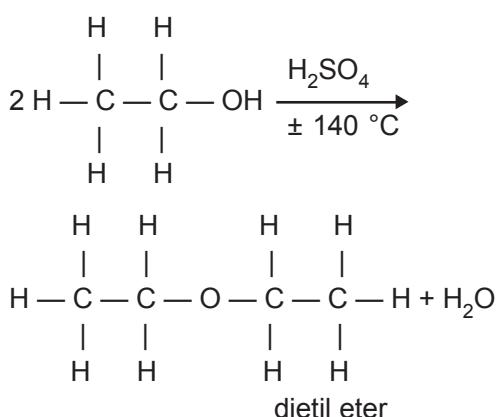
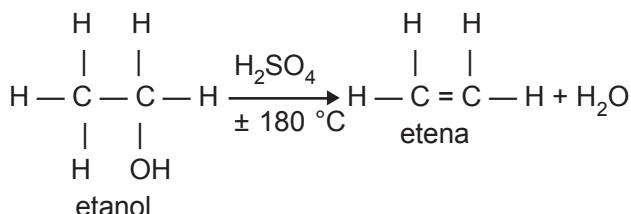
Contoh:



#### 5) Reaksi dengan asam sulfat pekat

Jika alkohol direaksikan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, maka hasil reaksinya bergantung dari suhu reaksi. Pada suhu  $\pm 180^\circ\text{C}$  akan dihasilkan alkena, sedangkan pada suhu  $\pm 140^\circ\text{C}$  akan dihasilkan eter.

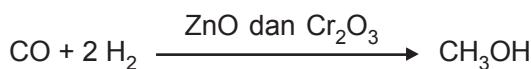
Contoh:



## 6) Beberapa alkohol yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari

### a) Metanol ( $CH_3-OH$ )

Metanol disebut juga alkohol kayu atau spiritus kayu karena pada zaman dahulu dibuat dengan penyulingan kering serbuk kayu (serbuk gergaji). Sekarang metanol dibuat dari reaksi gas karbon monoksida (CO) dengan gas hidrogen ( $H_2$ ) dengan katalis campuran ZnO dan  $Cr_2O_3$  pada temperatur  $\pm 450^\circ C$  dan tekanan 200 atm.



Metanol merupakan zat cair bening yang mudah menguap, mudah terbakar, dan mudah larut dalam air. Metanol berbau seperti alkohol biasa tetapi sangat beracun. Jika menghirup uapnya cukup lama atau terkena kulit dapat merusak retina mata sehingga mengakibatkan kebutaan dan jika tertelan dapat mengakibatkan kematian.

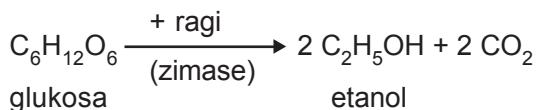
Spiritus adalah campuran metanol dan etanol. Agar tidak diminum, spiritus diberi zat warna biru. Kegunaan metanol yaitu sebagai pelarut, bahan baku pembuatan aldehid. Di samping itu, metanol dapat juga digunakan sebagai bahan bakar sehingga dapat dicampur dengan bensin.

### b) Etanol ( $C_2H_5-OH$ )

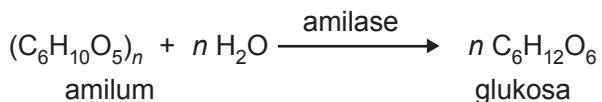
Di kalangan masyarakat luas etanol dikenal dengan nama alkohol. Sifat etanol hampir sama dengan metanol, tetapi etanol tidak beracun. Walaupun tidak beracun, alkohol dapat menyebabkan angka kematian yang tinggi karena alkohol bersifat memabukkan dan bersifat candu sehingga membuat orang ketagihan. Banyak kecelakaan lalu lintas yang disebabkan pengemudi sedang dalam keadaan mabuk. Jika

diminum terus-menerus dapat menyebabkan kematian karena dapat merusak alat pencernaan, jantung, dan hati.

Minuman beralkohol dibuat melalui proses fermentasi (peraqian).

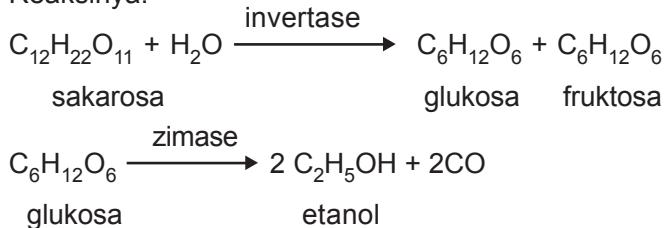


Bahan baku glukosa diperoleh dari amilum yang terdapat pada singkong, jagung, kentang, dan beras.



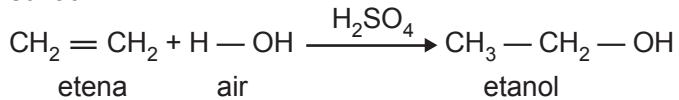
Fermentasi dilakukan pada suhu sedang yaitu 25 °C, karena jika suhu rendah reaksi fermentasi berlangsung sangat lambat. Tetapi jika suhu terlalu tinggi ragi akan terbunuh, sehingga kadar alkohol yang dihasilkan pada proses fermentasi hanya 12–15%. Dalam industri (teknik), alkohol dibuat melalui fermentasi tetes tebu, yaitu cairan gula yang tidak dapat mengkristal menjadi gula.

Reaksinya:



Alkohol yang dihasilkan belum murni. Untuk memurnikannya dilakukan distilasi bertingkat sampai didapat alkohol 95,5% yang tidak dapat dimurnikan lagi, karena mempunyai titik didih tetap.

Sekarang ini alkohol teknis banyak dibuat dari adisi etena dengan air, sebagai katalis digunakan asam sulfat.



Alkohol yang dihasilkan dari fermentasi merupakan komponen pada minuman bir, anggur, dan wiski. Sedangkan alkohol teknis digunakan untuk pelarut, antiseptik pada luka, dan bahan bakar. Di samping itu, alkohol juga digunakan untuk membuat berbagai jenis zat organik seperti asetaldehid, zat warna, rayon, parfum, dan esens buatan.

*b. Polialkohol*

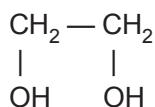
Senyawa polialkohol adalah senyawa alkohol yang mempunyai gugus –OH lebih dari satu struktur. Polialkohol yang mempunyai dua gugus –OH diberi nama alkanadiol.

Polialkohol yang mempunyai tiga gugus –OH diberi nama alkanatriol.

Polialkohol yang sangat penting ialah 1,2-etanadiol (etilen glikol atau glikol) dan 1,2,3-propanatriol (gliserol atau gliserin).

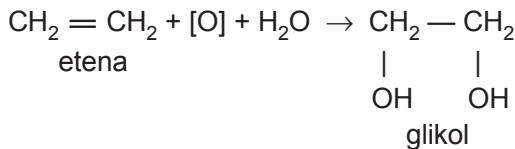
## Etilen glikol

Nama IUPAC dari etilen glikol atau glikol adalah 1,2-etanadiol, dengan rumus struktur:



Glikol adalah suatu zat cair yang kental, tidak berwarna, mudah larut dalam air, dan rasanya manis.

Glikol dibuat dari etena yang dioksidasi kemudian dihidrolisis.



Kegunaannya ialah untuk pelarut, bahan pelembut, bahan baku pembuatan serat sintesis, dan sebagai zat antibeku pada radiator mobil.

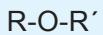
#### 4. Eter ( $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$ )

##### a. Rumus umum eter

**Tabel 4.3 Beberapa senyawa eter**

Rumus senyawa	Nama senyawa
$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$	metoksimetana
$\text{CH}_3-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$	metoksietena
$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$	etoksietena
$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_3\text{H}_7$	etoksipropana

Berdasarkan rumus senyawa eter di atas dapat disimpulkan rumus umum eter sebagai berikut.



##### b. Tata nama eter

Ada dua cara pemberian nama eter, yaitu nama IUPAC dan nama lazim.

###### 1) Nama IUPAC

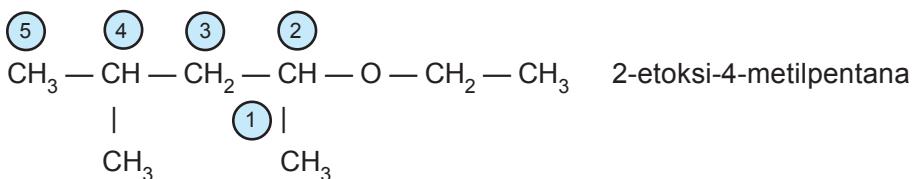
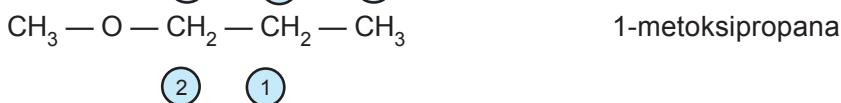
Nama IUPAC eter adalah alkaksi alkana. Eter dianggap sebagai turunan alkana yang satu atom H diganti oleh gugus alkaksi ( $-\text{OR}$ ).



Jika gugus alkilnya berbeda, alkil yang dianggap sebagai alkaksi adalah alkil yang rantai C-nya lebih pendek, sedangkan alkil yang rantainya lebih panjang dianggap sebagai alkana (rantai pokok).

Penomoran dimulai dari C ujung yang terdekat dengan posisi gugus fungsi sehingga C yang mengandung gugus fungsi mendapat nomor terkecil.

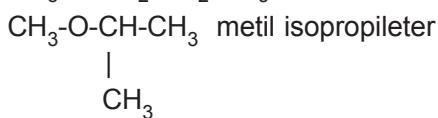
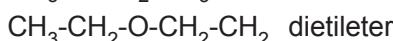
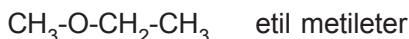
Contoh:



## 2) Nama trivial

Eter diberi nama alkil-alkil yang mengapit – O – menurut abjad dan diikuti dengan kata eter.

Contoh:



### c. Isomer fungsi antara eter dan alkohol

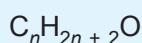
Alkohol dan eter mempunyai rumus molekul sama tetapi gugus fungsinya berbeda. Oleh karena itu, alkohol dan eter disebut sebagai berisomer fungsi.

Di bawah ini dapat dilihat rumus molekul beberapa alkohol dan eter.

**Tabel 4.4 Rumus molekul beberapa alkohol dan eter**

Rumus Molekul	Alkohol	Eter
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -OH	CH <sub>3</sub> -O-CH <sub>3</sub>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -OH	CH <sub>3</sub> -O-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> -OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -O-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>

Jadi, rumus molekul untuk alkohol dan eter:



*d. Sifat-sifat eter*

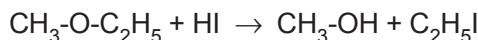
**1) Sifat fisis**

Suhu-suhu eter yang rendah mudah menguap dan mudah terbakar.  
Titik didihnya rendah karena tidak mempunyai ikatan hidrogen.  
Sukar larut dalam air.

**2) Sifat kimia**

Tidak bereaksi dengan natrium. Sifat ini digunakan untuk membedakan antara eter dan alkohol.  
Dapat bereaksi dengan asam halida, membentuk alkohol dan alkil halida.

Contoh:



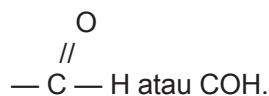
*e. Kegunaan eter*

Dalam kehidupan sehari-hari eter yang paling banyak digunakan adalah dietil eter, yaitu sebagai obat bius dan pelarut senyawa nonpolar.

## 5. Aldehid

### a. Rumus umum aldehid

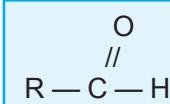
Aldehid adalah senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi:



Tabel 4.5 Beberapa senyawa aldehid

Rumus senyawa	Nama senyawa
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	metanal
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$	etanal
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_2\text{H}_5-\text{C}-\text{H} \end{array}$	propanal
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_3\text{H}_7-\text{C}-\text{H} \end{array}$	butanal
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_4\text{H}_9-\text{C}-\text{H} \end{array}$	pentanal

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa senyawa aldehid mempunyai rumus umum:



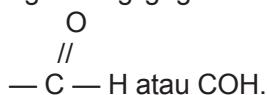
Pada aldehid gugus fungsi terletak di ujung rantai C.

b. Tata nama aldehid

1) Nama IUPAC

Nama IUPAC untuk aldehid adalah alkanal. Untuk alkanal yang mempunyai isomer pemberian namanya sebagai berikut.

Rantai pokok adalah rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi:

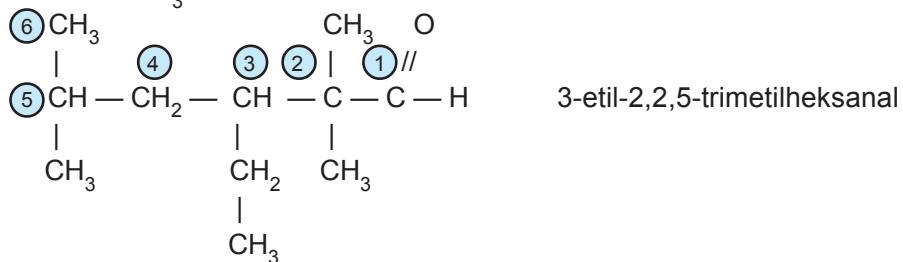
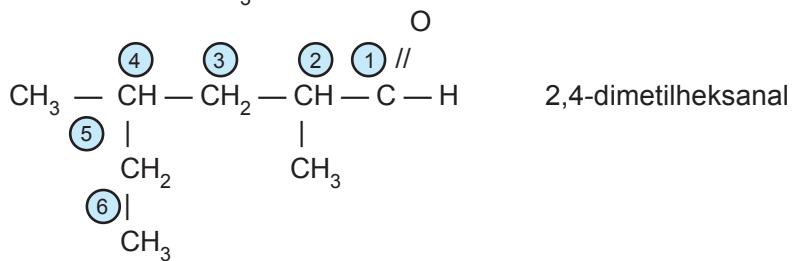
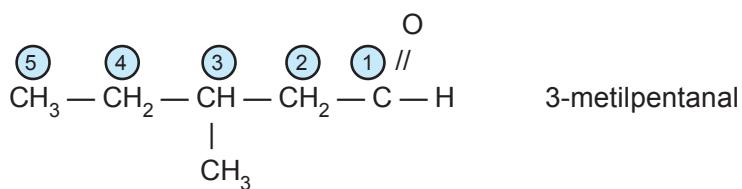


Nama aldehid sesuai nama rantai pokok, diberi akhiran *al*.

Penomoran dimulai dari gugus fungsi.

Pemberian nama dimulai dengan nama cabang-cabang yang disusun menurut abjad, kemudian nama rantai pokok. Posisi gugus fungsi tidak perlu disebutkan karena selalu pada atom C nomor satu.

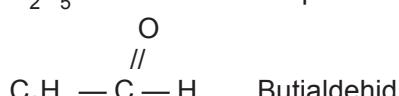
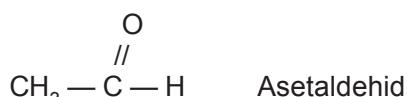
Contoh:



## 2) Nama trivial

Nama trivial dari aldehid menggunakan akhiran aldehid.

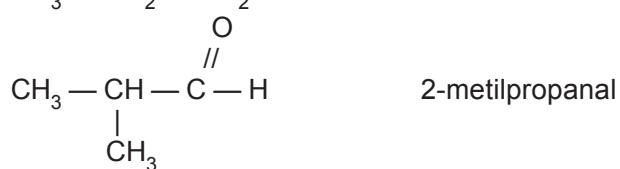
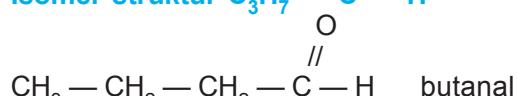
Contoh:



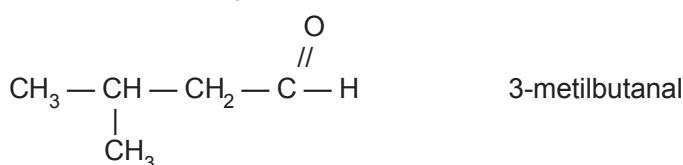
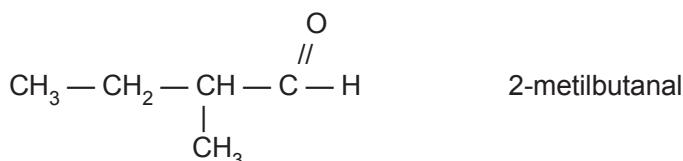
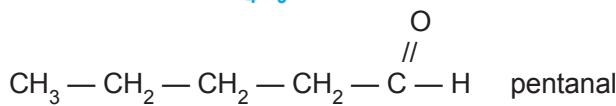
### c. Isomer aldehid

Aldehid tidak mempunyai isomer posisi karena gugus fungsi dari aldehid terletak di ujung rantai C. Isomer pada aldehid terjadi karena adanya cabang dan letak cabang, jadi merupakan isomer struktur. Isomer aldehid mulai terdapat pada suku ke-4 yaitu butanal.

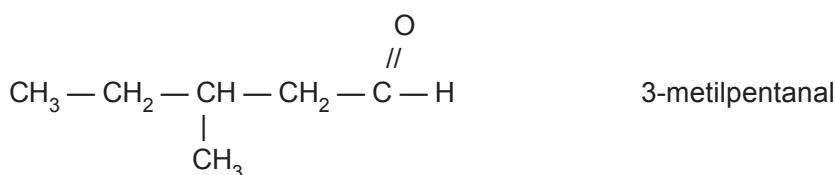
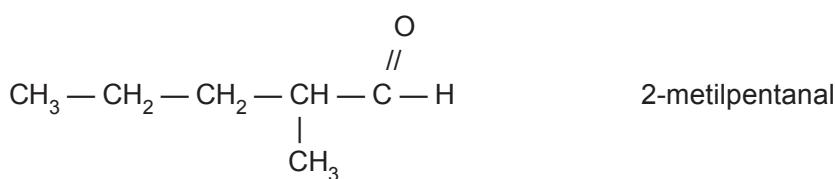
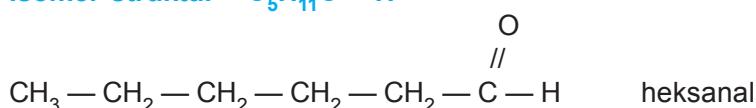
#### 1) Isomer struktur $\text{C}_3\text{H}_7 - \text{C} - \text{H}$

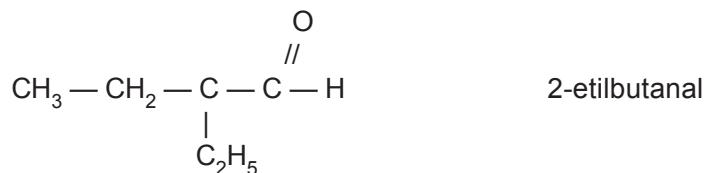
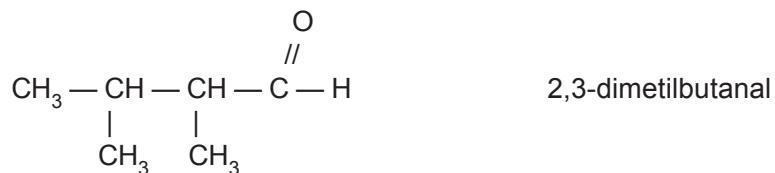
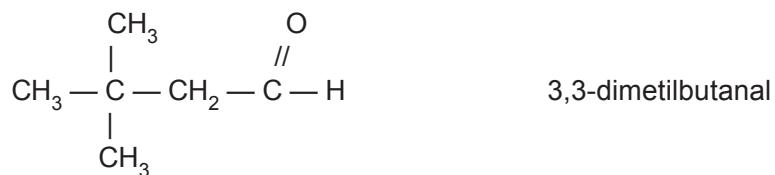
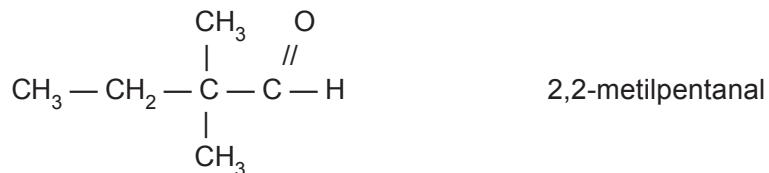
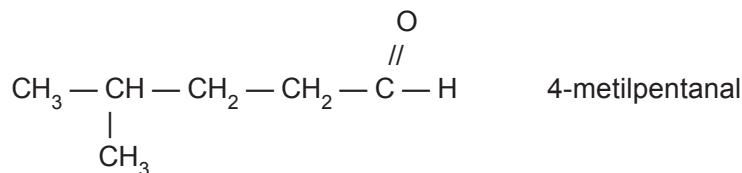


2) Isomer struktur  $C_4H_9 - C - H$



3) Isomer struktur  $C_5H_{11}C - H$

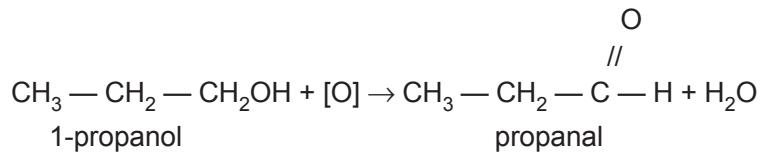


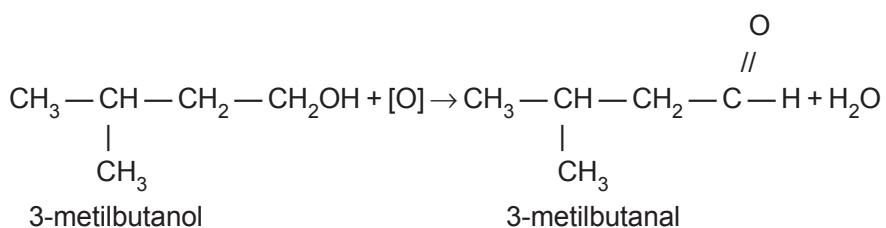


*d. Pembuatan aldehid*

Aldehid dapat dibuat dari oksidasi alkohol primer. Oksidasi yang digunakan adalah  $\text{KMnO}_4$  atau  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

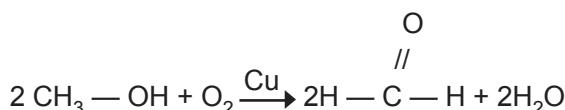
Contoh:



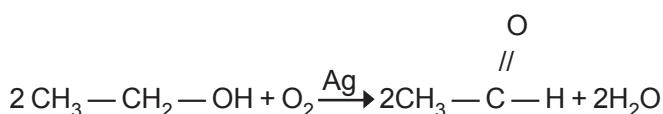


Dalam industri secara besar-besaran aldehid dibuat dari uap alkohol dan udara dengan katalis tembaga atau perak.

- Metanal dibuat dari: metanol + udara.



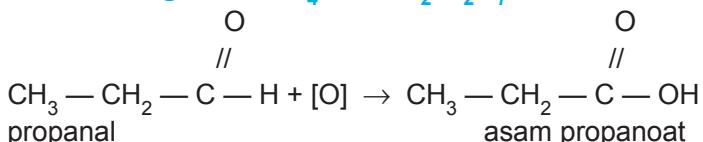
- Etanal dibuat dari: etanol + udara.



#### e. Reaksi oksidasi aldehid

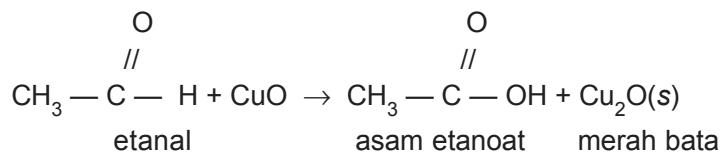
Jika aldehid direaksikan dengan oksidator, maka akan terbentuk asam karboksilat. Oksidator yang digunakan adalah  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , larutan Fehling, dan larutan Tollens.

##### 1) Reaksi dengan $\text{KMnO}_4$ atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$



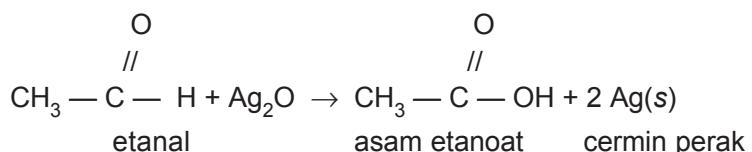
##### 2) Reaksi dengan larutan Fehling

Pereaksi Fehling adalah campuran  $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$  dengan kalium natrium tartrat dalam suasana basa. Pereaksi Fehling dapat dianggap  $\text{CuO}$ . Reaksi aldehid dengan larutan Fehling menghasilkan endapan merah bata dari  $\text{Cu}_2\text{O}$ .



### 3) Reaksi dengan larutan Tollens

Pereaksi Tollens adalah larutan  $\text{AgNO}_3$  dalam larutan  $\text{NH}_3$  berlebih. Pereaksi Tollens dapat dianggap sebagai larutan  $\text{Ag}_2\text{O}$ . Reaksi aldehid dengan larutan Tollens akan menghasilkan endapan perak. Endapan perak yang dihasilkan akan melapisi tabung membentuk cermin. Oleh karena itu, reaksi ini disebut reaksi cermin perak.

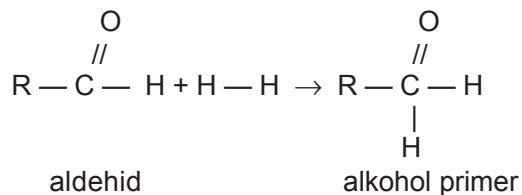


Reaksi dengan Fehling dan dengan Tollens adalah reaksi identifikasi aldehid, yaitu reaksi yang menunjukkan ada tidaknya gugus fungsi CHO dalam senyawa karbon.

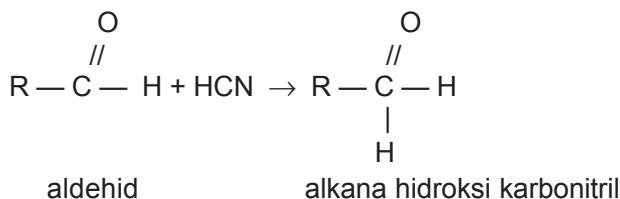
#### f. Reaksi adisi aldehid

Reaksi yang mengubah senyawa karbon tidak jenuh (mempunyai ikatan rangkap) menjadi senyawa karbon jenuh (tidak mempunyai ikatan rangkap) dinamakan reaksi adisi. Karena aldehid memiliki ikatan rangkap antara C dengan O, maka aldehid dapat diadisi.

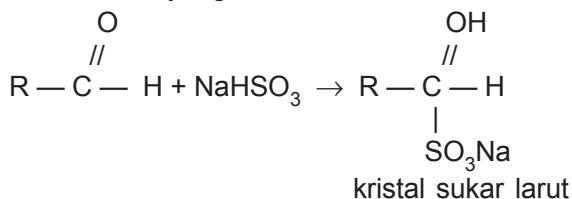
**1) Adisi dengan hidrogen ( $\text{H}_2$ )** menghasilkan alkohol primer, reaksi ini merupakan reaksi reduksi.



- 2) Adisi dengan HCN (hidrogen sianida) menghasilkan hidroksi karbonitril.



- 3) Adisi dengan  $\text{NaHSO}_3$  (natrium bisulfit) menghasilkan zat yang sukar larut.



*g. Kegunaan aldehid*

Metanal atau formaldehid adalah aldehid yang banyak diproduksi karena paling banyak kegunaannya. Misalnya untuk membuat formalin yaitu larutan 30–40% formaldehid dalam air. Formalin digunakan untuk mengawetkan preparat-preparat anatomi.

