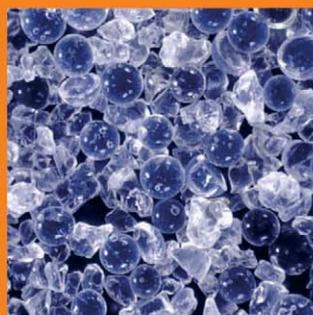
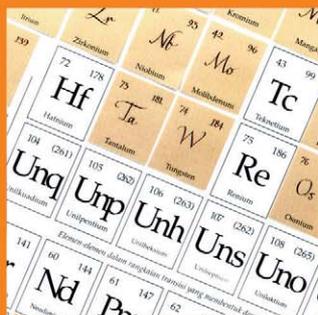


Teguh Pangajuanto
Tri Rahmidi



KIMIA 3

Untuk SMA/MA Kelas XII



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional



TEGUH PANGAJUANTO
TRI RAHMIDI

KIMIA 3

UNTUK SMA/MA KELAS XII



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-Undang

Kimia 3
Untuk SMA/MA Kelas XII
Teguh Pangajuanto
Tri Rahmidi

Editor materi : Titik Sumanti
Tata letak : Tim Setting/Layout
Tata grafis : Cahyo Muryono
Ilustrator : Haryana Humardani
Sampul : Tim Desain

540.7

Teg
k

Teguh Pangajuanto

Kimia 3 : Untuk SMA/MA kelas XII / Teguh Pangajuanto, Tri
Rahmidi Editor Titik Sumanti, Ilustrator Haryana Humardani. —
Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
viii, 282 hlm. : ilus 25 cm.

Bibliografi : hlm.261

Indeks

ISBN 978-979-068-179-8 (no jld lengkap)

ISBN 978-979-068-184-2

1. Kimia-Studi dan Pengajaran 2. Rahmidi, Tri 3. Sumanti Titik
4. Humardani, Haryana 5. Judul

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan
Nasional dari Penerbit Grahadi

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 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007.

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

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

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

Jakarta, Februari 2009
Kepala Pusat Perbukuan



Kata Pengantar

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat serta dalam memenuhi tuntutan jaman, diperlukan sumber daya manusia yang handal, yaitu sumber daya manusia yang cerdas, mandiri dan memiliki daya saing di tingkat internasional. Hal ini tidak terlepas dari peningkatan mutu pendidikan. Berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah dalam meningkatkan mutu pendidikan, di antaranya pembenahan kurikulum sekolah dasar dan menengah dengan mengembangkan kurikulum yang sesuai dengan relevansinya pada setiap kelompok atau satuan pendidikan. Selain kurikulum, juga diperlukan buku sebagai sumber belajar pada setiap tingkat satuan pendidikan. Buku ini disusun untuk menunjang pelaksanaan kurikulum tingkat satuan pendidikan yang berpedoman pada standar isi dan standar kompetensi dan bertujuan meningkatkan kecerdasan, pengetahuan, kepribadian, akhlak mulia, serta keterampilan untuk hidup mandiri dan mengikuti pendidikan lebih lanjut.

Adanya diversifikasi kurikulum yang sedikit membedakan materi pembelajaran suatu daerah dengan daerah lain, maka buku ini kami sajikan dengan materi yang cukup luas agar pemakai dapat menggunakan sesuai dengan fasilitas dan potensi yang dimiliki.

Oleh karena mata pelajaran Kimia didasarkan pada fakta dan data eksperimen, maka dalam mempelajari dan menggunakan buku ini, kegiatan (percobaan) dan observasi jangan dilewatkan agar memperoleh keterampilan di bidang kimia.

Untuk meningkatkan kecerdasan dan pengetahuan disajikan latihan dan evaluasi dalam bentuk esai dan objektif yang harus dikerjakan.

Kami menyadari, tak ada gading yang tak retak, demikian pula buku ini yang belum sempurna dan masih perlu perbaikan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat kami harapkan agar pada edisi berikutnya lebih baik dan dapat memenuhi keinginan siswa dan rekan-rekan guru yang menggunakan buku ini.

Semoga segala upaya berbagai pihak termasuk penyusunan buku ini dapat memajukan pendidikan di negara kita, khususnya ilmu kimia.

Surakarta, Agustus 2007

Penulis



Daftar Isi

Kata Sambutan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Bab I Sifat Koligatif Larutan	1
A. Molalitas dan Fraksi mol	3
B. Penurunan Tekanan Uap (ΔP)	5
C. Kenaikan titik didih (ΔT_b) dan Penurunan titik beku (ΔT_f)	9
D. Tekanan Osmotik (π)	14
E. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit	17
Pelatihan	24
Bab II Reaksi Redoks dan Elektrokimia	27
A. Penyetaraan Reaksi Redoks	29
B. Sel Elektrokimia	31
C. Kegunaan Elektrolisis	45
D. Korosi (Perkaratan)	48
Pelatihan	53
Bab III Kimia Unsur	57
A. Kelimpahan Unsur-Unsur di Alam	59
B. Sifat-Sifat Unsur	60
C. Pembuatan dan manfaat beberapa unsur dan senyawanya	90
Pelatihan	114
Bab IV Unsur Radioaktif	117
A. Sejarah Penemuan Unsur Radioaktif	119
B. Sinar Radioaktif	119
C. Stabilitas inti	120
D. Peluruhan	122
E. Kecepatan Peluruhan	124
F. Deret Keradioaktifan	126
G. Reaksi Inti	127

H. Penggunaan tenaga atom dan radioisotop	131
Pelatihan	137
Ulangan Semester I	141
Bab V Senyawa Karbon	147
A. Gugus Fungsi Senyawa Karbon	149
B. Senyawa Karbon	151
Pelatihan	186
Bab VI Benzena dan Turunannya	189
A. Struktur Benzena	191
B. Sifat-sifat Benzena	193
C. Pembuatan Benzena	194
D. Kegunaan Benzena	195
E. Turunan Benzena	195
F. Tata Nama Turunan Benzena	195
G. Pembuatan dan Kegunaan Beberapa Turunan Benzena yang Penting .	199
Pelatihan	204
Bab VII Makromolekul (Polimer)	207
A. Reaksi polimerisasi	209
B. Penggolongan Polimer	210
C. Beberapa polimer dan kegunaannya	213
Pelatihan	218
Bab VIII Biomolekul	225
A. Karbohidrat	227
B. Protein	236
C. Lemak dan Minyak	246
Pelatihan	251
Ulangan Semester II	255
Daftar Pustaka	261
Daftar Gambar	262
Daftar Tabel	263
Kunci	264
Glosarium	267
Indeks Subjek dan Pengarang	270
Lampiran	272

Bab

I

Sifat Koligatif Larutan



Tujuan Pembelajaran

- Setelah mempelajari bab ini Anda dapat menjelaskan dan membandingkan sifat koligatif larutan nonelektrolit dengan sifat koligatif larutan elektrolit.

Pernahkah Anda mengukur suhu air saat mendidih? Bila air mendidih pada suhu 100°C , apakah air yang telah ditambah satu sendok gula juga mendidih pada suhu 100°C , bagaimana bila ditambah dua sendok gula? Ini merupakan bagian yang akan kita pelajari pada bab ini.

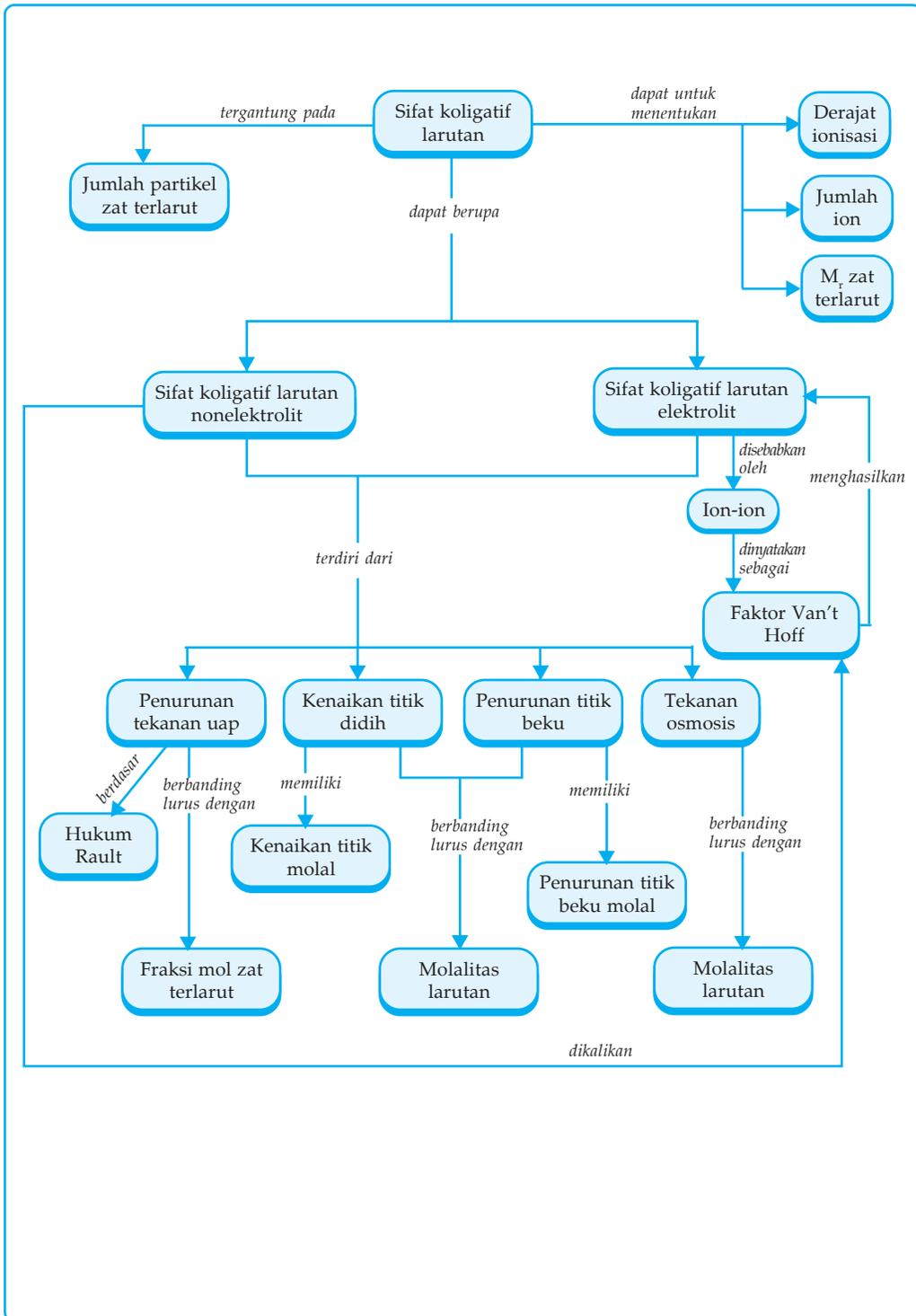
Larutan memiliki beberapa sifat fisis seperti warna, bau, rasa, pH , titik didih, titik beku, dan sebagainya. Sifat fisis larutan yang akan kita pelajari adalah sifat koligatif, yaitu sifat larutan yang hanya tergantung pada konsentrasi partikel zat terlarut. Sifat koligatif tersebut terdiri atas penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis. Zat terlarut nonelektrolit dan zat terlarut elektrolit dengan jumlah mol yang sama akan menimbulkan sifat koligatif yang berbeda. Sifat koligatif larutan dapat digunakan untuk menentukan massa molekul relatif, derajat ionisasi dan jumlah ion zat terlarut.

Sebelum mempelajari sifat koligatif larutan lebih lanjut, kita pelajari terlebih dahulu satuan konsentrasi larutan yaitu fraksi mol, dan molalitas.

Kata Kunci

- molalitas
- fraksi mol
- sifat koligatif
- kenaikan titik didih
- tekanan osmosis
- molaritas larutan elektrolit
- molaritas larutan nonelektrolit
- penurunan tekanan uap
- penurunan titik beku

Peta Konsep



A. Molalitas dan Fraksi Mol

1. Molalitas (m)

Molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam 1000 gram pelarut. Molalitas dapat dinyatakan dengan rumus:

$$m = \text{mol} \times \frac{1000}{p}$$

atau

$$m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1000}{p}$$

Keterangan: m = molalitas larutan (m)
 p = massa pelarut (gram)
 M_r = massa molekul relatif

Contoh Soal 1.1

Sebanyak 9 gram glukosa $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan dalam 500 gram air (A_r C = 12, H = 1, O = 16). Berapakah molalitas larutan yang terjadi?

Jawab:

$$\begin{aligned} m &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1000}{p} \\ &= \frac{9 \text{ g}}{180 \text{ g mol}^{-1}} \times \frac{1000}{500 \text{ g}} \\ &= 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Soal Kompetensi 1.1

1. Hitunglah molalitas larutan yang dibuat dengan melarutkan 4 gram NaOH dalam 200 gram air! (A_r Na = 23, O = 16, H = 1)
2. Berapakah molalitas larutan urea $CO(NH_2)_2$ yang mengandung 10% massa urea? (A_r C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)
3. Berapa persen kadar etanol C_2H_5OH dalam larutan etanol 0,5 molal? (A_r C = 12, H = 1, O = 16)
4. Berapa gram KOH ($M_r = 56$) dan air ($M_r = 18$) yang harus dicampur untuk membuat larutan KOH 2 molal sebanyak 200 gram?
5. Sebanyak 2 mL H_2SO_4 98% yang massa jenisnya 1,8 g/mL dilarutkan dalam 1 liter air (massa jenis air 1 g/mL). Hitunglah molalitas larutan yang terjadi! (A_r H = 1, S = 32, O = 16)

2. Fraksi Mol (X)

Fraksi mol menyatakan perbandingan mol suatu zat dengan mol seluruh zat dalam larutan. Dalam campuran zat A dengan zat B, maka fraksi mol masing-masing zat dapat dinyatakan dengan:

$$x_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol A} + \text{mol B}} \quad \text{dan} \quad x_B = \frac{\text{mol B}}{\text{mol A} + \text{mol B}}$$

Jumlah fraksi mol seluruh zat dalam larutan adalah 1.

$$x_A + x_B = 1$$

Contoh Soal 1.2

Sebanyak 27,6 gram etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dilarutkan dalam 54 gram air (A_r , C = 12, H = 1, O = 16). Hitunglah:

- fraksi mol etanol,
- fraksi mol air!

Jawab:

$$\text{mol C}_2\text{H}_5\text{OH} = \frac{\text{massa}}{M_r} = \frac{27,6 \text{ g}}{46 \text{ g mol}^{-1}} = 0,6 \text{ mol}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = \frac{\text{massa}}{M_r} = \frac{54 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 3 \text{ mol}$$

$$\text{a. } x_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{\text{mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{mol C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{mol H}_2\text{O}} = \frac{0,6 \text{ mol}}{(0,6 + 3) \text{ mol}} = \frac{0,6 \text{ mol}}{3,6 \text{ mol}} = 0,167$$

$$\text{b. } x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{mol H}_2\text{O}} = \frac{3 \text{ mol}}{(0,6 + 3) \text{ mol}} = \frac{3 \text{ mol}}{3,6 \text{ mol}} = 0,833$$

Perhatikan bahwa jumlah fraksi mol = 1

$$x_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} + x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,167 + 0,833 = 1$$

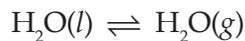
Soal Kompetensi 1.2

- Hitunglah fraksimol urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ dalam larutan urea 20%! (A_r , C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)
- Sebanyak 9 gram glukosa ($M_r = 180$) dilarutkan dalam 90 gram air ($M_r = 18$), hitunglah fraksi mol glukosa dalam larutan!

3. Bila fraksi mol urea dalam larutan adalah 0,2, berapa persen kadar urea dalam larutan tersebut?
4. Sebanyak 5,85 gram NaCl dilarutkan dalam 90 gram air. Bila seluruh NaCl dalam air terionisasi menjadi Na^+ dan Cl^- , hitunglah fraksi mol total ion-ion dalam larutan!
5. Sebanyak 200 mL asam sulfat pekat yang mengandung 49% massa H_2SO_4 dengan massa jenis 1,4 g/mL dilarutkan dalam 360 mL air (massa jenis 1 g/mL). Berapakah fraksi mol asam sulfat dalam larutan tersebut?

B. Penurunan Tekanan Uap (ΔP)

Bila kita memanaskan air (atau zat yang dapat menguap lainnya) dalam ketel yang tertutup, maka ketika air mendidih tutup ketel dapat terangkat, mengapa hal ini terjadi? Apa sebenarnya yang menekan tutup ketel tersebut, air atau uap airnya? Dalam ruang tertutup air akan menguap sampai ruangan tersebut jenuh, yang disertai dengan pengembangan sehingga terjadi kesetimbangan air dengan uap air.

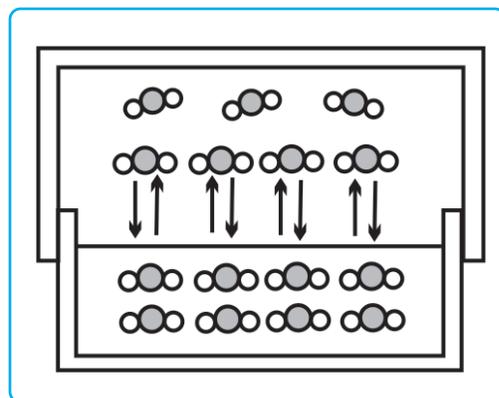


Perhatikan Gambar 1.1

Terjadinya uap air ini akan menimbulkan tekanan sehingga menekan ketel. Ketika air mendidih (suhu 100°C) banyak air yang menguap sehingga tekanan yang ditimbulkan lebih besar hingga tutup ketel terangkat. Tekanan yang ditimbulkan oleh uap jenuh air ini disebut *tekanan uap jenuh air*.

Besarnya tekanan uap jenuh untuk setiap zat tidak sama, bergantung pada jenis zat dan suhu. Zat yang lebih sukar menguap, misalnya glukosa, garam, gliserol memiliki uap yang lebih kecil dibanding zat yang lebih mudah menguap, misalnya eter.

Bila suhu dinaikkan, energi kinetik molekul-molekul zat bertambah sehingga semakin banyak molekul-molekul yang berubah menjadi gas akibatnya tekanan uap semakin besar. Perhatikan tekanan uap jenuh air pada berbagai suhu pada Tabel 1.1.



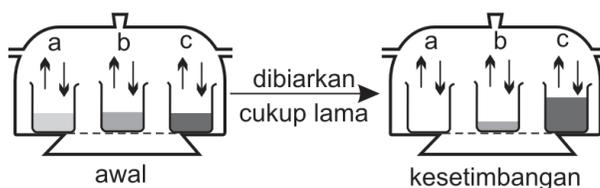
Ilustrasi: Haryana

Gambar 1.1 Kesetimbangan uap jenuh air

Tabel 1.1 Tekanan Uap Jenuh Air pada Berbagai Suhu

Suhu (°C)	Tekanan Uap Jenuh Air (mmHg)
0	4,58
10	9,21
20	17,54
30	31,82
40	55,3
50	97,5
60	149,4
70	233,7
80	355,1
90	525,8
100	760,0

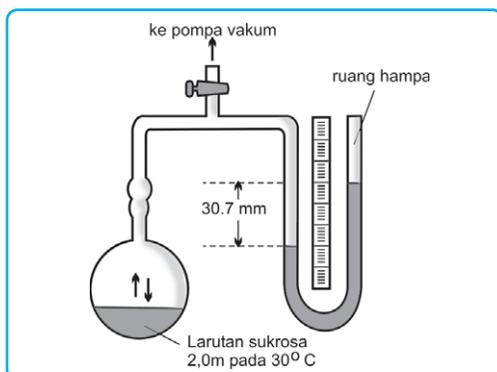
Apakah yang dapat Anda simpulkan dari tabel tersebut?



Ilustrasi : Haryana

Gambar 1.2 Tiga cairan – (a) air murni, (b) suatu larutan sukrosa encer dan (c) suatu larutan sukrosa pekat – ditaruh dalam suatu wadah tertutup.

Apa yang terjadi terhadap tekanan uap bila ke dalam air (pelarut) ditambahkan zat terlarut yang sukar menguap? Bila zat yang dilarutkan tidak



Ilustrasi : Haryana

Gambar 1.3 Penggunaan sebuah manometer merkuri untuk mengukur tekanan uap suatu larutan dalam air.

mudah menguap, maka yang menguap adalah pelarutnya, sehingga adanya zat terlarut menyebabkan partikel pelarut yang menguap menjadi berkurang akibatnya terjadi penurunan tekanan uap. Jadi, dengan adanya zat terlarut menyebabkan penurunan tekanan uap. Dengan kata lain tekanan uap larutan lebih rendah dibanding tekanan uap pelarut murninya. Penurunan tekanan uap yang terjadi merupakan selisih dari tekanan uap jenuh pelarut murni (P°) dengan tekanan uap larutan (P).