## 6. Keton

a. Rumus umum keton

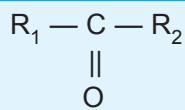
Keton adalah senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi — C — (gugus karbonil) di antara



**Tabel 4.6 Beberapa senyawa keton**

Rumus senyawa	Nama senyawa
$\text{CH}_3 - \underset{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3$    O	Propanon
$\text{CH}_3 - \underset{\parallel}{\text{C}} - \text{C}_2\text{H}_5$    O	Butanon
$\text{CH}_3 - \underset{\parallel}{\text{C}} - \text{C}_3\text{H}_7$    O	Pantan
$\text{C}_2\text{H}_5 - \underset{\parallel}{\text{C}} - \text{C}_2\text{H}_5$    O	Pantan

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa senyawa keton mempunyai rumus umum:



*b. Tata nama keton*

**1) Nama IUPAC**

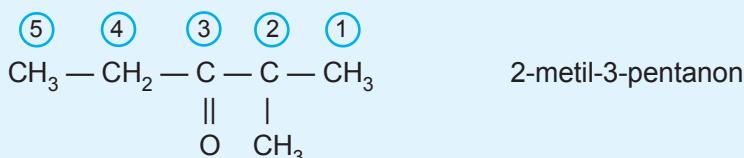
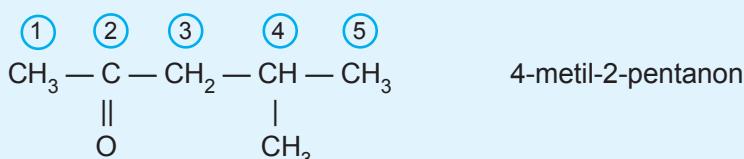
Nama IUPAC dari keton adalah alkanon. Suku terendah dari alkanon adalah propanon. Untuk alkanon yang mempunyai isomer pemberian nama senyawa sebagai berikut.

- a) Rantai pokok adalah rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi — C — diberi nama



- b) Penomoran dimulai dari C ujung yang terdekat dengan posisi gugus fungsi sehingga C yang mengandung gugus fungsi mendapat nomor terkecil.
- c) Pemberian nama sama seperti alkanol. Cabang-cabang disebut lebih dulu, disusun menurut abjad dan diberi awalan yang menyatakan jumlah cabang tersebut. Letak gugus fungsi dinyatakan dengan awalan angka pada nama rantai pokok.

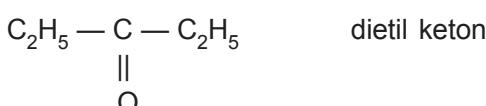
Contoh:

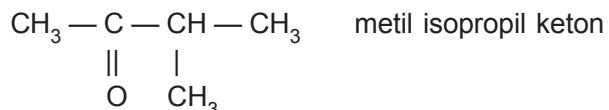
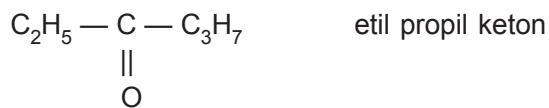
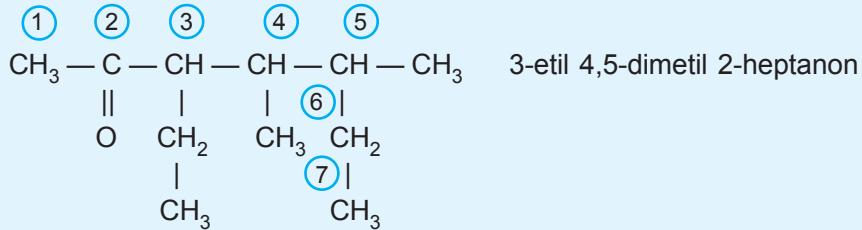
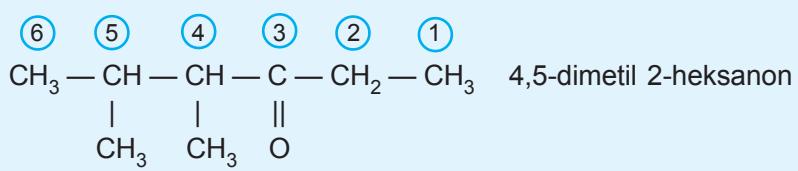


## 2) Nama lazim

Nama lazim keton adalah alkil-alkil keton. Jika gugus alkil sama disebut dialkil keton.

Contoh:



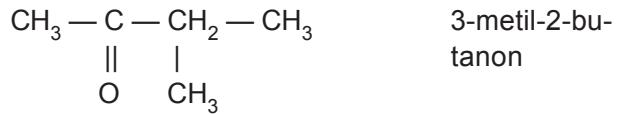
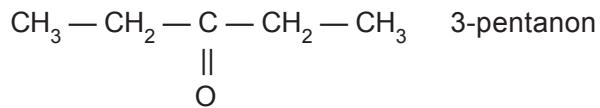
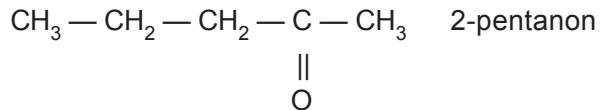


c. *Isomer posisi senyawa keton*

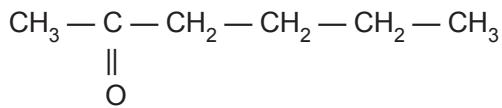
Keton mempunyai isomer posisi, karena letak gugus fungsi dapat berbeda. Isomer posisi mulai terdapat pada pentanon.

Contoh:

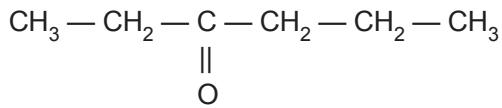
1) **Senyawa C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O**



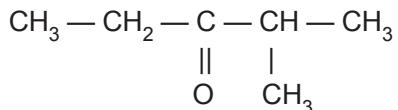
## 2) Senyawa $C_6H_{12}O$



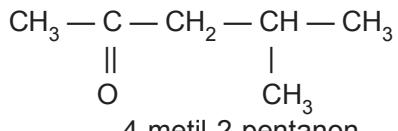
2-heksanon



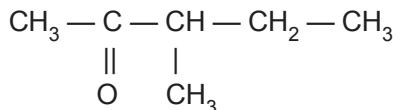
3-heksanon



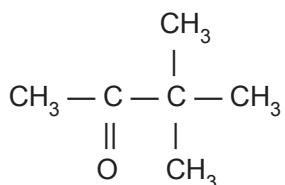
2-metil-3-pantanon



4-metil-2-pantanon



3-metil-2-pantanon



3,3-dimetil-2-butanon

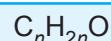
d. Isomer fungsi antara aldehid dan keton

Aldehid dan keton mempunyai rumus molekul sama tetapi gugus fungsinya berbeda.

**Tabel 4.7 Rumus molekul beberapa aldehid dan keton**

Rumus molekul	Aldehid	Keton
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	CH <sub>3</sub> — CH <sub>2</sub> — C — H <sup>O</sup> //	CH <sub>3</sub> — C — CH <sub>3</sub>    O
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	CH <sub>3</sub> — (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> — C — H <sup>O</sup> //	C <sub>3</sub> — C — CH <sub>2</sub> — CH <sub>3</sub>    O
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	CH <sub>3</sub> — (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> — C — H <sup>O</sup> //	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> — C — C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>    O

Jadi, rumus molekul untuk aldehid dan keton adalah



#### e. Reaksi membedakan aldehid dan keton

Aldehid dan keton dapat dibedakan dengan cara mereaksikan senyawa-senyawa itu dengan oksidator seperti pereaksi Fehling dan pereaksi Tollens. Aldehid bereaksi positif dengan kedua pereaksi itu, dengan Fehling menghasilkan endapan merah bata, dengan Tollens menghasilkan cermin perak. Sedangkan keton tidak dapat dioksidasi, berarti reaksi negatif.

Aldehid + Fehling → endapan merah bata

Aldehid + Tollens → cermin perak

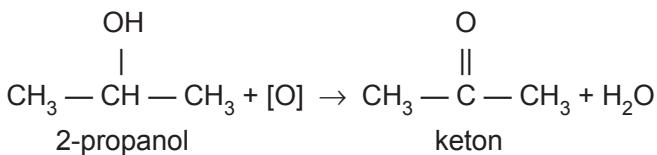
Keton + Fehling tidak bereaksi

Keton + Tollens tidak bereaksi

*f. Pembuatan keton*

Keton dibuat dari oksidasi alkohol sekunder. Oksidator yang digunakan adalah larutan  $\text{KMnO}_4$  atau larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

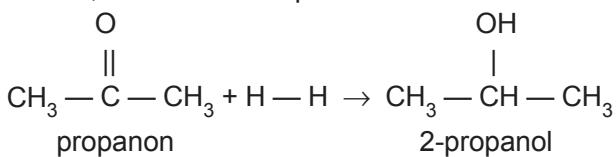
Contoh:



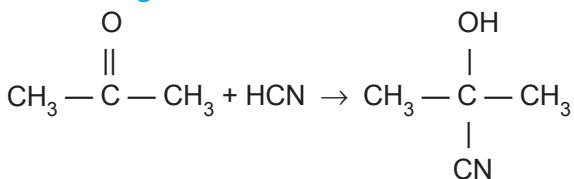
Secara besar-besaran dalam industri propanon dibuat dari reaksi oksidasi alkohol sekunder dengan udara (oksigen), sebagai katalis digunakan tembaga.

*g. Reaksi-reaksi keton*

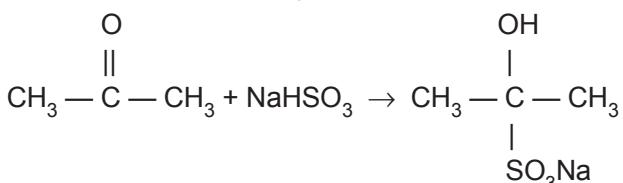
**1) Adisi dengan hidrogen** menghasilkan alkohol sekunder, reaksi ini merupakan reaksi reduksi.



**2) Adisi dengan HCN**



**3) Adisi dengan  $\text{NaHSO}_3$**



#### *h. Kegunaan keton*

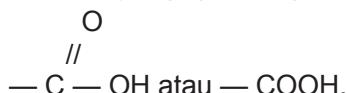
Senyawa keton yang paling dikenal dalam kehidupan sehari-hari adalah aseton (propanon). Kegunaan aseton yaitu sebagai berikut.

- 1) Pelarut senyawa karbon, misalnya untuk membersihkan cat kuku (kutek), melarutkan lilin, dan plastik.
- 2) Untuk membuat kloroform (obat bius), iodoform, dan isopren.

### 7. Asam karboksilat

#### *a. Rumus umum asam karboksilat*

Asam karboksilat adalah senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi



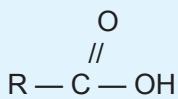
Asam-asam ini banyak terdapat di alam, misalnya pada semut, cuka, apel, dan jeruk.

Di bawah ini contoh beberapa asam karboksilat.

**Tabel 4.8 Beberapa senyawa asam karboksilat**

Rumus senyawa	Nama senyawa
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	Asam metanoat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	Asam etanoat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_2\text{H}_5 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	Asam propanoat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_3\text{H}_7 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	Asam butanoat

Berdasarkan rumus senyawa asam karboksilat di atas dapat disimpulkan rumus umum asam karboksilat adalah



b. Tata nama asam karboksilat

1) Nama IUPAC

Pada sistem IUPAC nama asam diturunkan dari nama alkana, akhiran *a* diganti *oat* dan di depannya ditambah kata asam. Jadi, asam karboksilat disebut golongan asam alkanoat.

Untuk senyawa yang mempunyai isomer, tata namanya sama seperti pada aldehid karena gugus fungsinya sama-sama berada pada ujung rantai C. Cara penamaannya sebagai berikut.

a) Rantai pokok adalah rantai yang paling panjang



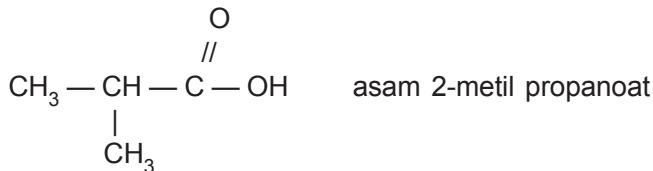
yang mengandung gugus fungsi — C — OH.

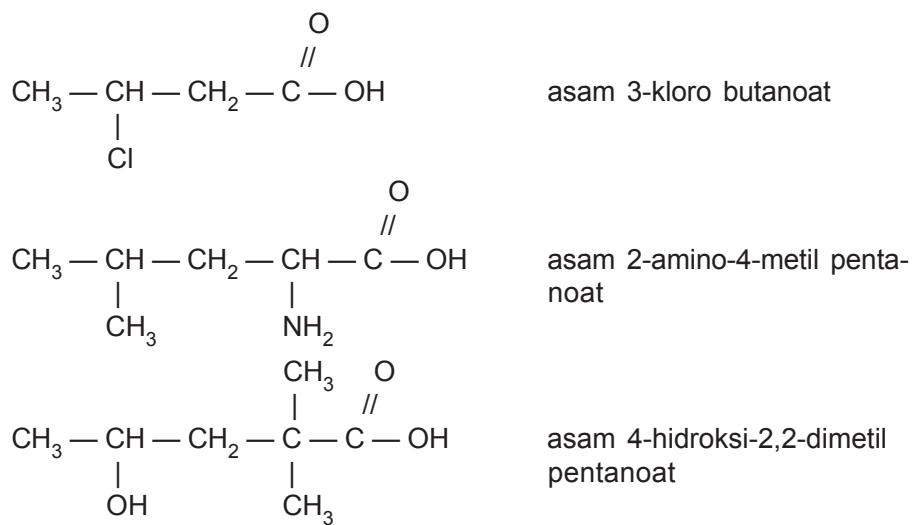
Nama karboksilat sesuai nama rantai pokok diberi akhiran oat.

b) Penomoran dimulai dari gugus fungsi.

c) Penulisan nama dimulai dengan nama cabang-cabang atau gugus lain yang disusun menurut abjad kemudian nama rantai pokok. Karena gugus fungsi pasti nomor satu, jadi nomor gugus fungsi tidak perlu disebutkan.

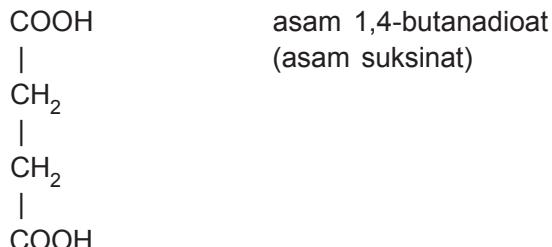
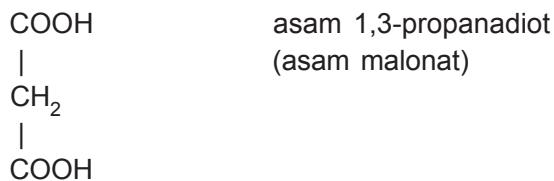
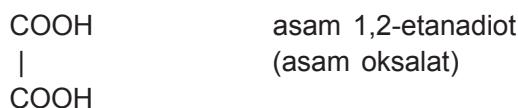
Contoh:

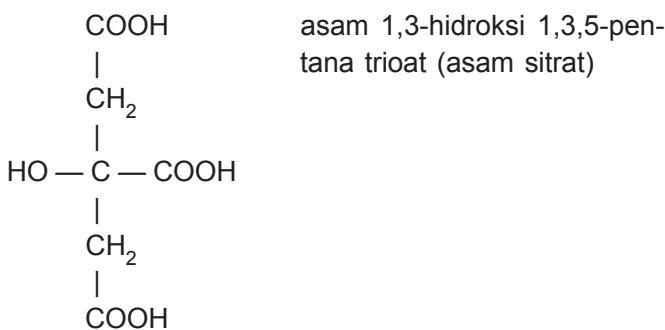




Asam karboksilat yang mempunyai dua gugus COOH disebut asam alkanadioat sedangkan asam yang mempunyai tiga gugus COOH disebut asam alkana-trioat.

Contoh:





## 2) Nama trivial

Nama trivial asam karboksilat diambil dari nama asal asam tersebut di alam.

Contoh:

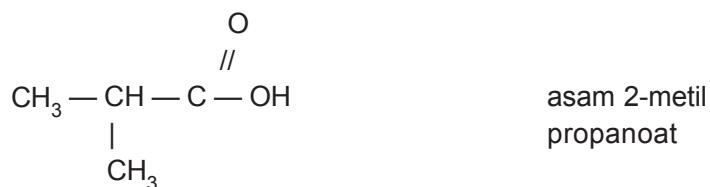
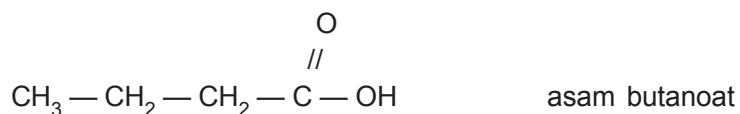
- a) HCOOH disebut asam semut atau asam formiat (asam format) karena diketemukan pada semut (*formika* = semut).
- b) CH<sub>3</sub>COOH disebut asam cuka atau asam asetat (*asetum* = cuka).
- c) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COOH disebut asam propionat (*protopi-on* = lemak awal).
- d) C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>COOH disebut asam butirat (*butyrum* = mentega).
- e) C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>COOH disebut asam valerat (*valere* = nama sejenis tanaman).

### c. Isomer asam karboksilat

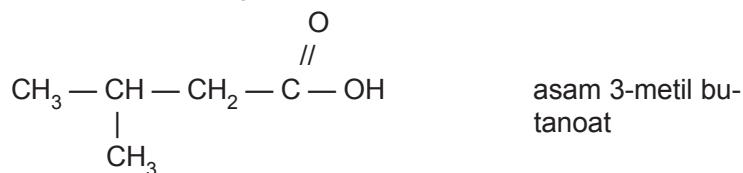
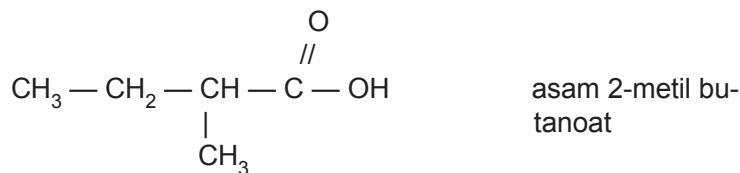
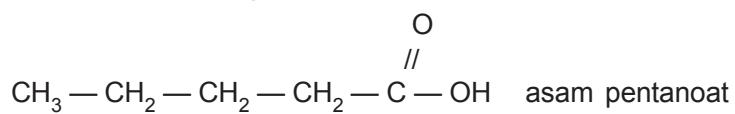
Asam karboksilat seperti aldehid juga tidak mempunyai isomer posisi karena gugus fungsinya di ujung rantai C. Karena yang dapat berubah hanya struktur alkil, maka isomernya adalah isomer struktur.

Contoh:

1) Isomer struktur  $C_4H_9C - OH$



2) Isomer struktur  $C_5H_{11} - C - OH$



d. Sifat asam karboksilat

1) Sifat fisis

a) Wujud

Suku-suku rendah berupa zat cair, sedangkan suku-suku yang lebih tinggi berupa zat padat.

b) Kelarutan dalam air

Suku-suku rendah ( $C_1-C_4$ ) mudah larut, namun makin banyak atom C dalam molekul kelerutan makin berkurang, dan senyawa yang berwujud padat tidak dapat larut.

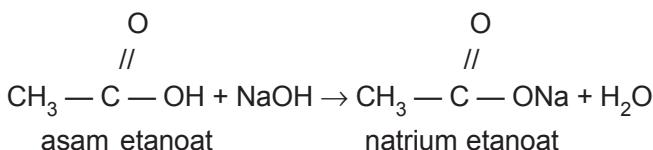
c) Titik didih dan titik lelehnya tinggi, karena antara molekulnya terdapat ikatan hidrogen.

d) Merupakan asam lemah. Makin panjang rantai C makin lemah asamnya.

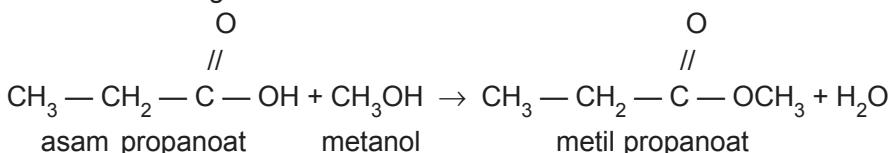
2) Sifat kimia

a) Direaksikan dengan basa membentuk garam.

Contoh:



b) Direaksikan dengan alkohol membentuk ester



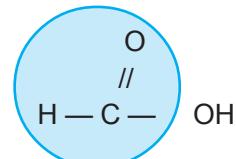
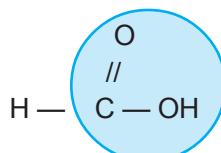
e. Beberapa asam karboksilat yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari

1) Asam formiat (asam semut/asam metanoat)

Asam formiat merupakan zat cair yang tidak berwarna, mudah larut dalam air dan berbau tajam. Dalam jumlah sedikit terdapat dalam keringat, oleh

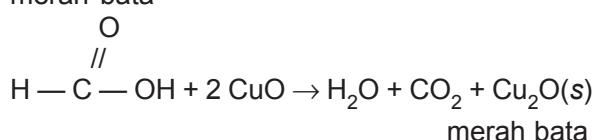
karena itu keringat baunya asam. Asam ini juga menyebabkan lecet atau lepuh pada kulit.

Sifat khusus yang dimiliki asam formiat dapat mereduksi, karena mempunyai gugus aldehid.

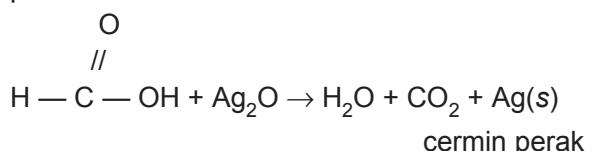


Contoh:

- a) Mereduksi larutan Fehling membentuk endapan merah bata



- b) Mereduksi larutan Tollens membentuk cermin perak.



Kegunaan asam format yaitu untuk mengumpulkan lateks, penyamakan kulit, dan pada proses pencelupan tekstil.

## 2) Asam asetat (asam cuka/asam etanoat)

Asam asetat mempunyai banyak kesamaan sifat dengan asam formiat yaitu: berwujud cair, tidak berwarna, mudah larut dalam air, dan berbau tajam. Larutan cuka sebagai makanan yang umum digunakan sehari-hari mempunyai kadar 25% volume asam asetat, sedangkan asam asetat murni disebut asam asetat glasial digunakan untuk membuat selulosa asetat dalam industri rayon.

### 3) Asam karboksilat lainnya

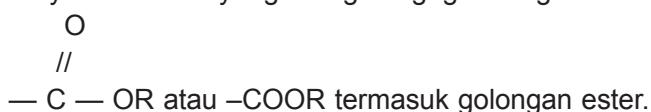
Selain asam formiat pada semut dan asam asetat pada cuka, ada juga asam karboksilat lain seperti:

- a) asam laktat pada susu,
- b) asam sitrat pada jeruk,
- c) asam tartrat pada anggur,
- d) asam glutamat pada kecap (garam glutamat dikenal dengan nama MSG atau monosodium glutamat dipakai untuk penyedap masakan).

## 8. Ester

### a. Rumus umum ester

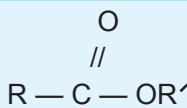
Senyawa karbon yang mengikat gugus fungsi



**Tabel 4.9 Beberapa senyawa ester**

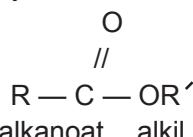
Rumus senyawa	Nama senyawa
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H — C — OCH}_3 \end{array}$	Metilmetanoat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 — \text{C — OCH}_3 \end{array}$	Metiletanoat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 — \text{C — OC}_2\text{H}_5 \end{array}$	Etiletanoat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_3\text{H}_5 — \text{C — OCH}_3 \end{array}$	Metilpropanoat

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan rumus umum ester sebagai berikut.

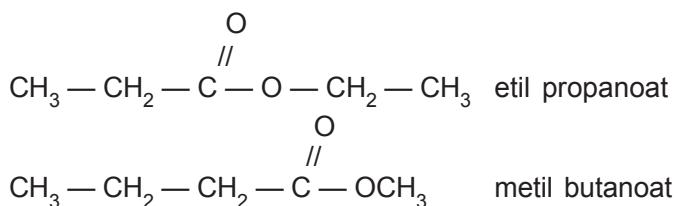


b. *Tata nama ester*

Penamaan ester hampir sama dengan asam karboksilat, hanya saja karena atom H dari gugus  $-\text{OH}$  diganti dengan gugus alkil, maka nama asam diganti dengan nama alkil dari  $\text{R}'$ . Sehingga ester mempunyai nama alkil alkanoat.



Contoh:



c. *Isomer ester*

Senyawa ester yang mengandung atom C lebih dari dua dapat mempunyai isomer. Karena untuk satu rumus molekul ester, 2 alkil di antara gugus karbonil dapat berbeda.

Contoh:

1) Ester dengan 3 atom C

- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 — \text{C} — \text{OCH}_3 \end{array}$  metil etanoat
- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} — \text{C} — \text{O} — \text{CH}_2 — \text{CH}_3 \end{array}$  etil metanoat

2) Ester dengan 4 atom C

- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3 \end{array}$  metil propanoat
- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$  etil etanoat
- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$  isopropil metanoat
- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$  propil metanoat

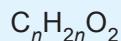
d. Ester dengan asam karboksilat berisomer fungsi

Ester berisomer fungsi dengan asam karboksilat karena kedua golongan ini mempunyai rumus molekul yang sama.

**Tabel 4.10 Rumus molekul beberapa asam karboksilat dan ester**

Rumus molekul	Asam karboksilat	Ester
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} - \text{C} - \text{OCH}_3 \end{array}$
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_2\text{H}_5 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OCH}_3 \end{array}$
$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_3\text{H}_7 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_2\text{H}_5 - \text{C} - \text{OCH}_3 \end{array}$

Rumus molekul ester dan asam karboksilat sebagai berikut.

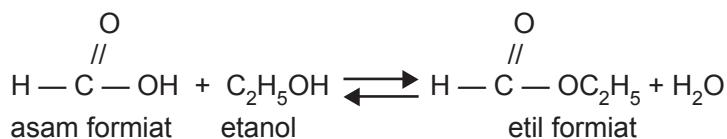


#### e. Pembuatan ester

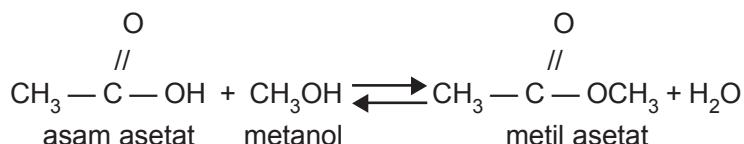
Ester dapat dibuat dengan cara mereaksikan asam karboksilat dengan alkohol memakai katalisator asam sulfat. Reaksi ini disebut pengesteran (esterifikasi).

Contoh:

- 1) Asam formiat (asam metanoat) dengan etanol membentuk etil formiat (etil metanoat).



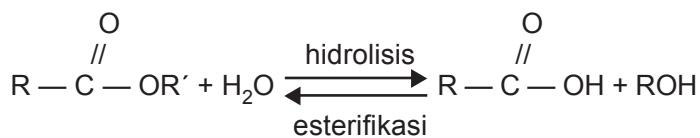
- 2) Asam asetat (asam etanoat) dengan metanol membentuk metil asetat (metil etanoat).