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

Tekanan uap larutan ideal dapat dihitung berdasar *hukum Raoult* " Tiap komponen dalam suatu larutan melakukan tekanan yang sama dengan fraksi mol kali tekanan uap dari komponen (pelarut) murni".

$$P = x_t \times P^\circ$$

$$\text{dan } P = X_p \times P^\circ$$

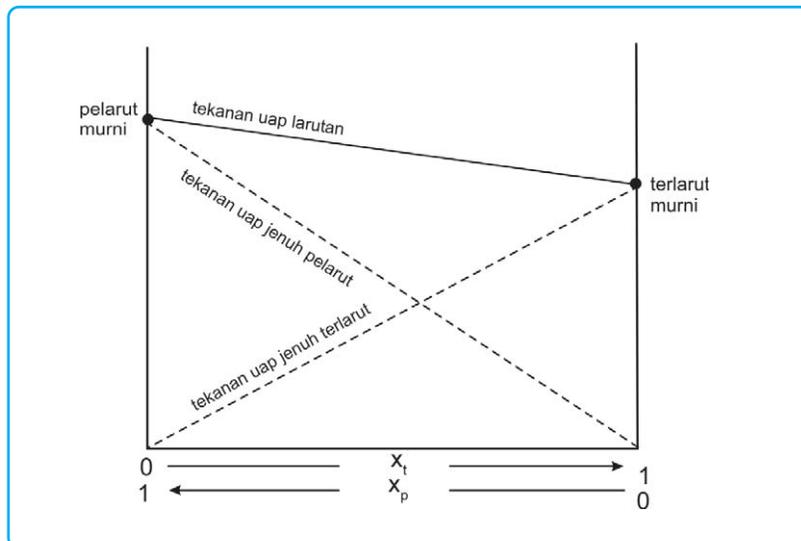
$$\begin{aligned} \Delta P &= P^\circ - P \\ &= P^\circ - (X_p P^\circ) \\ &= P^\circ - \{(1 - X_t)P^\circ\} \\ &= P^\circ - \{P^\circ - X_t P^\circ\}, \text{ jadi} \end{aligned}$$

$$\Delta P = X_t \times P^\circ$$

Keterangan : ΔP = penurunan tekanan uap
 X_p = fraksi mol pelarut
 X_t = fraksi mol terlarut
 P° = tekanan uap jenuh pelarut murni
 P = tekanan uap larutan

Dari rumus di atas apa yang dapat Anda simpulkan tentang hubungan penurunan tekanan uap dengan fraksi mol zat terlarut?

Hubungan tekanan uap jenuh larutan dengan tekanan uap jenuh komponen-komponen pada larutan ideal (larutan-larutan encer) dapat digambarkan sebagai diagram seperti pada Gambar 1.4 berikut.



Gambar 1.4. Diagram $P - X$ larutan ideal

Ilustrasi : Haryana

Contoh Soal 1.3

Sebanyak 648 gram sukrosa $C_{12}H_{22}O_{11}$ dilarutkan dalam 1 kg air (A_r C = 12, H = 1, O = 16). Hitunglah:

- tekanan uap larutan (P);
- penurunan tekanan uap (ΔP), bila tekanan uap jenuh air adalah 31,82 mmHg!

Jawab:

$$\text{mol}_t = \frac{\text{massa}}{M_r} = \frac{648 \text{ g}}{342 \text{ g mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{mol}_p = \frac{\text{massa}}{M_r} = \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 55,6 \text{ mol}$$

$$x_p = \frac{\text{mol}_p}{\text{mol}_p + \text{mol}_t} = \frac{55,6 \text{ mol}}{(55,6 + 2) \text{ mol}} = 0,965$$

a.	$P = x_p \cdot P^\circ$	b.	$\Delta P = P^\circ - P$
	$= 0,965 \cdot 31,82$		$= 31,82 - 30,7$
	$= 30,7 \text{ mmHg}$		$= 1,12 \text{ mmHg}$

Soal Kompetensi 1.3

- Pada suhu tertentu tekanan uap jenuh air adalah 30 mmHg. Berapakah tekanan uap jenuh larutan urea 10% pada suhu tersebut? (M_r urea = 60)
- Tekanan uap air murni pada suhu 30°C adalah 31,82 mmHg. Hitunglah tekanan uap larutan glukosa 2 m dalam air pada suhu 30°C!
- Larutan yang mengandung 18% massa X dalam air pada suhu tertentu 743,68 mmHg. Bila tekanan uap jenuh air pada suhu tersebut adalah 760 mmHg, berapakah massa molekul relatif zat X tersebut?
- Sebanyak 100 gram sukrosa $C_{12}H_{22}O_{11}$ dilarutkan dalam 500 gram air pada suhu 25°C (A_r C = 12, H = 1, O = 16). Bila tekanan uap jenuh air pada suhu 25°C adalah 23,76 mmHg, hitunglah:
 - penurunan tekanan uap larutan
 - tekanan uap larutan!
- Pada suhu tertentu tekanan uap jenuh air adalah 102 mmHg. Berapa massa urea ($M_r = 60$) yang harus dilarutkan dalam 90 gram air agar tekanan uap larutannya 100 mmHg?

C. Kenaikan Titik Didih (ΔT_b) dan Penurunan Titik Beku (ΔT_f)

Pernahkah Anda mengukur suhu air mendidih dan air membeku? Bagaimana bila air yang dididihkan/dibekukan diberi zat terlarut, lebih rendah, sama, atau lebih tinggi titik didih dan titik bekunya dibanding titik didih dari titik beku air?

Untuk memperoleh jawaban, lakukan kegiatan berikut!



Kegiatan Ilmiah 1.1

Kenaikan Titik Didih

Tujuan:

Mempelajari kenaikan titik didih beberapa larutan.

Alat dan Bahan:

- tabung reaksi
- penjepit tabung reaksi
- pemanas spiritus
- akuades/air
- gula pasir/glukosa
- termometer

Langkah Kerja:

1. Masukkan 5 mL air murni ke dalam tabung reaksi kemudian panaskan perlahan-lahan!
2. Catat suhu saat air mendidih (titik didih)!
3. Ulangi langkah 1 dan 2 dengan mengganti air dengan larutan (gula + air) 0,5 m kemudian 1 m!



Hasil Pengamatan:

No.	Larutan	Suhu Saat Mendidih (°C)
1.	Air murni	...
2.	Gula + air	...

Pertanyaan:

1. Bagaimana titik didih pelarut (air) dibanding titik didih larutan gula?
2. Bagaimana pengaruh molaritas gula terhadap:
 - a. titik didih,
 - b. kenaikan titik didih?



Kegiatan Ilmiah 1.2

Penurunan Titik Beku

Tujuan:

Mempelajari penurunan titik beku beberapa larutan.

Alat dan Bahan:

- termometer (skala 0,1 – 0,5)
- es batu
- tabung reaksi
- garam dapur kasar
- rak tabung reaksi
- air suling
- gelas kimia plastik
- larutan urea
- pengaduk kaca

Langkah Kerja:

1. Masukkan es dan garam dapur ke dalam gelas kimia sampai tiga per empat gelas (sebagai pendingin)!
2. Isilah tabung reaksi dengan air suling sampai 4 cm, kemudian masukkan tabung tersebut ke dalam campuran pendingin dan aduk campuran pendinginnya!
3. Masukkan pengaduk ke dalam tabung reaksi tadi dan gerakkan pengaduk turun naik sampai air dalam tabung membeku!
4. Keluarkan tabung dari campuran pendingin dan biarkan es dalam tabung mencair sebagian. Gantilah pengaduk dengan termometer dan aduklah dengan termometer turun naik, kemudian baca suhu campuran es dan air dalam tabung!
5. Ulangi langkah 1 - 4 dengan menggunakan larutan urea sebagai pengganti air suling dalam tabung!

Hasil Pengamatan:

No.	Larutan	Suhu Saat Membeku (°C)
1.	Air suling	....
2.	Urea	....

Pertanyaan:

1. Bagaimana pengaruh zat terlarut terhadap titik beku?
2. Bandingkan titik beku larutan dengan titik beku pelarutnya (air)!

Titik didih air yang sering disebutkan 100°C adalah titik didih normal yaitu titik didih pada tekanan 760 mmHg. Samakah titik didih air di daerah Anda dengan titik didih air di puncak gunung yang lebih tinggi dari daerah Anda? Mengapa demikian? Titik didih dan titik beku suatu zat cair

dipengaruhi oleh tekanan udara luar. Suatu zat cair mendidih pada saat tekanan uap jenuh cairan sama dengan tekanan udara luar. Di puncak gunung tekanan udara luar lebih rendah sehingga untuk menyamakan tekanan uap jenuh zat cair yang dididihkan lebih cepat tercapai, hal ini berarti titik didihnya lebih rendah.

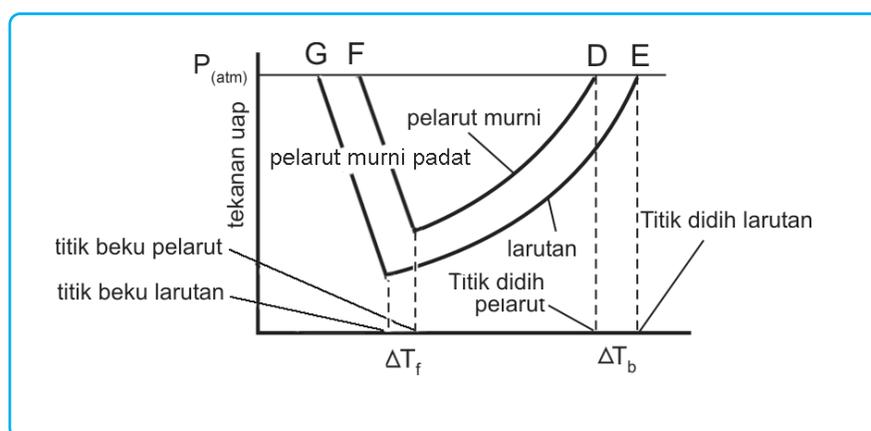
Demikian halnya pengaruh zat terlarut dalam zat cair (pelarut). Pada tekanan udara luar 760 mmHg, air mendidih pada suhu 100°C. Dengan adanya zat terlarut menyebabkan penurunan tekanan uap larutan, sehingga pada suhu 100°C larutan air belum mendidih karena tekanan uapnya belum mencapai 760 mmHg. Untuk mencapai tekanan uap 760 mmHg maka perlu dipanaskan lebih tinggi lagi akibatnya larutan mendidih pada suhu lebih dari 100°C. Ini berarti bahwa titik didih larutan lebih tinggi daripada titik didih pelarut murninya. Selisih antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut murni disebut kenaikan titik didih (ΔT_b).

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

Sebaliknya pada titik beku normal karena tekanan uap larutan juga lebih rendah daripada tekanan uap pelarut murni. Sehingga agar larutan membeku, harus didinginkan akibatnya titik beku larutan lebih rendah dari titik beku pelarut murni. Perubahan temperatur titik beku ini disebut penurunan titik beku larutan (ΔT_f).

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

Jadi, pengaruh zat terlarut nonelektrolit yang tidak mudah menguap adalah menurunkan tekanan uap, menaikkan titik didih, dan menurunkan titik beku.



Gambar 1.5 Diagram P – T air dan suatu larutan berair.

Ilustrasi : Haryana

Pada larutan encer, kenaikan titik didih dan penurunan titik beku berbanding lurus dengan konsentrasi molal larutan.

$$\Delta T_b = m \times K_b \text{ dan } \Delta T_f = m \times K_f$$

Keterangan : ΔT_b = kenaikan titik didih
 m = molalitas
 K_b = kenaikan titik didih molal pelarut
 ΔT_f = penurunan titik beku
 K_f = penurunan titik beku molal pelarut

Harga K_b dan K_f untuk beberapa pelarut dicantumkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Tetapan Titik Didih dan Titik Beku Molal Beberapa Pelarut

Pelarut	Titik beku (°C)	K_p °C/m	Titik didih (°C)	K_b °C/m
asam asetat	16.60	3.90	117.90	3.07
benzena	5.50	4.90	80.10	2.53
kamfor	179.80	39.70	207.42	5.61
etil eter			34.51	2.02
nitrobenzena	5.70	7.00	210.80	5.24
fenol	40.90	7.40	181.75	3.56
air	0.00	1.86	100.00	0.512

Dengan data tetapan titik didih dan titik beku molal kita dapat menentukan titik didih suatu larutan, konsentrasi larutan, dan massa molekul relatif.

Contoh Soal 1.4

Suatu larutan dibuat dengan cara melarutkan 3 gram urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ dalam 100 gram air. (K_b air = 0,52 °C/m, K_f air = 1,86 °C/m A_r C = 12, O = 16, N = 14, H = 1). Tentukan:

- titik didih larutan,
- titik beku larutan!

Jawab:

- Titik didih

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= m \cdot K_b \\ &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1000}{p} \times K_b \end{aligned}$$

$$= \frac{3 \text{ g}}{60 \text{ gmol}^{-1}} \times \frac{1000}{100 \text{ g}} \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^{-1}$$

$$= 0,26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} T_b \text{ larutan} &= T_b \text{ pelarut} + \Delta T_b \\ &= 100 + 0,26 \\ &= 100,26 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

b. Titik beku

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= m \cdot K_f \\ &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1000}{p} \times 1,86 \\ &= \frac{3 \text{ g}}{60 \text{ gmol}^{-1}} \times \frac{1000}{100 \text{ g}} \times 1,86 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^{-1} \\ &= 0,93 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_f \text{ larutan} &= T_f \text{ pelarut} - \Delta T_f \\ &= 0 - 0,93 \\ &= -0,93 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Contoh Soal 1.5

Sebanyak 9 gram zat nonelektrolit dilarutkan dalam 250 gram air mendidih pada suhu 100,104 °C (K_b air = 0,52 °C/m). Berapakah massa molekul relatif zat tersebut?

Jawab:

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= T_b \text{ larutan} - T_b \text{ pelarut} \\ &= 100,104 - 100 \\ &= 0,104 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= m \times K_b \\ &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1000}{p} \cdot K_b \end{aligned}$$

$$0,104 = \frac{9 \text{ g}}{M_r} \times \frac{1000}{250 \text{ g}} \cdot 0,52 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^{-1}$$

$$0,104 = \frac{9}{M_r} \times 4 \times 0,52$$

$$0,104 = \frac{18,7}{M_r}$$

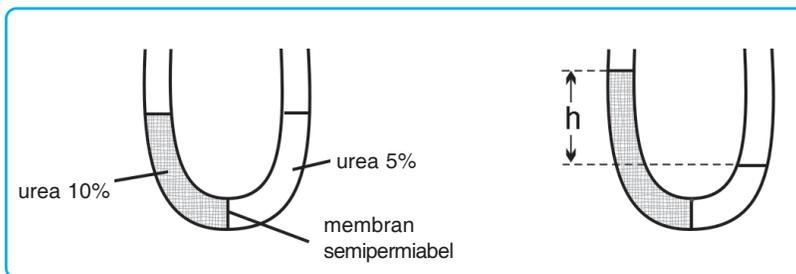
$$M_r = \frac{18,7}{0,104} = 180 \text{ gmol}^{-1}$$

Soal Kompetensi 1.4

- Sebanyak 72 gram glukosa $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan dalam 2 kg air. Diketahui K_b , air = $0,52\text{ }^\circ\text{C}/m$. K_f , air = $1,86\text{ }^\circ\text{C}/m$. (A_r C = 12, H = 1, O = 16) Tentukan:
 - titik didih larutan,
 - titik beku larutan!
- Diketahui titik didih larutan urea 0,5 molal adalah $100,26\text{ }^\circ\text{C}$. Berapakah titik didih dari:
 - larutan urea 1 m,
 - larutan sukrosa 0,2 m?
- Sebanyak 6 gram zat nonelektrolit dilarutkan dalam 200 gram air ($K_f = 1,86$) membeku pada suhu $-0,93\text{ }^\circ\text{C}$. Berapakah massa molekul relatif zat tersebut?
- Hitunglah titik beku suatu larutan yang mengandung 20 gram kloroform $CHCl_3$ ($M_r = 119$) dalam 500 gram benzena ($K_f = 4,9\text{ }^\circ\text{C}/m$), bila titik beku benzena $5,5\text{ }^\circ\text{C}$!
- Suatu larutan mendidih pada suhu $101,04\text{ }^\circ\text{C}$ (K_b , air = $0,52\text{ }^\circ\text{C}/m$ dan K_f , air = $1,86\text{ }^\circ\text{C}/m$). Hitunglah:
 - konsentrasi molal larutan,
 - titik beku larutan!

D. Tekanan Osmotik (π)

Bila dua larutan yang konsentrasinya berbeda, yang satu pekat dan yang lainnya encer dipisahkan oleh membran semipermeabel, maka molekul-molekul pelarut akan mengalir dari larutan yang lebih encer ke larutan yang lebih pekat, sedangkan molekul zat terlarut tidak mengalir. Hal ini terjadi karena partikel pelarut lebih kecil daripada partikel zat terlarut sehingga partikel pelarut dapat menembus membran semipermeabel dan partikel zat terlarut tidak. Aliran suatu pelarut dari suatu larutan dengan konsentrasi lebih rendah ke larutan dengan konsentrasi tinggi melalui membran semipermeabel disebut *osmosis*.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 1.6 Proses tekanan osmosis pada larutan urea 10% dan 5%.

Peristiwa osmosis dapat dicegah dengan memberi tekanan pada permukaan larutan. Tekanan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya osmosis ini disebut *tekanan osmotik*. Tekanan osmotik bergantung pada konsentrasi dan bukan pada jenis partikel zat terlarut. Menurut Van't Hoof, tekanan osmotik larutan encer dapat dihitung dengan rumus yang serupa dengan persamaan gas ideal.

$$\pi V = n RT$$

$$\pi = \frac{n RT}{V}$$

$$\pi = CRT$$

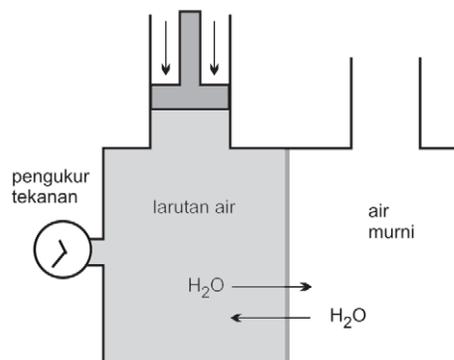
Keterangan :

π = tekanan osmotik (atm)

V = volume larutan (liter)

R = tetapan gas (0,082 L atm/mol K)

T = suhu mutlak (K)



Ilustrasi: Haryana

Gambar 1.7 Alat untuk mengukur tekanan osmosis.

Contoh Soal 1.6

Sebanyak 3 gram urea ($M_r = 60$) dilarutkan dalam air hingga volume larutan 500 mL. Hitunglah tekanan osmotik larutan pada suhu 27 °C!

Jawab:

$$\begin{aligned} \pi &= C \cdot R \cdot T \\ &= \frac{\text{massa}}{M_r \cdot V} \cdot R \cdot T \\ &= \frac{3 \text{ g}}{60 \text{ gmol}^{-1} \cdot 0,5 \text{ L}} \cdot 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 300 \text{ K} \\ &= 0,1 \cdot 0,082 \cdot 300 \text{ atm} \\ &= 2,46 \text{ atm} \end{aligned}$$

Penerapan Tekanan Osmotik dan Osmosis

Selain menggunakan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih dan penurunan titik beku, pengukuran tekanan osmosis juga dapat digunakan untuk menentukan massa molekul relatif (M_r) suatu senyawa. Untuk larutan yang sangat encer, pengukuran tekanan osmotik lebih akurat dibanding pengukuran titik didih atau titik beku sehingga penentuan massa molekul

relatif dengan mengukur tekanan osmotik akan lebih teliti. Peristiwa osmosis dapat dimanfaatkan untuk penyediaan cairan infus dan industri pengolahan air laut menjadi air tawar dengan osmosis balik.

Contoh Soal 1.7

Sebanyak 17,1 gram suatu zat nonelektrolit dilarutkan dalam air hingga volume larutan 1 liter. Ternyata pada suhu 27 °C larutan yang terjadi memiliki tekanan osmotik sebesar 1,23 atm. Berapakah massa molekul relatif zat tersebut?