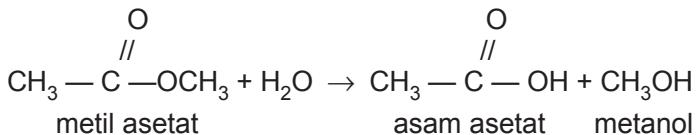
#### f. Reaksi hidrolisis ester

Reaksi hidrolisis ester adalah reaksi antara ester dengan air menghasilkan asam karboksilat dengan alkohol. Reaksi ini merupakan kebalikan dari reaksi esterifikasi.

Contoh:



Reaksi hidrolisis pada minyak atau lemak akan menghasilkan gliserol dan asam-asam lemak dan mengakibatkan minyak atau lemak tersebut berbau tengik.



#### *g. Kegunaan ester*

- 1) Senyawa ester dengan rantai pendek (ester yang berasal dari asam karboksilat suku rendah dengan alkohol suku rendah) banyak terdapat dalam buah-buahan yang menimbulkan aroma dari buah tersebut, sehingga disebut ester buah-buahan.

Senyawa ester ini banyak digunakan sebagai penyedap atau esens.

Tabel 4.11 Beberapa ester dan aromanya

Ester	Aroma buah-buahan
Etil asetat	pisang selai
Etil butirat	stroberi
Amil asetat	nanas
Amil valerat	apel
Oktil asetat	jeruk

Di samping itu digunakan juga sebagai pelarut pada pembuatan cat, cat kuku, dan perekat.

- 2) Ester yang berasal dari gliserol dengan asam karboksilat suku rendah atau tinggi (minyak dan lemak). Digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan sabun dan mentega (margarin).
  - 3) Ester dari alkohol suku tinggi dan asam karboksilat suku tinggi. Ester ini disebut lilin (wax), lilin ini berbeda dengan lilin hidrokarbon (lilin parafin). Kegunaannya ialah untuk pemoles mobil dan lantai.



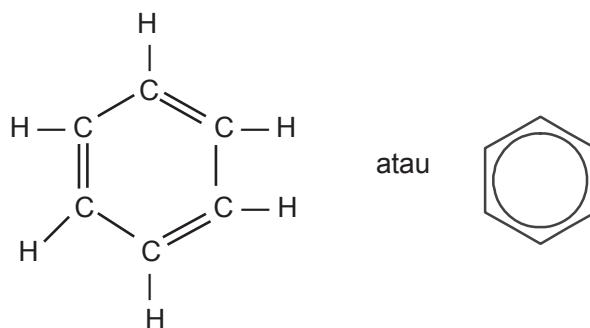
## B. Benzena dan Turunannya

### 1. Pengertian benzena

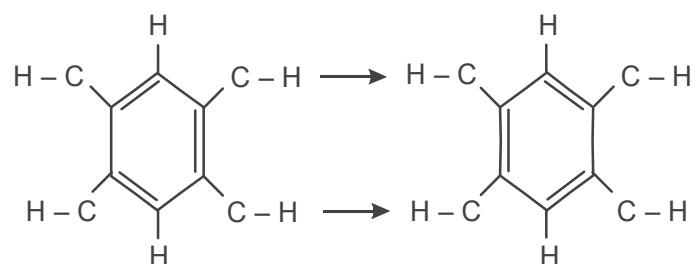
Benzena adalah senyawa organik siklik (berbentuk cincin) dengan enam atom karbon yang bergabung membentuk cincin segi enam.

Rumus molekulnya adalah  $C_6H_6$ .

#### Struktur benzena



Rumus struktur merupakan ikatan rangkap terkonjugasi:

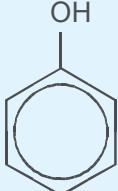
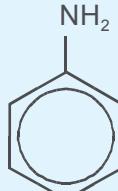
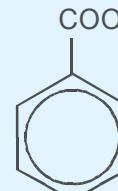


Dikatakan bahwa benzena terdapat di antara bentuk resonansi kedua struktur tersebut.

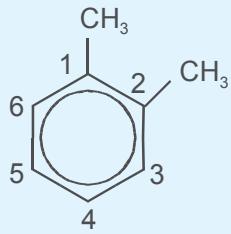
## 2. Turunan benzena

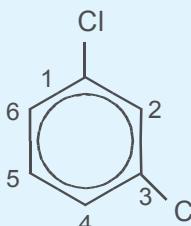
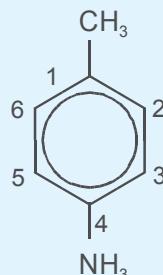
Atom H dari inti benzena digantikan oleh atom atau gugus molekul lain.

Contoh untuk monosubstitusi:

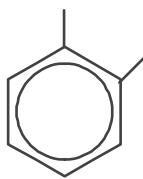
Rumus struktur	Rumus molekul	Nama
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	fenol (fenil alkohol)
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	anilina (fenil amina, amino benzena)
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	asam benzoat (fenil karboksilat)

Contoh untuk disubstitusi:

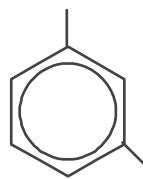
Rumus struktur	Rumus molekul	Nama
	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,2-dimetil benzena (ortho ksilena)

Rumus struktur	Rumus molekul	Nama
	$C_6H_4-Cl_2$	1,3-dikloro benzena (meta dikloro benzana)
	$C_6H_4-CH_3-NH_2$	1,4-amino toluena (para amino toluena)

Ciri khusus:



substitusi orto

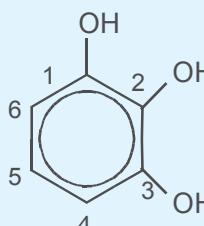


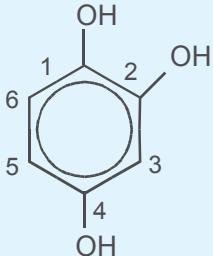
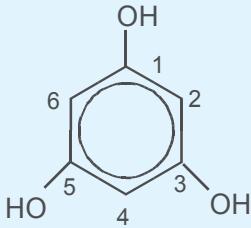
substitusi meta



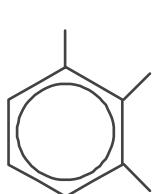
substitusi para

Contoh untuk disubstitusi:

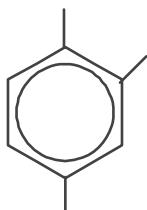
Rumus struktur	Rumus molekul	Nama
	$C_6H_3-(OH)_3$	1,2,3-trihidroksi benzena (visinal trihidroksi benzena pirogalol)

Rumus struktur	Rumus molekul	Nama
	$C_6H_3(OH)_3$	1,2,4-trihidroksi benzana (asimetri trihidroksi benzana hidrokinon)
	$C_6H_3(OH)_3$	1,3,5-trihidroksi benzana (simetri trihidroksi benzana floroglusinol)

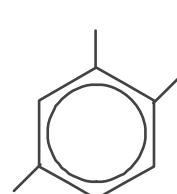
Ciri khusus:



substitusi 1, 2, 3  
(visinal)

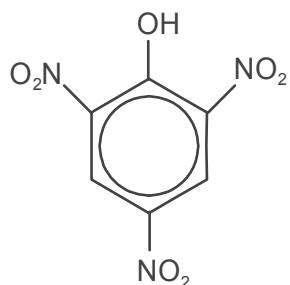


substitusi 1, 2, 4  
(asimetri)

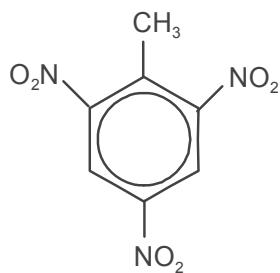


substitusi 1, 3, 5  
(simetri)

Contoh tetrasubstitusi



$C_6H_2-OH-(NO_2)_3$   
2,4,6-trinitrofenol  
(asam pikrat)

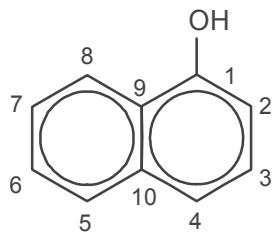


$C_6H_2-OH_3-(NO_2)_3$   
2,4,6-trinitro toluena  
(trotol/TNT)

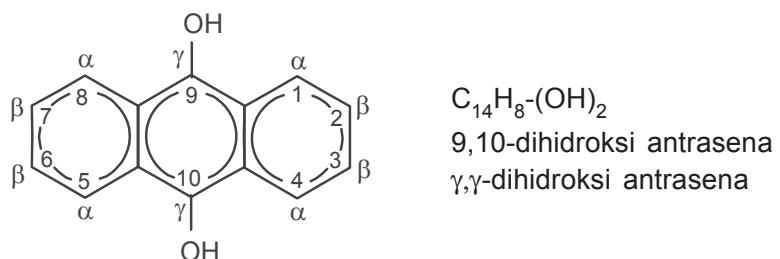
Contoh hidrokarbon polisiklis:

Rumus bangun	Rumus sederhana/ rumus molekul	Nama
	 $C_{10}H_8$	Naftalena
	 $C_{14}H_{10}$	Antrasena

Selanjutnya

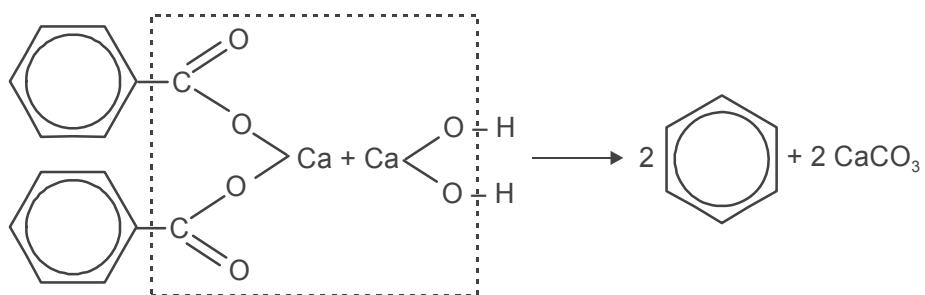


$C_{10}H_7-OH$   
1-hidroksi naftalena  
 $\alpha$ -hidroksi naftalena  
 $\alpha$ -naftol

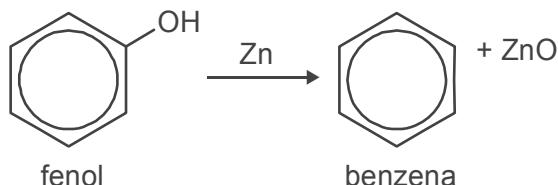


#### a. Pembuatan

- 1) Sulingan bertingkat ter batu bara.  
Selain benzena terdapat zat-zat lain seperti fenol, toluena, ksilena, naftalena, dan antrasena. Masing-masing dapat dipisahkan berdasar perbedaan titik didih.
- 2) Pemanasan kering Ca-benzoat dan Ca-hidroksida:

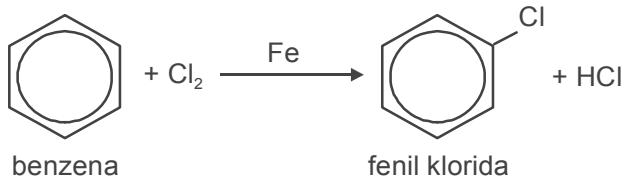


- 3) Uap fenol dengan serbuk seng panas:

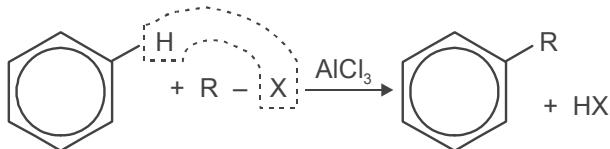


*b. Reaksi khusus*

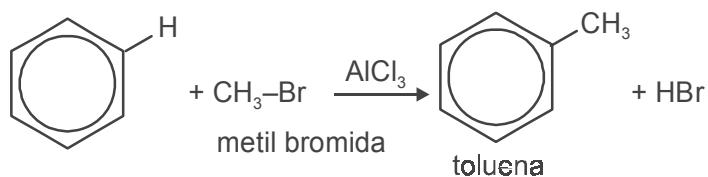
- 1) Reaksi substitusi, berlangsung dengan katalis.  
Substitusi halogen dengan katalis Fe,  $\text{FeCl}_3$ , atau  $\text{AlCl}_3$



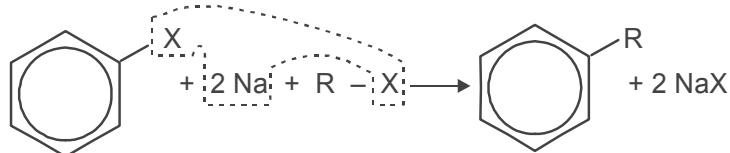
- 2) Substitusi alkil (sintesis Friedel dan Craft)



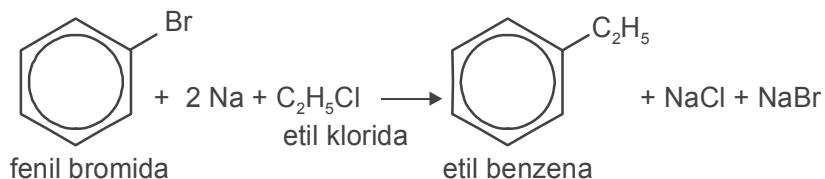
Contoh:



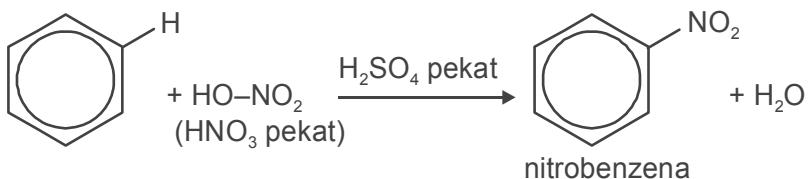
Substitusi alkil dapat pula dengan sintesis Wurtz dan Fittig:



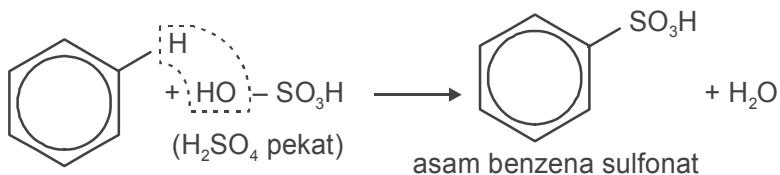
Contoh:



- 3) Substitusi dengan gugus nitro: benzena campuran dengan  $\text{HNO}_3$  pekat dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat



- 4) Substitusi dengan sulfon: benzena dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat



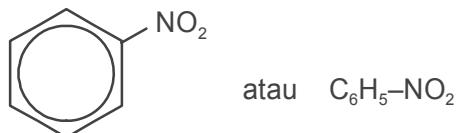
c. *Sifat-sifat benzena*

- 1) Cairan tak berwarna, mudah terbakar.
- 2) Uap benzena bersifat racun, berbau tak enak.
- 3) Tak larut dalam air tetapi larut dalam alkohol dan eter.
- 4) Membeku pada suhu 5,5 °C dan mendidih pada suhu 80,1 °C.
- 5) Reaksi adisinya tidak semudah pada alkena.

d. *Kegunaan*

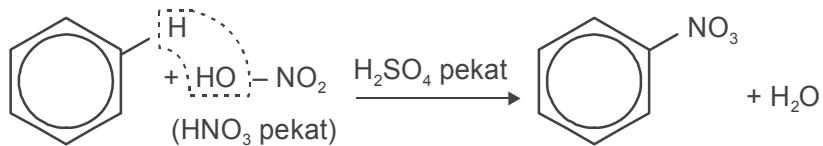
- 1) Bahan untuk obat-obatan.
- 2) Pelarut lemak, damar, lilin.

## 2. Nitrobenzena



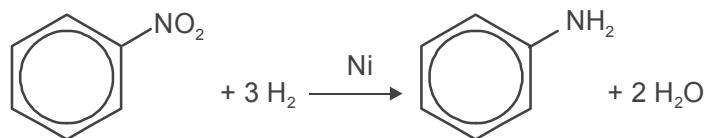
a. Pembuatan

Nitrasii (penitroan) benzena sebagai berikut.

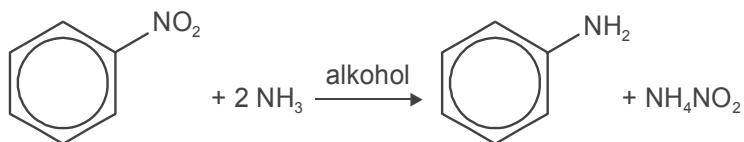


b. Reaksi khusus

1) Reduksi nitrobenzena menghasilkan anilina



2) Dengan amoniak memberikan anilina (suasana alkohol)



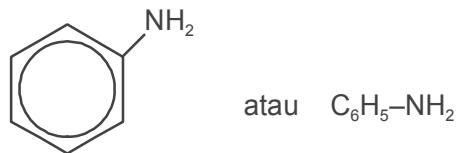
c. Sifat-sifat

- 1) Cairan berwarna kuning.
- 2) Bersifat racun.
- 3) Bersifat higroskopis.
- 4) Tak dapat dihidrolisis.
- 5) Karena bersifat basa, maka dengan asam menghasilkan garam anilina.

d. Kegunaan

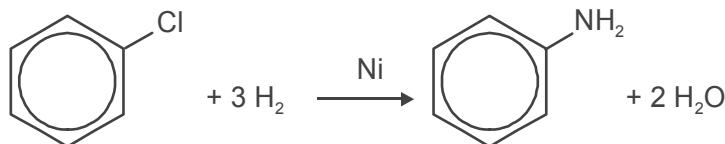
- 1) Untuk membuat bahan wewangian.
- 2) Untuk bahan pengoksidasi.
- 3) Bahan baku pembuatan anilina.

### **3. Anilina**

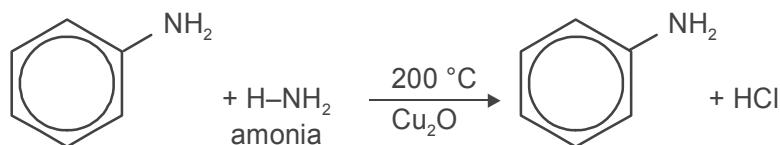


a. Pembuatan

### 1) Reduksi nitrobenzena

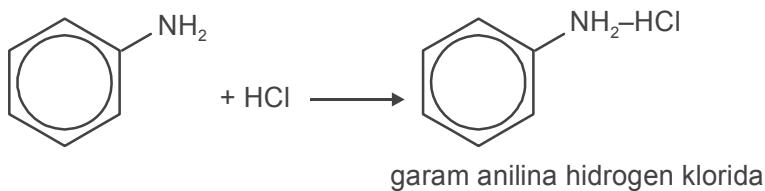


2) Fenil klorida dan amonia dipanaskan sampai 200 °C dengan katalis Cu<sub>2</sub>O di bawah tekanan

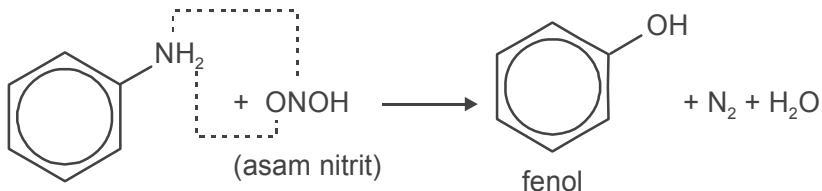


*b. Reaksi khusus*

1) Dengan asam membentuk garam:



2) Dengan asam nitrit membentuk fenol



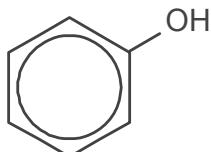
c. *Sifat-sifat*

- 1) Cairan tak berwarna.
- 2) Sukar larut dalam air.
- 3) Bersifat basa lemah.

d. *Kegunaan*

- 1) Untuk bahan pewarna.
- 2) Untuk analisis organik.

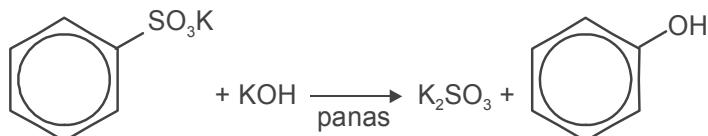
4. **Fenol**



atau  $C_6H_5-OH$

a. *Pembuatan*

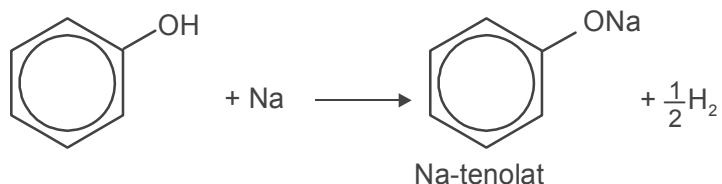
- 1) Sulingan bertingkat batu bara.
- 2) Pemanasan K-benzena sulfonat dengan KOH



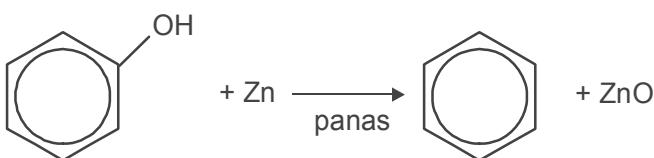
- 3) Anilina dengan asam nitrit (lihat reaksi khusus anilina).

b. *Reaksi khusus*

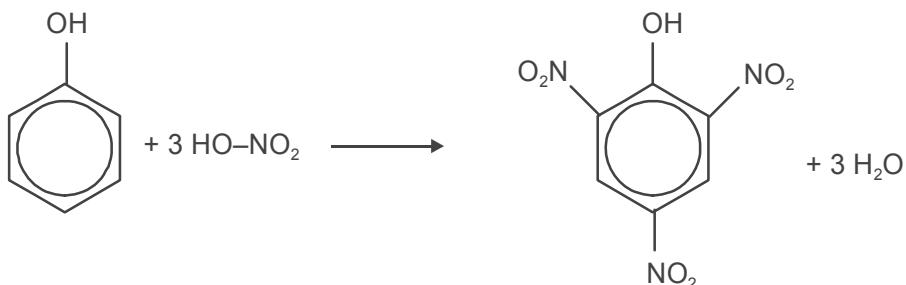
- 1) Bereaksi dengan logam alkali



- 2) Dapat direduksikan oleh seng menghasilkan benzena



- 3) Dengan campuran  $\text{HNO}_3$  pekat +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat menghasilkan asam pikrat



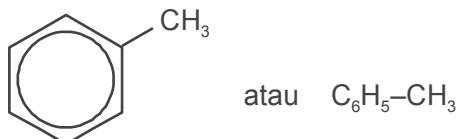
c. *Sifat-sifat*

- 1) Padatan tak berwarna yang higroskopis.
- 2) Larut dalam pelarut organik.
- 3) Bersifat asam lemah.

d. *Kegunaan*

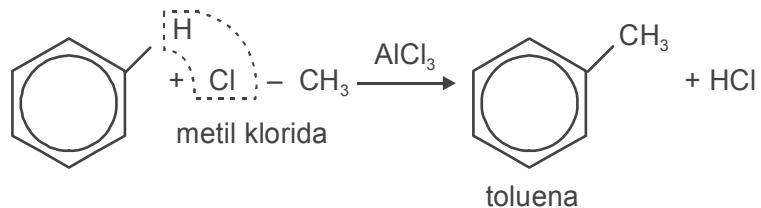
- 1) Bahan desinfektan.
- 2) Bahan pembuat zat pewarna.
- 3) Bahan pembuat plastik.
- 4) Karbol adalah larutan fenol.

## 5. Toluena

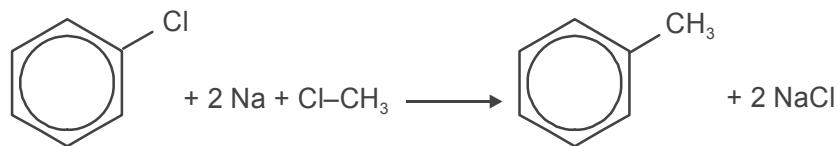


*a. Pembuatan*

1) Sintesis Friedel dan Craft:

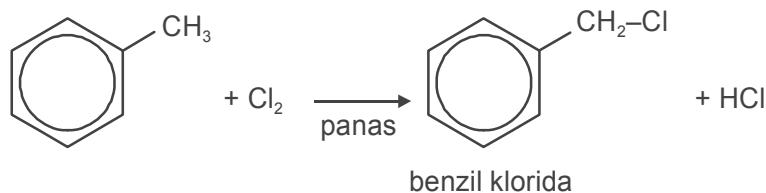


2) Sintesis Wurtz dan Fittig:

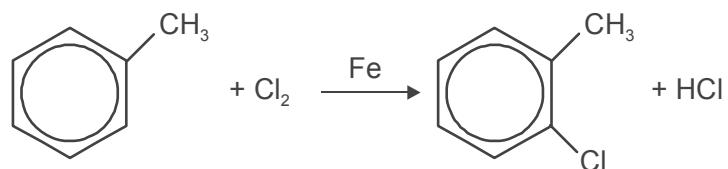


*b. Reaksi khusus*

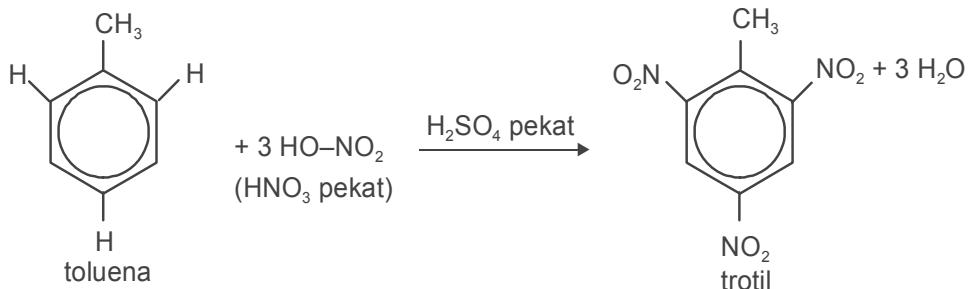
1) Jika dipanaskan dengan halogen, terbentuk benzil halida



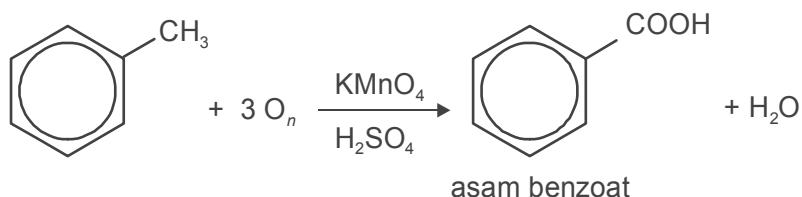
2) Dengan halogen dan katalis, terbentuk halotoluena



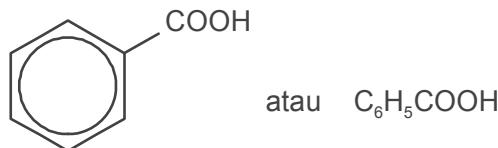
- 3) Dengan  $\text{HNO}_3$  pekat +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dapat terbentuk trinitro toluena



- 4) Jika dioksidasi terbentuk asam benzoat

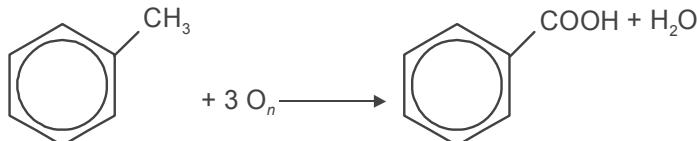


## 6. Asam benzoat

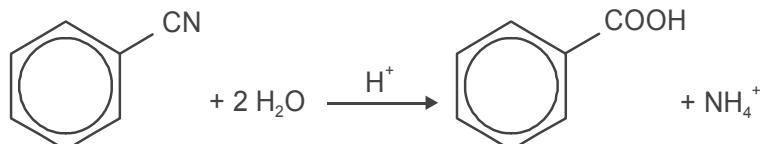


a. *Pembuatan*

- 1) Oksidasi toluena:

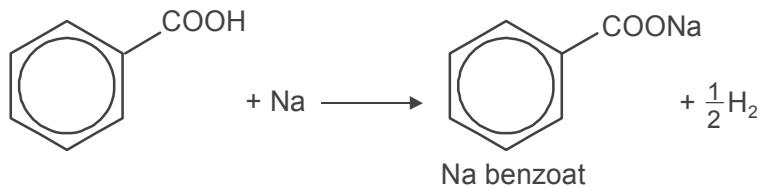


- 2) Hidrolisis fenil sianida suasana asam

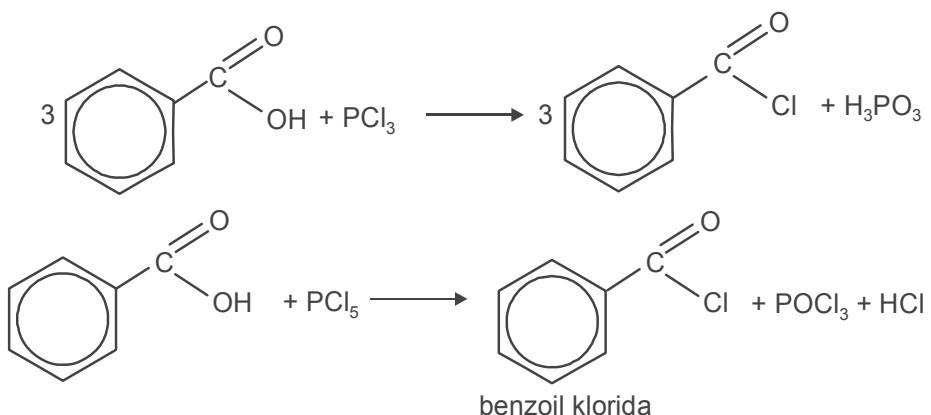


*b. Reaksi khusus*

- 1) Dengan logam alkali terbentuk garam.

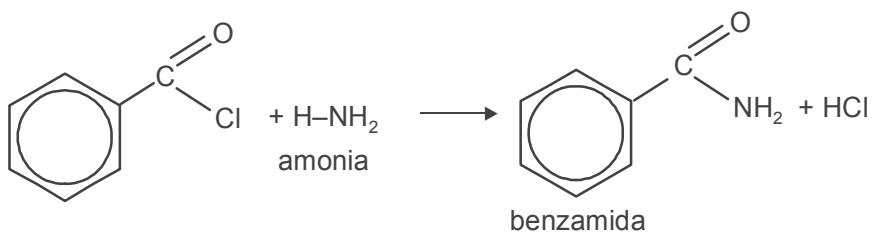


- 2) Bereaksi dengan  $\text{PX}_3/\text{PX}_5$  membentuk benzoil halida.



*c. Sifat-sifat*

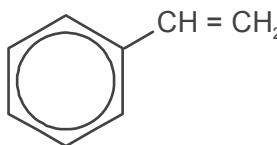
- 1) Sifat keasamannya lebih kuat daripada asam asetat.
- 2) Benzoil klorida dengan amonia terbentuk benzamida.



*d. Kegunaan*

- 1) Untuk bahan pengawet.
- 2) Untuk bahan obat-obatan.

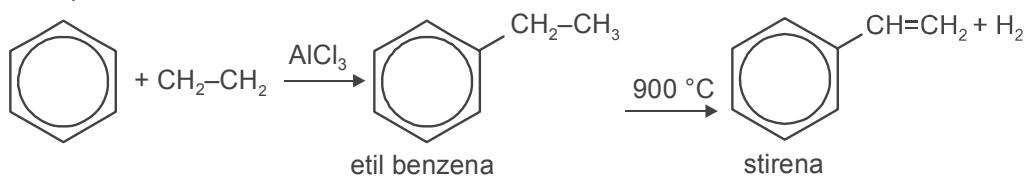
## 7. Stirena (vinilbenzena)



atau C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH = CH<sub>2</sub>

Pembuatan:

Benzena dengan etena ditambah katalis AlCl<sub>3</sub> dipanaskan sampai 900 °C.



Kegunaan: untuk bahan dasar karet sintetik dan plastik.



## Rangkuman

1. Gugus fungsi adalah atom atau gugus atom yang menentukan sifat suatu senyawa. Senyawa karbon digolongkan menurut gugus fungsinya.
2. Gugus fungsi dapat dikenal dengan reaksi yang khas, misalnya gugus  $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$  dengan larutan Fehling akan menghasilkan endapan merah bata.
3. Alkohol yang mengandung satu gugus —OH disebut monoalkohol (alkanol), mempunyai rumus umum: R—OH. Sedangkan alkohol yang mempunyai lebih dari satu gugus —OH disebut polialkohol.
4. Berdasarkan letak gugus —OH pada rantai karbon, alkohol dibedakan menjadi 3 jenis yaitu alkohol primer, sekunder, tersier yang dapat dibedakan dengan reaksi oksidasi.
  - a. Alkohol primer dioksidasi menghasilkan aldehid dan jika dioksidasi lebih lanjut menghasilkan asam karboksilat.
  - b. Alkohol sekunder dioksidasi menghasilkan keton.
  - c. Alkohol tersier tidak dapat dioksidasi.

- Alkohol yang penting adalah metanol dan etanol. Metanol bersifat racun, digunakan untuk pelarut dan bahan bakar. Sedangkan etanol tidak beracun, digunakan untuk minuman keras, pelarut, antiseptik pada luka, dan bahan bakar.
- Polialkohol yang penting adalah glikol. Glikol digunakan untuk pelarut, bahan pelembut dan bahan baku pembuatan serat sintetis.
- Eter mempunyai rumus umum:  $R—O—R'$ . Eter dengan alkohol berisomer fungsi karena mempunyai rumus molekul sama, tetapi gugus fungsinya berbeda. Eter digunakan untuk obat bius dan pelarut.



- Aldehid mempunyai rumus umum:  $R—C—H$ . Dapat dibuat dari oksidasi alkohol primer dengan menggunakan oksidator:  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ , atau udara.
- Sifat-sifat aldehid yang penting:
  - dapat dioksidasi oleh pereaksi Fehling dan Tollens membentuk asam karboksilat;
  - dapat diadisi (direduksi) oleh  $H_2$  membentuk alkohol primer.
- Aldehid yang banyak diproduksi ialah formaldehid digunakan untuk mengawetkan preparat-preparat anatomi.

- Keton mempunyai rumus umum:  $R—C—R'$



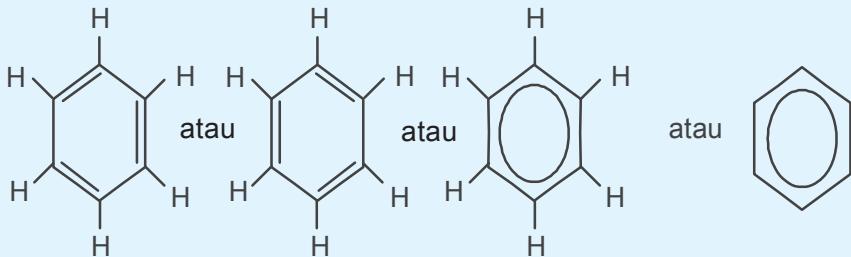
- Keton berisomer fungsi dengan aldehid, dan dapat dibuat dari oksidasi alkohol sekunder dengan suatu oksidator. Sebaliknya jika keton direaksikan dengan  $H_2$  (diadisi) akan membentuk alkohol sekunder.
- Keton yang paling penting adalah aseton digunakan untuk melarutkan beberapa zat organik dan membuat obat bius.



- Asam karboksilat mempunyai rumus umum:  $R—C—OH$   
Semakin panjang rantai alkil, asamnya semakin lemah dan titik didihnya semakin tinggi.
- Asam karboksilat yang penting adalah asam formiat (asam metanoat) dengan asam asetat (asam etanoat). Asam formiat dapat dioksidasi oleh pereaksi Tollens dan pereaksi Fehling karena selain mempunyai gugus fungsi

$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$  juga mempunyai gugus  $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$ . Asam formiat digunakan untuk menggumpalkan lateks dan menyamak kulit. Asam asetat digunakan sebagai bahan makanan dan untuk membuat selulosa asetat dalam industri rayon.

15. Ester berisomer fungsi dengan asam karboksilat, rumus umumnya adalah  
 $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C}-\text{OR}' \end{array}$ . Pembuatan ester dari asam karboksilat dengan alkohol disebut reaksi esterifikasi (pengesteran).
16. Kegunaan ester adalah sebagai berikut.
  - a. Senyawa ester dengan rantai pendek disebut ester buah-buahan. Kegunaannya untuk penyedap atau esens.
  - b. Minyak dan lemak digunakan untuk bahan baku pembuatan sabun dan margarin.
17. Struktur benzena dapat ditulis sebagai berikut.



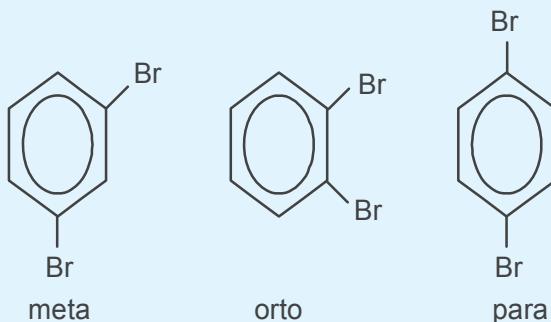
18. Benzena dapat mengalami reaksi substitusi.
19. Reaksi-reaksi pada benzena antara lain:
 

a. halogenasi,	d. Friedel Craft alkilasi, dan
b. nitrasi,	e. Friedel Craft asilasi.
c. sulfonasi,	
20. Salah satu turunan benzena rumusnya:



nitro benzena

21. Tata nama untuk dua substituen diberi awalan orto, meta, dan para.



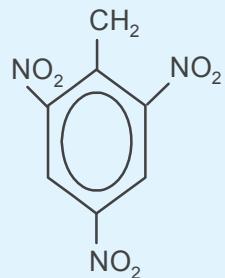
22. Tata nama untuk dua substituen yang berbeda adalah sebagai berikut.



Para kloro fenol

23. Pemasukkan substituen kedua diarahkan oleh substituen sebelumnya.

24. Tata nama untuk substituen lebih dari dua seperti di bawah ini.

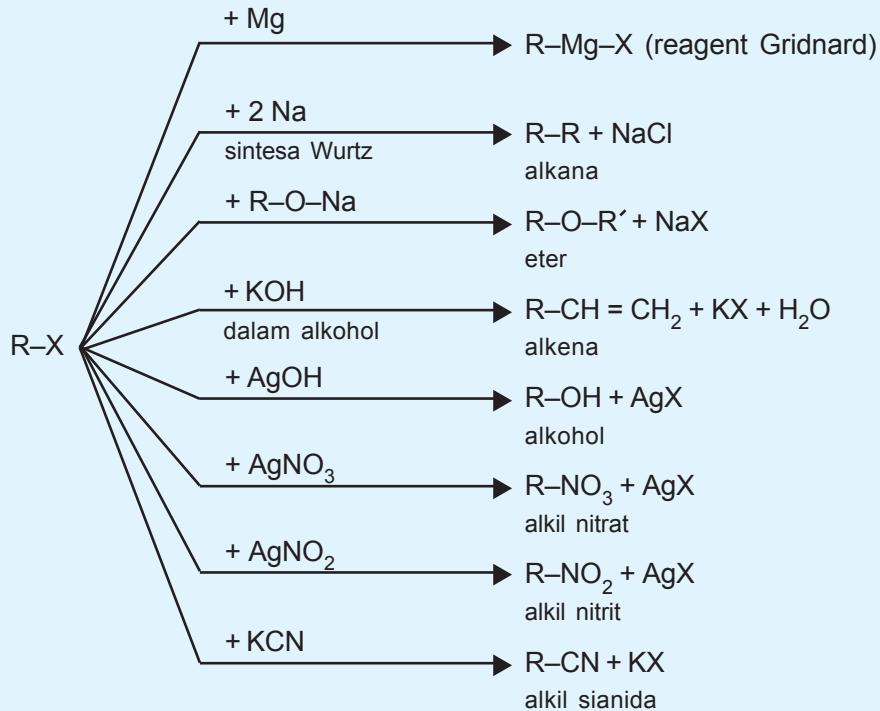


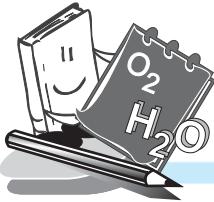
2,4,6-trinitro toluena

25. Fenol;  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  berwujud padat, bersifat asam lemah, dan mudah mencair jika kena sedikit air.

26. Fenol digunakan sebagai desinfektan dan dapat merusak protein.

27. Toluena;  $C_6H_5CH_3$  berwujud cairan tak berwarna.
  28. Turunan toluena yang digunakan sebagai bahan peledak adalah trinitro toluena.
  29. Nitro benzena berwujud cair dan berwarna kuning.
  30. Reduksi nitro benzena menghasilkan anilin yang berfungsi untuk bahan bakar roket, bahan peledak, dan zat warna sintetis.





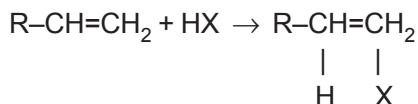
## ***Uji Kompetensi***

**A. Berilah tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E di depan jawaban yang tepat!**

1. Reaksi:  $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--Br} + \text{H}_2\text{O}$  dalam penambahan reaksi-reaksi senyawa karbon termasuk golongan reaksi ....

- A. eliminasi                      D. adisi  
B. substitusi                      E. polimerisasi  
C. dehidrasi

2. Diketahui reaksi:



Reaksi tersebut adalah reaksi ....

- A. substitusi                      D. penyabunan  
B. adisi                            E. dehidrasi  
C. eliminasi

3. Berikut ini zat/bahan yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari:

- 1) polivinil klorida            3) isoprena  
2) kloroform                      4) karbon tetraklorida

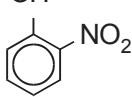
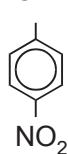
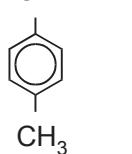
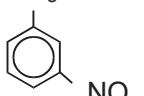
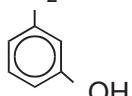
Pasangan senyawa yang tergolong haloalkana ialah ....

- A. 1 dan 2                        D. 2 dan 3  
B. 1 dan 3                        E. 2 dan 4  
C. 1 dan 4

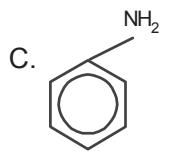
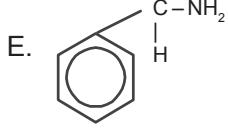
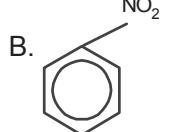
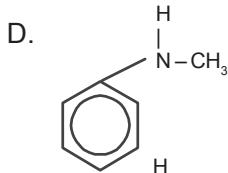
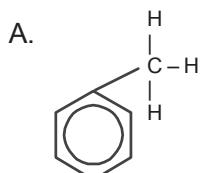
4. Senyawa haloalkana berikut yang dapat digunakan sebagai obat bius adalah ....

- A. halotan                        D. karbon tetraklorida  
B. iodoform                        E. diklor difenil trikloro etana  
C. etil klorida

5. Turunan benzena berikut yang disebut orto nitro fenol adalah ....



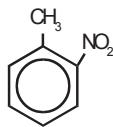
6. Rumus struktur dari bensilamina adalah ....



7. Nama untuk senyawa turunan benzana dengan rumus struktur gambar di samping adalah ....



8.



Senyawa siklik yang rumus strukturnya seperti gambar, mempunyai isomer sebanyak ....

- A. 5
- B. 4
- C. 3
- D. 2
- E. 1

9. Di antara turunan benzena berikut ini yang bersifat asam adalah ....

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

10. Pasangan struktur benzena yang setara dari hasil substitusi benzena berikut adalah ....

- A. dan D. dan
- B. dan E. dan
- C. dan

11. Perhatikan senyawa polimer berikut!
- 1) Politena                    3) Amilum  
2) PVC                         4) Protein

Senyawa polimer yang terbentuk melalui reaksi kondensasi adalah ....

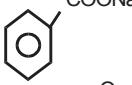
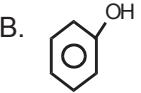
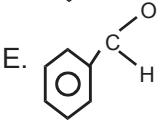
- A. 3 dan 4                    D. 1 dan 4  
B. 3 dan 2                    E. 1 dan 2  
C. 3 dan 1
12. Monomer penyusun karet alam adalah ....
- A. fenol                      D. isoprena  
B. stirena                    E. kloroetana  
C. propena
13. Perhatikan tabel di bawah ini!

No.	Polimer	Monomer	Jenis polimerisasi
1	protein	asam	konvensi
2	polietilen	amino	adisi
3	karet alam	propena	kondensasi
4	PVC	isoprena	kondensasi
5	amilum	vinil Klorida glukosa	adisi

Berdasarkan data di atas, pasangan yang paling tepat dari ketiga komponen tersebut ditunjukkan oleh nomor

- ....  
A. 5                            D. 2  
B. 4                            E. 1  
C. 3

14. Polimer yang dibentuk melalui reaksi polimerisasi kondensasi adalah ....
- A. PVC                        D. teflon  
B. nilon                      E. polistirena  
C. karet
15. Pembuatan senyawa haloalkana dan alkana digolongkan jenis reaksi ....
- A. adisi                      D. redoks  
B. substitusi                E. oksidasi  
C. eliminasi

16. Turunan benzena yang dapat digunakan sebagai bahan pengawet adalah ....
- A.       D. 
- B.       E. 
- C. 
17. Rumus molekul kloroform (obat bius) adalah ....
- A.  $\text{CH}_3\text{Cl}$       D.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$   
 B.  $\text{CHCl}_2$       E.  $\text{CCl}_2$   
 C.  $\text{CH}_4$
18. Berikut yang termasuk senyawa haloalkana adalah ....
- A.  $\text{CH}_3=\text{CHCl}-\text{COOH}$   
 B.  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br}$   
 C.  $\text{CH}_3=\text{CHI}-\text{CH}_2\text{Br}$   
 D.  $\text{CH}_3=\text{CH}_2-\text{CHBr}-\text{CHO}$   
 E.  $\text{CH}_3=\text{CHCl}-\text{CH}_2\text{OH}$
19. Fenol (hidroksi benzena) dalam kehidupan sehari-hari berfungsi sebagai ....
- A. pengharum kamar mandi  
 B. penjernih air  
 C. pembunuh kuman  
 D. mengilapkan lantai  
 E. sebagai pengawet
20. Haloalkana yang dapat digunakan sebagai zat pemadam kebakaran adalah ....
- A. DDT  
 B.  $\text{CCl}_4$   
 C.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$   
 D. bromo metana  
 E.  $\text{CF}_2\text{Br}_2$

**B. Jawablah soal-soal di bawah ini dengan singkat dan tepat!**

1. Jelaskan perbedaan antara reaksi substitusi dan reaksi adisi disertai contoh masing-masing!
2. Tuliskan reaksi berikut!
  - a. 2-metil butana +  $\text{Cl}_2(g)$
  - b. 3-metil-2-pentana + HBr
  - c. asam propanoat + etanol
3. Diketahui beberapa senyawa:
  - a.  $\text{CH}_3\text{--CH=CH--CHCl--CH}_3$
  - b.  $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH--CH--CH}_3$ 
$$\begin{array}{cc} | & | \\ | & \text{Br} \end{array}$$
  - c.  $\text{CH=C--CH}_2\text{--CHBr--CH}_3$

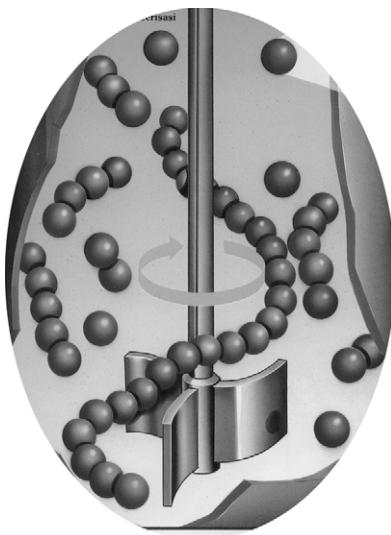
Manakah yang merupakan senyawa haloalkana?
4. Tuliskan rumus struktur dari:
  - a. para metil fenol;
  - b. 2,4,6-trinitro toluena;
  - c. meta hidroksi benzoat!
5. Sebutkan kegunaan senyawa berikut!
  - a. Anilin
  - b. Toluena
  - c. Asam benzoat
  - d. Fenol





## BAB 5

# Makromolekul (Polimer, Karbohidrat, Protein, dan Lemak)



Gambar 5.1 Polimer  
Sumber: Hamparan Dunia Ilmu, hal. 107

Pada pelajaran bab kelima ini, akan dipelajari tentang polimer, karbohidrat, protein, lemak, dan minyak.

## Bab 5

# Makromolekul (Polimer, Karbohidrat, Protein, dan Lemak)

### Tujuan Pembelajaran:

Setelah membaca literatur dan berdiskusi diharapkan siswa mampu:

- menjelaskan pengertian polimer, baik polimer alam maupun polimer sintetis;
- menjelaskan pembentukan polimer berdasarkan asal dan jenis monomer melalui reaksi polimerisasi, misalnya plastik, karbohidrat, dan protein;
- merancang dan melakukan percobaan untuk mengidentifikasi protein;
- menggolongkan monosakarida menjadi aldosa dan ketosa;
- menjelaskan reaksi hidrolisis disakarida dan polisakarida;
- mengklasifikasi lemak berdasarkan kejenuhan ikatan.



### A. Polimer

#### 1. Pengertian makromolekul

Makromolekul atau polimer adalah molekul besar, terdiri atas sejumlah satuan pembentuk. Satuan pembentuk disebut monomer.

Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer).

#### 2. Penggolongan polimer

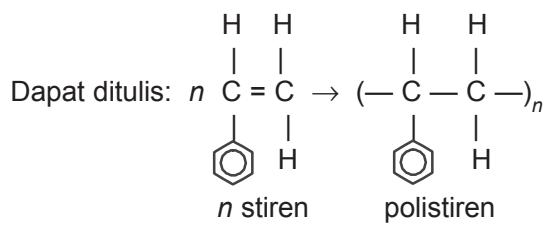
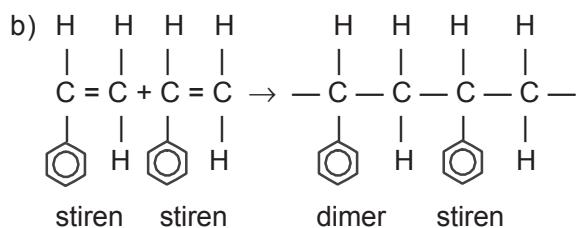
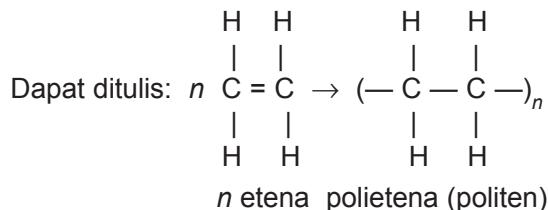
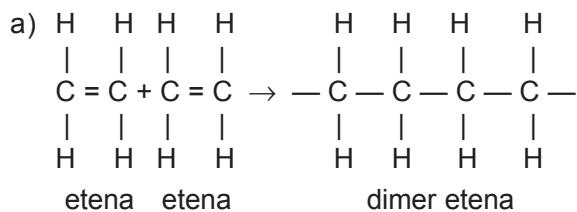
##### a. Macam polimer menurut terbentuknya

Berdasarkan struktur monomer pembentuk polimer, maka polimer dibedakan menjadi dua macam, yaitu polimer adisi dan polimer kondensasi.

## 1) Polimer adisi

Polimer adisi dapat terbentuk apabila monomer rantai karbon berikatan rangkap (senyawa tak jenuh). Pada pembentukan ini, jumlah monomer yang bergabung membentuk polimer jumlah atom tetap.

Contoh:

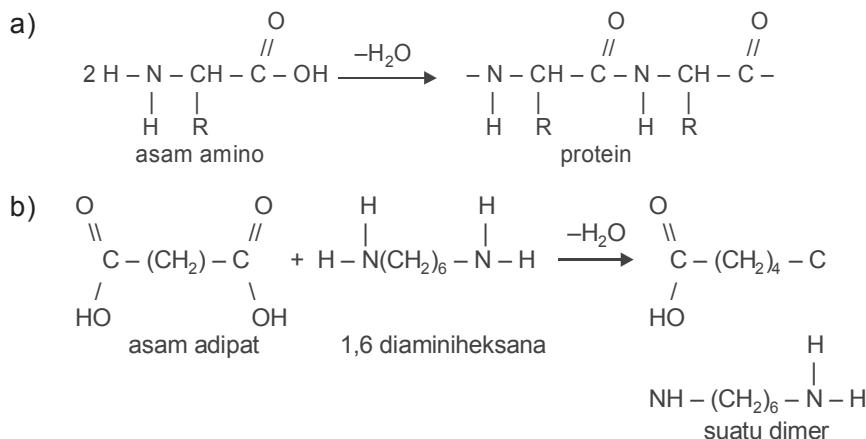


## 2) Polimer kondensasi

Polimer kondensasi disusun oleh monomer yang mempunyai gugus fungsional. Pada pembentukannya melepaskan molekul air sehingga jumlah atom dalam suatu senyawa tidak tetap.

lah atom monomer tidak sama dengan jumlah atom yang terdapat dalam polimer. Pada polimer kondensasi monomer pembentuknya homopolimer dan dapat juga kopolimer.

Contoh:



Dimer ini terbentuk jika salah satu ujung dari gugus OH pada karboksilat berikatan dengan salah satu ujung dari atom H pada gugus amino membentuk air.

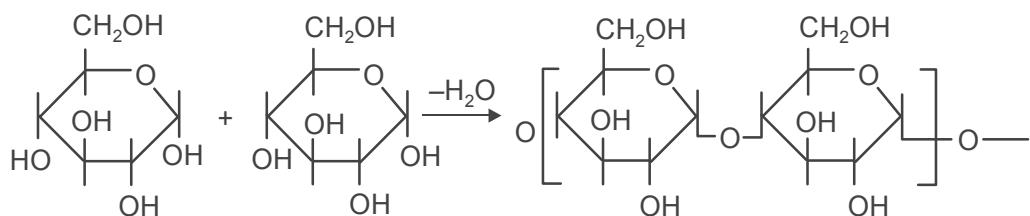
### b. Pembentukan struktur polimer

#### 1) Polimer alam

Contoh: karbohidrat dan karet alam.