Jawab:

$$\pi = C \cdot R \cdot T$$

$$1,23 = M \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$M = \frac{1,23}{0,28 \cdot 300}$$

$$= 0,05 \text{ M}$$

$$M = \frac{\text{massa}}{M_r \cdot V}$$

$$0,05 = \frac{17,1}{M_r \cdot 1}$$

$$M_r = \frac{17,1}{0,05}$$

$$M_r = 342$$

Soal Kompetensi 1.5

1. Suatu larutan nonelektrolit pada suhu 25 °C memiliki tekanan osmotik sebesar 0,246 atm. Berapakah kemolaran larutan tersebut?
2. Sebanyak 10 gram zat nonelektrolit dilarutkan dalam air hingga volume larutan 500 mL pada suhu 25 °C. Ternyata larutan yang terjadi isotonik dengan larutan glukosa 0,04 mol/liter. Hitunglah massa molekul relatif zat tersebut!
3. Bila tekanan osmotik darah manusia pada suhu 37 °C adalah 7,7 atm, berapa gram glukosa $C_6H_{12}O_6$ yang diperlukan untuk membuat 500 mL larutan yang isotonik dengan darah? (A_r C = 12, H = 1, O = 16)

4. Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 9 gram glukosa $C_6H_{12}O_6$ dalam air hingga volume 500 mL. Larutan yang lain dibuat dengan melarutkan 6 gram urea $CO(NH_2)_2$ dalam air hingga volume 500 mL. Pada suhu yang sama apakah glukosa (I) isotonik, hipotonik, atau hipertotonik dengan larutan urea (II)? (A_r , C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)
5. Sebanyak 100 mL larutan nonelektrolit memiliki tekanan osmotik 4,92 atm. Berapa mL air yang harus ditambahkan untuk memperoleh larutan dengan tekanan 1,23 atm?

E. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Berbeda dengan zat nonelektrolit, zat elektrolit dalam air akan terurai menjadi ion-ion sehingga dengan jumlah mol yang sama, zat elektrolit akan menghasilkan konsentrasi partikel yang lebih banyak dibandingkan zat nonelektrolit. Satu mol zat nonelektrolit dalam larutan menghasilkan $6,02 \times 10^{23}$ partikel. Sedangkan satu mol zat elektrolit menghasilkan partikel yang lebih banyak, apalagi zat elektrolit kuat yang dalam air terionisasi seluruhnya. Satu mol NaCl bila terionisasi seluruhnya akan menghasilkan $6,02 \times 10^{23}$ ion Cl^- sehingga jumlah partikel zat terlarut dua kali lebih banyak daripada satu mol zat nonelektrolit. Dengan demikian dengan konsentrasi larutan yang sama, larutan elektrolit memiliki sifat koligatif yang lebih besar daripada larutan nonelektrolit.

Untuk membandingkan sifat koligatif larutan elektrolit dengan non elektrolit, lakukan kegiatan berikut!



Kegiatan Ilmiah 1.3

Kenaikan Titik Didih

Tujuan:

Mempelajari kenaikan titik didih beberapa pelarut.

Alat dan Bahan:

- | | |
|--------------------------|---------------|
| - tabung reaksi | - akuades/air |
| - penjepit tabung reaksi | - NaCl |
| - pemanas spiritus | - termometer |

Langkah Kerja:

1. Masukkan 5 mL air murni ke dalam tabung reaksi kemudian panaskan perlahan-lahan!
2. Catat suhu saat akuades mendidih (titik didih)!
3. Ulangi langkah 1 dan 2 dengan mengganti akuades dengan larutan NaCl 0,5 m kemudian 1 m.

Hasil Pengamatan:

No.	Larutan Elektrolit	Suhu Saat Mendidih (°C)
1.	Air murni	....
2.	NaCl 0,5 m	....
3.	NaCl 1 m	....

Pertanyaan:

- Bagaimana pengaruh molalitas larutan terhadap titik didih larutan?
- Bandingkan titik didih air, larutan NaCl 0,5 m dengan larutan sukrosa pada percobaan yang lalu bila konsentrasinya sama?



Kegiatan Ilmiah 1.4

Penurunan Titik Beku

Tujuan:

Menyelidiki titik beku beberapa pelarut.

Alat dan Bahan:

- termometer (skala 0,1 – 0,5)
- es batu
- tabung reaksi
- garam dapur kasar
- rak tabung reaksi
- air suling
- gelas kimia plastik
- larutan NaCl (0,05 m, 0,1 m).
- pengaduk kaca

Langkah Kerja:

- Masukkan es dan garam dapur kasar ke dalam gelas kimia sampai tiga per empat gelas (sebagai campuran pendingin)!
- Isilah tabung reaksi dengan air suling sampai setinggi 4 cm kemudian masukkan tabung tersebut ke dalam campuran pendingin dan aduk campuran pendinginnya!
- Masukkan pengaduk ke dalam tabung reaksi tadi dan gerakkan turun naik sampai air dalam tabung membeku!
- Keluarkan tabung dari campuran pendingin dan biarkan es dalam tabung mencair sebagian. Gantilah pengaduk dengan termometer dan aduklah dengan termometer turun naik, kemudian baca suhu campuran es dan air dalam tabung (catat sebagai titik beku air)!

$$T_f \text{ air} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_f \text{ larutan NaCl } 0,05 \text{ m} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_f \text{ larutan NaCl } 0,1 \text{ m} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. Ulangi langkah 1 – 4 dengan menggunakan larutan NaCl sebagai pengganti air suling dalam tabung!

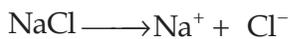
Hasil Pengamatan:

No.	Larutan Elektrolit	Titik Beku (°C)
1.	Air murni	....
2.	NaCl	....

Pertanyaan:

- Bagaimanakah pengaruh zat terlarut terhadap titik beku?
- Bandingkan titik beku larutan elektrolit (NaCl) dengan titik beku pelarut (air) serta titik beku larutan nonelektrolit pada percobaan yang lalu!
- Larutan elektrolit 200 mL larutan NaCl mempunyai tekanan osmosis 4,77 atm pada suhu 25 °C. Berapa gram NaCl yang terlarut? (A_r Na = 23, Cl = 35,5)

Dari percobaan yang pernah Anda lakukan, apakah semua larutan yang molalitasnya sama memiliki sifat koligatif yang sama? Bandingkan data titik didih dan titik beku dari larutan urea dan NaCl dengan molalitas yang sama, manakah ΔT_b dan ΔT_f yang lebih besar? Bila percobaan Anda lakukan dengan benar dan teliti maka ΔT_b dan ΔT_f larutan NaCl akan lebih besar dibandingkan ΔT_b dan ΔT_f larutan dengan molalitas sama. Masih ingatkah konsep larutan elektrolit dan nonelektrolit? Bila NaCl dilarutkan dalam air akan terionisasi menjadi ion Na^+ dan Cl^- . Bila derajat ionisasi NaCl $\alpha = 1$, maka seluruh NaCl terionisasi menjadi Na^+ dan Cl^- .



0,1 m 0,1 m 0,1 m

Dengan demikian molalitas total = molalitas Na^+ + molalitas Cl^-
 = 0,1 m + 0,1 m
 = 0,2 m

Jadi, dengan molalitas yang sama, larutan urea 0,1 m dan NaCl 0,1 m dapat kita bandingkan:

$$\begin{aligned} \Delta T_b \text{ urea} &= m \times K_b & \Delta T_b \text{ NaCl} &= m \times K_b \\ &= 0,1 \times 0,52 & &= 0,2 \times 0,52 \\ &= 0,052 \text{ }^\circ\text{C} & &= 0,104 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Sifat koligatif ΔT_b larutan NaCl 0,1 m 2 kali lebih besar dibanding sifat koligatif (ΔT_b) larutan urea 0,1 m. Perbandingan sifat koligatif larutan elektrolit yang terukur dengan sifat koligatif larutan nonelektrolit yang diharapkan pada konsentrasi yang sama disebut faktor *Van't Hoff*. (*i*).

Dengan demikian untuk larutan elektrolit berlaku rumus-rumus sifat koligatif sebagai berikut:

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

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

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

dengan:

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

n = banyaknya ion

α = derajat ionisasi

untuk elektrolit kuat ($\alpha = 1$), harga $i = n$.

Contoh Soal 1.8

Berapakah titik didih larutan yang dibuat dengan melarutkan 5,58 gram NaCl dalam 1 kg air? (K_b air = 0,52, A_r Na = 23, Cl = 35,5)

Jawab:

$$\Delta T_b = m \times K_b \times i \text{ (NaCl, elektrolit kuat, } \alpha = 1)$$

$$= m \times K_b \times n$$

$$= \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{1000} \times K_b \times n$$

$$= \frac{5,85 \text{ g}}{58,5 \text{ gmol}^{-1}} \times \frac{1000}{1000 \text{ g}} \times 0,52 \text{ }^\circ\text{Cm}^{-1} \times 2$$

$$= 0,104 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100 + 0,104 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 100,104 \text{ }^\circ\text{C}$$

Contoh Soal 1.9

Sebanyak 1 gram MgCl_2 dilarutkan dalam 500 gram air ternyata membeku pada suhu $-0,115 \text{ }^\circ\text{C}$ (K_f air = 1,86 A_r Mg = 24, Cl = 35,5). Tentukan derajat ionisasi MgCl_2 !

Jawab:

$$\Delta T_f = T_f \text{ air} - T_f \text{ larutan}$$

$$= 0 - (-0,115)$$

$$= 0,115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1000}{p} \times K_f \times i \\ 0,115 &= \frac{1 \text{ g}}{95 \text{ gmol}^{-1}} \times \frac{1000}{500 \text{ g}} \times 1,86 \text{ }^\circ\text{Cm}^{-1} \times i \\ 0,115 &= 0,022 \times 1,86 \times i \\ i &= \frac{0,115}{0,022 \times 1,86} \\ i &= 2,8 \\ i &= 1 + (n - 1)\alpha \\ 2,8 &= 1 + (3 - 1)\alpha \\ 2,8 &= 1 + 2\alpha \\ 2,8 - 1 &= 2\alpha \\ 1,8 &= 2\alpha \\ \alpha &= \alpha \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

Contoh Soal 1.10

Sebanyak 24 gram zat nonelektrolit dilarutkan dalam air hingga volume larutan 2 liter dan ternyata larutan ini isotonis dengan larutan NaOH 0,1 M. Berapakah massa molekul relatif zat tersebut?

Jawab:

Isotonis berarti memiliki tekanan osmotik yang sama.

$$\begin{aligned} \pi \text{ NaOH} &= \pi \text{ zat} \\ CRTi &= C \cdot R \cdot T \\ 0,1 \times R \times T \times 2 &= C \cdot R \cdot T \\ 0,2 &= C \end{aligned}$$

$$C = \frac{\text{massa}}{M_r \cdot V}$$

$$0,2 \text{ mol L}^{-1} = \frac{24 \text{ g}}{M_r \times 2 \text{ L}}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{24 \text{ g}}{0,4 \text{ mol}} \\ &= 60 \text{ gmol}^{-1} \end{aligned}$$

Soal Kompetensi 1.6

1. Tekanan uap air pada suhu ruangan adalah 30 mmHg. Tentukan uap larutan NaOH 0,2 mol (A_r Na = 23, O = 16, H = 1) pada suhu tersebut!
2. Berapakah titik didih 250 mL larutan yang mengandung 5,55 gram CaCl_2 ? (A_r Ca = 40, Cl = 35,5, K_b air = 0,52)
3. Sebanyak 3,22 gram asam klorit (HClO_2) dilarutkan dalam 47 gram air membeku pada suhu 271 °K.
4. Agar 500 gram air tidak membeku pada suhu -5,4 °C (K_f air = 1,8) berapa massa NaCl minimal yang harus ditambahkan ke dalam air tersebut (A_r Na = 23, Cl = 35,5)?
5. Diketahui tetapan gas ideal $R = 0,082 \text{ L atm/mol}$ dan A_r Na = 23, Cl = 35,5. Bila 1,17 gram NaCl dilarutkan dalam air sampai volumenya 500 mL, tentukan besarnya tekanan osmotik larutan tersebut pada suhu 27 °C!

Kolom Diskusi

Antara zat terlarut dengan pelarut dalam suatu larutan terjadi gaya tarik menarik. Gaya tarik menarik ini dapat berupa gaya tarik menarik antara ion-ion dengan dipol molekul-molekul pelarut polar, antara dipol dengan dipol dan gaya dispersi.

Berdasarkan gaya tarik menarik antara pelarut dengan zat terlarut, larutan digolongkan ke dalam larutan *ideal* dan larutan *nonideal*. Diskusikan, apakah yang dimaksud larutan ideal dan nonideal. Larutan manakah yang mengikuti hukum Raoult dan manakah yang memberikan penyimpangan (deviasi) terhadap hukum Raoult?

Tokoh

Jacobus Henricus Van't Hoff

Van Hoff menemukan hukum dinamika kimia dan tekanan osmotik dalam larutan. Dia memenangkan hadiah Nobel pada tahun 1901. Menurut Van't Hoff, tekanan osmotik larutan-larutan encer dapat dihitung dengan rumus yang serupa dengan persamaan gas ideal, yaitu

$$\pi V = n R T$$



Info Kimia

Desalinasi Air Laut

Beberapa metode desalinasi air laut diteliti dan dikembangkan untuk memperoleh air tawar dari air laut yang asin karena mengandung garam. Membuang garam-garam yang terlarut dari dalam air disebut *desalinasi*. Dewasa ini desalinasi merupakan salah satu masalah yang mendesak untuk mendapat perhatian.

Pertambahan penduduk, industri dan irigasi harus diimbangi tersedianya air tawar yang cukup. Desalinasi dapat dilakukan dengan penyulingan, pembekuan, osmosis balik, elektrodialisis, dan pertukaran ion. Metode desalinasi osmosis balik menjadi harapan sebagai metode yang ekonomis.

Dalam proses ini, garam dipisahkan dengan tekanan pada membran semipermeabel yang memisahkan sumber air (asin) dan produk air tawar. Dewasa ini osmosis balik telah diterapkan untuk menghilangkan garam dari air payau dan menjadi harapan untuk desalinasi skala besar terhadap air payau maupun air laut.



Rangkuman

1. Sifat koligatif larutan terdiri dari penurunan tekanan uap (ΔP), kenaikan titik didih (ΔT_b), penurunan titik beku (ΔT_f), dan tekanan osmosis (π).
2. Adanya zat terlarut dalam larutan mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, dan penurunan titik beku larutan dibanding pelarutnya.
3. Besarnya sifat koligatif larutan dirumuskan dengan:

$$\Delta P = X_t \times P^\circ \qquad \Delta T_f = m \times K_f$$
$$\Delta T_b = m \times K_b \qquad \pi = C R T$$

4. Larutan elektrolit mempunyai sifat koligatif yang lebih besar dibanding sifat koligatif larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama.
5. Perbandingan sifat koligatif larutan elektrolit dengan sifat koligatif larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama disebut faktor *Van't Hoof* (i).

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

6. Sifat koligatif larutan elektrolit dirumuskan:

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

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

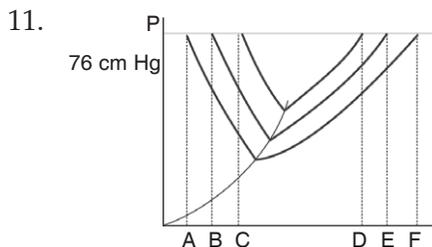
$$\pi = CRTi$$

Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

- Suatu larutan tersusun dari 2 mol urea dalam 3 mol air, maka fraksi mol urea dalam larutan tersebut adalah
 - $\frac{2}{3}$
 - $\frac{3}{2}$
 - $\frac{2}{5}$
 - $\frac{3}{5}$
 - 1
- Pengertian yang tepat tentang kemolaran adalah banyaknya zat terlarut tiap
 - liter larutan
 - liter pelarut
 - 1.000 gram larutan
 - 1.000 gram pelarut
 - 1.000 gram air
- Semua sifat berikut tergolong sifat koligatif larutan, *kecuali*
 - penurunan tekanan uap
 - kenaikan titik didih
 - penurunan titik beku
 - tekanan osmosis
 - kepekatan larutan
- Jika tekanan uap pelarut murni adalah P° , tekanan uap larutan adalah P , penurunan tekanan uap larutan ΔP , dan fraksi mol pelarut X_p , serta fraksi mol terlarut X_t , maka hubungan yang benar adalah
 - $P = X_p \cdot P^\circ$
 - $P = X_t \cdot P^\circ$
 - $\Delta P = X_p \cdot P^\circ$
 - $\Delta P = X_t \cdot P^\circ$
 - $\Delta P = (X_p - X_t)P^\circ$

5. Sebanyak 100 gram sukrosa ($M_r = 342$) dilarutkan dalam 500 gram air pada suhu 25°C mempunyai tekanan uap ... (tekanan uap air jenuh = $23,76\text{ mmHg}$).
 - A. $0,247\text{ mmHg}$
 - B. $23,513\text{ mmHg}$
 - C. $23,76\text{ mmHg}$
 - D. 24 mmHg
 - E. 25 mmHg
6. Sebanyak 20 gram senyawa berikut dalam 100 gram air yang mempunyai tekanan uap terbesar adalah ...
 - A. metanol ($M_r = 32$)
 - B. etanol ($M_r = 46$)
 - C. urea ($M_r = 60$)
 - D. glukosa ($M_r = 180$)
 - E. sukrosa ($M_r = 342$)
7. Sebanyak 450 gram glukosa ($M_r = 180$) dilarutkan dalam 2 kg air ($K_b = 0,52$) akan mendidih pada suhu ... $^\circ\text{C}$.
 - A. $0,65$
 - B. 100
 - C. $100,325$
 - D. $100,65$
 - E. $100,75$
8. $35,5$ gram belerang kristal ($M_r = 256$) dilarutkan dalam 100 gram karbon disulfida ($T_b = 46,23^\circ\text{C}$, $K_b = 2,35$) mempunyai titik didih ... $^\circ\text{C}$.
 - A. 100
 - B. $75,25$
 - C. $49,48$
 - D. $46,23$
 - E. $3,25$
9. Suatu larutan elektrolit kuat dengan konsentrasi $0,25\text{ m}$ membeku pada suhu $-0,93^\circ\text{C}$ ($K_f\text{ air} = 1,86$). Jumlah ion yang dimiliki elektrolit tersebut adalah
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
10. Sebanyak 4 gram zat nonelektrolit dilarutkan dalam 100 gram air ternyata mendidih pada suhu $100,347^\circ\text{C}$, maka massa molar zat tersebut adalah
 - A. 30
 - B. 60
 - C. 90
 - D. 120
 - E. 180



Perhatikan diagram P-T dari larutan urea $0,2\text{ m}$, larutan NaCl $0,2\text{ m}$ dan air di samping!

- Titik beku dan titik didih larutan urea $0,2\text{ m}$ ditunjukkan oleh titik ...
- A. A dan B
 - B. A dan F
 - C. B dan E
 - D. E dan B
 - E. F dan A

Bab

II

Reaksi Redoks dan Elektrokimia



Tujuan Pembelajaran

- Setelah mempelajari bab ini Anda dapat menyetarakan reaksi redoks, menyusun dan menerapkan sel volta dan sel elektrolisis, serta memahami dan mencegah proses korosi.