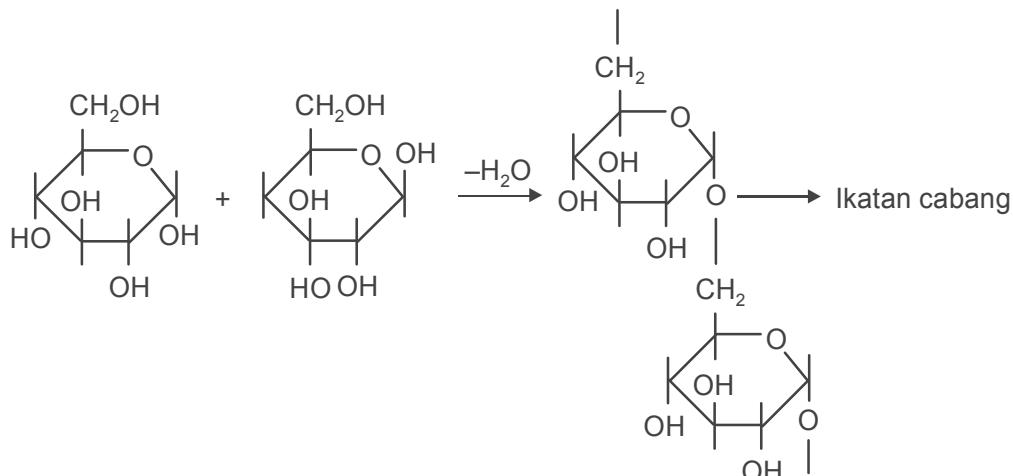
##### a) Karbohidrat

- (1) Amilosa merupakan polimer dari D(+) glukosa dalam bentuk ikatan alfa ( $\alpha$ ). Strukturnya:



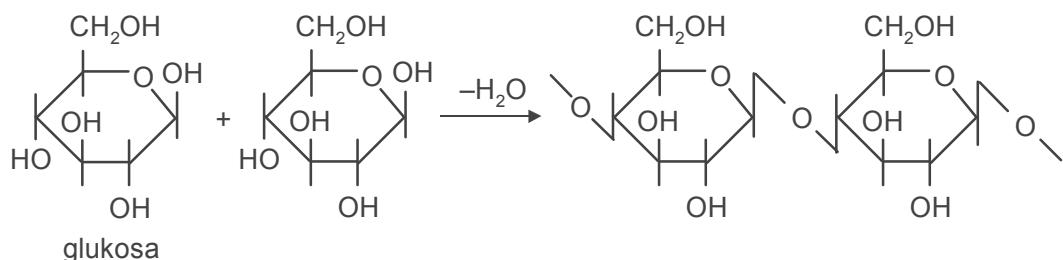
(2) Amilopektin merupakan polimer D(+) glukosa dalam bentuk ikatan alfa ( $\alpha$ ) dengan rantai bercabang.

Strukturnya:



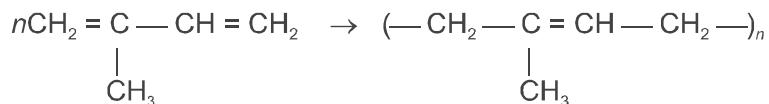
(3) Selulosa adalah polimer D(+) glukosa dalam bentuk ikatan beta ( $\beta$ ).

Strukturnya:



b) Karet alam merupakan polimer dari 2-metil,1,3-butadiena (isoprena).

Strukturnya:

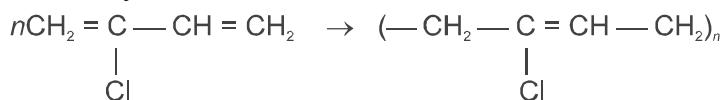


## 2) Polimer sintetis

### a) Karet sintetis

Neoprena adalah polimer dari kloroprena.

Strukturnya:



### b) Plastik sintetis

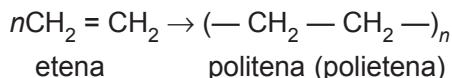
Polimer plastik sintetis dibedakan menjadi dua macam, yaitu polimer secara adisi dan polimer secara kondensasi.

#### (1) Polimer adisi

Dasar reaksi adalah — C — C —

(a) Politena adalah polimer dari etena.

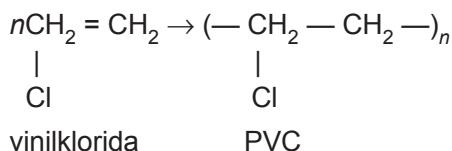
Strukturnya:



Sifat politena, yaitu titik lebur 105 °C, lunak dalam air panas, digunakan untuk film, tas plastik, botol plastik.

(b) Polivinil klorida (PVC) adalah polimer dari vinilklorida.

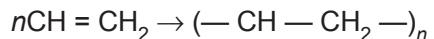
Strukturnya:



Sifatnya: lebih tahan api daripada politena, lebih kuat dari politena, sebagai bahan pembungkus kabel, piringan hitam.

(c) Polipropilen adalah polimer dari propena.

Strukturnya:

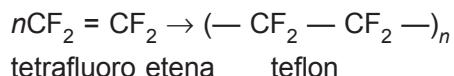


propena              polipropilen

Sifatnya: kerapatan besar, digunakan untuk tali plastik, fiber, bahan perahu.

(d) Teflon adalah polimer dari tetrafluoro etena.

Strukturnya:

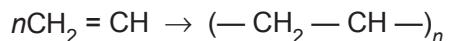


tetrafluoro etena      teflon

Sifatnya: tahan panas, sangat stabil, gesekan kecil dan lentur, sangat keras, untuk salutan alat masak.

(e) Orlon (akrilan) adalah polimer dari akrilonitril.

Strukturnya:

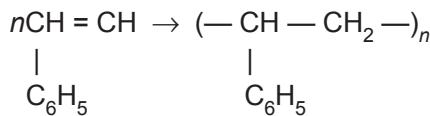


vinilsianida              orlon

Sifatnya: kuat, bersifat fiber, digunakan untuk bahan serat tekstil.

- (f) Polistiren adalah polimer dari stirena.

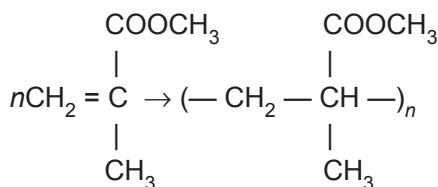
Strukturnya:



Sifatnya: rapuh, kenyal, digunakan untuk pembungkus/isolasi.

- (g) Perspex adalah polimer dari 2-metil propanoat.

Strukturnya:



2-metil propanoat perspex

Sifatnya, transparan, digunakan untuk bahan gelas.

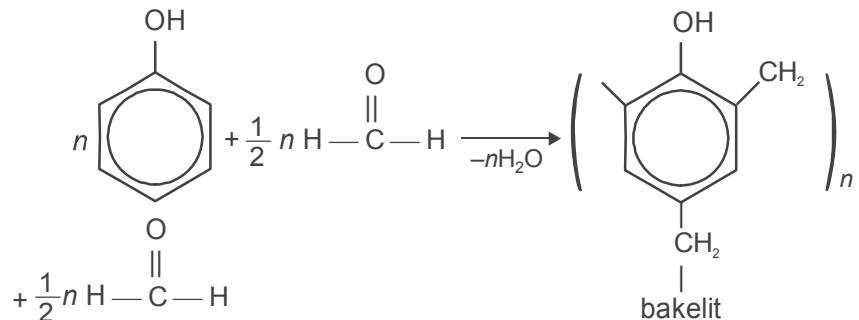
## (2) Polimer kondensasi

Polimer kondensasi adalah polimer yang menghasilkan/membebaskan air.

Contoh:

- (a) Bakelit adalah polimer dari fenol dengan formaldehida.

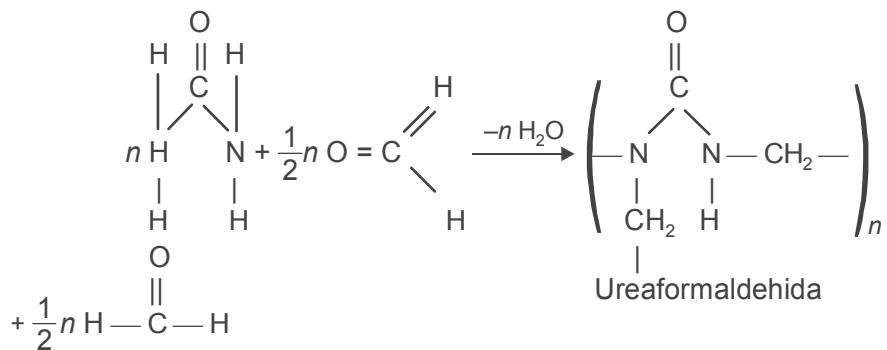
Strukturnya:



Sifatnya: jenis termoset, tahan guncangan, digunakan untuk kaca kendaraan perang/kapal.

- (b) Urea formaldehida adalah polimer dari urea dengan formaldehida.

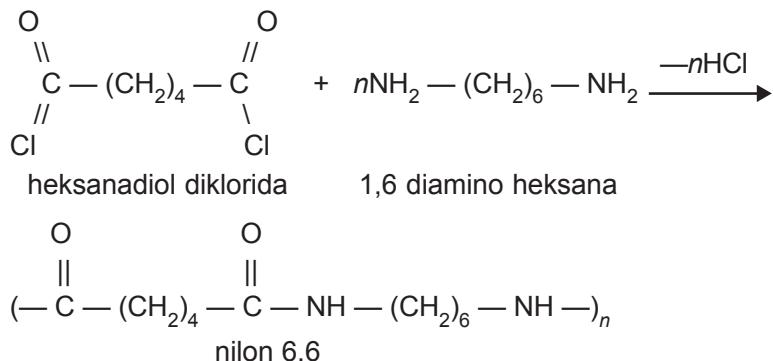
Strukturnya:



Sifatnya: jenis termoset, tahan guncangan, sebagai bahan kaca kendaraan perang/kapal perang.

- (c) Nilon 6.6 adalah polimer dari heksanadiol diklorida dengan 1,6 diamino heksana.

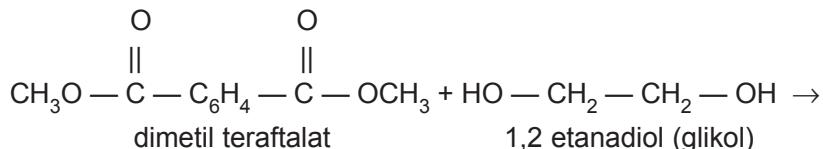
Strukturnya:



Nilon 6.6 merupakan serat sintetis yang kuat, digunakan untuk bahan sandang.

- (d) Dacron adalah poliester yang berasal dari dimetil tereftalat dengan etilen glikol.

Strukturnya:



Dacron merupakan serat sintetis, digunakan untuk bahan sandang.

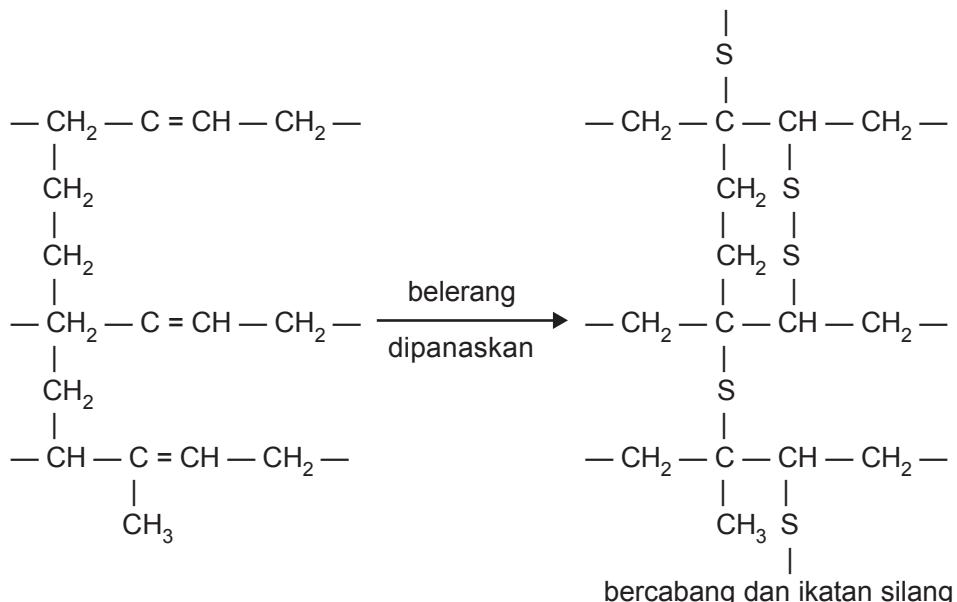
### c) Polimer turunan

#### (1) Karet vulkanisir

Sifat karet alam kurang elastis dan mudah dioksidasi karena rantai karbon berikatan rangkap. Bila karet alam dipanaskan dengan sejumlah kecil belerang akan berubah sifatnya menjadi elastis dan stabil. Proses

demikian disebut karet vulkanisir. Karet vulkanisir banyak digunakan untuk pembuatan ban kendaraan.

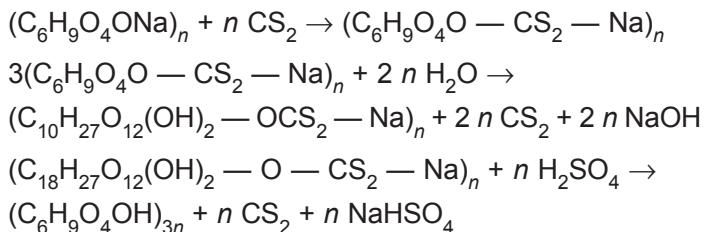
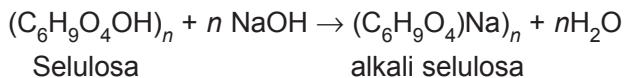
Strukturnya:



## (2) Selulosa xantat (rayon)

Selulosa xantat dibuat dari selulosa direaksikan dengan  $\text{NaOH}$  dan  $\text{CS}_2$ . Untuk mendapatkan rayon digenerasi dengan larutan asam sulfat encer.

Reaksi:



- (3) Selulosa nitrat  
Dibuat dari selulosa +  $\text{HNO}_3$  pekat  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat}}$   
selulosa nitrat.  
Sifat/gunanya:  
(a) Mudah terbakar sehingga dipakai sebagai bahan peledak.  
(b) Digunakan untuk pembuatan seluloid (film). Caranya, apabila selulosa nitrat dilarutkan dalam kamfer, maka terbentuk seluloid.
- (4) Selulosa asetat  
Selulosa asetat dibuat dari selulosa + anhidrida asam asetat  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$  selulosa asetat.  
Sifatnya, sukar terbakar, digunakan sebagai bahan pembuatan sisir, kancing, gagang kacamata, dan bahan pembungkus.

#### d) Jenis plastik

- (1) Termoplastik adalah jenis plastik yang lunak jika dipanaskan dan mengeras jika didinginkan tanpa mengalami perubahan kimiawi ketika pemanasan atau pendinginan tersebut. Maka plastik semacam ini dapat dipanaskan atau didinginkan berulang-ulang.  
Contoh: (a) Polivinil klorida (PVC)  
(b) Polietilena  
(c) Polistirena
- (2) Plastik termoset adalah jenis plastik yang mengalami perubahan kimiawi jika dipanaskan berulang-ulang. Ketika dipanaskan yang kedua kali dan seterusnya, jika didinginkan maka tidak akan dapat mengeras lagi.  
Contoh: (a) Plastik urea formaldehida  
(b) Plastik bakelit (fenol metanal)



## B. Karbohidrat

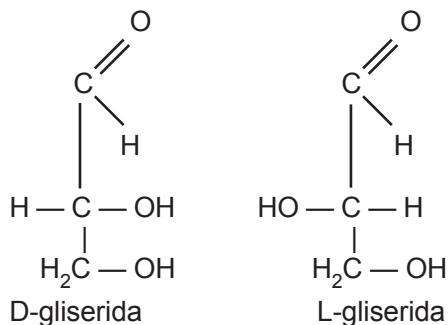
Karbohidrat adalah senyawa yang terdiri atas unsur-unsur C, H, dan O dengan rumus empiris  $C_n(H_2O)_n$ . Karbohidrat disebut juga hidrat arang atau sakarida.

### Penggolongan karbohidrat

#### 1. Berdasarkan karbohidrat sederhana yang dihasilkan pada hidrolisis

##### a. Monosakarida

Monosakarida adalah satuan karbohidrat yang paling sederhana sehingga tidak dapat dihidrolisis menjadi karbohidrat yang lebih sederhana lagi. Monosakarida terkecil adalah gliseraldehida. Contoh: glukosa, galaktosa, ribosa, dan lain-lain.

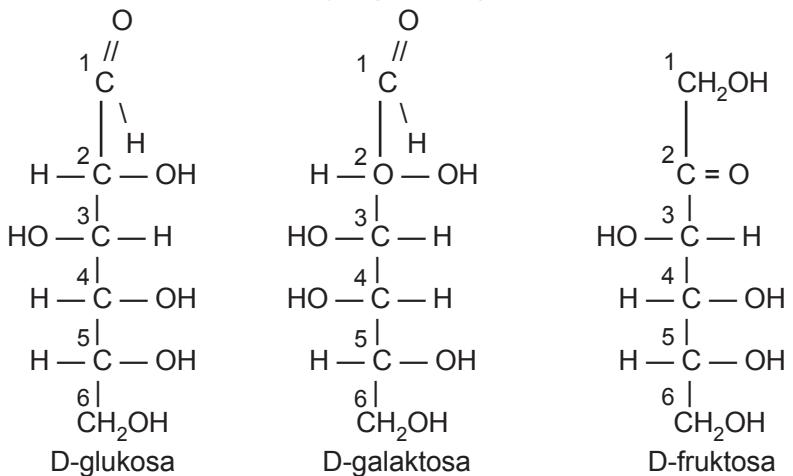


Kedua bentuk ini merupakan isomer ruang. Dengan menggunakan acuan letak OH pada atom C kedua sebelum terakhir, monosakarida diberi awalan D, jika OH terletak di kanan dan L jika OH terletak di kiri.

Menurut Van't Hoff, untuk senyawa yang memiliki  $n$  atom C asimetris akan memiliki isomer optis sebanyak  $2^n$ .

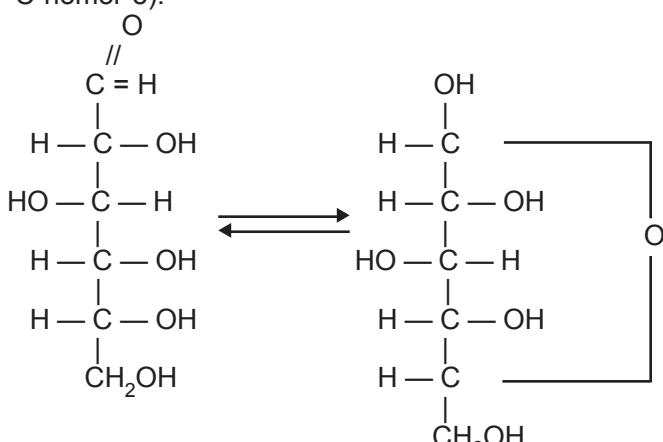
Contoh: Gliserida mempunyai sebuah atom C asimetris, maka banyaknya isomer optis adalah  $2^1 = 2$ , yaitu D-gliserida dan L-gliserida.

Beberapa monosakarida yang penting.



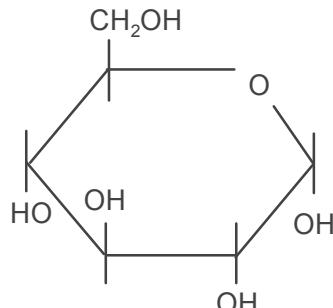
### a) Glukosa (gula anggur)

Glukosa disebut juga destrosa, karena bersifat dekstro. Glukosa mempunyai putaran optik ke kanan (dekstro), ditulis D(+) glukosa (memutar bidang polarisasi ke kanan 52°). Mengenai arah rotasinya tak dapat ditetapkan dari konfigura-sinya, tetapi dari eksperimen. Struktur terbuka  $\alpha$  D(+) glukosa jika dilarutkan dalam air membentuk struktur melingkar disebut siklohemiasetal. Hal ini terjadi karena reaksi gugus aldehida dengan gugus alkohol dalam 1 molekul (pada atom C nomor 5).

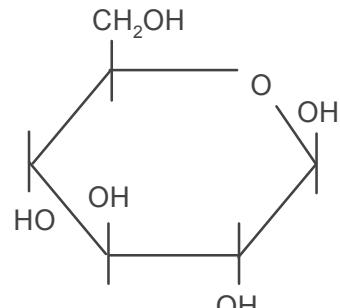


Struktur terbuka  $\alpha$  D(+) glukosa.

atau



$\alpha$  D (+) glukosa

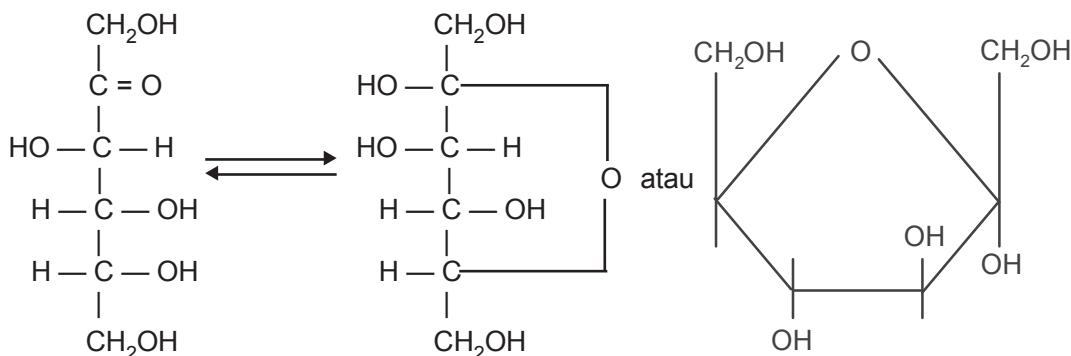


$\alpha$  D (+) glukosa

Glukosa terbentuk dari hidrolisis pati, glikogen, maltosa, dan dapat diragikan menjadi etanol dan gas  $\text{CO}_2$ .

### b) Fruktosa/Levulosa/Gula buah

Fruktosa merupakan ketoheksosa yang terbentuk dari hidrolisis sukrosa, insulin (pati dari dahlia). Fruktosa terdapat bersama dalam madu dan buah-buahan, rasa manis melebihi glukosa dan sukrosa. Fruktosa memutar bidang polarisasi ke kiri dengan sudut  $92^\circ$  sehingga ditulis D(–) fruktosa.

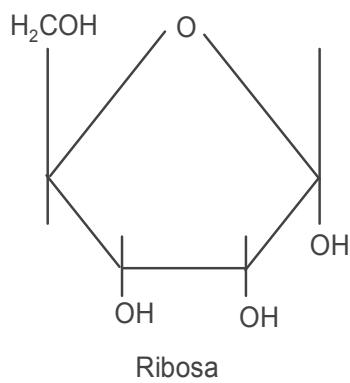


Struktur terbuka fruktosa

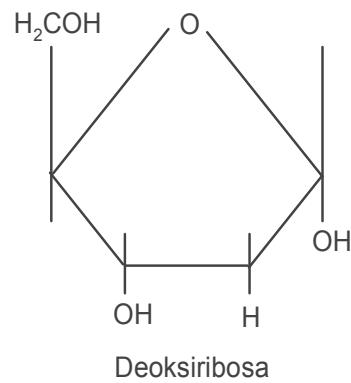
### 3) Ribosa dan Deoksiribosa

Yang mengandung 5 atom C atau pentosa yang sangat penting adalah aldopentosa yang disebut ribosa, terdapat dalam RNA (*Ribonucleic Acid* = asam deoksiribosa).

Struktur:



Ribosa



Deoksiribosa

Untuk mengidentifikasi suatu monosakarida, ambillah sedikit glukosa dalam tabung reaksi, larutkan dengan air secukupnya. Tambahkan reagen Fehling dalam tabung tersebut. Jika tak terjadi perubahan, masukkan tabung dalam air panas! Perubahan apakah yang terjadi?

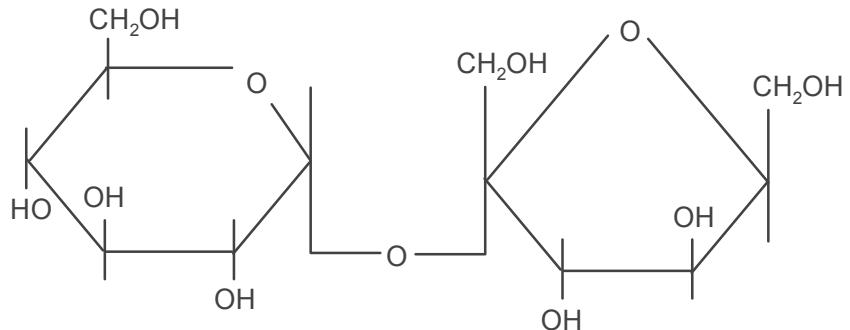
#### b. Disakarida

Disakarida terjadi karena penggabungan 2 molekul monosakarida dengan pelepasan air. Pada hidrolisis akan terbentuk monosakarida-monosakarida penyusunnya. Contoh: sukrosa, laktosa, maltosa.

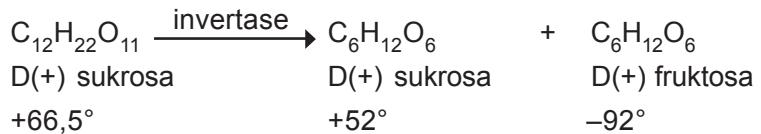
##### 1) Sakarosa/sukrosa/gula tebu

Sukrosa terjadi karena penggabungan D(+) glukosa dengan D(-) fruktosa.

Struktur:



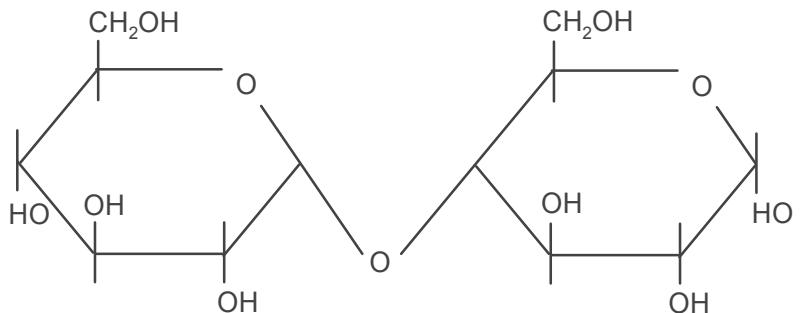
Pada hidrolisis sukrosa (karena pengaruh enzim invertase) akan terjadi perubahan arah putaran bidang polarisasi dari positif (ke kanan) ke negatif (ke kiri). Peristiwa ini disebut inversi gula tebu. Campuran yang terjadi disebut gula invert.



Sukrosa tidak bersifat reduktor, tetapi dapat diragikan.

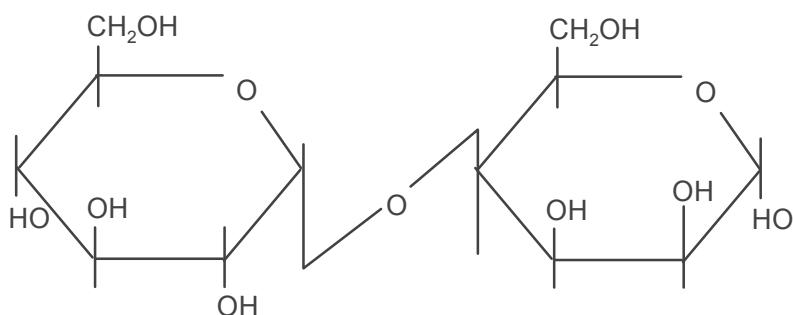
## 2) Maltosa

Maltosa tersusun atas 2 molekul D(+) glukosa dengan melepas air. Oleh karena itu, hidrolisis maltosa dengan enzim maltase akan dihasilkan glukosa.



### 3) Laktosa

Laktosa tersusun atas satu molekul D-glukosa dan 1 molekul D-galaktosa. Karena itu, hidrolisis laktosa menghasilkan glukosa dan galaktosa (terjadi karena pengaruh asam atau enzim laktase). Laktosa terdapat dalam susu mamalia sebanyak 4–5%. Laktosa tidak manis seperti gula lain dan tak dapat diragikan. Laktosa merupakan serbuk tak berwarna dan sedikit larut dalam air.



#### c. Polisakarida

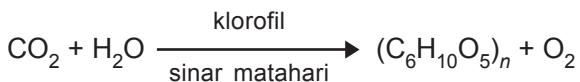
Polisakarida mempunyai massa rumus yang sangat besar dan tidak larut dalam air.

Polisakarida mempunyai rumus umum:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Polisakarida adalah karbohidrat yang disusun oleh lebih dari delapan unit monosakarida.

Senyawa-senyawa penting polisakarida: amilum (pati), glikogen, dan selulosa.

#### 1) Amilum/pati

Amilum merupakan polimer glukosa dalam bentuk ikatan alfa, yang terdiri atas kurang lebih 500 unit. Amilum terdapat sebagai persediaan makanan tumbuh-tumbuhan. Terbentuknya amilum dalam tumbuh-tumbuhan merupakan hasil reaksi fotosintesis.



Sifat-sifat amilum:

- (1) Dengan larutan iodium memberikan warna biru karena adanya amilosa.
- (2) Pada hidrolisis dengan asam encer mulamula terbentuk dekstrin dan akhirnya glukosa.



Glukosa dengan enzim zimase merupakan peragian terbentuk alkohol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) dan  $\text{CO}_2$ .

## 2) Glikogen

Glikogen terdiri atas satuan-satuan D-glukosa, kurang lebih 1.000 unit, merupakan makanan cadangan yang terdapat dalam hati, jaringan hewan menyusui, dan manusia.

Sifat-sifat glikogen:

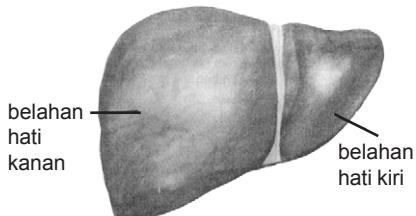
- (1) Dengan iodium memberi warna merah.
- (2) Mereduksi larutan Fehling.
- (3) Larut dalam air.
- (4) Pada hidrolisis dengan asam terbentuk glukosa, sedang hidrolisis dengan enzim diastase membentuk maltosa.

## 3) Selulosa

Selulosa merupakan penyusun utama dinding sel tumbuhan. Selulosa terdiri atas satuan D-glukosa yang terdiri atas 1.000–3.000 unit sehingga sukar dicerna oleh enzim manusia.

*Sifat-sifat selulosa:*

Sukar larut dalam air, asam, atau basa encer, tetapi larut dalam larutan kupro amonium hidrosida ( $\text{CuSO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$  yang disebut pereaksi Schweitzer).



Gambar 5.2  
Hati merupakan kelenjar terbesar

*Guna selulosa:*

- (1) Metil selulosa digunakan dalam pembuatan plastik film.
- (2) Selulosa asetat digunakan untuk membuat film tak terbakar.
- (3) Selulosa nitrat (kapas peledak) digunakan untuk bahan peledak.

## 2. Berdasarkan gugus fungsional yang dikandungnya

- a. Aldosa, yaitu karbohidrat yang memiliki gugus aldehida. Contoh: glukosa adalah suatu aldosa.
- b. Ketosa, yaitu karbohidrat yang memiliki gugus keton. Contoh: fruktosa adalah suatu ketosa.

## 3. Berdasarkan jumlah atom C pada monosakarida

- a. Triosa adalah monosakarida yang mengandung 3 atom C. Contoh: gliseraldehida dan dihidroksi keton.
- b. Tetrosa adalah monosakarida yang mengandung 4 atom C. Contoh: ertosa.
- c. Pentosa adalah monosakarida yang mengandung 5 atom C. Contoh: arabinosa.
- d. Heksosa adalah monosakarida yang mengandung 6 atom C.

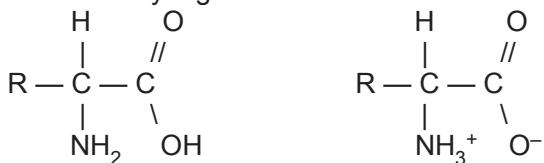


## C. Protein

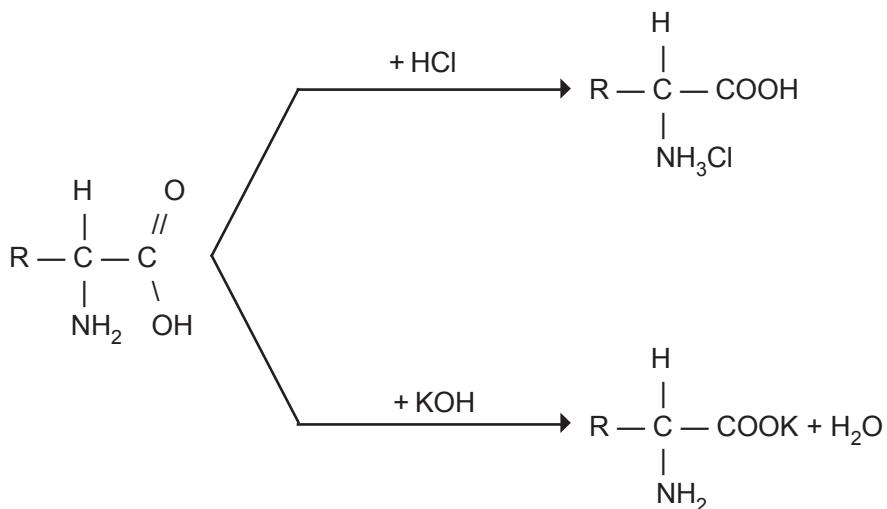
### 1. Asam amino

Asam amino adalah asam karboksilat yang mengandung gugus amino ( $\text{NH}_2$ ). Semua asam amino merupakan zat padat yang bersifat optis aktif, kecuali glisin (asam  $\alpha$  amino asetat). Asam amino merupakan hasil peruraian protein, terutama bentuk  $\alpha$ . Asam amino bersifat amfoter, disebabkan adanya gugus amino (basa) dan gugus karboksilat (asam). Dalam satu molekul asam

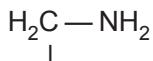
amino dapat terjadi pemindahan proton dari gugus karboksilat ke gugus amino sehingga terdapat gugus  $\text{NH}_3^+$  dan  $\text{COO}^-$  yang disebut **zwitter ion/ion kembar**.



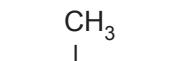
Karena mempunyai sifat amfoter, maka asam amino dapat bereaksi dengan asam maupun basa.



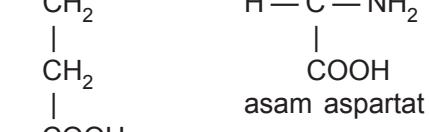
### **Beberapa asam amino**



glisin



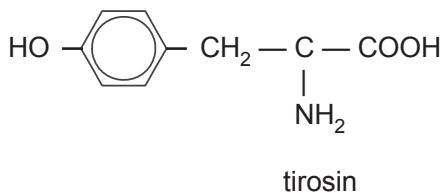
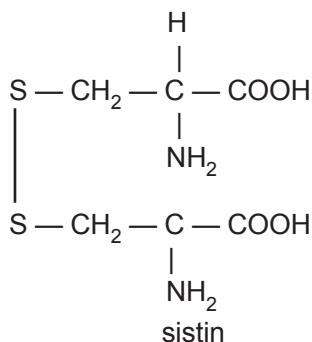
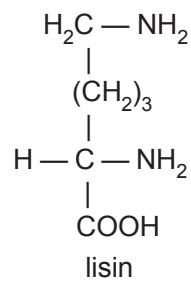
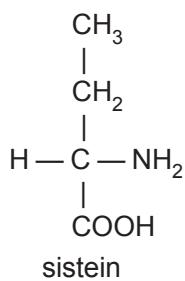
alanin



asam aspartat

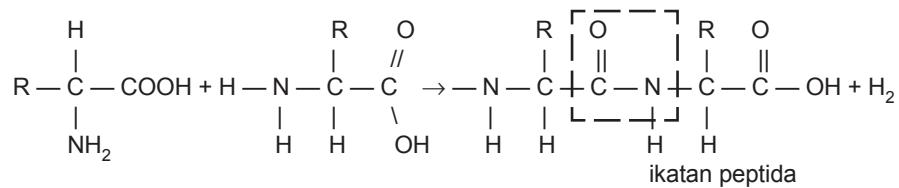


asam glutamat



## 2. Protein

Protein dikenal juga dengan nama zat putih telur. Protein merupakan senyawa yang sangat penting dalam semua sel hidup karena protein merupakan bagian esensial dari protoplasma. Pada sel-sel hewan, protein merupakan bagian penting, yaitu sebagai dinding sel. Protein merupakan polimer asam amino dalam ikatan peptida.



Ikatan peptida ( – C – N –) terjadi karena pengambilan



OH dari gugus karboksilat dengan H dari gugus amino. Ikatan peptida yang banyak disebut polipeptida. Karena polimerisasi terjadi pengurangan zat) dalam hal ini air), maka disebut polimer kondensasi.

a. *Penggolongan protein*

- 1) Protein sederhana: dalam hidrolisis akan diperoleh asam-asam amino.
- 2) Protein kompleks: dalam hidrolisis diperoleh asam amino dan zat lain.  
Kromoprotein → protein + zat warna (hemoglobin).  
Fosfoprotein → protein + asam fosfat (kasein).  
Glikoprotein → protein + karbohidrat.  
Lipoprotein → protein + lemak.  
Hidrolisis protein berlangsung karena pengaruh asam, basa, atau enzim.

b. *Pengertian protein*

- 1) Beda protein ditentukan oleh macam asam amino, jumlah asam amino, dan urutan asam amino.
- 2) Protein yang berbentuk serat berfungsi sebagai bahan pembentuk jaringan (kulit, kuku, rambut). Protein berbentuk bulat (dikenal sebagai enzim) mudah larut dalam air. Enzim adalah jenis protein yang dapat bertindak sebagai biokatalis.
- 3) Proses pemutusan ikatan antara sesama molekul protein alam yang menyebabkan perubahan sifatnya disebut denaturasi protein. Denaturasi protein dapat disebabkan oleh pemanasan sehingga menggumpal atau ditambah asam + alkohol sehingga mengendap.

c. *Guna protein*

- 1) Pembentukan jaringan tubuh baru serta mengganti jaringan yang rusak.

- 2) Sebagai katalis, pengangkut, dan sebagai pelindung.
  - 3) Pada industri protein digunakan untuk membuat lem, cat, serat, tekstil, sikat gigi, dan lain-lain.
- d. *Reaksi identifikasi terhadap protein*
- 1) Reaksi buret digunakan untuk menunjukkan adanya ikatan peptida.
  - 2) Reaksi xantoproteat digunakan untuk menunjukkan adanya asam amino pada inti benzena.



## D. Lemak dan Minyak

Dipandang dari sudut kimia lemak dan minyak adalah sama. Keduanya merupakan ester dari asam suku tinggi dengan gliserol (1,2,3-propanatriol). Dipandang dari sifat fisiknya lemak berfase padat, sedang minyak berfase cair. Minyak mengandung asam tak jenuh (asam oleat), sedang lemak mengandung asam jenuh.

Contoh:

### Asam lemak jenuh

Jumlah atom C	Nama trivial	Nama IUPAC	Rumus molekul
2	asam asetat	asam etanoat	$\text{CH}_3\text{COOH}$
4	asam butirat	asam butanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
6	asam kaproat	asam heksanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
8	asam kaprilat	asam oktanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
10	asam kaprat	asam dekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
12	asam laurat	asam dodekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
14	asam miristat	asam tetradekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$

Jumlah atom C	Nama trivial	Nama IUPAC	Rumus molekul
16	asam palmitat	asam heksadekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
18	asam stearat	asam oktadekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
20	asam arakidat	asam eikosanat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$

### Asam lemak tak jenuh

Jumlah atom C	Nama trivial	Nama IUPAC	Rumus molekul
18	asam oleat	9-oktadekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{-COOH}$
18	asam linoleat	9,12-oktadekadienoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH} = \text{CH}-\text{CH}_2\text{-CH} = \text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{-COOH}$
18	asam linolenat	9,12,15-oktadeka-trienoat	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH} = \text{CH}-\text{CH}_2\text{-CH} = \text{CH}-\text{CH}_2\text{-CH} = \text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{-COOH}$
20	asam arakidenat	5,8,11,14-eikosatetraenoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{-CH} = \text{CH}-\text{CH}_2\text{-CH} = \text{CH}-\text{CH}_2\text{-CH} = \text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{-COOH}$

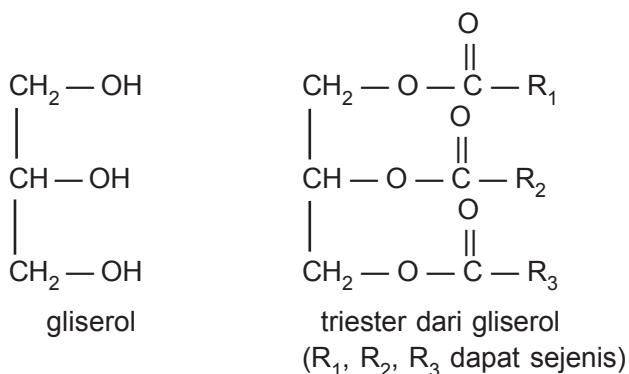
Lemak disebut juga dengan lipida. Lipida merupakan senyawa organik yang terdapat pada jaringan tanaman dan hewan.

Lipida larut dalam pelarut-pelarut yang mempunyai kepolaran rendah seperti kloroform, karbon tetraklorida, dietil eter, atau benzena. Air tidak dapat melarutkan lipida.

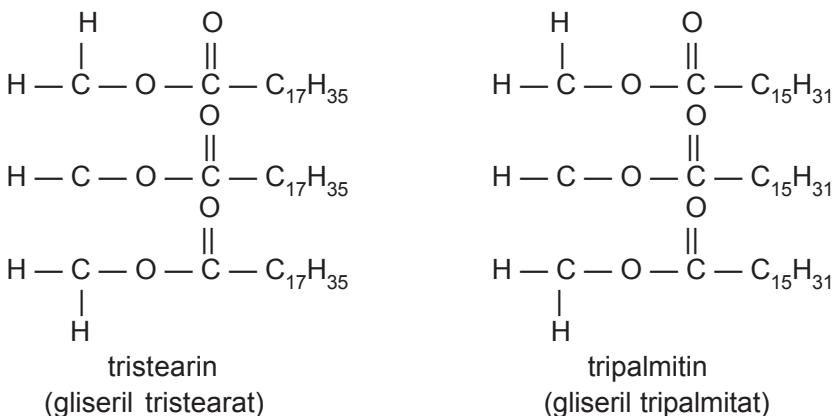
Beberapa senyawa yang termasuk lipida, antara lain:

### Lemak dan minyak

- Lemak dan minyak adalah trigliserida atau triglycerol, artinya triester dari gliserol.  
Pada suhu kamar ( $25^{\circ}\text{C}$ ) lemak berbentuk padat sedangkan minyak berbentuk cair.
- Minyak dapat dihasilkan dari kelapa, kedelai, bunga matahari, kapas, jagung, kacang tanah, dan sebagainya.



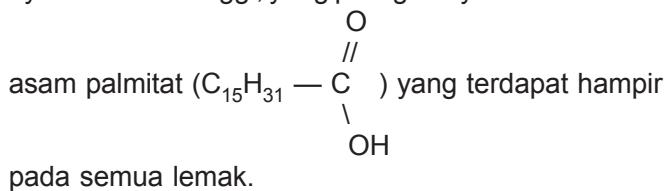
Contoh:



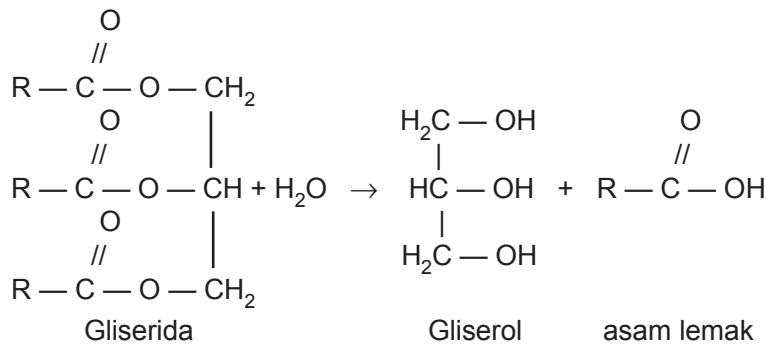
Senyawa-senyawa yang tergolong trigliserida, dikenal sebagai lemak dan minyak. Senyawa-senyawa ini banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan seperti: kelapa, jagung, kacang kedelai, kacang tanah, bunga matahari, kapas, dan sebagainya.

Perbedaan lemak dan minyak didasarkan pada sifat fisiknya. Pada suhu kamar lemak berupa zat padat, sedangkan minyak berupa zat cair. Pada umumnya lemak berisi asam lemak jenuh (contoh gliserol tristearat  $T_L = 75^\circ\text{C}$ ) dan minyak berisi asam lemak tak jenuh (contoh gliserol trioleat  $T_L = 13^\circ\text{C}$ ).

Asam-asam lemak penyusun gliserida umumnya suku-suku tinggi, yang paling banyak tersebar ialah



Pada hidrolisis lemak dihasilkan gliserol dan asam lemak.



*Catatan:*

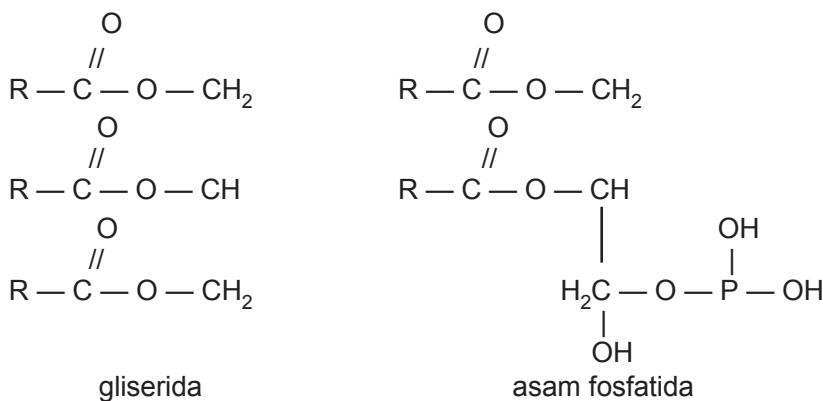
Jika R-nya berbeda dihasilkan campuran dari 3 macam asam lemak.

Fungsi lipida antara lain sebagai komponen struktural membran sel, bahan bakar, lapisan pelindung, vitamin, dan hormon.

### Fosfolipida

Fosfolipida ialah lipida yang mengandung gugus asam fosfat. Salah satu contoh fosfolipida adalah asam fosfatida. Berbeda dengan lemak/gliserida di mana ketiga OH pada gliserol diganti dengan asam lemak, maka dalam molekul asam fosfatida hanya terdapat 2 gugus OH yang diganti dengan asam lemak, sedangkan gugus OH yang ketiga diganti dengan asam fosfat.

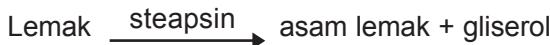
Bandingkan gliserida dan asam fosfatida berikut.



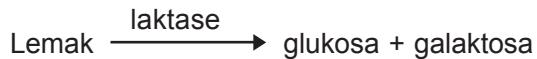
### Pencernaan lemak

Dalam tubuh, lemak yang berasal dari bahan makanan merupakan penghasil kalor terbesar, sebagai pembangun bagian-bagian sel serta pelarut vitamin-vitamin dan zat-zat tertentu.

Butir-butir lemak yang terlarut dalam air pada cairan tubuh dalam empedu diubah menjadi emulsi dan dengan bantuan enzim steapsin (lipase pankreas) diubah menjadi asam lemak dan gliserol.



Dalam usus halus, emulsi lemak diubah menjadi glukosa dan galaktosa, dengan pengaruh enzim laktase.

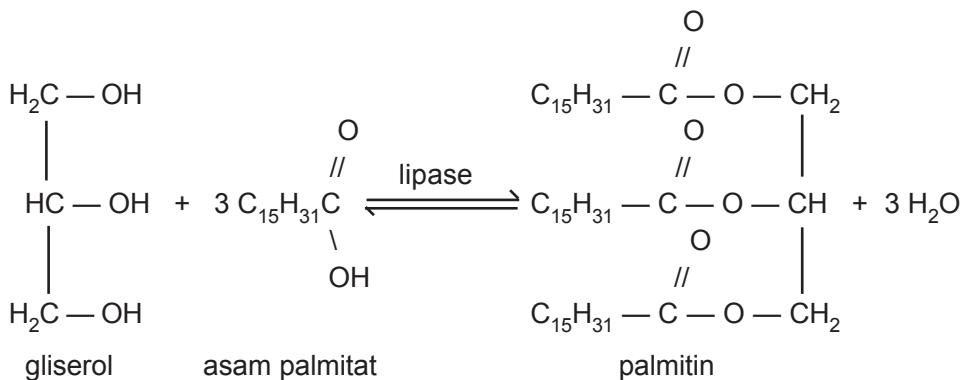


Glukosa yang dihasilkan pada pencernaan lemak dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam tubuh.

#### *Pembentukan molekul besar*

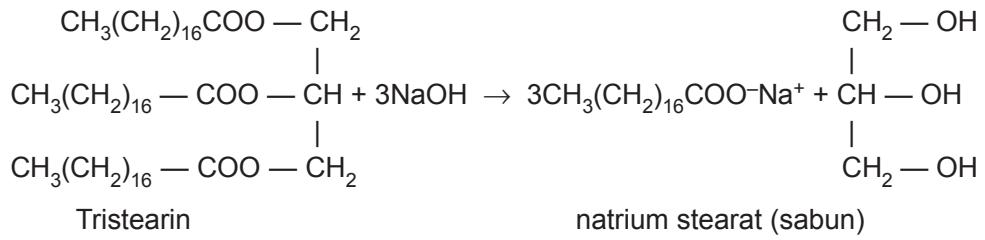
#### **Pembentukan lemak**

Lemak terjadi apabila 3 molekul lemak berikatan dengan satu molekul gliserol. Pembentukan lemak dapat terjadi dengan bantuan enzim lipase. Reaksi ini merupakan reaksi esterifikasi yang berlangsung 2 arah.



#### **Saponifikasi (penyabunan)**

Lemak dan minyak dapat dihidrolisis dalam lingkungan larutan basa kuat menghasilkan gliserol dan garam dari asam lemak. Pada reaksi saponifikasi ester diurai menjadi alkohol dan asam karboksilat. Kemudian asam karboksilat bereaksi dengan basa membentuk sabun.



## Fungsi lipida/lemak:

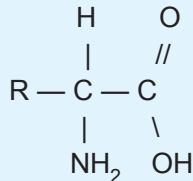
1. Sumber energi (sebagai hasil metabolisme lipida).
  2. Pembentuk struktur membran sel.



# Rangkuman

1. Makromolekul adalah molekul dengan massa molekul relatif yang besar sekali, misalnya polimer.
  2. Satuan pembentuk polimer disebut monomer.
  3. Ada 2 jenis polimer, yaitu polimer alam dan polimer sintetik (buatan).
  4. Berdasarkan monomer pembentuknya, polimer dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu kopolimer dan homopolimer.
  5. Polimer merupakan gabungan monomer-monomer yang terbentuk dengan dua cara, yaitu polimer adisi dan polimer kondensasi.
  6. Polimer adisi tersusun atas monomer-monomer yang sama, yaitu bergabungnya monomer yang mempunyai ikatan rangkap menghasilkan polimer tanpa zat lain.
  7. Polimer kondensasi tersusun atas monomer yang berbeda, yaitu bergabungnya monomer menghasilkan polimer dan zat lain.
  8. Polimer yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya plastik, karet, tekstil, cat, dan wajan antilengket (teflon).
  9. Polimer ada yang termoset dan termoplast.
    - a. Plastik termoset, yaitu plastik yang jika dipanaskan menjadi keras.
    - b. Plastik termoplast, yaitu plastik yang jika dipanaskan akan menjadi lunak.

10. Berdasarkan strukturnya, polimer ada yang lurus, bercabang, dan berikatan silang.
11. Berdasarkan urutan monomer dan jumlah monomer polimer digolongkan menjadi dua yaitu, homopolimer dan kopolimer.
12. Kopolimer terdiri atas kopolimer blok, kopolimer tak beraturan, kopolimer bergantia, dan kopolimer bercabang.
13. Karbohidrat mempunyai rumus umum  $C_n(H_2O)_n$ .
14. Karbohidrat yang mengandung gugus aldehida disebut aldosa.
15. Karbohidrat yang mengandung gugus keton disebut ketosa.
16. Monosakarida terdiri atas glukosa, galaktosa, dan fruktosa.
17. Disakarida jika dihidrolisis akan menjadi dua molekul monosakarida.
  - a. sukrosa + air  $\rightarrow$  glukosa + fruktosa
  - b. maltosa + air  $\rightarrow$  glukosa + glukosa
  - c. laktosa + air  $\rightarrow$  glukosa + galaktosa
18. Yang dapat dioksidasi oleh reaksi Fehling, Benedict, atau Tollens, yaitu glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa.
19. Polisakarida terdiri atas amilum, selulosa, dan glikogen.
20. Pada hidrolisis polisakarida dihasilkan beberapa molekul monosakarida.
21. Protein merupakan gabungan asam-asam amino dengan ikatan peptida.



22. Asam amino adalah senyawa yang mengandung gugus karboksilat





23. Ikatan peptida — C — N —
24. Asam amino bersifat amfoter, di dalam larutan membentuk zwitter ion.
25. Protein sederhana jika dihidrolisis hanya menghasilkan asam amino saja, sedangkan pada protein kompleks (majemuk) selain asam amino dihasilkan juga gugus lain.
26. Pereaksi yang digunakan untuk menguji protein, yaitu pereaksi Biuret, Millon, dan Xantoprotein.
27. Lemak adalah senyawa ester yang berasal dari gliserol (polialkohol) yang ketiga gugus OH-nya diganti dengan sisa asam.
28. Lemak nabati adalah lemak yang dikandung oleh tumbuh-tumbuhan. Lemak alam ini terbentuk dari gliserol dan asam-asam yang tidak jenuh.



## *Uji Kompetensi*

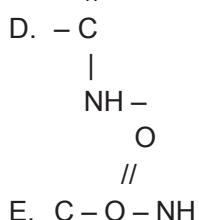
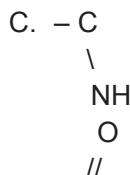
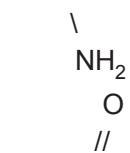
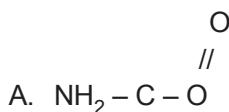
- A. Berilah tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E di depan jawaban yang tepat!