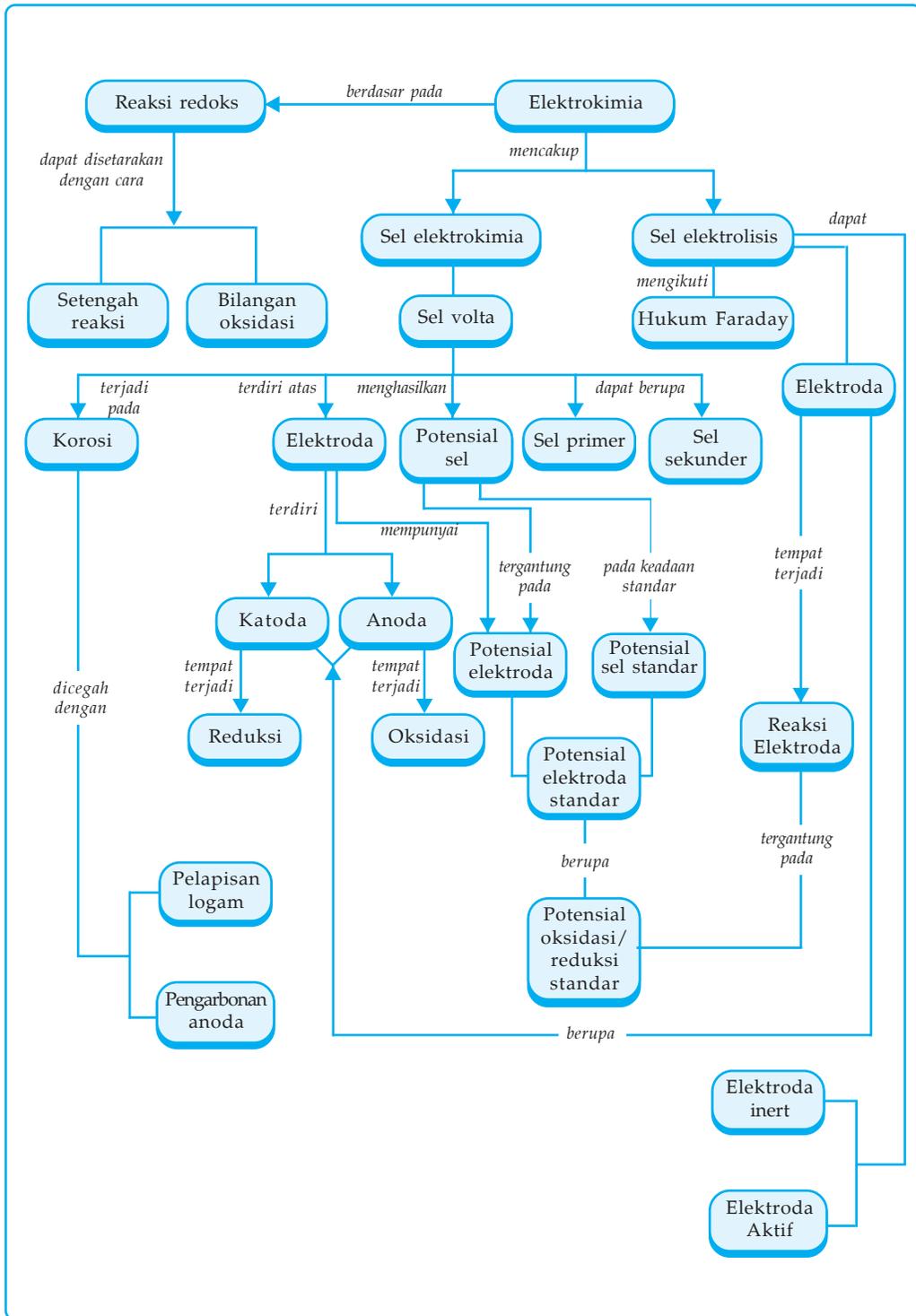
Banyak barang-barang dari logam yang dilapisi dengan logam lain yang lebih baik seperti emas, perak, krom, dan sebagainya. Proses pelapisan logam (penyepuhan) merupakan reaksi redoks. Reaksi redoks adalah reaksi yang disertai perubahan bilangan oksidasi. Pada reaksi redoks terjadi reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi penurunan bilangan oksidasi atau penerimaan elektron, sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi kenaikan bilangan oksidasi atau pelepasan elektron.

Reaksi redoks erat kaitannya dengan arus listrik yang disebut dengan elektrokimia. Sel elektrokimia terdiri atas sel volta dan sel elektrolisis. Pada sel volta reaksi redoks menghasilkan arus listrik, sebaliknya pada sel elektrolisis, arus listrik dapat menyebabkan terjadinya reaksi redoks. Baik sel volta maupun sel elektrolisis banyak digunakan untuk berbagai keperluan.

Kata Kunci

- reaksi redoks
- sel volta
- sel elektrolisis
- anoda
- katoda
- potensial sel
- korosi

Peta Konsep



A. Penyetaraan Reaksi Redoks

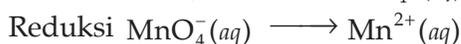
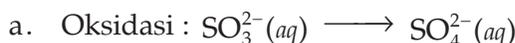
Masih ingatkah Anda bagaimana cara menyetarakan reaksi? Pada dasarnya menyetarakan reaksi adalah menyetimbangkan atau menyamakan jumlah atom dan muatannya. Untuk reaksi redoks yang sederhana, dapat menebak koefisien masing-masing secara langsung, sedangkan reaksi redoks yang rumit dapat disetarakan dengan metode setengah reaksi dan metode bilangan oksidasi.

1. Metode Setengah Reaksi

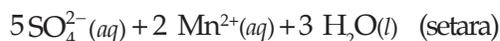
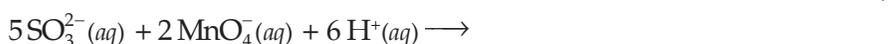
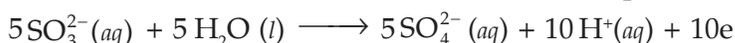
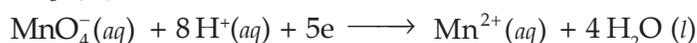
Untuk menyetarakan reaksi redoks dengan metode setengah reaksi, perlu ditempuh langkah-langkah sebagai berikut.

- Tulislah setengah reaksi oksidasi dan reduksi.
- Setarakan jumlah atom yang mengalami oksidasi dan reduksi.
- Setarakan jumlah atom O dengan memperhitungkan lingkungannya.
 - Lingkungan asam : kurang O ditambah H_2O , kurang H ditambah H^+ .
 - Lingkungan basa : kurang dari O ditambah OH^- , kurang H ditambah H_2O .
- Setarakan muatannya dengan menambahkan elektron pada ruas yang kelebihan muatan positif.
- Samakan jumlah elektron yang dilepas dan diterima dengan mengalikan.
- Jumlahkan kedua reaksi tersebut.

Contoh :



- b. Jumlah atom yang mengalami oksidasi dan reduksi sudah sama.

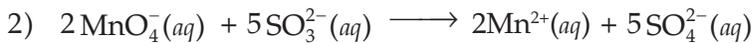
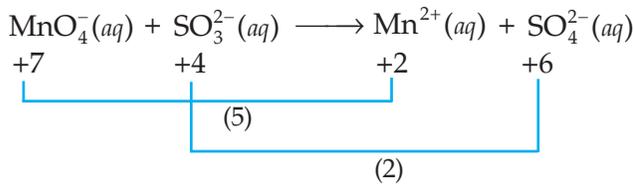


2. Metode Perubahan Bilangan Oksidasi

Untuk menyetarakan reaksi redoks dengan metode perubahan bilangan oksidasi, perlu ditempuh langkah-langkah sebagai berikut.

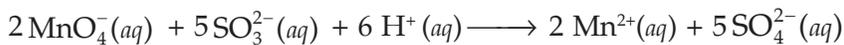
- Tentukan bilangan oksidasi atom-atom yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dan tuliskan perubahannya.
- Samakan jumlah elektron yang dilepas dan yang diterima dengan mengisikan koefisien.
- Samakan jumlah muatan.
 - Bila muatan ruas kiri lebih kecil, tambahkan H^+ .
 - Bila muatan ruas kiri lebih besar, tambahkan OH^- .
- Samakan jumlah atom H, dengan menambahkan H_2O di ruas kanan

Contoh

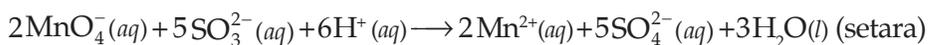


3) Jumlah muatan ruas kiri = -12

Jumlah muatan ruas kanan = -6, jadi ruas kiri harus ditambah $6H^+$.

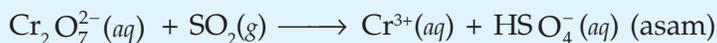


4) Karena di ruas kiri ada 6 atom H, maka di ruas kanan harus ditambah $3H_2O$.

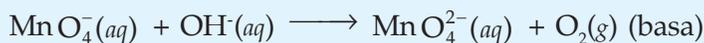


Soal Kompetensi 2.1

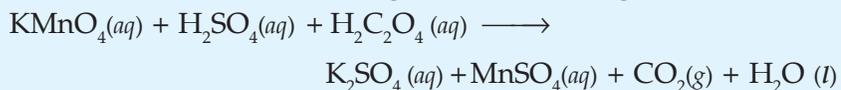
1. Setarakan reaksi redoks berikut dengan metode setengah reaksi:



2. Setarakan reaksi redoks berikut dengan metode setengah reaksi



3. Setarakan reaksi berikut dengan metode bilangan oksidasi:



4. a. Setarakan reaksi berikut dengan metode setengah reaksi dalam suasana basa:

$$\text{K}_2\text{CrO}_2(\text{aq}) + \text{Br}_2(\text{l}) + \text{KOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4(\text{aq}) + \text{KBr}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- b. Berapa mol Br_2 yang diperlukan untuk mengoksidasi 200 mL larutan K_2CrO_2 0,1 M?
5. Setarakan reaksi redoks berikut dengan metode yang Anda anggap mudah!

$$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq})$$
6. a. Setarakan reaksi berikut

$$\text{K}_2\text{CrO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{FeSO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- b. Berapa liter larutan K_2CrO_4 2 M yang diperlukan untuk mengoksidasi 2 liter larutan FeSO_4 1,5 M?
7. Setarakan reaksi $\text{Cu}(\text{s}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$ (dalam suasana asam) dengan dua cara!
 a. Cara setengah reaksi
 b. Cara bilangan oksidasi
8. Setarakan reaksi : $\text{KMnO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{MnSO}_4(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 dengan cara setengah reaksi!
9. Pada reaksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ (asam) setelah disetarakan berapa mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang diperlukan untuk mengoksidasi 0,15 mol NO_2^- !
10. Dengan cara setengah reaksi setarakan reaksi berikut:
 a. $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Br}_2(\text{aq})$ (suasana asam)
 b. $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{IO}_3^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{IO}_4^-(\text{aq})$ (suasana basa)

B. Sel Elektrokimia

Reaksi redoks ada yang berlangsung spontan dan ada yang tidak berlangsung spontan. Berdasarkan hal tersebut sel elektrokimia dibedakan menjadi dua, yaitu sel volta dan sel elektrolisis.

1. Sel Volta

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan batu baterai dan aki sebagai sumber arus listrik searah. Mengapa batu baterai dan aki dapat menghasilkan arus listrik? Perlu kita ingat bahwa pada reaksi redoks

terjadi perpindahan elektron, sedangkan arus listrik tidak lain adalah aliran elektron dalam rangkaian tertutup. Batu baterai dan aki merupakan rangkaian tertutup dan di dalamnya dapat terjadi reaksi redoks yang spontan sehingga terjadi perpindahan atau aliran elektron (arus listrik) untuk lebih memahami hal tersebut, lakukan percobaan berikut.



Kegiatan Ilmiah 2.1

Menyusun sel Volta

Tujuan:

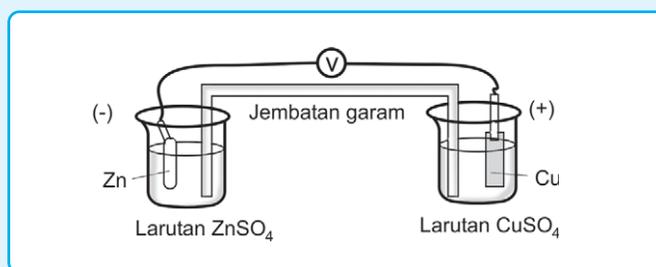
Menyusun sel Volta

Alat dan Bahan:

- gelas kimia
- jembatan garam
- kabel
- penjepit
- voltmeter
- elektroda Zn, Cu, Mg, Fe
- larutan CuSO_4 0,1 M
- larutan ZnSO_4 0,1M
- larutan FeSO_4 0,1 M

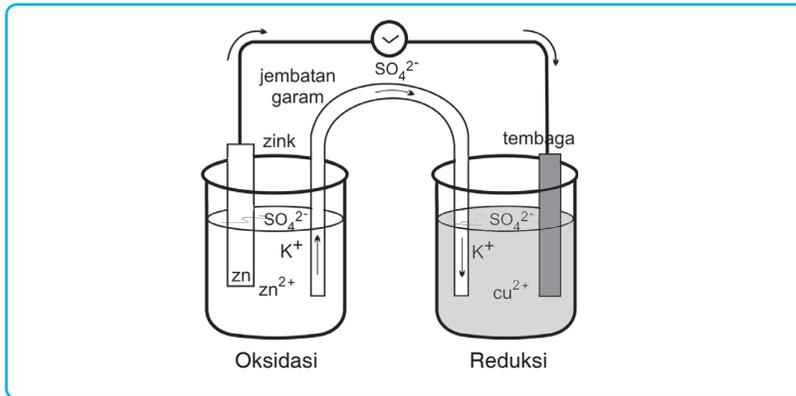
Langkah Kerja

1. Masukkan 50 ml larutan ZnSO_4 0,1M ke dalam gelas kimia kemudian masukkan lempeng seng dalam larutan tersebut!
2. Masukkan 50 ml larutan CuSO_4 0,1M ke dalam gelas kimia kemudian masukkan lempeng tembaga dalam larutan tersebut!
3. Hubungan kedua larutan dengan jembatan garam dan hubungkan pula kedua lempeng logam melalui voltmeter!
 - Jika jarum bergerak ke arah negatif, putuslah hubungan itu!
 - Jika jarum bergerak ke arah positif, bacalah beda potensialnya!
4. Ulangi langkah 1–3 dengan pasangan setengah sel yang lain!



Pertanyaan

1. Apa yang terjadi terhadap logam seng dan logam tembaga? Apakah dihasilkan arus listrik?
2. Berapa volt arus listrik yang dihasilkan?



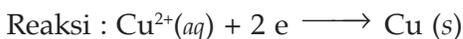
Ilustrasi : Haryana

Gambar 2.1 Diagram tipe sel volta, sel Daniel.

Dalam rangkaian tersebut, logam seng dicelupkan dalam larutan ZnSO_4 (mengandung Zn^{2+}) dan logam tembaga dicelupkan dalam larutan CuSO_4 (mengandung Cu^{2+}). Logam seng akan semakin keropos karena larut menjadi Zn^{2+} yang disertai pelepasan elektron.



Elektron yang dilepaskan oleh logam seng mengalir melalui kawat penghantar menuju tembaga, selanjutnya diterima oleh ion Cu^{2+} yang kemudian mengendap sebagai logam tembaga.



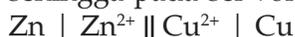
Selama reaksi dalam rangkaian tersebut berlangsung, aliran elektron (arus listrik) terus terjadi. Agar pertambahan ion Zn^{2+} dan kelebihan ion SO_4^{2-} karena berkurangnya Cu^{2+} maka ion tersebut dinetralkan dengan ion-ion dari jembatan garam. Pada rangkaian tersebut logam seng dan tembaga menjadi kutub-kutub listrik yang disebut elektroda. Pada logam yang mana terjadi reaksi reduksi dan pada logam yang mana terjadi oksidasi? Elektroda tempat terjadinya oksidasi disebut anoda sedangkan elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi disebut katoda. Elektroda mana yang merupakan kutub positif dan mana yang merupakan kutub negatif? Pada logam seng terjadi pelepasan elektron (oksidasi) sehingga logam seng disebut sebagai anoda yang juga merupakan elektroda negatif, sedangkan pada logam tembaga terjadi reduksi Cu^{2+} , sehingga logam tembaga disebut katoda yang juga merupakan elektroda positif.

a. Notasi Sel Volta

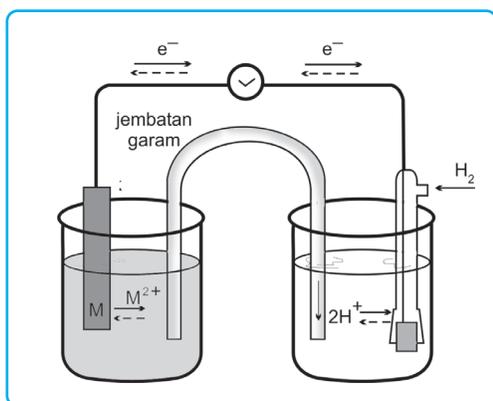
Rangkaian sel volta dapat ditulis dalam bentuk notasi atau diagram sel. Dalam menuliskan diagram sel, anoda dituliskan di sebelah kiri dan katoda di sebelah kanan yang dipisahkan oleh jembatan garam. Jembatan garam dilambangkan dengan dua garis sejajar (||). Secara umum, notasi sel dituliskan sebagai berikut:

anoda || katoda

sehingga pada sel volta di atas dituliskan dalam bentuk notasi sel :



b. Potensial Elektroda Standar



Ilustrasi : Haryana

Gambar 2.2 Sel volta hipotesis untuk menentukan potensial elektroda. Elektroda hidrogen merupakan elektroda pembanding.

Pada sel volta yang tersusun dari elektroda Zn dan Cu, ternyata elektroda Zn mengalami oksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa logam Zn lebih cenderung mengalami oksidasi dibandingkan logam Cu.

Untuk membandingkan kecenderungan logam-logam mengalami oksidasi digunakan elektroda hidrogen sebagai pembanding yang potensial elektrodanya adalah 0 volt. Potensial sel yang dihasilkan oleh elektroda logam dengan elektroda hidrogen pada kondisi standar, yaitu pada suhu 25°C, tekanan gas 1 atmosfer dan kon-

sentration ion-ion 1M disebut potensial elektroda standar logam tersebut dan diberi lambang E° . Elektroda yang lebih mudah mengalami reduksi dibanding hidrogen mempunyai potensial elektroda > 0 (positif) sedangkan elektroda yang lebih sukar mengalami reduksi dibanding hidrogen mempunyai potensial elektroda < 0 (negatif). Jadi, potensial elektroda standar menunjukkan urutan kecenderungan untuk mengalami reduksi, sehingga dikenal sebagai potensial reduksi standar.

Tabel 2.1 Potensial Reduksi Standar

Kopel ^b (oks/red)	Reaksi katoda (reduksi)	Potensial reduksi, volt (elektroda hidrogen standar = 0) ^c
Li ⁺ /Li	$\text{Li}^+ + e^- \longrightarrow \text{Li}$	-3,04
K ⁺ /K	$\text{K}^+ + e^- \longrightarrow \text{K}$	-2,92
Ca ²⁺ /Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Ca}$	-2,87
Na ⁺ /Na	$\text{Na}^+ + e^- \longrightarrow \text{Na}$	-2,71
Mg ²⁺ /Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Mg}$	-2,37

Kopel ^b (oks/red)	Reaksi katoda (reduksi)	Potensial reduksi, volt (elektroda hidrogen standar = 0) ^c
Al ³⁺ /Al	Al ³⁺ + 3e ⁻ → Al	-1,66
Zn ²⁺ /Zn	Zn ²⁺ + 2e ⁻ → Zn	-0,76
Fe ²⁺ /Fe	Fe ²⁺ + 2e ⁻ → Fe	-0,44
PbSO ₄ /Pb	PbSO ₄ + 2e ⁻ → Pb + SO ₄ ²⁻	-0,36
Co ²⁺ /Co	Co ²⁺ + 2e ⁻ → Co	-0,28
Ni ²⁺ /Ni	Ni ²⁺ + 2e ⁻ → Ni	-0,25
Sn ²⁺ /Sn	Sn ²⁺ + 2e ⁻ → Sn	-0,14
Pb ²⁺ /Pb	Pb ²⁺ + 2e ⁻ → Pb	-0,13
D ⁺ /D ₂	2D ⁺ + 2e ⁻ → D ₂	-0,003
H ⁺ /H ₂	2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂	0,000
Sn ⁴⁺ /Sn ²⁺	Sn ⁴⁺ + 2e ⁻ → Sn ²⁺	+0,15
Cu ²⁺ /Cu	Cu ²⁺ + 2e ⁻ → Cu	+0,34
I ₂ /I ⁻	I ₂ + 2e ⁻ → 2I ⁻	+0,54
O ₂ /H ₂ O ₂	O ₂ + 2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂ O ₂	+0,68
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	Fe ³⁺ + e ⁻ → Fe ²⁺	+0,77
Hg ₂ ²⁺ /Hg	Hg ₂ ²⁺ + 2e ⁻ → 2Hg	+0,79
Ag ⁺ /Ag	Ag ⁺ + e ⁻ → Ag	+0,80
NO ₃ ⁻ /N ₂ O ₄	2NO ₃ ⁻ + 4H ⁺ + 2e ⁻ → N ₂ O ₄ + 2H ₂ O	+0,80
NO ₃ ⁻ /NO	NO ₃ ⁻ + 4H ⁺ + 3e ⁻ → NO + 2H ₂ O	+0,96
Br ₂ /Br	Br ₂ + 2e ⁻ → 2Br	+1,07
O ₂ /H ₂ O	O ₂ + 4H ⁺ + 4e ⁻ → 2H ₂ O	+1,23
Cr ₂ O ₇ ²⁻ /Cr ³⁺	Cr ₂ O ₇ ²⁻ + 14H ⁺ + 6e ⁻ → 2Cr ³⁺ + 7H ₂ O	+1,33
Cl ₂ /Cl ⁻	Cl ₂ + 2e ⁻ → 2Cl ⁻	+1,36
PbO ₂ /Pb ²⁺	PbO ₂ + 4H ⁺ + 2e ⁻ → Pb ²⁺ + H ₂ O	+1,46
Au ³⁺ /Au	Au ³⁺ + 3e ⁻ → Au	+1,50
MnO ₄ ⁻ /Mn ²⁺	MnO ₄ ⁻ + 8H ⁺ + 5e ⁻ → Mn ²⁺ + 4H ₂ O	+1,51
HClO/CO ₂	2HClO + 2H ⁺ + 2e ⁻ → Cl ₂ + 2H ₂ O	+1,63
PbO ₂ /PbSO ₄	PbO ₂ + SO ₄ ²⁻ + 4H ⁺ + 2e ⁻ → PbSO ₄ + 2H ₂ O	+1,68
H ₂ O ₂ /H ₂ O	H ₂ O ₂ + 2H ⁺ + 2e ⁻ → 2H ₂ O	+1,78
F ₂ /F	F ₂ + 2e ⁻ → 2F	+2,87

Bila ion logam dalam sel lebih mudah mengalami reduksi dibanding ion H⁺, maka potensial elektroda logam tersebut lebih besar dari potensial elektroda hidrogen sehingga bertanda positif. Bila elektroda logam lebih mudah mengalami oksidasi dibandingkan elektroda hidrogen, maka potensial elektrodanya lebih kecil dibandingkan potensial elektroda hidrogen sehingga bertanda negatif.

c. Potensial Sel

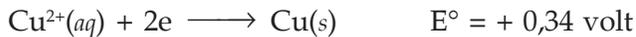
Perbedaan potensial dari kedua elektroda (katoda dan anoda) disebut beda potensial atau potensial sel standar yang diberi lambang E_{sel}° .

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

Katoda merupakan tempat terjadi reaksi reduksi sehingga mempunyai E° lebih besar, sedangkan anoda merupakan tempat terjadi reaksi oksidasi sehingga mempunyai harga E° lebih kecil.

Contoh Soal 2.1

Suatu sel volta tersusun dari elektroda magnesium dan tembaga. Bila diketahui:



Tentukan

- katoda dan anodanya,
- reaksi yang terjadi pada elektroda dan reaksi selnya,
- notasi sel, dan
- potensial sel.

Jawab:

- Katoda, memiliki E° lebih besar yaitu tembaga (Cu)
Anoda, memiliki E° lebih kecil, yaitu magnesium (Mg)
- Reaksi katoda (reduksi) : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e} \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$
Reaksi anoda (oksidasi) : $\text{Mg}(\text{s}) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}$

Reaksi sel (redoks) : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Mg}(\text{s}) \longrightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ +
- Notasi sel = $\text{Mg} \mid \text{Mg}^{2+} \parallel \text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$
- $E_{\text{sel}}^{\circ} = E_{\text{katoda}}^{\circ} - E_{\text{anoda}}^{\circ}$
 $= 0,34 - (-2,37)$
 $= 2,71 \text{ volt}$

Potensial sel dapat digunakan untuk memperkirakan spontan tidaknya suatu reaksi redoks. Reaksi redoks berlangsung spontan bila $E_{\text{sel}}^{\circ} > 0$ (positif) dan tidak spontan bila $E_{\text{sel}}^{\circ} < 0$ (negatif).

Contoh Soal 2.2



Apakah reaksi berikut : $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Ca}(\text{s}) + 2\text{Ag}^+(\text{aq})$ dapat berlangsung spontan?

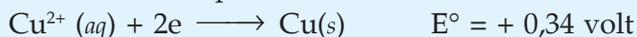
Jawab:

$$\begin{aligned} E_{\text{sel}} &= E^\circ_{\text{katoda}} - E^\circ_{\text{anoda}} \\ &= E^\circ_{\text{Ca}} - E^\circ_{\text{Ag}} \\ &= -2,87 - (0,80) \text{ volt} \\ &= -3,67 \text{ volt} \end{aligned}$$

$E_{\text{sel}} < 0$ (negatif), berarti reaksi tersebut tidak spontan

Soal Kompetensi 2.2

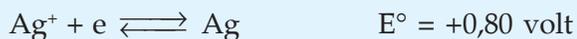
1. Diketahui data potensial elektroda standar sebagai berikut:



Apakah reaksi berikut dapat berlangsung?



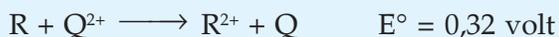
2. Suatu sel volta terdiri atas elektroda Ag yang dicelupkan di dalam larutan Ag^+ , dan elektroda Zn yang dicelupkan larutan Zn^{2+} , bila diketahui



Tentukan

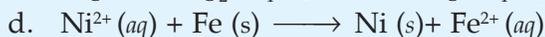
- anoda dan katodanya
- potensial sel
- notasi sel!

3. Diketahui beberapa reaksi sebagai berikut:



Susunlah unsur P, Q, R, S berdasarkan sifat reduktor yang semakin kuat!

4. Apakah reaksi berikut dapat berlangsung pada keadaan standar?



5. Diketahui



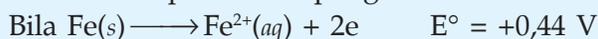
Hitunglah potensial standar sel A | A^{2+} || D^{2+} | D

Kolom Diskusi

Perhitungan potensial sel volta didasarkan pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 1 atm, temperatur 25°C dan konsentrasi larutan 1M. Setelah reaksi dalam sel volta berlangsung, konsentrasi pereaksi berkurang dan konsentrasi hasil reaksi bertambah. Hubungan antara konsentrasi dan potensial sel ditunjukkan oleh persamaan Nernst sebagai berikut:

$$E = E^\circ - \frac{0,0592}{n} \log Q,$$

dengan n = banyak elektron yang ditransfer dari reduktor ke oksidator dan Q = perbandingan konsentrasi hasil reaksi dengan konsentrasi pereaksi dipangkatkan koefisien masing-masing.

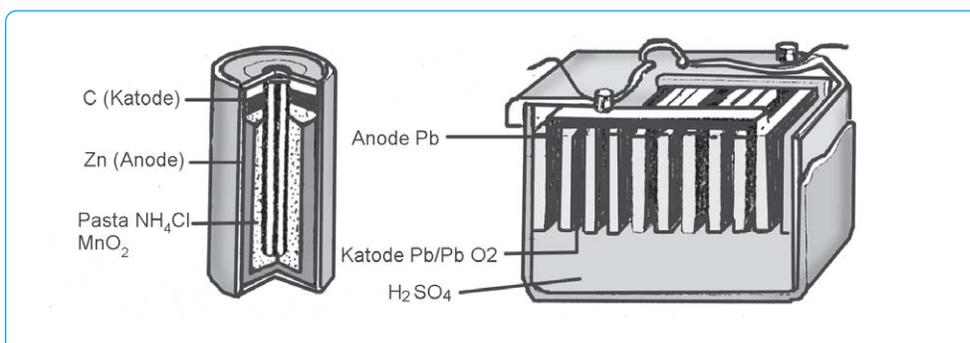
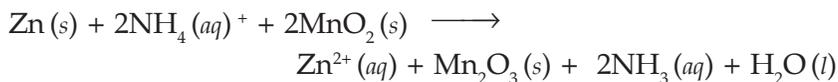
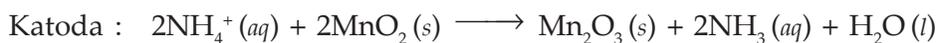


Diskusikan seberapa besar pengaruh konsentrasi terhadap potensial sel pada sel volta dengan notasi sel Fe | Fe^{2+} (0,1 M) || Cd^{2+} (1,0 M) | Cd pada temperatur 25°C.

d. Beberapa Sel Volta dalam Kehidupan Sehari-hari

1) Sel Kering (Baterai)

Anoda yang dipakai Zn, sedangkan katodanya grafit dan elektrolitnya: pasta MnO_2 , NH_4Cl dan arang. Reaksi yang terjadi dalam sel kering adalah sebagai berikut:

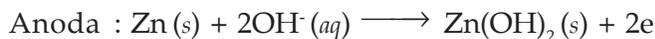


Gambar 2.3 Sel kering dan sel aki.

Ilustrasi : Haryana

2) Baterai Alkalin

Baterai alkalin pada dasarnya sama dengan sel kering, hanya saja bersifat basa karena menggunakan KOH sebagai pengganti NH_4Cl dalam pasta. Reaksi yang terjadi pada baterai alkalin adalah sebagai berikut:



Baterai ini lebih tahan lama dari sel kering biasa.

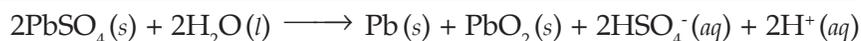
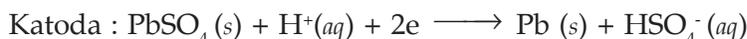
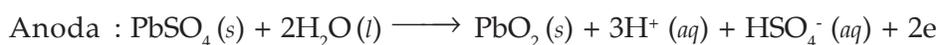
3) Sel Aki

Aki merupakan jenis baterai yang praktis karena dapat diisi kembali. Anoda Pb katodanya PbO_2 sedangkan larutan elektrolitnya H_2SO_4 . Reaksi penggunaan atau pengosongan aki:



Karena hasil reaksi pengosongan aki tetap melekat pada kedua elektroda, maka aki dapat diisi kembali dengan membalik arah aliran elektron pada kedua elektroda.

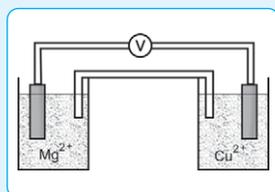
Reaksi pengisian aki:



Soal Kompetensi 2.3

1. Apakah perbedaan sel Leclanche (sel kering) dengan baterai alkalin?
2. Mengapa setelah digunakan dapat diisi ulang?
3. Sebutkan jenis sel volta yang lain yang belum ditulis di buku ini!

4.



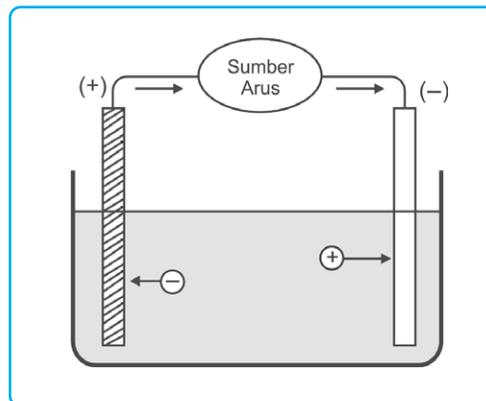
- a. Tuliskan bagan selnya!
- b. Hitung potensial selnya!
- c. Berlangsungkan reaksi:



5. Pada suatu sel volta terjadi reaksi : $2\text{Cr} + 3\text{Ni}^{2+} \longrightarrow 3\text{Ni} + 2\text{Cr}^{3+}$
 - a. Logam apakah yang bertindak sebagai anoda dan katoda?
 - b. Tuliskan notasi selnya!
 - c. Hitunglah potensial selnya bila $E^\circ \text{Cr}^{3+} | \text{Cr} = -0,71 \text{ volt}$ dan $E^\circ \text{Ni}^{2+} | \text{Ni} = -0,25 \text{ volt}$!
6. Diketahui
 - $\text{Pb} | \text{Pb}^{2+} || \text{Mg}^{2+} | \text{Mg} \quad E^\circ \text{ sel} = -2,21 \text{ volt}$
 - $\text{Pb} | \text{Pb}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu} \quad E^\circ \text{ sel} = +0,47 \text{ volt}$
 - $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu} \quad E^\circ \text{ sel} = +1,10 \text{ volt}$
 Berapakah harga potensial dari $\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$?
7. Tuliskan reaksi yang terjadi pada:
 - a. batu baterai,
 - b. pengisian aki,
 - c. pengosongan aki!
8. Apakah perbedaan baterai biasa dengan baterai alkalin?

2. Sel Elektrolisis

Pada sel volta yang baru saja kita pelajari, reaksi redoks spontan menimbulkan arus listrik. Terjadinya arus listrik ini dapat diamati dari voltmeter. Tidak demikian halnya dengan sel elektrolisis, reaksi redoks yang tidak spontan dapat berlangsung bila kedalamnya dialiri listrik. Perhatikan gambar susunan sel elektrolisis pada Gambar 2.5!



Ilustrasi : Haryana

Gambar 2.4 Sel elektrolisis.

Arus listrik dari sumber arus searah mengalir ke dalam larutan melalui katoda atau elektroda negatif. Pada katoda ini terjadi reaksi reduksi dari spesi tertentu yang ada dalam larutan. Spesi tertentu yang lain mengalami oksidasi di anoda/elektroda positif. Dalam hal tempat reaksi berlangsung sama seperti sel volta yaitu katoda tempat terjadi reaksi reduksi sedangkan anoda tempat terjadi oksidasi, tetapi muatan elektroda dalam sel elektrolisis berlawanan dengan muatan elektroda dalam sel volta. Pada sel elektrolisis katoda merupakan elektroda negatif, sedangkan anoda merupakan elektroda positif.

Spesi yang mengalami reduksi di katoda dan spesi yang mengalami oksidasi di anoda, tergantung pada potensialnya masing-masing. Spesi yang mengalami reduksi adalah yang mempunyai potensial elektroda lebih positif. Sedangkan spesi yang mengalami oksidasi adalah yang mempunyai potensial elektroda lebih negatif. Dengan demikian, tidak selalu kation yang mengalami reduksi dan tidak selalu anion yang mengalami oksidasi, mungkin saja pelarutnya (air) yang mengalami reduksi dan atau oksidasi. Bila elektroda bukan *elektroda inert* (sukar bereaksi) maka elektroda akan mengalami oksidasi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menulis reaksi elektrolisis berikut.

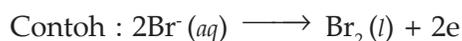
a. Reaksi pada Anoda (Oksidasi)

1) Bila anoda terbuat dari Pt, Au, atau C, maka anoda tidak ikut teroksidasi,

a) Ion OH^- teroksidasi menjadi H_2O dan gas O_2



b) Ion sisa asam halida (Cl^- , Br^- , I^-) teroksidasi menjadi molekulnya.



c) Ion sisa asam oksida (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-}) tidak teroksidasi, yang teroksidasi adalah air (pelarut).



2) Bila anoda terbuat selain dari Pt, Au, atau C, maka anoda ikut teroksidasi.

Contoh : anoda dari logam Ag maka $\text{Ag}(s) \rightarrow \text{Ag}^+(aq) + e$

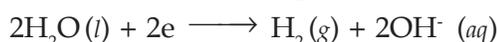
anoda dari logam Cu maka $\text{Cu}(s) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e$

b. Reaksi pada Katoda (Reduksi)

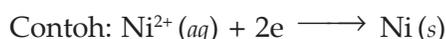
a) Ion H^+ tereduksi menjadi gas H_2 : $2\text{H}^+(aq) + 2e \rightarrow \text{H}_2(g)$

b) Ion-ion logam

(1) Ion-ion logam alkali dan alkali tanah (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan lain-lain) serta Al^{3+} , Mn^{2+} tidak mengalami reduksi, yang tereduksi adalah air (pelarut).

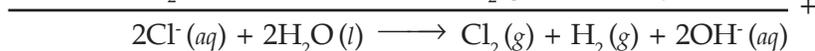
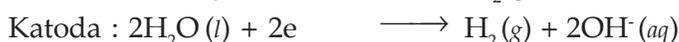


(2) Ion-ion logam selain alkali dan alkalis tanah serta Al^{3+} , Mn^{2+} tereduksi menjadi logamnya.

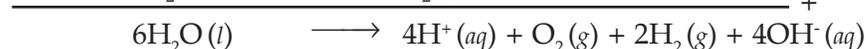
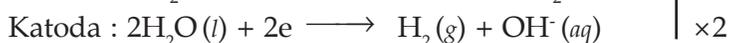


Perhatikan beberapa contoh reaksi elektrolisis berikut:

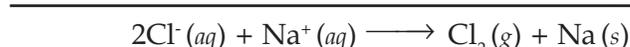
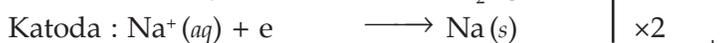
1) Reaksi elektrolisis larutan CaCl_2 dengan elektroda karbon



2) Reaksi elektrolisis larutan NaNO_3 (elektroda Pt)



3) Reaksi elektrolisis leburan NaCl



Agar lebih memahami proses elektrolisis, lakukan kegiatan berikut:



Kegiatan Ilmiah 2.2

Mengamati proses elektrolisis

Tujuan:

Memahami proses elektrolisis

Alat dan bahan:

- pipa U
- elektroda karbon
- batu baterai
- larutan amilum

- fenolftalein
- larutan NaCl
- penjepit
- larutan KI
- kabel

Langkah Kerja:

1. Masukkan larutan KI ke dalam pipa U!
2. Pasang elektroda karbon sehingga tercelup dalam larutan!
3. Tambahkan 2 tetes fenolftalein dan 2 tetes larutan amilum ke dalam larutan pada pipa U!
4. Hubungkan elektroda dengan batu baterai, amati perubahan yang terjadi!
5. Ulangi langkah 1 sampai dengan 4 dengan mengamati larutan KI dengan larutan NaCl!

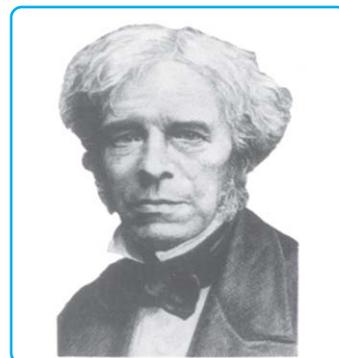
Pertanyaan:

1. Apakah kesimpulan tentang peristiwa yang terjadi di anoda dan katoda?
2. Tuliskan persamaan reaksi pada anoda dan katoda tiap percobaan yang Anda lakukan!

b. Hukum-Hukum Faraday

Pada tahun 1834 Michael Faraday menemukan fakta bahwa banyaknya perubahan kimia yang dihasilkan oleh arus listrik berbanding lurus dengan jumlah listrik yang dilewatkan. Fakta ini ditemukan sebelum sifat dasar elektron diketahui. Fakta tersebut kemudian oleh Faraday disimpulkan sebagai Hukum Faraday.

“Massa zat yang terjadi atau melarut selama proses elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah muatan listrik yang melalui sel elektrolisis”



Sumber : Jendela Iptek, Grolier

Gambar 2.5 Michael Faraday (1791–1867)

$$w = e F$$

w = massa zat hasil elektrolisis (gram)

e = massa ekuivalen zat hasil elektrolisis, $e = \frac{A_r}{\text{valensi}}$

F = jumlah arus listrik (Faraday)

Karena 1 Faraday setara dengan 96.500 coulomb, sedangkan 1 coulomb = 1 ampere detik, maka Hukum Faraday dapat dijabarkan menjadi

$$W = \frac{eit}{96.500}$$

i = kuat arus listrik (ampere)

t = lama elektrolisis atau waktu (detik)

Contoh Soal 2.3

Larutan AgNO_3 ($A_r \text{ Ag} = 108$) dialiri listrik 10 ampere selama 1 jam. Berapa gram logam perak yang dapat diendapkan?

Jawab:

$$e \text{ Ag} = \frac{108}{1} = 108$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{eit}{96.500} \\ &= \frac{108 \times 10 \times 3.600}{96.500} \\ &= 40,29 \text{ gram} \end{aligned}$$

Bila berbagai larutan elektrolisis bersama-sama dengan arus listrik yang sama, berlaku Hukum Faraday II "Jumlah zat-zat yang dihasilkan oleh arus yang sama dalam beberapa sel yang berbeda sebanding dengan massa ekuivalen zat-zat tersebut."

$$w_1 : w_2 : \dots = e_1 : e_2 : \dots$$

Contoh Soal 2.4

Sejumlah arus listrik dialirkan melalui larutan AgNO_3 dan larutan CuSO_4 . Bila logam perak yang diendapkan sebanyak 21,6 gram, berapa gram logam tembaga yang diendapkan? ($A_r \text{ Ag} = 108$, $\text{Cu} = 63,5$)

Jawab:

$$w \text{ Ag} : w \text{ Cu} = e \text{ Ag} : e \text{ Cu}$$

$$21,6 : w \text{ Cu} = \frac{108}{1} : \frac{63,5}{2}$$

$$21,6 \times 31,75 = 108 w \text{ Cu}$$

$$\begin{aligned} w \text{ Cu} &= \frac{21,6 \times 31,75}{108} \\ &= 6,35 \text{ gram} \end{aligned}$$

Soal Kompetensi 2.4

1. Sebanyak 500 mL CuSO_4 0,1 M dielektrolisis dengan listrik 1.930 coulomb. (A_r Cu = 63,5)
 - a. Tuliskan persamaan reaksinya!
 - b. Berapakah pH setelah elektrolisis?
 - c. Berapa liter gas oksigen yang dihasilkan pada STP?
2. Pada elektrolisis larutan MSO_4 dengan arus listrik 1,5 ampere selama 1 jam dapat diendapkan logam M sebanyak 1,78 gram. Hitunglah massa atom relatif M!
3. Pada suatu elektrolisis dengan sejumlah arus listrik tertentu membebaskan 5 gram gas hidrogen. Berapa gram gas oksigen yang dibebaskan oleh arus yang sama? (A_r H = 1, O = 16)
4. Mengapa melakukan elektrolisis terhadap larutan NaNO_3 tidak efektif? Jelaskan!
5. Sejumlah arus listrik dapat mengendapkan 0,72 gram logam perak dari larutan perak nitrat serta dapat mengendapkan 0,44 gram logam M dari larutan MCl_3 (A_r Ag = 108). Berapakah massa atom relatif M?