  1. Berikut ini yang tergolong monosakarida adalah ....
    - galaktosa dan laktosa
    - maltosa dan sukrosa
    - glukosa dan fruktosa
    - glukosa dan laktosa
    - glukosa dan maltosa
  2. Karbohidrat berikut yang tergolong aldoheksosa adalah ....
    - fruktosa
    - glukosa
    - sukrosa
    - selulosa
    - maltosa
  3. Suatu senyawa yang memiliki gugus:  
O  
//  
C adalah ....
    - glukosa
    - sukrosa
    - fruktosa
    - galaktosa
    - maltosa
  4. Kelompok senyawa berikut yang terdiri atas monosakarida-disakarida-polisakarida adalah ....
    - galaktosa - maltosa - laktosa
    - amilum - sukrosa - glukogen
    - fruktosa - laktosa - selulosa
    - sukrosa - glukosa - amilum
    - glikogen - glukosa - laktosa

5. Hidrolisis sukrosa akan menghasilkan ....
- A. glukosa + fruktosa
  - B. glukosa + galaktosa
  - C. glukosa + glukosa
  - D. galaktosa + fruktosa
  - E. fruktosa + galaktosa
6. Karbohidrat di bawah ini yang *tidak* bisa dicerna oleh manusia adalah ....
- A. glukosa D. glikogen
  - B. fruktosa E. selulosa
  - C. amilum
7. Kertas dihidrolisis dengan menggunakan katalis asam sulfat. Hasil hidrolisis direaksikan dengan larutan fehling menghasilkan endapan merah bata. Hasil hidrolisis kertas tersebut adalah ....
- A. amilosa D. glukosa
  - B. maltosa E. sukrosa
  - C. fruktosa
8. Suatu senyawa disakarida bila dihidrolisis dalam asam klorida encer menghasilkan 2 zat yang berbeda dan terbentuk endapan merah bata dengan pereaksi fehling, maka senyawa yang dimaksud adalah ....
- A. glukosa D. sukrosa
  - B. maltosa E. selulosa
  - C. laktosa
9. Zat berikut yang berfungsi sebagai biokatalis adalah ....
- A. lemak D. karbohidrat
  - B. asam nukleat E. DNA
  - C. enzim
10. Polisakarida yang tersimpan di hati dan jaringan otot manusia dan hewan adalah ....
- A. amilum D. sukrosa
  - B. selulosa E. laktosa
  - C. glikogen

11. Zat yang menimbulkan warna biru bila direaksikan dengan larutan iodium adalah ....  
A. sukrosa                      D. selulosa  
B. amilum                      E. glikogen  
C. laktosa
12. Pereaksi berikut yang paling tepat untuk menunjukkan adanya protein adalah ....  
A. fehling                      D. buret  
B. tollens                      E. molish  
C. benedick
13. Sumber energi utama dalam tubuh kita adalah ....  
A. ATP  
B. lemak  
C. karbohidrat  
D. protein  
E. asam nukleat
14. Dalam pembentukan ikatan peptida pada protein dilepaskan molekul ....  
A. air                            D. CO<sub>2</sub>  
B. NH<sub>3</sub>                         E. NO<sub>2</sub>  
C. H<sub>2</sub>
15. Ion yang bermuatan ganda pada asam amino disebut ....  
A. ion kompleks  
B. ion zwetter  
C. ion amfoter  
D. ion ampirotik  
E. ion katanion
16. Gugus fungsi yang menyusun asam amino adalah ....  
A. asam karboksilat dan amida  
B. asam karboksilat dan amina  
C. asam karboksilat dan alkohol  
D. asam karboksilat dan amina  
E. asam karboksilat dan alkil halida

17. Berikut ini struktur yang merupakan ikatan peptida adalah ....



18. Biomolekul berikut yang berfungsi sebagai faktor genetika adalah ....

A. karbohidrat                      D. protein

B. lipid                              E. lemak

C. asam nukleat

19. Asam amino yang paling sederhana adalah ....

A. valina                              D. serin

B. glisin                              E. alanin

C. leusin

20. Metabolisme protein mengubah polipeptida menjadi ....

A. monosakarida                      D. disakarida

B. asam amino                              E. asam nukleat

C. ester

**B. Jawablah soal-soal di bawah ini dengan singkat dan tepat!**

1. Sebutkan senyawa karbohidrat yang bila dihidrolisis hasilnya berbeda tetapi bila ditambah pereaksi fehling akan terjadi endapan!
2. a. Senyawa apakah yang disebut ketosa? Mengapa demikian?  
b. Senyawa apakah yang disebut aldoheksosa? Mengapa demikian?
3. a. Sebutkan fungsi protein dalam tubuh!  
b. Asam amino bersifat amfoter. Sifat asam dan sifat basa ditunjukkan dengan adanya apa?  
c. Protein tersusun dari reaksi polimerisasi apa? Tergabung antara gugus apa? Membentuk ikatan apa?  
d. Ion zwitter pada asam amino yaitu ion ganda yang ditunjukkan dengan ion positif dan ion negatif apa?
4. Apa yang dimaksud sel? Sebutkan bagian-bagian penyusunnya!
5. Proses metabolisme terdiri dari katabolisme dan anabolisme. Jelaskan yang dimaksud anabolisme dan katabolisme!





## Glosarium

**afinitas elektron.** Energi yang diperlukan untuk melepaskan sebuah elektron dari sebuah ion negatif, yang dapat mengembalikan ketenetralan sebuah atom atau molekul; besaran ini mencerminkan kecenderungan atom netral tersebut mengikat elektron.

**aloi (alias).** Campuran logam yang terbentuk karena pelehan bersama komponen-komponennya; campuran ini dapat berupa larutan padat atau campuran.

**alotropi.** Keberadaan unsur dalam dua bentuk atau lebih, misalnya dioksigen ( $O_2$ ) dan ozon ( $O_3$ ). Kedua alotrop ini mempunyai konfigurasi molekul yang berbeda. Umumnya alotrop terjadi karena struktur kristal dalam padatan, terutama golongan IV, V, dan VI. Dalam beberapa hal, alotrop stabil dalam rentang suhu yang lebar, dengan titik transisi yang jelas pada perubahan satu alotrop ke alotrop yang lain.

**anode.** Elektrode tempat berlangsungnya reaksi oksidasi. Pada sel volta bermuatan negatif sedangkan pada sel elektrolisis bermuatan positif.

**deret volta.** Deret yang di dalamnya unsur disusun dalam urutan menurut turunnya potensial negatif, antara lain: F, Cl, O, N, Br, P, Pt, Ag, H, Sn, Pb, Mg, Ca, Na, K, Rb, Cs; disebut juga deret penggantian dan deret gerak listrik.

**elektrokimia.** Cabang kimia yang mempelajarinya perubahan energi kimia ke energi listrik dan sebaliknya.

**elektrolisis.** 1) Proses penguraian suatu senyawa dengan pengaliran arus listrik yang melaluinya; 2) Penguraian zat kimia oleh arus listrik yang didasarkan pada hukum elektrolisis, yaitu (1) berat materi yang dihasilkan setara dengan jumlah materi yang dialirkan; (2) berat materi berbeda yang dihasilkan pada elektroda dengan jumlah arus listrik sama mempunyai perbandingan yang sama.

**energi ionisasi (pengionan).** Energi minimal yang diperlukan untuk melepaskan sebuah elektron dari dalam sebuah atom dalam fase gas (setelah terionkan masih dapat dilepaskan elektron yang kedua dan seterusnya sehingga dikenal energi ionisasi kedua, ketiga, dan seterusnya; proses pengionan ini selalu bersifat endoterm).

**glukoprotein.** Protein yang mengikat karbohidrat.

**glukosa.** Senyawa monosakarida yang merupakan aldoheksosa dan merupakan hasil hidrolisa pati.

**grafit.** Bentuk hablur (kristal) alotropik dari karbon, terdapat dalam alam di beberapa negara, dapat pula dibuat secara sintetik dengan pemanasan batubara sampai  $3.000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bersifat tidak keras dan hitam berkilat seperti logam, dapat menghablur listrik dan kalor dengan baik, dipakai untuk elektroda, pensil, cat, dan lain-lain.

**heksosa.** Karbohidrat yang tersusun dari enam atom karbon.

**hipertonik.** Suatu larutan yang tekanan osmotiknya lebih besar daripada tekanan osmotik larutan lain.

**hipotonik.** Suatu larutan yang tekanan osmotiknya lebih rendah daripada tekanan osmotik larutan lain.

**hormon.** Merupakan senyawa pengatur reaksi biokimia di dalam tubuh makhluk hidup, umumnya merupakan senyawa steroid.

**hukum I Faraday**. Hukum yang menyatakan bahwa hasil elektrolisis akan sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dialirkan pada elektrolisis tersebut.

**hukum II Faraday**. Hukum yang menyatakan bahwa bila ke dalam beberapa larutan yang berisi ion logam dialirkan muatan listrik yang sama jumlahnya, maka massa logam yang mengendap akan berbanding lurus dengan massa ekuivalennya. Massa ekuivalen suatu ion logam merupakan angka banding massa atom relatif dengan muatan ionnya ( $Ar/n$ ).

**hukum Raoult**. Penurunan relatif tekanan uap berbanding lurus dengan jumlah molekul zat terlarut dan jumlah total molekul di dalam larutan.

**hukum Van't Hoff**. Tekanan osmotik suatu larutan sama dengan tekanan gas bila zat yang terlarut dianggap sebagai gas dan volume serta suhu larutan dianggap sebagai volume dan suhu gas.

**intan**. Karbon hablur (kristal) tanpa warna, atau hablur isomernya yang sedikit berwarna, bobot jenis = 3,53, kekrasan 10, tak mlarut dan tak melebur, terbakar, menjadi karbon dioksida; digunakan sebagai batu berharga atau untuk memotong kaca dan sebagai pengelas bagi pesawat yang halus.

**ion kompleks**. Ion yang tersusun dari atom pusat yang dikelilingi oleh ligan dengan ikatan koordinasi.

**isomeri geometri**. Peristiwa isomeri yang diakibatkan oleh perbedaan letak dalam ruang dari gugus-gugus yang terikat.

**isomeri optis**. Isomeri yang disebabkan oleh perbedaan arah putar bidang polarisasi cahaya.

**isotonik**. Larutan-larutan yang mempunyai tekanan osmotik sama.

**jari-jari atom**. Besaran yang jika dijumlahkan akan memberikan jarak antara dua atom yang bersangkutan (jari-jari atom mempunyai pengertian yang samar-samar karena bergantung pada keadaan dua atom itu, yaitu terikat secara kovalen dan ionik atau tidak terikat, berada dalam logam ataukah terikat lemah).

**jembatan garam**. Pipa yang berisi garam (umumnya  $KNO_3$ ) yang berfungsi sebagai media perpindahan ion dari anode ke katode atau sebaliknya.

**kalkopirit**. Senyawa  $CuFeS_2$  yang merupakan bijih besi tetapi secara ekonomis tidak layak untuk diambil besinya.

**karat besi**. Senyawa oksida dan mudah larut dalam air, mempunyai rumus kimia  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ .

**karbohidrat**. Senyawa organik dengan rumus umum  $C_m(H_2O)_n$  sebagai hasil fotosintesis tumbuhan berklorofil.

**katode**. Elektrode tempat berlangsungnya reaksi reduksi. Pada sel volta merupakan kutub positif sedangkan pada sel elektrolisis merupakan kutub negatif.

**keelektronegatifan.** Kemampuan suatu atom mengikat atau menerima elektron dari atom lain.

Keelektronegatifan ditentukan dengan skala Pauling, yaitu unsur F yang paling elektronegatif diberi harga keelektronegatifan sama dengan 4.

**kemolalan (molalitas).** Konsentrasi larutan yang menyatakan jumlah mol zat terlarut yang terdapat dalam 1.000 gram pelarut.

**kenaikan titik didih larutan.** Selisih antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut ( $\Delta T_b$  = titik didih larutan-titik didih pelarut).

**ketoheksosa.** Karbohidrat yang tersusun dari enam atom karbon dengan gugus fungsi keton.

**ketosa.** Karbohidrat yang mempunyai gugus fungsi keton.

**kofaktor.** Bagian dari enzim yang merupakan senyawa nonprotein atau ion logam.

**kokas.** Arang sisa yang diperoleh setelah penyusun yang mudah menguap dan batubara dipisahkan dengan penyulingan.

**korosi.** 1) Perusakan lambat benda atau bahan oleh zat kimia dan secara kimia, khususnya secara elektrokimia; 2) Reaksi kimia dan elektrokimia antara logam dan sekitarnya.

**kriolit.** Mineral putih atau tak berwarna yang kristalnya monoklin, tetapi kadang-kadang juga kubik semu, bobot jenis sekitar 3, kekerasan (skala Mohs) 2,5, digunakan sebagai fluks dalam pengubahan elektrolitik bauksit menjadi aluminium; rumus  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ .

**kristal (Crystal).** Padatan dengan bentuk polihedral teratur. Semua kristal dari zat yang sama tumbuh sedemikian rupa sehingga sudut-sudut di antara bidangnya sama. Namun, kenam-pakan luarnya mungkin berbeda sebab bidang yang berbeda dapat tumbuh dengan laju yang berbeda.

**kuningan.** Paduan logam yang mengandung tembaga, seng, timah, timbal, dan mangan.

**kromoprotein.** Protein yang mengikat gugus kromofor (pigmen warna).

**kuarsa.** Dikenal juga sebagai pasir kuarsa, mempunyai rumus kimia  $\text{SiO}_2$ .

**laktosa.** Dikenal sebagai gula susu, bila dihidrolisis akan dihasilkan galaktosa dan glukosa.

**ligan.** Molekul atau ion yang mampu membentuk ikatan koordinasi dengan atom.

**ligan bidentat.** Ligan yang mempunyai dua pasang elektron yang digunakan untuk berikatan koordinasi dengan atom pusat.

**ligan monodentat.** Ligan yang mempunyai sebuah pasangan elektron yang digunakan untuk berikatan koordinasi dengan atom pusat.

**ligan terhidrolisa.** Lipid yang merupakan ester gliserol dan asam lemak.

**lipoprotein.** Protein yang berikatan dengan lipid.

**maltosa.** Merupakan disakarida hasil hidrolisis dari amilum, bila dihidrolisis akan menghasilkan dua molekul glukosa.

**monel.** Paduan logam dari nikel (60–70%), tembaga (25–35%), dan sedikit besi, mangan, silikon, dan karbon. Bahan ini digunakan dalam pembuatan peralatan tahan asam dalam industri kimia.

**monosakarida.** Karbohidrat yang paling sederhana sehingga tidak dapat terhidrolisis menjadi karbohidrat yang lebih sederhana.

**nikrom.** Paduan logam dari 60% Ni, 25% Fe, dan 15% Cr; bertitik lebur tinggi, digunakan sebagai bahan pada alat pemanas listrik dan alat-alat tahan asam.

**nukleoprotein.** Protein yang terikat pada asam nukleat.

**osmosis.** 1) Berkurangnya tekanan uap bila suatu zat dilarutkan dalam pelarut; 2) Proses perpindahan pelarut dari larutan berkonsentrasi rendah ke konsentrasi lebih tinggi melalui selaput atau membran semi permeabel.

**oksidasi.** Berbagai macam proses yang pada hakikatnya menaikkan valensi dari unsur utama dalam sistem itu; mula-mula berupa reaksi dari unsur itu dengan oksigen, kemudian juga dengan halogen, dan akhirnya reaksi yang unsur utamanya kehilangan elektron valensi.

**oksidator (pengoksidasi).** Zat yang mengalami peristiwa reduksi, pengikatan elektron, penurunan bilangan oksidasi, atau pelepasan oksigen.

**orbital hibridisasi.** Suatu orbital elektron yang merupakan gabungan beberapa orbital dari dua atom atau lebih dalam membentuk ikatan.

**ozon.** Bentuk allotropi dari oksigen dengan rumus  $O_3$ ; gas kebiruan yang stabil denganbau merangsang dan dapat mengembun pada suhu  $-12^{\circ}C$ ; terdapat distatosfer berkat radiasi ultraviolet dari matahari; ozon menyerap cahaya ultraviolet gelombang pendek.

**paramagnetik.** Sifat suatu unsur atau senyawanya yang tertarik oleh medan magnet umumnya unsur tersebut mempunyai elektron yang belum berpasangan.

**pengapungan (floating).** Salah satu bagian dalam proses pemisahan tembaga dari bijihnya merupakan tahap awal yang berfungsi untuk membersihkan bijih tembaga.

**pentosa.** Karbohidrat yang tersusun dari lima atom karbon.

**penurunan tekanan uap jenuh larutan.** Perbedaan antara tekanan uap pelarut murni dengan tekanan uap larutan.

**penurunan titik beku larutan.** Selisih antara titik beku larutan dengan titik beku pelarut murni.

**permeabel.** Dapat ditembus oleh partikel.

**perunggu.** Paduan logam yang terdiri atas tembaga, seng, timah, dan nikel.

**polisakarida.** Karbohidrat yang tersusun dari banyak satuan molekul monosakarida sehingga pada hidrolisis sempurna akan dihasilkan beberapa molekul monosakarida.

**potensial elektroda.** Selisih potensial antara logam dengan larutannya.

**proses Bessemer (Bessemer Process).** Proses untuk mengubah "besi tuang" dari tungku sembur menjadi "baja". Lelehan besi tuang dimuat ke dalam tungku miring berlapiskan bahan tahan api pada suhu sekitar  $1.250^{\circ}C$ . Udara ditiupkan ke dalam tungku alasnya.

**proses Frasch.** Metode untuk memperoleh sulfur (belerang) dari endapan bawah tanah menggunakan tabung yang terdiri dari sejumlah pipa konsentris. Uap panas dimasukkan dari pipa terluar untuk melelehkan sulfur, yang dipaksakan masuk ke pipa bagian paling dalam. Uap air panas di pipa terluar menjaga sulfur tetap mencair di dalam pipa.

**proses Hall.** Pemisahan elektrolisis aluminium dari dalam bauksit (atau dari dalam aluminium) yang diekstrak dari bauksit dengan menggunakan lelehan campuran aluminium dan kriolit ( $Na_3AlF_6$ ); katoda karbon merupakan dasar sel dan ditutupi oleh lapisan aluminium cair yang selama elektrolisis berjalan lapisan aluminium akan menebal dan disadap dengan sifon.

**proses Sisilia.** Cara pengambilan dan pengolahan batuan belerang yang berada di atas permukaan tanah.

**protein.** Merupakan polimer dari beberapa molekul asam amino.

**protein konjugasi.** Molekul protein yang mengikat atau terikat pada gugus lain.

**reduksi .** <sup>1)</sup> Penambahan hidrogen atau pengambilan oksigen pada suatu zat; <sup>2)</sup> Penurunan bilangan oksidasi suatu unsur dalam senyawa, misalnya besi (III) klorida menjadi besi (II) klorida; <sup>3)</sup> Penambahan elektron pada suatu atom suatu unsur.

**reduktor.** Zat yang mengalami peristiwa oksidasi, pelepasan elektron, kenaikan bilangan oksidasi, pengikatan oksigen, atau pelepasan hidrogen.

**sel elektrolisis.** Sel elektrokimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia.

**sel Faraday.** Sistem dengan dua prisma dari kuarsa, satu sebagai pendispersi dan yang lain sebagai pengutub atau penganalisis.

**sel kering.** Sel primer (yaitu sel yang mati jika elektrodanya habis) yang bukan berisi cairan melainkan pasta kental sebagai medium elektrolitnya.

**selulosa.** Merupakan polimer dari  $\beta$ -D-Glukosa dan merupakan penyusun dari dinding sel tumbuhan.

**sel Volta.** Sel elektrokimia yang reaksi oksidasi dan reduksinya menghasilkan daya gerak listrik.

**semikonduktor.** Penghantar listrik tanggung dengan tahanan jenis antara  $10^{-2}$  dan  $10^{10}$  ohm cm (antara logam dan isolator).

**semipermeabel.** Dapat ditembus oleh partikel zat tertentu, tetapi tidak oleh partikel zat lain.

**senyawa kiral.** Senyawa yang mempunyai atom C kiral dan tidak mempunyai bidang simetri, dapat mempunyai dua struktur di mana salah satunya merupakan bayangan cermin dari senyawa yang lain.

**senyawa meso.** Senyawa yang mempunyai dua atom karbon asimetris tetapi tidak bersifat optis aktif.

**senyawa optis aktif.** Suatu senyawa yang dapat memutar bidang polarisasi cahaya.

**sifat koligatif larutan.** Sifat larutan yang hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak bergantung pada sifat partikel zat terlarut.

**silikat.** Merupakan polimer dari senyawa silikon yang sangat kompleks, dikenal dalam berbagai senyawa, misalnya asbes, mika, dan tanah liat. Banyak dimanfaatkan untuk membuat kaca, semen, dan keramik.

**silikon.** Unsur nomor 14 yang mempunyai massa atom 28. Pertama kali ditemukan oleh Jakobs Berzelius pada tahun 1823. Merupakan unsur semilogam (metaloid), dimanfaatkan untuk membuat transistor dan mikrochip.

**siloksan.** Polimer senyawa organik yang mengandung silikon dimanfaatkan untuk bahan plastik, serat (fiber) dan bahan untuk operasi plastik.

**slag (terak).** Bahan yang dihasilkan selama pelelehan atau pemurnian logam melalui reaksi fluks dengan bahan asing (misalnya kalsium silikat terbentuk melalui reaksi kalsium oksida dengan bahan asing silikon oksida). Terak cair dapat dipisahkan dari logam cair karena ia mengembang pada permukaan.

**stainless steel.** Baja yang mengandung krom dan mempunyai sifat sukar berkarat, mengkilat, dan tahan lama.

**steroid.** Senyawa turunan (derivat) lipida yang tidak terhidrolisis, misalnya kolesterol.

**sukrosa.** Senyawa disakarida yang bila dihidrolisis menghasilkan fruktosa dan glukosa, terdapat pada tebu dan bit.

**tanur.** Bilik untuk sistem pembakaran tempat berlangsungnya pengeringan, pemijaran, atau pembakaran.

**tanur tinggi/tanur sembur (*Blast Furnace*).** Tungku untuk mengolah bijih besi, misalnya hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnetit ( $\text{FeO}_4$ ), untuk membuat besi tuang (*pig iron*). Bangun tungku bulat memanjang, diisi dari bagian puncak dengan bijih besi, kokas, dan fluks, biasanya berupa gamping. Konversi dari besi oksida menjadi besi logam ialah proses reduksi, dengan karbon monoksida dan hidrogen sebagai bahan pereduksi.

**tekanan osmosis.** Selisih tekanan hidrostatik antara pelarut dengan larutan.

**tekanan uap.** Ukuran kecenderungan molekul-molekul dalam wujud cair lepas menjadi molekul gas.

**tekanan uap jenuh larutan.** Tekanan uap zat cair yang besarnya tetap pada suhu tertentu.

**tetrosa.** Karbohidrat yang tersusun dari empat atom karbon.

**titik beku cairan.** Suhu pada saat tekanan uap cairan sama dengan tekanan udara luar.

**triosia.** Karbohidrat yang tersusun dari tiga atom karbon.

**tungku.** Alat untuk memanaskan benda pada suhu tinggi; kalor untuk itu diperoleh secara listrik atau dari pembakaran gas, minyak, atau batubara.

**unsur transisi.** Unsur yang terdapat pada blok d sistem periodik unsur-unsur. Sekelompok unsur yang mempunyai sekurang-kurangnya sebuah ion dengan subkulit d belum penuh.

**water glass.** Senyawa hasil pemanasan natrium karbonat dan silikon dioksida, larut dalam air dan digunakan sebagai bahan untuk gelas (kaca) fiber glass dan serat optik.

**zone refining.** Suatu teknik pemurnian silikon sehingga diperoleh silikon ultra murni untuk keperluan pembuatan mikrochip dan transistor.

**zwitter ion.** Ion asam amino yang mempunyai dua kutub muatan positif dan negatif pada dua ujung yang berbeda.



## Glosarium

**afinitas elektron.** Energi yang diperlukan untuk melepaskan sebuah elektron dari sebuah ion negatif, yang dapat mengembalikan keterbalikan sebuah atom atau molekul; besaran ini mencerminkan kecenderungan atom netral tersebut mengikat elektron.

**aloi (alias).** Campuran logam yang terbentuk karena pelehan bersama komponen-komponennya; campuran ini dapat berupa larutan padat atau campuran.

**alotropi.** Keberadaan unsur dalam dua bentuk atau lebih, misalnya dioksigen ( $O_2$ ) dan ozon ( $O_3$ ). Kedua alotrop ini mempunyai konfigurasi molekul yang berbeda. Umumnya alotrop terjadi karena struktur kristal dalam padatan, terutama golongan IV, V, dan VI. Dalam beberapa hal, alotrop stabil dalam rentang suhu yang lebar, dengan titik transisi yang jelas pada perubahan satu alotrop ke alotrop yang lain.

**anode.** Elektrode tempat berlangsungnya reaksi oksidasi. Pada sel volta bermuatan negatif sedangkan pada sel elektrolisis bermuatan positif.

**deret volta.** Deret yang di dalamnya unsur disusun dalam urutan menurut turunnya potensial negatif, antara lain: F, Cl, O, N, Br, P, Pt, Ag, H, Sn, Pb, Mg, Ca, Na, K, Rb, Cs; disebut juga deret penggantian dan deret gerak listrik.

**elektrokimia.** Cabang kimia yang mempelajarinya perubahan energi kimia ke energi listrik dan sebaliknya.

**elektrolisis.** 1) Proses penguraian suatu senyawa dengan pengaliran arus listrik yang melaluinya; 2) Penguraian zat kimia oleh arus listrik yang didasarkan pada hukum elektrolisis, yaitu (1) berat materi yang dihasilkan setara dengan jumlah materi yang dialirkan; (2) berat materi berbeda yang dihasilkan pada elektroda dengan jumlah arus listrik sama mempunyai perbandingan yang sama.

**energi ionisasi (pengionan).** Energi minimal yang diperlukan untuk melepaskan sebuah elektron dari dalam sebuah atom dalam fase gas (setelah terionkan masih dapat dilepaskan elektron yang kedua dan seterusnya sehingga dikenal energi ionisasi kedua, ketiga, dan seterusnya; proses pengionan ini selalu bersifat endoterm).

**glukoprotein.** Protein yang mengikat karbohidrat.

**glukosa.** Senyawa monosakarida yang merupakan aldoheksosa dan merupakan hasil hidrolisa pati.

**grafit.** Bentuk hablur (kristal) alotropik dari karbon, terdapat dalam alam di beberapa negara, dapat pula dibuat secara sintetik dengan pemanasan batubara sampai  $3.000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bersifat tidak keras dan hitam berkilat seperti logam, dapat menghablur listrik dan kalor dengan baik, dipakai untuk elektroda, pensil, cat, dan lain-lain.

**heksosa.** Karbohidrat yang tersusun dari enam atom karbon.

**hipertonik.** Suatu larutan yang tekanan osmotiknya lebih besar daripada tekanan osmotik larutan lain.

**hipotonik.** Suatu larutan yang tekanan osmotiknya lebih rendah daripada tekanan osmotik larutan lain.

**hormon.** Merupakan senyawa pengatur reaksi biokimia di dalam tubuh makhluk hidup, umumnya merupakan senyawa steroid.

**hukum I Faraday.** Hukum yang menyatakan bahwa hasil elektrolisis akan sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dialirkan pada elektrolisis tersebut.

**hukum II Faraday.** Hukum yang menyatakan bahwa bila ke dalam beberapa larutan yang berisi ion logam dialirkan muatan listrik yang sama jumlahnya, maka massa logam yang mengendap akan berbanding lurus dengan massa ekuivalennya. Massa ekuivalen suatu ion logam merupakan angka banding massa atom relatif dengan muatan ionnya ( $Ar/n$ ).

**hukum Raoult.** Penurunan relatif tekanan uap berbanding lurus dengan jumlah molekul zat terlarut dan jumlah total molekul di dalam larutan.

**hukum Van't Hoff.** Tekanan osmotik suatu larutan sama dengan tekanan gas bila zat yang terlarut dianggap sebagai gas dan volume serta suhu larutan dianggap sebagai volume dan suhu gas.

**intan.** Karbon hablur (kristal) tanpa warna, atau hablur isomernya yang sedikit berwarna, bobot jenis = 3,53, kekrasan 10, tak mlarut dan tak melebur, terbakar, menjadi karbon dioksida; digunakan sebagai batu berharga atau untuk memotong kaca dan sebagai pengelas bagi pesawat yang halus.