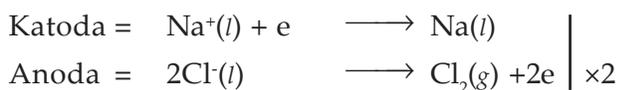
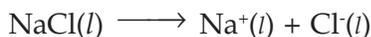
C. Kegunaan Elektrolisis

Elektrolisis banyak digunakan dalam bidang industri, di antaranya pada pembuatan beberapa bahan kimia, pemurnian logam dan penyepuhan.

1. Pembuatan Beberapa Bahan Kimia

Beberapa bahan kimia seperti logam alkali dan alkali tanah aluminium, gas hidrogen, gas oksigen, gas klorin, dan natrium hidroksida dibuat secara elektrolisis.

Contoh: Pembuatan logam natrium dengan mengelektrolisis lelehan NaCl yang dicampur dengan CaCl_2

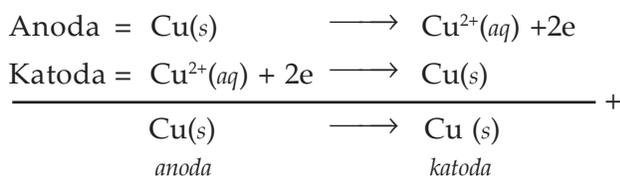


Natrium cair yang terbentuk dikatoda mengapung di atas cairan NaCl , kemudian dikumpulkan pada kolektor.

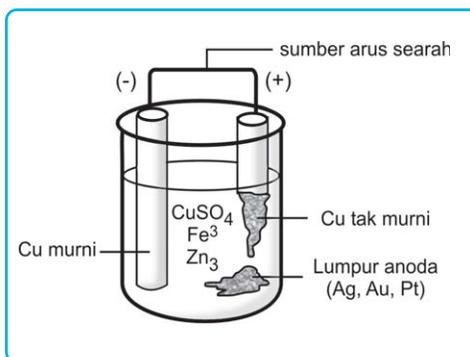
2. Pemurnian Logam

Pada pengolahan tembaga dari bijih kalkopirit diperoleh tembaga yang masih tercampur dengan sedikit perak, emas, dan platina. Untuk beberapa keperluan dibutuhkan tembaga murni, misalnya untuk membuat kabel. Tembaga yang tidak murni dipisahkan dari zat pengotornya dengan elektrolisis.

Tembaga yang tidak murni dipasang sebagai anoda dan tembaga murni dipasang sebagai katoda dalam elektrolit larutan CuSO_4 tembaga di anoda akan teroksidasi menjadi Cu^{2+} selanjutnya Cu^{2+} direduksi di katoda.



Dengan demikian tembaga di anoda pindah ke katoda sehingga anode semakin habis dan katoda semakin bertambah besar. Logam emas, perak, dan platina terdapat pada lumpur anoda sebagai hasil samping pada pemurnian tembaga.



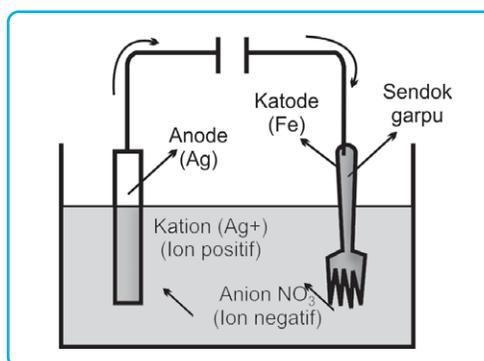
Ilustrasi : Haryana

Gambar 2.6 Pemurnian tembaga

3. Penyepuhan Logam

Suatu produk dari logam agar terlindungi dari korosi (perkaratan) dan terlihat lebih menarik seringkali dilapisi dengan lapisan tipis logam lain yang lebih tahan korosi dan mengkilat. Salah satu cara melapisi atau menyepuh adalah dengan elektrolisis. Benda yang akan dilapisi dipasang sebagai katoda dan potongan logam penyepuh dipasang sebagai anoda yang dibenamkan dalam larutan garam dari logam penyepuh dan dihubungkan dengan sumber arus searah.

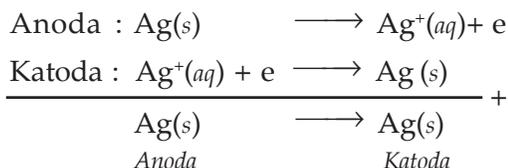
Contoh: untuk melapisi sendok garpu yang terbuat dari baja dengan perak, maka garpu dipasang sebagai katoda dan logam perak dipasang sebagai anoda, dengan elektrolit larutan AgNO_3 . Seperti terlihat pada gambar 2.7



Ilustrasi : Haryana

Gambar 2.7 Pelapisan sendok dengan logam perak

Logam perak pada anoda teroksidasi menjadi Ag^+ kemudian direduksi menjadi Ag pada katoda atau garpu. Dengan demikian garpu terlapisi oleh logam perak.



Soal Kompetensi 2.5

- Untuk membuat gas klorin dan NaOH, ke dalam larutan NaCl dialiri listrik 20.000 ampere selama 24 jam, (A_r Cl = 353,5 Na = 23, O = 16, H = 1)
 - Tuliskan persamaan reaksinya!
 - Berapa liter gas klor yang dihasilkan bila diukur pada suhu 27°C , tekanan 1 atmosfer?
 - Berapa gram NaOH yang dihasilkan?

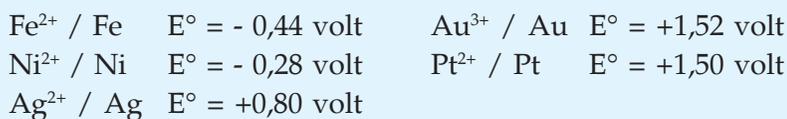
- Diketahui :

$\text{Na}^+(aq) + e \longrightarrow \text{Na}(s)$	$E^\circ = -2,71$ volt
$\text{Mg}^+(aq) + 2e \longrightarrow \text{Mg}(s)$	$E^\circ = -2,37$ volt
$\text{Al}^{3+}(aq) + 3e \longrightarrow \text{Al}(s)$	$E^\circ = -1,66$ volt
$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-$	$E^\circ = 0,000$ volt

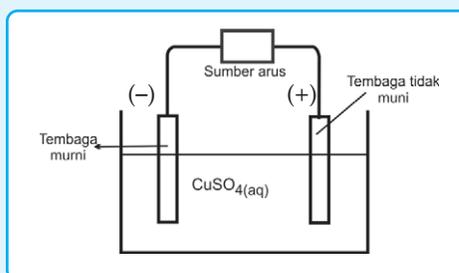
Mengapa logam natrium, magnesium, dan aluminium tidak dapat dibuat dengan elektrolisis larutan garamnya?

- Pola pembuatan tembaga dari kalkopirit CuFeS_2 diperoleh tembaga yang masih tercampur dengan sedikit logam-logam besi, nikel, perak, emas, dan platina.

Bila diketahui



Logam tembaga akan dimurnikan secara elektrolisis dengan susunan sebagai berikut.

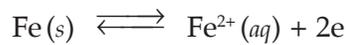


- Tuliskan reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda!
- Bagaimana zat pengontrol yang berupa besi, nikel, perak, emas, dan platina dapat terpisah dari tembaga? Jelaskan!

D. Korosi (Perkaratan)

Korosi adalah proses teroksidasinya suatu logam oleh berbagai zat menjadi senyawa. Proses korosi merupakan peristiwa elektrokimia. Suatu logam akan mengalami korosi bila permukaan logam terdapat bagian yang berperan sebagai anoda dan di bagian lain berperan sebagai katoda.

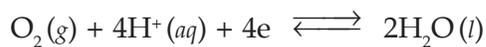
Proses korosi yang banyak terjadi adalah korosi pada besi. Bagian tertentu dari besi berperan sebagai anoda, sehingga besi mengalami oksidasi.



Sumber : Encarta Encyclopedia

Gambar 2.8 Warna coklat kusam pada permukaan besi atau badan mobil tersebut timbul karena terbentuk karat besi.

Elektron yang dilepaskan oleh besi mengalir pada bagian lain dari besi yang berperan sebagai katoda dan menyebabkan terjadinya reduksi oksigen dari lingkungan.



Ion Fe^{2+} kemudian teroksidasi lagi menjadi Fe^{3+} yang selanjutnya membentuk karat besi $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$



Untuk mempelajari faktor yang mempengaruhi korosi lakukan kegiatan berikut.



Kegiatan Ilmiah 2.3

Korosi Pada Besi

Tujuan:

Mempelajari proses korosi pada besi.

Alat dan Bahan:

- tabung reaksi
- paku
- kapas
- kawat Mg
- Kawat Cu
- air
- minyak tanah
- larutan H_2SO_4

Langkah Kerja:

1. Siapkan 5 tabung reaksi, kemudian masukkan ke dalam masing-masing tabung sebatang paku besi.
2. Masukkan ke dalam tabung reaksi:
 - I air hingga setengahnya
 - II minyak tanah setengahnya
 - III kapas yang dibasahi asam
 - IV kawat Mg yang dililitkan pada pakunya
 - V kawat Cu yang dililitkan pada pakunya
3. Simpan kelima tabung reaksi tersebut selama 3 hari, kemudian amatilah hasilnya!

Hasil Pengamatan:

No.	Paku pada Tabung	Pengamatan
1.	I	
2.	II	
3.	III	
4.	IV	
5.	V	

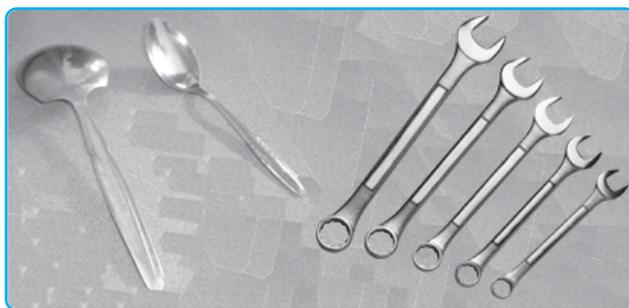
Buatlah laporan hasil percobaan ini, kemudian presentasikan di depan kelas!

Cara Mencegah Korosi

Korosi dapat menimbulkan kerugian karena selain merusak alat atau bangunan dari logam juga menyebabkan logam menjadi rapuh dan tidak mengkilat. Oleh karena itu proses korosi logam harus dicegah.

Setelah Anda mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi korosi, tentunya Anda tahu bagaimana cara mencegahnya. Pada dasarnya pencegahan korosi adalah mencegah kontak langsung antara logam dengan zat-zat yang menyebabkan korosi atau mengusahakan agar logam yang dilindungi dari korosi berperan sebagai katoda. Cara-cara pencegahan korosi yang sering dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Melapisi logam dengan cat, minyak atau oli, plastik atau dengan logam lain yang tahan korosi misalnya krom, nikel, perak, dan sebagainya.
- 2) Perlindungan katoda. Logam yang dilindungi dari korosi diposisikan sebagai katoda, kemudian dihubungkan dengan logam lain yang lebih mudah teroksidasi (memiliki E° lebih negatif dari logam yang dilindungi). Misalnya pipa besi dalam tanah dihubungkan dengan logam Mg. Logam Mg sengaja dikorbankan agar teroksidasi tetapi pipa besi tidak teroksidasi.
- 3) Membuat alloy atau paduan logam, misalnya besi dicampur dengan logam Ni dan Cr menjadi baja stainless (72% Fe, 19%Cr, 9%Ni).



Sumber : Dokumen Haryana

Gambar 2.9 Peralatan dari stainless steel

Soal Kompetensi 2.6

1. Sebutkan faktor-faktor yang dapat mempercepat korosi pada besi!
2. Mengapa logam aluminium tidak berkarat seperti yang terjadi pada besi?
3. Logam apakah yang banyak digunakan untuk melapisi kaleng kemasan makanan atau minuman?

4. Untuk mencegah korosi pada pipa besi yang ditanam dalam tanah digunakan metode pengeboran anoda yaitu magnesium, logam apa saja yang dapat menggantikan magnesium? Jelaskan!
5. Menurut Anda, mana yang lebih baik untuk melapis besi agar tidak berkarat dengan seng atau dengan timah? Apa kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Tokoh

Alessandro Volta (1745–1827)



Volta lahir di Como, Lombardia, Italia pada tanggal 18 Februari 1745 dan meninggal di Como pada tanggal 5 Maret 1827.

Ia merupakan ahli fisika Italia dan ahli kimia. Volta menemukan elemen, baterai atau tumpukan volta. Volta menggugurkan teori Galvani yang menyatakan bahwa daging katak mengandung listrik karena Volta tahu bahwa listrik itu berasal dari logam dan bukan dari daging katak.



Info Kimia

Elektroda Kaca pada pH Meter

Untuk menentukan konsentrasi ion H^+ dalam suatu larutan dapat dilakukan dengan mengukur selisih potensial dua elektroda. Elektroda yang satu sebagai standar dan yang lain merupakan elektroda kaca yang terbuat dari selaput tipis kaca yang peka terhadap ion H^+ .

Selaput elektroda kaca tidak tembus ion H^+ dari larutan yang diukur tetapi konsentrasi ion yang berbeda akan menimbulkan selisih potensial menembus selaput yang berbeda pula. Banyaknya arus yang dihantarkan oleh sebuah elektroda kaca sangat sedikit. Selisih potensial yang diukur dan ditetapkan oleh konsentrasi H^+ . pH meter yang dikalibrasi dengan larutan buffer luar yang pH-nya diketahui memberikan pembacaan skala langsung dari pH larutan yang diukur.



Rangkuman

1. Reaksi redoks dapat disetarakan dengan cara setengah reaksi dan cara bilangan oksidasi.
2. Sel elektrokimia dibedakan menjadi dua, yaitu sel volta dan sel elektrolisis.
3. Pada sel volta reaksi redoks berlangsung spontan sehingga menghasilkan arus listrik.
4. Pada sel elektrolisis arus listrik menyebabkan terjadinya reaksi redoks yang tidak dapat berlangsung spontan.
5. Sel volta yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah baterai dan aki.
6. Hukum Faraday I menyatakan banyaknya zat yang dibebaskan selama elektrolisis tergantung pada jumlah listrik yang digunakan.
7. Hukum Faraday II menyatakan banyaknya zat yang dibebaskan tergantung pada massa ekuivalen spesi yang bersangkutan $w = e \cdot f$.
8. Bila arus listrik yang sama dialirkan pada dua sel elektrolisis atau lebih maka perbandingan banyaknya zat yang dibebaskan sama dengan perbandingan massa ekuivalennya.
 $w_1 : w_2 = e_1 : e_2$
9. Elektrolisis dapat digunakan untuk membuat beberapa bahan kimia dan untuk penyepuhan logam.
10. Korosi adalah proses teroksidasinya suatu logam
11. Untuk mencegah korosi dapat dilakukan dengan cara melapisi logam dengan cat, oli, minyak, atau logam lain dan dengan perlindungan katoda.

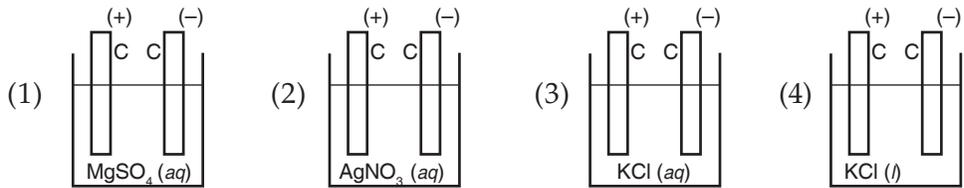
Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

- Pada reaksi redoks $3\text{Cl}_2 + 6\text{NaOH} \longrightarrow 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.
Bilangan oksidasi atom Cl berubah dari
A. +1 menjadi -1
B. -1 menjadi +1
C. 0 menjadi -1
D. 0 menjadi -1 dan +5
E. 0 menjadi -1 dan +7
- Pada reaksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{Cr}_3^{+} + \text{HSO}_4^{-}$. Jumlah mol SO_2 yang dapat dioksidasi oleh 1 mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ sebanyak
A. 0,3 mol
B. 0,5 mol
C. 1 mol
D. 2 mol
E. 3 mol
- Oksidasi 1 mol Cr^{2+} menjadi CrO_4^{2-} melepaskan elektron sebanyak
A. 1 mol
B. 2 mol
C. 3 mol
D. 4 mol
E. 5 mol
- Pada reaksi
 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
Dari 0,1 mol KMnO_4 akan menghasilkan gas CO_2 pada STP sebanyak ...
A. 1,12 liter
B. 2,24 liter
C. 11,2 liter
D. 22,4 liter
E. 112 liter
- Sebanyak 5,6 gram logam besi (Ar Fe = 56) dilarutkan dalam H_2SO_4 menghasilkan FeSO_4 untuk mengoksidasi FeSO_4 menjadi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ menurut reaksi $\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^{-} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+}$ diperlukan larutan KMnO_4 0,1 M sebanyak
A. 200 ml
B. 100 ml
C. 50 ml
D. 20 ml
E. 10 ml
- $a\text{MnO}_4^{-} + b\text{SO}_3^{2-} \longrightarrow c\text{Mn}^{2+} + d\text{SO}_4^{2-}$, setelah disetarakan harga a, b, c, dan d berturut-turut
A. 2, 5, 6, 2
B. 2, 5, 2, 3
C. 2, 5, 2, 5
D. 3, 5, 3, 5
E. 5, 3, 3, 5

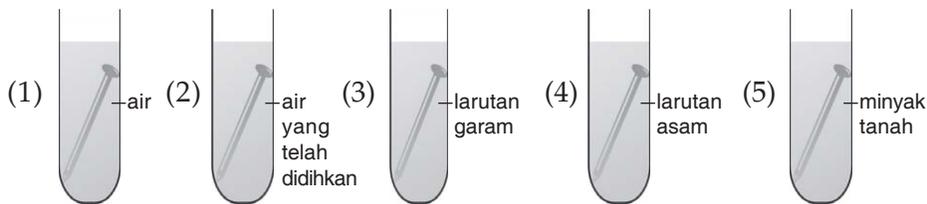
7. Pada reaksi $\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+}$, pernyataan yang benar adalah
- Fe^{2+} direduksi
 - Mn dioksidasi
 - bilangan oksidasi Mn dari +7 menjadi +2
 - bilangan oksidasi Mn dari +2 menjadi +7
 - setengah reaksi oksidasinya $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+}$
8. Untuk mengoksidasi 0,4 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dalam suasana basa dengan reaksi $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{OH}^-$ (belum setara) diperlukan KMnO_4 sebanyak
- 4 mol
 - 3 mol
 - 2,5 mol
 - 2 mol
 - 1,06 mol
9. Diketahui
- | | |
|--|-----------------------|
| $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ | $E^\circ = 1,10$ volt |
| $\text{Mg}/\text{Mg}^{2+} // \text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$ | $E^\circ = 2,21$ volt |
| $\text{Pb}/\text{Pb}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ | $E^\circ = 0,47$ volt |
- Dari data di atas, maka harga potensial sel dari $\text{Mg}/\text{Mg}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ adalah
- 2,68 volt
 - 2,00 volt
 - 0,57 volt
 - 0,21 volt
 - 0,12 volt
10. Logam L dapat mengendapkan tembaga dari larutan CuSO_4 , tetapi logam tidak bereaksi dengan ZnCl_2 , maka urutan logam berikut, yang sifat reduktornya makin kuat adalah
- Zn, Cu, L
 - L, Cu, Zn
 - Cu, L, Zn
 - Zn, L, Cu
 - Cu, Zn, L
11. Saat aki digunakan terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik. reaksi yang terjadi pada katoda saat itu adalah
- $\text{Pb}(s) + \text{HSO}_4^-(aq) \longrightarrow \text{PbSO}_4(s) + \text{H}^+(aq) + 2e$
 - $\text{PbO}_2(s) + \text{HSO}_4^-(aq) + 3\text{H}^+(aq) + 2e \longrightarrow \text{PbSO}_4(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$
 - $\text{PbSO}_4(s) + \text{H}^+(aq) + 2e \longrightarrow \text{Pb}(s) + \text{HSO}_4^-(aq)$
 - $\text{PbSO}_4(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{PbO}_2(s) + \text{HSO}_4^-(aq) + 3\text{H}^+(aq) + 2e$
 - $\text{Pb}(s) + \text{PbO}_2(s) + 2\text{HSO}_4^-(aq) + 2\text{H}^+(aq) \longrightarrow 2\text{PbSO}_4(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$
12. Bila larutan AgNO_3 dialiri listrik 10 ampere selama 1 jam, maka pada katoda akan diendapkan logam perak sebanyak
- 8,06 gram
 - 16 gram
 - 20,145 gram
 - 40,29 gram
 - 80,58 gram

13. Perhatikan gambar beberapa sel elektrolisis berikut ini!



Sel elektrolisis yang menghasilkan gas oksigen adalah

- A. 1 dan 2
 B. 1 dan 3
 C. 2 dan 3
 D. 3 dan 4
 E. 4 saja
14. Pada suatu percobaan korosi, sebuah paku disimpan dalam tabung reaksi dengan berbagai kondisi



Paku yang paling tahan korosi terdapat dalam tabung

- A. I
 B. II
 C. III
 D. IV
 E. V
15. Ke dalam dua sel yang berisi larutan LSO_4 dan AgNO_3 yang disusun secara seri dialirkan arus listrik ternyata diendapkan 3,25 gram logam L dan 10,8 gram logam Ag ($\text{Ar Ag} = 108$). Massa atom relatif L adalah
- A. 32,5
 B. 63,5
 C. 65,0
 D. 70,5
 E. 72,0

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

1. Pada reaksi redoks berikut

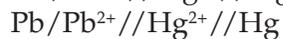


- a. Setarakan reaksi redoks tersebut!
 b. Berapa mol $\text{Cr}(\text{OH})_3$ yang diperlukan untuk mereduksi 0,6 mol ClO^- menjadi Cl^- ?