**ion kompleks.** Ion yang tersusun dari atom pusat yang dikelilingi oleh ligan dengan ikatan koordinasi.

**isomeri geometri.** Peristiwa isomeri yang diakibatkan oleh perbedaan letak dalam ruang dari gugus-gugus yang terikat.

**isomeri optis.** Isomeri yang disebabkan oleh perbedaan arah putar bidang polarisasi cahaya.

**isotonik.** Larutan-larutan yang mempunyai tekanan osmotik sama.

**jari-jari atom.** Besaran yang jika dijumlahkan akan memberikan jarak antara dua atom yang bersangkutan (jari-jari atom mempunyai pengertian yang samar-samar karena bergantung pada keadaan dua atom itu, yaitu terikat secara kovalen dan ionik atau tidak terikat, berada dalam logam ataukah terikat lemah).

**jembatan garam.** Pipa yang berisi garam (umumnya  $KNO_3$ ) yang berfungsi sebagai media perpindahan ion dari anode ke katode atau sebaliknya.

**kalkopirit.** Senyawa  $CuFeS_2$  yang merupakan bijih besi tetapi secara ekonomis tidak layak untuk diambil besinya.

**karat besi.** Senyawa oksida dan mudah larut dalam air, mempunyai rumus kimia  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ .

**karbohidrat.** Senyawa organik dengan rumus umum  $C_m(H_2O)_n$  sebagai hasil fotosintesis tumbuhan berklorofil.

**katode.** Elektrode tempat berlangsungnya reaksi reduksi. Pada sel volta merupakan kutub positif sedangkan pada sel elektrolisis merupakan kutub negatif.

**keelektronegatifan.** Kemampuan suatu atom mengikat atau menerima elektron dari atom lain.

Keelektronegatifan ditentukan dengan skala Pauling, yaitu unsur F yang paling elektronegatif diberi harga keelektronegatifan sama dengan 4.

**kemolalan (molalitas).** Konsentrasi larutan yang menyatakan jumlah mol zat terlarut yang terdapat dalam 1.000 gram pelarut.

**kenaikan titik didih larutan.** Selisih antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut ( $\Delta T_b$  = titik didih larutan-titik didih pelarut).

**ketoheksosa.** Karbohidrat yang tersusun dari enam atom karbon dengan gugus fungsi keton.

**ketosa.** Karbohidrat yang mempunyai gugus fungsi keton.

**kofaktor.** Bagian dari enzim yang merupakan senyawa nonprotein atau ion logam.

**kokas.** Arang sisa yang diperoleh setelah penyusun yang mudah menguap dan batubara dipisahkan dengan penyulingan.

**korosi.** 1) Perusakan lambat benda atau bahan oleh zat kimia dan secara kimia, khususnya secara elektrokimia; 2) Reaksi kimia dan elektrokimia antara logam dan sekitarnya.

**kriolit.** Mineral putih atau tak berwarna yang kristalnya monoklin, tetapi kadang-kadang juga kubik semu, bobot jenis sekitar 3, kekerasan (skala Mohs) 2,5, digunakan sebagai fluks dalam pengubahan elektrolitik bauksit menjadi aluminium; rumus  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ .

**kristal (Crystal).** Padatan dengan bentuk polihedral teratur. Semua kristal dari zat yang sama tumbuh sedemikian rupa sehingga sudut-sudut di antara bidangnya sama. Namun, kenam-pakan luarnya mungkin berbeda sebab bidang yang berbeda dapat tumbuh dengan laju yang berbeda.

**kuningan.** Paduan logam yang mengandung tembaga, seng, timah, timbal, dan mangan.

**kromoprotein.** Protein yang mengikat gugus kromofor (pigmen warna).

**kuarsa.** Dikenal juga sebagai pasir kuarsa, mempunyai rumus kimia  $\text{SiO}_2$ .

**laktosa.** Dikenal sebagai gula susu, bila dihidrolisis akan dihasilkan galaktosa dan glukosa.

**ligan.** Molekul atau ion yang mampu membentuk ikatan koordinasi dengan atom.

**ligan bidentat.** Ligan yang mempunyai dua pasang elektron yang digunakan untuk berikatan koordinasi dengan atom pusat.

**ligan monodentat.** Ligan yang mempunyai sebuah pasangan elektron yang digunakan untuk berikatan koordinasi dengan atom pusat.

**ligan terhidrolisa.** Lipid yang merupakan ester gliserol dan asam lemak.

**lipoprotein.** Protein yang berikatan dengan lipid.

**maltosa.** Merupakan disakarida hasil hidrolisis dari amilum, bila dihidrolisis akan menghasilkan dua molekul glukosa.

**monel.** Paduan logam dari nikel (60–70%), tembaga (25–35%), dan sedikit besi, mangan, silikon, dan karbon. Bahan ini digunakan dalam pembuatan peralatan tahan asam dalam industri kimia.

**monosakarida.** Karbohidrat yang paling sederhana sehingga tidak dapat terhidrolisis menjadi karbohidrat yang lebih sederhana.

**nikrom.** Paduan logam dari 60% Ni, 25% Fe, dan 15% Cr; bertitik lebur tinggi, digunakan sebagai bahan pada alat pemanas listrik dan alat-alat tahan asam.

**nukleoprotein.** Protein yang terikat pada asam nukleat.

**osmosis.** 1) Berkurangnya tekanan uap bila suatu zat dilarutkan dalam pelarut; 2) Proses perpindahan pelarut dari larutan berkonsentrasi rendah ke konsentrasi lebih tinggi melalui selaput atau membran semi permeabel.

**oksidasi.** Berbagai macam proses yang pada hakikatnya menaikkan valensi dari unsur utama dalam sistem itu; mula-mula berupa reaksi dari unsur itu dengan oksigen, kemudian juga dengan halogen, dan akhirnya reaksi yang unsur utamanya kehilangan elektron valensi.

**oksidator (pengoksidasi).** Zat yang mengalami peristiwa reduksi, pengikatan elektron, penurunan bilangan oksidasi, atau pelepasan oksigen.

**orbital hibridisasi.** Suatu orbital elektron yang merupakan gabungan beberapa orbital dari dua atom atau lebih dalam membentuk ikatan.

**ozon.** Bentuk allotropi dari oksigen dengan rumus  $O_3$ ; gas kebiruan yang stabil denganbau merangsang dan dapat mengembun pada suhu  $-12^{\circ}C$ ; terdapat distatosfer berkat radiasi ultraviolet dari matahari; ozon menyerap cahaya ultraviolet gelombang pendek.

**paramagnetik.** Sifat suatu unsur atau senyawanya yang tertarik oleh medan magnet umumnya unsur tersebut mempunyai elektron yang belum berpasangan.

**pengapungan (floating).** Salah satu bagian dalam proses pemisahan tembaga dari bijihnya merupakan tahap awal yang berfungsi untuk membersihkan bijih tembaga.

**pentosa.** Karbohidrat yang tersusun dari lima atom karbon.

**penurunan tekanan uap jenuh larutan.** Perbedaan antara tekanan uap pelarut murni dengan tekanan uap larutan.

**penurunan titik beku larutan.** Selisih antara titik beku larutan dengan titik beku pelarut murni.

**permeabel.** Dapat ditembus oleh partikel.

**perunggu.** Paduan logam yang terdiri atas tembaga, seng, timah, dan nikel.

**polisakarida.** Karbohidrat yang tersusun dari banyak satuan molekul monosakarida sehingga pada hidrolisis sempurna akan dihasilkan beberapa molekul monosakarida.

**potensial elektroda.** Selisih potensial antara logam dengan larutannya.

**proses Bessemer (Bessemer Process).** Proses untuk mengubah "besi tuang" dari tungku sembur menjadi "baja". Lelehan besi tuang dimuat ke dalam tungku miring berlapiskan bahan tahan api pada suhu sekitar  $1.250^{\circ}C$ . Udara ditiupkan ke dalam tungku alasnya.

**proses Frasch.** Metode untuk memperoleh sulfur (belerang) dari endapan bawah tanah menggunakan tabung yang terdiri dari sejumlah pipa konsentris. Uap panas dimasukkan dari pipa terluar untuk melelehkan sulfur, yang dipaksakan masuk ke pipa bagian paling dalam. Uap air panas di pipa terluar menjaga sulfur tetap mencair di dalam pipa.

**proses Hall.** Pemisahan elektrolisis aluminium dari dalam bauksit (atau dari dalam aluminium) yang diekstrak dari bauksit dengan menggunakan lelehan campuran aluminium dan kriolit ( $Na_3AlF_6$ ); katoda karbon merupakan dasar sel dan ditutupi oleh lapisan aluminium cair yang selama elektrolisis berjalan lapisan aluminium akan menebal dan disadap dengan sifon.

**proses Sisilia.** Cara pengambilan dan pengolahan batuan belerang yang berada di atas permukaan tanah.

**protein.** Merupakan polimer dari beberapa molekul asam amino.

**protein konjugasi.** Molekul protein yang mengikat atau terikat pada gugus lain.

**reduksi .** <sup>1)</sup> Penambahan hidrogen atau pengambilan oksigen pada suatu zat; <sup>2)</sup> Penurunan bilangan oksidasi suatu unsur dalam senyawa, misalnya besi (III) klorida menjadi besi (II) klorida; <sup>3)</sup> Penambahan elektron pada suatu atom suatu unsur.

**reduktor.** Zat yang mengalami peristiwa oksidasi, pelepasan elektron, kenaikan bilangan oksidasi, pengikatan oksigen, atau pelepasan hidrogen.

**sel elektrolisis.** Sel elektrokimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia.

**sel Faraday.** Sistem dengan dua prisma dari kuarsa, satu sebagai pendispersi dan yang lain sebagai pengutub atau penganalisis.

**sel kering.** Sel primer (yaitu sel yang mati jika elektrodanya habis) yang bukan berisi cairan melainkan pasta kental sebagai medium elektrolitnya.

**selulosa.** Merupakan polimer dari  $\beta$ -D-Glukosa dan merupakan penyusun dari dinding sel tumbuhan.

**sel Volta.** Sel elektrokimia yang reaksi oksidasi dan reduksinya menghasilkan daya gerak listrik.

**semikonduktor.** Penghantar listrik tanggung dengan tahanan jenis antara  $10^{-2}$  dan  $10^{10}$  ohm cm (antara logam dan isolator).

**semipermeabel.** Dapat ditembus oleh partikel zat tertentu, tetapi tidak oleh partikel zat lain.

**senyawa kiral.** Senyawa yang mempunyai atom C kiral dan tidak mempunyai bidang simetri, dapat mempunyai dua struktur di mana salah satunya merupakan bayangan cermin dari senyawa yang lain.

**senyawa meso.** Senyawa yang mempunyai dua atom karbon asimetris tetapi tidak bersifat optis aktif.

**senyawa optis aktif.** Suatu senyawa yang dapat memutar bidang polarisasi cahaya.

**sifat koligatif larutan.** Sifat larutan yang hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak bergantung pada sifat partikel zat terlarut.

**silikat.** Merupakan polimer dari senyawa silikon yang sangat kompleks, dikenal dalam berbagai senyawa, misalnya asbes, mika, dan tanah liat. Banyak dimanfaatkan untuk membuat kaca, semen, dan keramik.

**silikon.** Unsur nomor 14 yang mempunyai massa atom 28. Pertama kali ditemukan oleh Jakobs Berzelius pada tahun 1823. Merupakan unsur semilogam (metaloid), dimanfaatkan untuk membuat transistor dan mikrochip.

**siloksan.** Polimer senyawa organik yang mengandung silikon dimanfaatkan untuk bahan plastik, serat (fiber) dan bahan untuk operasi plastik.

**slag (terak).** Bahan yang dihasilkan selama pelelehan atau pemurnian logam melalui reaksi fluks dengan bahan asing (misalnya kalsium silikat terbentuk melalui reaksi kalsium oksida dengan bahan asing silikon oksida). Terak cair dapat dipisahkan dari logam cair karena ia mengembang pada permukaan.

**stainless steel.** Baja yang mengandung krom dan mempunyai sifat sukar berkarat, mengkilat, dan tahan lama.

**steroid.** Senyawa turunan (derivat) lipida yang tidak terhidrolisis, misalnya kolesterol.

**sukrosa.** Senyawa disakarida yang bila dihidrolisis menghasilkan fruktosa dan glukosa, terdapat pada tebu dan bit.

**tanur.** Bilik untuk sistem pembakaran tempat berlangsungnya pengeringan, pemijaran, atau pembakaran.

**tanur tinggi/tanur sembur (*Blast Furnace*).** Tungku untuk mengolah bijih besi, misalnya hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnetit ( $\text{FeO}_4$ ), untuk membuat besi tuang (*pig iron*). Bangun tungku bulat memanjang, diisi dari bagian puncak dengan bijih besi, kokas, dan fluks, biasanya berupa gamping. Konversi dari besi oksida menjadi besi logam ialah proses reduksi, dengan karbon monoksida dan hidrogen sebagai bahan pereduksi.

**tekanan osmosis.** Selisih tekanan hidrostatik antara pelarut dengan larutan.

**tekanan uap.** Ukuran kecenderungan molekul-molekul dalam wujud cair lepas menjadi molekul gas.

**tekanan uap jenuh larutan.** Tekanan uap zat cair yang besarnya tetap pada suhu tertentu.

**tetrosa.** Karbohidrat yang tersusun dari empat atom karbon.

**titik beku cairan.** Suhu pada saat tekanan uap cairan sama dengan tekanan udara luar.

**triosia.** Karbohidrat yang tersusun dari tiga atom karbon.

**tungku.** Alat untuk memanaskan benda pada suhu tinggi; kalor untuk itu diperoleh secara listrik atau dari pembakaran gas, minyak, atau batubara.

**unsur transisi.** Unsur yang terdapat pada blok d sistem periodik unsur-unsur. Sekelompok unsur yang mempunyai sekurang-kurangnya sebuah ion dengan subkulit d belum penuh.

**water glass.** Senyawa hasil pemanasan natrium karbonat dan silikon dioksida, larut dalam air dan digunakan sebagai bahan untuk gelas (kaca) fiber glass dan serat optik.

**zone refining.** Suatu teknik pemurnian silikon sehingga diperoleh silikon ultra murni untuk keperluan pembuatan mikrochip dan transistor.

**zwitter ion.** Ion asam amino yang mempunyai dua kutub muatan positif dan negatif pada dua ujung yang berbeda.

# *Daftar Pustaka*

- Achamdi, Suminar. 2000. *Jendela IPTEK, Materi*. Edisi ke-2. Jakarta: Balai Pustaka.
- Atja, S.K. et al. 1992. *Logam dan Nonlogam (untuk SMA)*. Bandung: Pakar Raya.
- Basset, J. et al. 1991. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Terjemahan A. Hadyana P. dan L. Setiono. Edisi ke-4. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Bodner, George M. dan Harry L. Pardue. 1995. *Chemistry and Experimental Science*. Edisi ke-2. New York: John dan Sons, Inc.
- Brady, James E. 1990. *General Chemistry, Principles & Structure*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Cotton, F. Albert dan G. Wilkinson. 1976. *Basic Inorganic Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Farndon, John. 2000. *Science*. Essex: Miles Kelly Publishing Ltd.
- Harrison, R.D. et al. 1990. *The Book of Data*. Edisi ke-7. Hongkong: Longman Group UK Limited.
- Holman, John, dan Graham Hill. 1989. *Chemistry in Context*. England: Thomas Nelson.
- Holum, John R. 1994. *Element of General Organic and Biological Chemistry*. Edisi ke-8. New York: John Wiley & Sons.
- \_\_\_\_\_. 1995. *General Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- Keenan, Charles W. et al. *Ilmu Kimia Universitas*. Terjemahan A. Hadyana P. Jakarta: Erlangga.
- Khasanah, Venus. 2000. *Jendela IPTEK, Ilmu Kedokteran*. Edisi ke-2. Jakarta: Balai Pustaka.
- Lister, Ted. 1991. *Understanding Chemistry*. England: Stanley Thornes Pub.
- McMurry dan Fay. 1998. *Chemistry*. Edisi ke-2. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Morris, Jane. 1991. *GCSE Chemistry*. London: Collins Educational.
- Oxtoby, Gilis, dan Nachtrieb. 2001. *Prinsip-prinsip Kimia Modern*. Terjemahan Suminar S.A. Edisi 4. Jakarta: Erlangga.
- Petrucci, Ralph H. 1992. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*. Edisi ke-4. Jakarta: Erlangga.
- Stokes, B.J. 1991. *Chemistry, Nuffield Advanced Science Student Book*. England: Longman.
- Sevenair dan Burkett. 1997. *Introductory Chemistry Investigating The Molecular Nature of Matter*. Dubuque: Wm. C. Brown Communications, Inc.
- Solichin, Tresnati S. 2000. *Jendela IPTEK, Kimia*. Edisi ke-2. Jakarta: Balai Pustaka.
- Svehla, G. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Terjemahan A. Hadyana P. dan Ir. L. Setiono. Edisi ke-5. Jakarta: PT. Kalman Media Pusaka.
- Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa. 1991. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Whitten, Davis, dan Peck. 2000. *General Chemistry with Qualitative Analysis*. Edisi ke-6. Orlando: Harcourt, Inc.
- Zumdahl, Steven. 1997. *Chemistry*. Edisi ke-4. Boston: Houghton Mifflin Company.

# Kunci Jawaban

## BAB 1

1. c; 3. c; 5. c; 7. b; 9. e; 11. a; 13. d; 15. b; 17. e; 19. b;  
21. b; 23. c; 25. e

$$1. \Delta T_b = \frac{11,7}{58,5} \cdot \frac{1.000}{250} \times 0,52 \times 2 = 0,832^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100,832^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = \frac{11,7}{58,5} \cdot \frac{1.000}{250} \times 1,86 \times 2 = 2,976^\circ\text{C}$$

$$T_f = -2,976^\circ\text{C}$$

$$3. \Delta T_f \text{ campuran} = \Delta T_f \text{ NaCl} + \Delta T_f$$

$$1,86 = \left( \frac{11,7}{58,5} \cdot 2 + \frac{34,2}{M_r X} \right) \cdot \frac{1.000}{500} \cdot 1,86$$

$$M_r X = 342$$

$$\Delta T_f \text{H}_2\text{SO}_4 = 2,9 \Delta T_f \text{ urea}$$

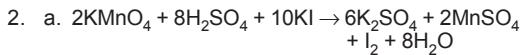
$$m \cdot K_f \cdot i = 2,9 \cdot m \cdot K_f$$

$$= \frac{19,6}{98} \cdot \frac{1.000}{500} \cdot (1 + \alpha(3-1))$$

$$= 2,9 \cdot \frac{3}{60} \cdot \frac{1.000}{500}$$

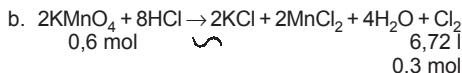
## BAB 2

2. c; 4. e; 6. d; 8. d; 10. a; 12. b; 14. a; 16. c; 18. a; 20. b; 22. a; 24. c



$$n \text{ I}_2 = \frac{5,08}{254} = 0,02 \text{ mol}$$

$$n \text{ H}_2\text{SO}_4 = 8 \cdot 0,02 = 0,16 \text{ mol}$$

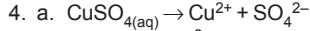


$$0,6 \text{ mol} \quad \text{~~~~~} \text{~~~~~} \quad \text{~~~~~} \quad \text{~~~~~} \quad 6,721$$

$$0,3 \text{ mol}$$

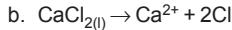
$$\text{massa KMnO}_4 = 0,6 \text{ mol} \times 178 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$= 108,8 \text{ gram}$$



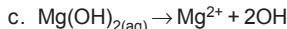
$$\text{Katode : Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$$

$$\text{Anode : } 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$$



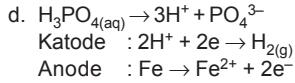
$$\text{Katode : Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$$

$$\text{Anode : } 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$$



$$\text{Katode : } 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_{2(\text{g})}$$

$$\text{Anode : } 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$$



## BAB 3

1. e; 3. e; 5. c; 7. e; 9. c; 11. d; 13. c; 15. e; 17. e; 19. c;  
21. e; 23. c; 25. d

$$1. \Delta P = X_B \cdot p^\circ$$

$$40,2 - 40 = \frac{\frac{15}{M_r X}}{\frac{360}{18} + \frac{15}{M_r X}} \cdot 40,2$$

$$0,2 = \frac{\frac{15}{M_r X}}{20 + \frac{15}{M_r X}} \cdot 40,2$$

$$4M_r X + 3 = 603 M_r X$$

$$M_r X = \frac{600}{4} = 150$$

## BAB 4

2. b; 4. a; 6. e; 8. c; 10. c; 12. d; 14. b; 16. d; 18. c; 20. d

- Perbedaan antara reaksi substitusi dan reaksi adisi:  
Reaksi substitusi yaitu reaksi pergantian atom gugus dengan menggunakan atom, gugus lain. Contoh:  
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl} + \text{AgOH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} + \text{AgCl}$   
Reaksi adisi yaitu reaksi penambahan atom gugus atau terjadi perubahan ikatan rangkap menjadi tunggal. Contoh:  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_3$

## BAB 5

- c; 3. a; 5. a; 7. c; 9. c; 11. b; 13. c; 15. b; 19. b
- Senyawa yang disebut ketosa adalah fruktosa karena mengandung gugus keton, sedangkan yang disebut aldoheksosa adalah glukosa, karena mengandung gugus aldehid.
- Sel merupakan organisme hidup yang terkecil. Penyusun sel: senyawa anorganik (air, mineral); senyawa biomolekul (karbohidrat, protein, lipida, asam nukleat); biokatalis (enzim); kofaktor dan vitamin.

## Lampiran

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

No.	Pelarut	$T_b$ (°C)	$K_b$ (°C m <sup>-1</sup> )	$T_f$ (°C)	$K_f$ (°C m <sup>-1</sup> )
1	Air	100,000*	0,512	0,00*	1,86
2	Asam asetat	118,10	2,53	16,60	5,12
3	Benzena	80,10	2,53	5,48	5,12
4	Etanol	78,40	1,22	-114,70	1,90
5	Fenol	182,00	3,56	43,00	7,40
6	Nitrobenzena	210,88	5,24	5,70	7,00

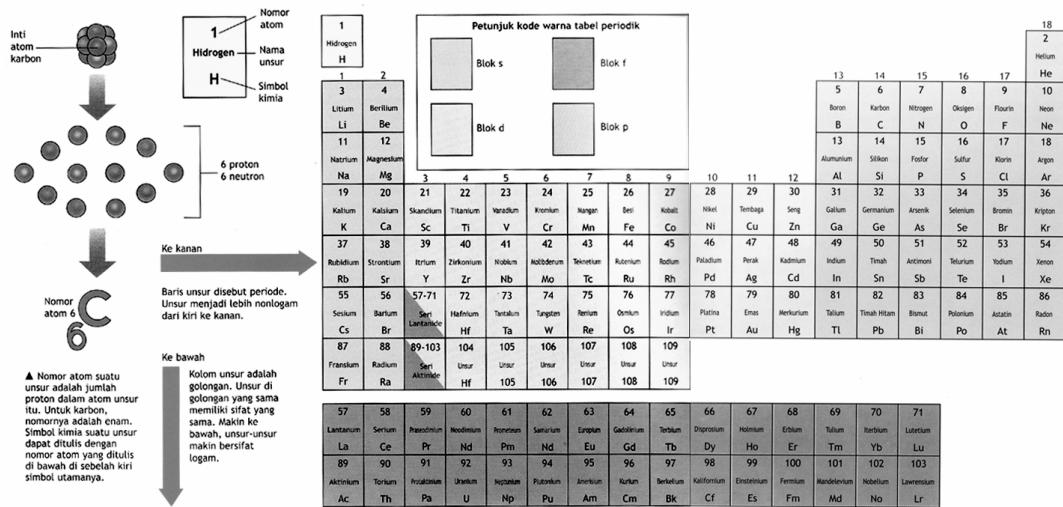
\* Harga pasti

### Potensial Elektrode Standar $E^\circ$ (volt)

Reaksi elektrode	Potensial Standar $E^\circ$ (volt)
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}(\text{s})$	-2,92
$\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{s})$	-2,90
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	-2,87
$\text{Na}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,37
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}(\text{s})$	-1,18
$2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,44
$\text{Cd}^{3+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{s})$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s})$	-0,28
$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}(\text{s})$	-0,28
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13

Reaksi elektrode	Potensial Standar E° (volt)
$2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^-(\text{aq})$	+0,40
$\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(\text{aq})$	+0,54
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l})$	+0,79
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	+0,80
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l})$	+0,85
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,96
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Br}^-(\text{aq})$	+1,07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,23
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$	+1,36
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-(\text{aq})$	+2,87

## TABEL PERIODIK UNSUR



Sumber: Ensiklopedia Iptek

# Indeks

- A.** Afinitas elektron  
Anode, 30  
Alloy (Aliase)  
Aldehid, 134  
Alkanol, 113  
Alkanon, 143  
Alkohol primer, 114  
Alkohol sekunder, 114  
Alkohol tertier, 115  
Alkoksi alkana (eter), 132  
Anti oksidan  
Asam amino, 209  
Anilin
- B.** Belerang, 85  
Benzena, 163
- D.** Deret Volta, 40  
Derajat ionisasi, 12
- E.** Elektrode, 31  
Elektrode standar ( $E^\circ$ ), 33  
Elektrokimia, 26  
Elektrolisis, 47  
Energi ionisasi, 75
- F.** Fruktosa, 203  
Fehling, 140
- G.** Gas freon, 80  
Glukosa, 202  
Galaktosa, 201
- H.** Halo alkana, 107  
Hukum Routh, 3  
Hukum Van't Hoff, 10  
Hukum Faraday I, 51  
Hukum Faraday II, 52  
Hipotonik  
Hipertonus
- I.** Iodometri, 90  
Inert, 47
- J.** Jari-jari atom, 74  
Jembatan garam  
Karbohidrat, 201
- K.** Katode, 30  
Kemolalan (molalitas)  
Kemolalan (molaritas)  
Kenaikan titik didih larutan, 6, 13  
Kokas (karbon)
- L.** Larutan elektrolit  
Larutan nonelektrolit
- M.** Magnesium, 83  
Monosakarida, 201
- N.** Natrium, 83  
Nitrogen, 81
- O.** Osmosis, 10  
Oksidasi, 29  
Oksigen, 81
- P.** Penurunan titik beku larutan, 6, 13  
Penurunan tekanan uap jenuh larutan, 3  
Permeabel  
Potensial elektrode  
Proses Haber - Bosch, 81  
Periode  
Protein, 208  
Polimer, 190  
Polimer adisi, 191  
Polimer kondensasi, 191  
PVC, 80
- R.** Reduksi, 26  
Reduktor, 40  
Reaksi buret, 212  
Reaksi Redoks, 27  
Saponifikasi, 217
- S.** Satu Faraday, 51  
Sel elektrokimia, 30  
Sel elektrolisis, 47  
Sel primer  
Sel sekunder  
Senyawa kovalen polar  
Sifat koligatif larutan, 2  
Silikon, 84
- T.** Tekanan osmosis, 14  
Tekanan uap jenuh, 3  
Tetapan ionisasi  
Titik beku, 6  
Titik didih, 6  
Tungku  
Toluena, 174
- V.** VSEPR  
(*Valency Shell Elektron Pair Repulsion*)

# KIMIA

UNTUK SMA/MA KELAS XII

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp 12.744,-

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 tentang Penetapan Buku Teks yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam proses pembelajaran.

ISBN 978-979-068-179-8 (No.Jil.Lengkap)

ISBN 978-979-068-186-6