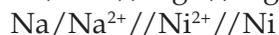
2. Diketahui



$$E_{\text{sel}} = 3,36 \text{ volt}$$



$$E_{\text{sel}} = 0,78 \text{ volt}$$



$$E_{\text{sel}} = 2,46 \text{ volt}$$

Hitunglah potensial sel dari reaksi



3. Apakah perbedaan elektrolisis larutan NaCl dengan elektrolisis leburan NaCl? Tuliskan persamaan reaksi masing-masing!
4. Berapa gram logam Cu yang diendapkan di katoda bila pada elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektroda platina digunakan arus listrik 1.930 coulomb? ($A_r \text{ Cu} = 63,5$)
5. Pada elektrolisis larutan LSO_4 dengan elektroda platina diendapkan 0,295 gram logam L. Larutan hasil elektrolisis itu ternyata dapat dinetralkan dengan 100 mL KOH 0,1 M. Berapakah massa atom relatif logam L?

Bab

III

Kimia Unsur



Tujuan Pembelajaran

- Setelah mempelajari bab ini Anda dapat mengetahui kelimpahan, sifat, pembuatan, manfaat, dan bahaya dari unsur dan senyawanya.

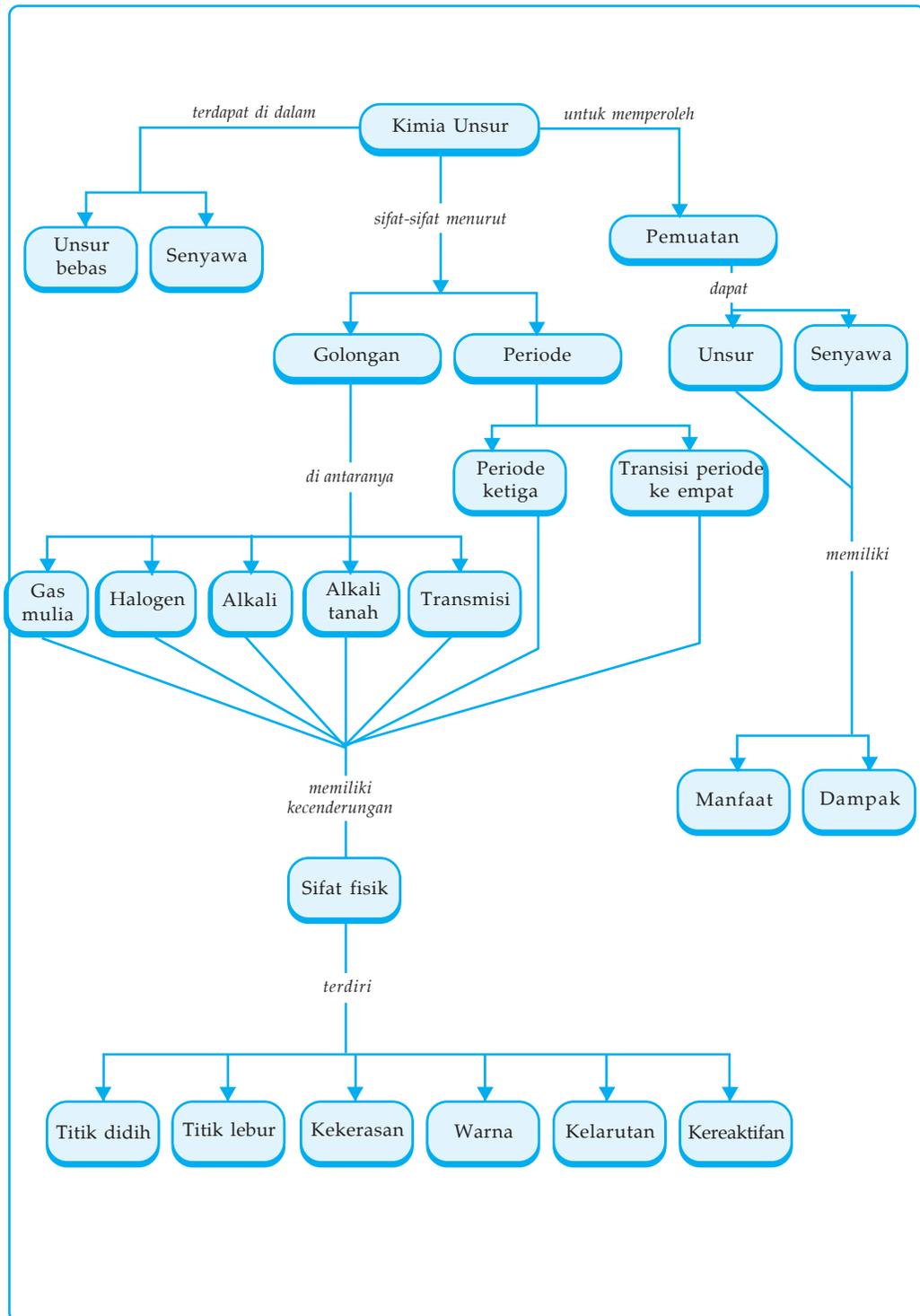
Setiap hari kita menggunakan bahan, baik untuk makanan, minuman, pernapasan, pakaian, bahan bakar, dan berbagai peralatan. Semua bahan yang kita perlukan sehari-hari tersusun dari unsur-unsur baik sebagai unsur bebas maupun sudah terikat sebagai senyawa. Demikian pula halnya dalam industri juga menggunakan bahan dan peralatan yang tersusun dari unsur-unsur.

Penggunaan bahan baik unsur maupun senyawa didasarkan pada sifat bahan tersebut. Misalnya, oksigen dapat mengoksidasi bahan sehingga digunakan untuk mengoksidasi makanan dan bahan bakar. Tembaga dan aluminium bersifat sebagai konduktor yang baik dan tidak berkarat sehingga digunakan untuk membuat kabel dan peralatan memasak.

Pada bab ini akan kita pelajari kelimpahan unsur-unsur di alam, sifat-sifat, kegunaan, dampak dan proses pembuatan unsur dan senyawanya dalam kehidupan sehari-hari dan industri.

Kata Kunci

- sifat-sifat unsur
- kelimpahan unsur



A. Kelimpahan Unsur-Unsur di Alam

Sampai saat ini sudah dikenal sekitar 116 unsur, 92 diantaranya terdapat di alam dan yang lainnya merupakan unsur buatan. Unsur yang paling banyak terdapat di alam ternyata adalah helium (terdapat di matahari). Sedangkan unsur yang paling banyak terdapat di bumi kita ini adalah oksigen, kemudian silikon, aluminium, dan besi.

Tabel 3.1 Unsur-Unsur yang Membangun Bumi Bagian Luar

Unsur	% Berat	Unsur	% Berat
Oksigen	49,20	Klor	0,19
Silikon	25,67	Fosfor	0,11
Aluminium	7,50	Mangan	0,09
Besi	4,71	Karbon	0,08
Kalsium	3,39	Belerang	0,06
Natrium	2,63	Barium	0,04
Kalium	2,40	Nitrogen	0,03
Magnesium	1,93	Fluor	0,03
Hidrogen	0,87	Stronsium	0,02
Titan	0,58	Unsur-unsur lain	0,47

Sebagian besar dari unsur-unsur yang ada di alam terdapat sebagai senyawa, hanya sebagian kecil saja yang terdapat sebagai unsur bebas.

Tabel 3.2 Berbagai Mineral dan Terdapatnya di Indonesia

No.	Unsur	Mineral
1.	Tembaga	Kalkopirit, CuFeS_2 Kalkosit, Cu_2S
2.	Besi	Hematit, Fe_3O_4 Magnetit, Fe_3O_4 Pirit, FeS_2 Siderit, FeCO_3
3.	Nikel	NiS
4.	Emas	Unsur
5.	Aluminium	Bauksit, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Kriolit, Na_3AlF_6
6.	Timah	Kasiterit, SnO_2
7.	Krom	Kromit, $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$
8.	Mangan	Pirolusit, MnO_2 Braunit, Mn_2O_3
9.	Seng	Seng Blende, ZnS Kolamin, ZnCO_3
10.	Vanadium	Vanadit $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$

Soal Kompetensi 3.1

1. Mengapa sebagian besar unsur di alam terdapat sebagai senyawa, bukan sebagai unsur bebas?
2. Di Papua terdapat tambang logam yang sangat besar, logam apa yang diperoleh dari tambang tersebut dan perusahaan apa yang mengelola?
3. Sebutkan nama dan rumus kimia dari bijih logam:
 - a. besi
 - b. aluminium
 - c. tembaga
4. Lengkapilah tabel berikut dengan benar!

No.	Nama Bijih	Rumus Kimia	Logam yang Terkandung
a.	Ilmenit	...	...
b.	Tembaga pirit	...	...
c.	Manganit	...	...
d.	Vanadit	...	...
e.	Hematit	...	...
f.	Timbal kromat	...	...

B. Sifat-Sifat Unsur

Sifat-sifat unsur sangat ditentukan oleh konfigurasi elektronnya. Unsur-unsur dalam sistem periodik disusun menurut kenaikan nomor atom dan berdasarkan konfigurasi elektronnya. Unsur-unsur yang memiliki susunan elektron terluar sama memiliki sifat kimia yang sama dan dimasukkan dalam satu golongan, dan unsur-unsur yang memiliki jumlah kulit yang sama dimasukkan dalam satu periode. Oleh karena itu, pada bagian ini akan dibahas sifat-sifat unsur menurut golongan dan menurut periode. Sifat-sifat tersebut meliputi sifat fisis dan sifat kimia, seperti penampilan, kelarutan, titik didih, titik leleh, kekerasan, jari-jari atom, kereaktifan, dan sifat khusus lainnya.

1. Gas Mulia

Unsur-unsur gas mulia dalam sistem periodik menempati golongan VIII A yang terdiri dari unsur Helium (He), Neon (Ne), Argon (Ar), Kripton (Kr), Xenon (Xe) dan Radon (Rn). Struktur elektron terluar gas mulia yang oktet (8) (kecuali helium duplet (2)) merupakan struktur yang paling stabil, oleh karena itu gas mulia sukar bereaksi dengan unsur lain sehingga disebut gas inert (lamban).

Pada tahun 1962 Neil Bartlett berhasil mensintesis senyawa gas mulia yaitu XePtF_6 . Dalam waktu yang singkat ahli kimia yang lain menunjukkan bahwa Xenon dapat bereaksi langsung dengan Fluor membentuk XeF_2 , XeF_4 , dan XeF_6 .

Sejak saat itu istilah inert tidak lagi sesuai dan para ahli kimia mulai menyebut dengan golongan gas mulia.

a. Sifat-sifat fisis

Sifat-sifat fisis gas mulia berubah secara periodik seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3.3 Sifat-Sifat Fisis Gas Mulia

Sifat	Helium	Neon	Argon	Kripton	Xenon	Radon
• Nomor atom (Z)	2	10	18	36	54	86
• Konfigurasi elektron	$1s^2$	$1s^2 2p^2$	$3s^2 3p^6$	$4s^2 4p^6$	$5s^2 5p^6$	$6s^2 6p^6$
• Titik cair ($^{\circ}\text{C}$)	-272,2	-248,6	-189,4	-157,2	-111,8	-71
• Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	-268,9	-246,0	-185,9	-153,4	-108,1	-62
• Rapatannya (g/cm^3)	0,178	0,900	1,78	3,73	5,89	9,73
• Energi pengion (ev)	24,6	21,6	15,8	14,0	12,1	10,7
• Jari-jari atom (\AA)	0,50	0,65	0,95	1,10	1,30	1,45
• Keelektronegatifan	2,7	4,4	3,5	3,0	2,6	2,4

1) Wujud gas mulia

Unsur gas mulia terdapat sebagai gas tak berwarna yang monoatomik, ini erat kaitannya dengan struktur elektron oktet dan duplet dari gas mulia. Sedangkan wujud gas pada suhu kamar disebabkan titik cair dan titik didih gas mulia yang rendah.

2) Titik cair dan titik didih

Titik cair dan titik didih gas mulia meningkat dengan bertambahnya nomor atom. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya gaya dispersi antar atom gas mulia sesuai bertambahnya massa atom relatif (Ar).

3) Kelarutan

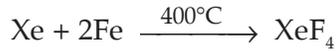
Kelarutan gas mulia dalam air bertambah besar dari Helium (He) hingga Radon (Rn). Pada suhu 0°C dalam 100 ml air terlarut 1 ml He, 6 ml Ar, dan 50 ml Rn.

b. Sifat-sifat kimia

Selama bertahun-tahun unsur gas mulia disebut sebagai gas inert. Sejak penemuan XePtF_6 oleh Neil Bartlett anggapan gas inert gugur. Energi ionisasi kripton, Xenon dan Radon hampir sama dengan energi ionisasi

oksigen dan masih lebih rendah dari fluor. Oleh karena itu dimungkinkan tiga unsur tersebut dapat membentuk senyawa dan telah dibuktikan oleh Bartlett.

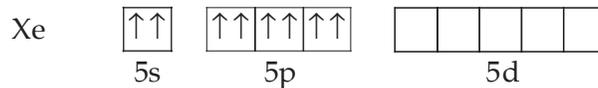
Radon dapat bereaksi spontan dengan fluor pada suhu kamar. Sementara Xenon memerlukan pemanasan atau permulaan reaksi secara fotokimia. Xenon dapat bereaksi dengan Fluor pada suhu 400°C dan tekanan 6 atmosfer.



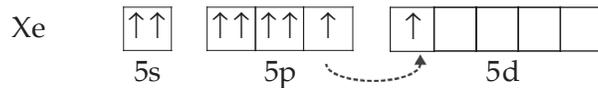
Kripton bereaksi dengan Fluor hanya bila keduanya dikenakan penyinaran atau pelepasan muatan listrik.

Terbentuknya senyawa gas mulia dapat dijelaskan dengan hibridisasi. Perhatikan pembentukan ikatan XeF₂

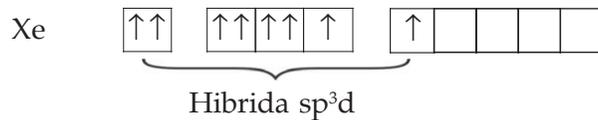
Struktur elektron Xe dapat dituliskan :



Untuk membentuk XeF₂ satu elektron 5p harus dipromosikan ke sub kulit 5d yang diikuti dengan pembentukan orbital hibrida sp³d.



Setelah mengalami hibridisasi dihasilkan.



Dua elektron yang tidak berpasangan tersebut digunakan untuk berikatan dengan fluor. Xe (dalam XeF₂)



Soal Kompetensi 3.2

1. Mengapa unsur-unsur gas mulia pernah disebut sebagai gas inert?
2. Bagaimanakah hubungan nomor atom, jari-jari atom, energi ionisasi dan kereaktifan pada unsur gas mulia?
3. Bagaimanakah sifat-sifat fisis gas mulia pada suhu kamar?
4. Jelaskan dengan hibridisasi pembentukan senyawa XeF₄ dan XeF₆ dan perkiraan bentuk molekulnya!

5. Tuliskan persamaan reaksinya:



2. Halogen

Unsur-unsur halogen dalam sistem periodik menempati golongan VIIA yang terdiri dari unsur Fluor (F), Klor (Cl), Brom (Br), Yod (I), dan Astatin (At). Unsur-unsur golongan VIIA disebut unsur halogen artinya pembentuk garam. Pada bagian ini unsur Astatin tidak dibahas karena bersifat radioaktif dengan waktu paruh pendek sehingga jarang ditentukan dan sifat-sifatnya belum banyak diketahui.

a. Sifat-Sifat Fisis

Sifat-sifat halogen berubah secara periodik seperti terlihat pada Tabel berikut.

Tabel 3.4 Sifat-Sifat Fisis Halogen

Sifat	Fluor	Klor	Brom	Yod
• Nomor atom (Z)	9	17	35	53
• Konfigurasi elektron	$[\text{He}]2s^2p^5$	$[\text{Ne}]3s^23p^5$	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^24p^5$	$[\text{Kr}]4d^{10}5s^25p^5$
• Titik cair ($^{\circ}\text{C}$)	-220	-101	-7	114
• Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	-188	-35	59	184
• Rapatannya (g/cm^3)	$1,69 \times 10^{-3}$	$3,21 \times 10^{-3}$	3,12	4,93
• Energi pengionan tingkat pertama (Kj mol^{-1})	1681	1251	1140	1008
• Afinitas elektron (Kj mol^{-1})	-328	-349	-325	-295
• Kelektronegatifan (skala Pauling)	4,0	3,0	2,8	2,5
• Potensial reduksi standar (volt) $\text{X}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{X}^-$	2,87	1,36	1,06	0,54
• Jari-jari kovalen, Å	0,64	0,99	1,14	1,33
• Jari-jari ion (X^-), Å	1,19	1,67	1,82	2,06
• Energi Ikatan X-X (Kj mol^{-1})	155	242	193	151

1) Wujud halogen

Unsur halogen berupa molekul diatomik (X_2) dengan energi ikatan X - X berkurang dari Cl_2 sampai I_2 , sesuai dengan penambahan jari-jari atomnya. Semakin panjang jari-jari atom semakin lemah ikatan antaratom sehingga semakin mudah diputuskan akibatnya energi ikatan makin rendah. Energi ikatan F - F lebih kecil dibanding dengan energi ikatan Cl -

Cl dan Br - Br, hal ini berhubungan dengan kereaktifan F_2 . Semakin reaktif molekul X_2 menyebabkan ikatan semakin mudah diputuskan sehingga energi ikatan relatif kecil.

2) Titik Cair dan Titik Didih

Titik cair dan titik didih halogen meningkat dengan bertambahnya nomor atom. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya gaya dispersi antarmolekul halogen sesuai bertambahnya massa molekul relatif (M_r). Sesuai titik cair dan titik didihnya, maka wujud halogen pada suhu kamar bervariasi, F_2 dan Cl_2 berupa gas, Br_2 cair, dan I_2 padat.

3) Warna

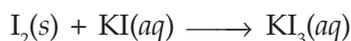
Unsur-unsur halogen dapat dikenali dari bau dan warnanya karena berbau merangsang. Fluor berwarna kuning muda, klor hijau kekuningan, Brom cokelat, dan yod berwarna ungu.

4) Kelarutan

Kelarutan halogen dari fluor sampai yod dalam air semakin berkurang. Fluor selain larut juga bereaksi dengan air.



Yod sukar larut dalam air, tetapi mudah larut dalam larutan yang mengandung ion I^- karena membentuk ion poliiodida I_3^- , misalnya I_2 larut dalam larutan KI.



Karena molekul halogen nonpolar sehingga lebih mudah larut dalam pelarut nonpolar, misalnya CCl_4 , aseton, kloroform, dan sebagainya.

b. Sifat-Sifat Kimia

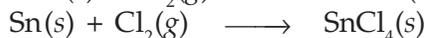
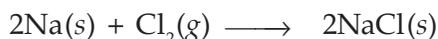
1) Kereaktifan

Unsur-unsur halogen adalah unsur-unsur yang reaktif, hal ini terbukti keberadaan halogen di alam sebagai senyawa. Kereaktifan halogen dipengaruhi keelektronegatifannya. Semakin besar keelektronegatifan semakin reaktif karena semakin mudah menarik elektron.

Selain dipengaruhi keelektronegatifan, kereaktifan halogen juga dipengaruhi oleh energi ikatan halogen. Semakin kecil energi ikatan halogen, semakin mudah diputuskan ikatan tersebut sehingga makin reaktif halogen. Dengan melihat data keelektronegatifan dan energi ikat halogen, dapat disimpulkan kereaktifan halogen dari atas ke bawah semakin berkurang.

Kereaktifan halogen ini dapat dibuktikan dengan reaksi halogen dengan berbagai senyawa atau unsur lain.

- a. Halogen dapat bereaksi dengan sebagian besar logam menghasilkan halida.

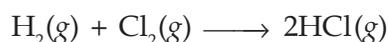


- b. Halogen dapat bereaksi dengan air.

Reaksi Fluor dengan air menghasilkan HF dan gas oksigen, sedangkan halogen lainnya bereaksi dengan air menurut reaksi:



- c. Halogen dapat bereaksi dengan hidrogen menghasilkan asam halida.



- d. Halogen dapat bereaksi dengan hidrokarbon (alkana, alkena, dan alkuna).

Reaksinya dengan alkana adalah reaksi substitusi, sedangkan reaksinya dengan alkena dan alkuna adalah reaksi adisi.

- e. Halogen dapat bereaksi dengan basa.



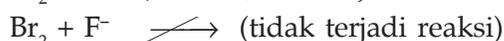
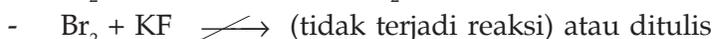
Bila larutan NaOH dipanaskan akan dihasilkan NaCl dan NaClO₃.

- f. Halogen dapat bereaksi dengan halogen lainnya.



2) Daya Oksidasi

Halogen merupakan oksidasi kuat. Sifat oksidator halogen dari atas ke bawah semakin lemah, sehingga halogen-halogen dapat mengoksidasi ion halida di bawahnya.



Dari reaksi di atas juga berarti ion halida (X^-) bersifat reduktor. Sifat reduktor ion halida makin ke bawah semakin kuat. Agar lebih memahami daya oksidasi halogen dan daya reduksi ion halida, lakukan kegiatan berikut!



Kegiatan Ilmiah 3.1

Daya Pengoksidasi Halogen terhadap Fe^{2+} dan Gaya Pereduksi

Alat dan Bahan:

- Tabung reaksi
- Rak tabung reaksi
- Pipet tetes
- Larutan klor
- Larutan brom
- Larutan yod
- Larutan FeSO_4 0,1 M
- Larutan $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ 0,1 M
- Larutan KBr 0,1 M
- Larutan KI 0,1 M
- Larutan KSCN 0,1 M

Langkah kerja:

Membedakan ion Fe^{2+} dengan ion Fe^{3+}

- Masukkan 1 tetes larutan FeSO_4 0,1 M ke dalam tabung reaksi I dan larutan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,1 M dalam tabung reaksi II!
- Tambahkan 1 tetes larutan KSCN 0,1 M ke dalam masing-masing tabung!

Hasil Pengamatan:

Larutan	Perubahan warna setelah penambahan larutan KSCN
FeSO_4	...
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$...

Daya Pengoksidasi Halogen

- Masukkan 15 tetes larutan klor ke dalam tabung reaksi I, 15 tetes larutan brom ke dalam tabung reaksi II, dan 15 tetes larutan iodium ke dalam tabung reaksi III!
- Tambahkan 15 tetes larutan FeSO_4 0,1 M ke dalam masing-masing tabung!
- Ujilah ion Fe^{3+} dengan menambahkan 15 tetes larutan KSCN 0,1 M ke dalam tiap tabung reaksi!

Hasil Pengamatan:

Larutan	Perubahan warna setelah penambahan	
	Larutan FeSO_4	Larutan FeSO_4 + larutan KSCN
Cl_2
Br_2
I_2

Daya Pereduksi Halida

1. Masukkan masing-masing 15 tetes larutan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,1 M ke dalam tiga tabung reaksi yang berbeda!
2. Tambahkan 15 tetes larutan NaCl 0,1 M ke dalam tabung I, 15 tetes larutan KBr 0,1 M ke dalam tabung II, dan 15 tetes KI 0,1 M ke dalam tabung III!

Hasil Pengamatan:

Warna larutan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Ditambah larutan	Perubahan yang terjadi
...	NaCl	...
...	KBr	...
...	KI	...

Pertanyaan:

1. a. Bagaimana urutan daya pengoksidasi Cl_2 , Br_2 dan I_2 ?
b. Bagaimana urutan daya pereduksi Cl^- , Br^- , dan I^- ?
2. Dapatkah reaksi berikut menghasilkan halogen?
 - a. $\text{F}_2 + \text{NaCl} \longrightarrow$
 - b. $\text{F}_2 + \text{KBr} \longrightarrow$
 - c. $\text{Br}_2 + \text{NaCl} \longrightarrow$
 - d. $\text{I}_2 + \text{KF} \longrightarrow$
 - e. $\text{Cl}_2 + \text{KBr} \longrightarrow$

Soal Kompetensi 3.3

1. Bagaimanakah hubungan nomor atom, jari-jari atom, afinitas elektron, dan kereaktifan unsur-unsur halogen?
2. Diketahui potensial reduksi standar:
 $\text{F}_2 + 2e \longrightarrow 2\text{F}^- \quad E^\circ = 2,87 \text{ volt.}$
 $\text{Cl}_2 + 2e \longrightarrow 2\text{Cl}^- \quad E^\circ = 1,36 \text{ volt.}$
 $\text{Br}_2 + 2e \longrightarrow 2\text{Br}^- \quad E^\circ = 1,06 \text{ volt.}$
 $\text{I}_2 + 2e \longrightarrow 2\text{I}^- \quad E^\circ = 0,54 \text{ volt.}$
Berdasarkan data di atas manakah reaksi berikut yang dapat berlangsung:
 - a. $\text{F}_2 + \text{KCl} \longrightarrow$
 - b. $\text{Cl}_2 + \text{KF} \longrightarrow$
 - c. $\text{Br}_2 + \text{NaCl} \longrightarrow$
 - d. $\text{Cl}_2 + \text{KI} \longrightarrow$

3. Mengapa halogen lebih mudah larut dalam CCl_4 dari pada dalam air?
4. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi!
 - a. $\text{Al} + \text{Cl}_2 \longrightarrow$
 - b. $\text{Si} + \text{Br}_2 \longrightarrow$
 - c. $\text{Pu} + \text{Cl}_2 \longrightarrow$
 - d. $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
 - e. $\text{Cl}_2 + \text{F}_2 \longrightarrow$
5. Urutkan unsur-unsur halogen berdasar:
 - a. kenaikan jari-jari atom,
 - b. daya oksidasi,
 - c. titik didih, dan
 - d. kereaktifan!

Tokoh

Bernard Courtois (1777– 1838)

Courtois lahir di Dijon, Prancis pada tanggal 8 Februari 1777 dan meninggal di Paris pada tanggal 27 September 1838. Ia adalah ahli kimia Prancis penemu iodium. Pada tahun 1811 Courtois banyak menambahkan asam pada abu ganggang laut. Dari abu timbul uap berwarna ungu lembayung yang dapat mengembun menjadi kristal hitam mengkilat. Kristal ini merupakan unsur baru yang oleh Sir Humphrey Davy diberi nama yod (yodium). Sejak itu nama Courtois menjadi terkenal.

2. Alkali

Alkali merupakan unsur-unsur golongan IA kecuali hidrogen, yang meliputi litium (Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), sesium (Cs), dan francium (Fr).

a. Sifat Fisis

Secara umum sifat fisis unsur-unsur alkali seperti yang tertera pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.5 Sifat Fisika Logam Alkali (Tak Termasuk Fransium)

	Li	Na	K	Rb	Cs
• titik leleh, °C	181	98	64	39	29
• titik didih, °C	1.336	881	766	694	679
• rapatan, g/cm ³	0,54	0,97	0,87	1,53	1,88
• distribusi elektron	2.1	2.8.1	2.8.8.1	2.8.18.8.1	2.8.18.18.8.1
• energi pengionan, eV	5,4	5,1	4,3	4,2	3,9
• jari-jari atom, Å	1,34	1,54	1,96	2,16	2,35
• jari-jari ion, Å	0,60	0,95	1,33	1,48	1,69
• keelektronegatifan	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
• potensial reduksi standar (volt)	-3,05	-2,71	-2,92	-2,49	-3,02
• struktur kristal	bcc	bcc	bcc	bcc	bcc

1) Wujud Alkali

Alkali merupakan unsur logam yang lunak dan dapat diiris. Dari data kekerasan (skala Mohs) terlihat dari atas ke bawah semakin berkurang, hal ini berarti makin ke bawah semakin lunak.

2) Titik didih dan Titik Cair

Logam-logam alkali memiliki titik didih dan titik cair yang rendah dan cukup lunak. Hal ini disebabkan karena atom-atom logam alkali mempunyai satu elektron valensi sehingga gaya yang mengikat partikel-partikel terjejal relatif lemah.

3) Energi Ionisasi (Energi Pengion)

Energi ionisasi logam-logam alkali relatif rendah dibanding energi ionisasi logam-logam lain. Hal ini menunjukkan bahwa logam alkali lebih mudah melepaskan elektron daripada logam lainnya. Energi ionisasi logam alkali dari atas ke bawah makin rendah, sehingga dari litium sampai sesium semakin reaktif.

4) Potensial Reduksi Standar

Harga potensial reduksi standar kecuali litium dari atas ke bawah semakin negatif. Hal ini menunjukkan semakin mudahnya melepas elektron (sifat reduktor semakin kuat dari Na sampai Cs).

Penyimpangan harga potensial reduksi (E°) pada litium disebabkan karena energi hidrasi Li jauh lebih besar daripada alkali yang lain sehingga potensial reduksi Li paling negatif.

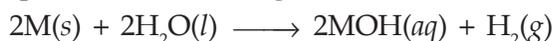
b. Sifat Kimia

Unsur-unsur alkali merupakan golongan logam yang paling reaktif. Kereaktifan logam alkali dari atas ke bawah semakin bertambah, hal ini disebabkan energi ionisasinya dari atas ke bawah semakin rendah sehingga semakin mudah melepaskan elektron.

Kereaktifan logam alkali dapat dibuktikan dengan kemampuan bereaksinya dengan berbagai unsur lain dan senyawa.

1) Unsur Alkali dapat Bereaksi dengan Air

Reaksi unsur alkali dengan air menghasilkan basa dan gas hidrogen. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi natrium dengan air sangat hebat, sehingga bila mereaksikan logam natrium dengan air logam natrium harus dipotong sekecil mungkin agar tidak terjadi ledakan dan jangan sekali-kali memegang logam natrium karena dapat bereaksi dengan air/keringat pada tangan Anda.

Agar lebih memahami reaksi alkali dengan air, lakukan kegiatan berikut.



Kegiatan Ilmiah 3.2

Kereaktifan Beberapa Logam Alkali dan Alkali Tanah

Tujuan:

Mempelajari keaktifan beberapa logam alkali dan alkali tanah.

Alat dan Bahan:

- gelas kimia
- logam natrium (Na)
- kaca arloji
- logam magnesium (Mg)
- tang besi
- logam kalium (K)
- pisau
- logam kalsium (Ca)
- kertas saring

Langkah Kerja:

1. Isi gelas kimia dengan air dua per tiga bagian, tambahkan 2 - 3 PP! Catat apa yang terjadi!
2. Dengan menggunakan tang besi, ambil logam natrium dari botol penyimpanan. Dengan menggunakan kertas saring, absorsikan minyak tanah dari permukaan logam itu. Amati permukaan dan catat penampilannya!
3. Iris logam itu, amati permukaan, dan catat penampilannya!
4. Potong logam natrium sebesar kacang hijau dan masukkan potongan itu ke dalam gelas kimia yang berisi air dengan menggunakan tang besi. Segera tutup gelas itu dengan kaca arloji. Perhatikan dan catat apa yang terjadi!

5. Ulangi pekerjaan di atas tetapi Na diganti dengan Mg, K, dan Ca!

Hasil Pengamatan:

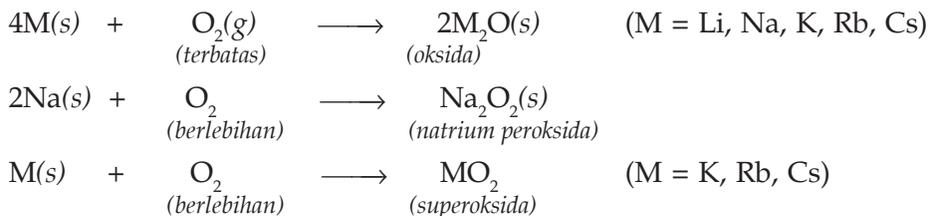
Logam	Penampilan logam sebelum diiris	Penampilan permukaan irisan logam	Perubahan yang terjadi setelah logam dimasukkan ke dalam air
Na
Mg
K
Ca

Pertanyaan:

1. Mengapa logam natrium dan kalium disimpan dalam minyak tanah?
2. Mengapa setelah dimasukkan logam air menjadi berwarna merah?
3. Terdengarkan suara letupan? Jika terdengar mengapa dapat terjadi?
4. Bandingkan kereaktifan logam-logam alkali dan alkali tanah yang seperiode berdasar percobaan di atas!

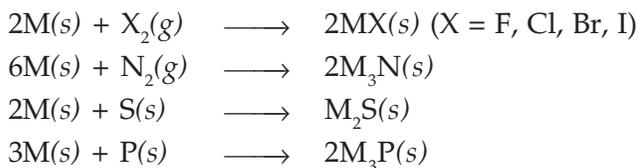
2) Reaksi dengan Oksigen.

Logam alkali dapat bereaksi dengan oksigen membentuk oksidanya. Bila oksigen yang direaksikan berlebihan, natrium dapat membentuk peroksida, kalium, rubidium dan sesium membentuk superoksida.



Untuk menghindari reaksi dengan uap air dan gas oksigen di udara, maka logam alkali disimpan dalam minyak tanah.

3) Reaksi dengan Unsur Nonlogam Lainnya (Halogen, Nitrogen, Belerang dan Fosfor)



Soal Kompetensi 3.4

1. Jelaskan hubungan jari-jari atom, energi ionisasi, kereaktifan logam-logam alkali, dan tunjukkan dengan contoh reaksi!
2. Mengapa logam-logam alkali disimpan dalam minyak tanah?
3. Bagaimanakah sifat fisis logam alkali yang berbeda dengan logam pada umumnya?
4. Tuliskan persamaan reaksinya bila:
 - a. Kalium + gas klor
 - b. Natrium + gas nitrogen
 - c. Rubidium + gas oksigen berlebihan
 - d. Litium + belerang
 - e. Natrium + gas hidrogen
5. Apakah nama lain dari logam natrium dan kalium?

3. Alkali Tanah

Unsur-unsur alkali tanah dalam sistem periodik menempati golongan IIA. Unsur-unsur alkali tanah terdiri dari berilium (Be), magnesium (Mg), kalsium (Ca), stronsium (Sr), barium (Ba), dan radium (Ra). Disebut alkali tanah karena oksida dan hidroksida dalam air bersifat basa (alkalis) dan oksidanya serupa dengan Al_2O_3 dan oksida logam berat yang sejak semula dikenal dengan nama tanah.

a. Sifat-Sifat Fisis

Unsur-unsur alkali tanah kecuali berilium (Be) semua merupakan logam putih keperakan dan lebih keras dari alkali. Sifat-sifat fisis lainnya tertera dalam Tabel 3.6

Tabel 3.6 Sifat-Sifat Fisika Logam-logam Alkali Tanah (Tak Termasuk Radium)

	Be	Mg	K	Rb	Cs
• titik leleh, °C	1,277	650	850	769	725
• titik didih, °C	2.484	1.105	1.487	1.381	1.849
• rapatannya, g/cm ³	1,86	1,74	1,55	2,6	3,59
• distribusi elektron	2.2	2.8.2	2.8.8.2	2.8.18.8.2	2.8.18.18.8.2
• energi pengionan, eV	9,3	7,6	6,1	5,7	5,2
• jari-jari atom, Å	1,25	1,45	1,74	1,92	1,98
• jari-jari ion, Å	0,31	0,65	0,99	1,13	1,35
• keelektronegatifan	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9
• potensial reduksi standar (volt)	-1,85	-2,37	-2,87	-2,89	-2,91
• struktur kristal	hex	hex	fcc	fcc	bcc

Pada tabel di atas terlihat dengan naiknya nomor atom, jari-jari atom bertambah panjang yang berakibat semakin lemahnya gaya tarik antaratom. Hal ini menyebabkan makin menurunnya titik leleh dan titik didih.

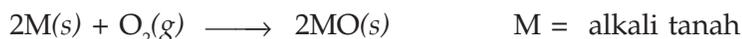
Logam alkali tanah memiliki 2 elektron valensi sehingga ikatan logamnya lebih kuat daripada ikatan logam pada alkali seperiode. Hal ini menyebabkan titik leleh, titik didih, kerapatan, dan kekerasan alkali tanah lebih besar daripada logam alkali seperiode.

b. Sifat-Sifat Kimia Alkali Tanah

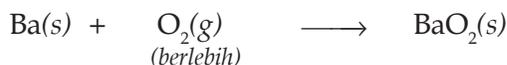
Alkali tanah merupakan golongan logam yang reaktif meskipun tidak sereaktif alkali. Kereaktifan logam alkali tanah meningkat dengan semakin meningkatnya jari-jari atom. Alkali tanah dapat bereaksi dengan hampir semua unsur nonlogam dengan ikatan ion (kecuali berilium yang membentuk ikatan kovalen). Beberapa reaksi alkali tanah dengan senyawa atau unsur lain adalah sebagai berikut.

1) Reaksi dengan Oksigen

Semua logam alkali tanah dapat bereaksi dengan oksigen membentuk oksida yang mudah larut dalam air.



Bila oksigen berlebih dan pada tekanan tinggi terjadi peroksida.



Kelarutan oksidanya semakin besar dari atas ke bawah.

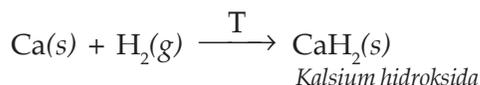
2) Reaksi dengan Air

Magnesium bereaksi lambat dengan air, kalsium stronsium, dan barium bereaksi lebih cepat dengan air membentuk basa dan gas hidrogen.

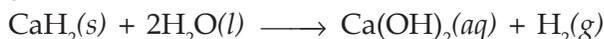


3) Reaksi dengan Hidrogen

Alkali tanah bereaksi dengan gas hidrogen membentuk hidrida dengan ikatan ion.



Hidrida alkali tanah dapat bereaksi dengan air menghasilkan basa dan gas hidrogen.



4) Reaksi dengan Nitrogen

Reaksi alkali tanah dengan gas nitrogen membentuk nitrida.

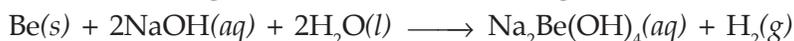


5) Reaksi dengan asam

Alkali tanah bereaksi dengan asam menghasilkan garam dan gas hidrogen. Reaksi semakin hebat dari atas ke bawah.



Berilium bersifat amfoter (dapat bereaksi dengan asam dan basa). Reaksi berilium dengan basa kuat adalah sebagai berikut:



6) Reaksi dengan Halogen

Semua alkali tanah dapat bereaksi dengan halogen membentuk garam dengan ikatan ion kecuali berilium. Secara umum dapat dituliskan:



7) Reaksi Nyala

Pada pemanasan/pembakaran senyawa alkali pada nyala api menyebabkan unsur alkali tereksitasi dengan memancarkan radiasi elektromagnetik sehingga memberikan warna nyala berilium (putih), magnesium (putih), kalsium (jingga merah), stronsium (merah), dan barium (hijau). Agar dapat mengamati langsung warna nyala garam alkali dan alkali tanah, lakukan kegiatan berikut.



Kegiatan Ilmiah 3.3

Mengamati Warna Nyala Garam Alkali dan Alkali Tanah

Alat dan Bahan:

- Tabung reaksi
- Pemanas spiritus/bunsen
- Gelas ukur
- HCl pekat
- Kaca arloji
- Kristal NaCl, KCl, CaCl₂, SrCl₂, BaCl₂
- Kawat nikrom

Langkah Kerja:

1. Siapkan garam-garam NaCl, KCl, CaCl₂, SrCl₂, dan BaCl₂ dalam kaca arloji yang terpisah!
2. Tuangkan masing-masing 2 mL HCl pekat pada kedua tabung reaksi!

- Celupkan kawat nikrom ke dalam HCl pekat pada tabung I kemudian bakarlah pada nyala api agar kawat nikrom bersih.
- Celupkan kawat nikrom ke dalam HCl pekat pada tabung II kemudian ke dalam kristal NaCl, selanjutnya bakarlah pada nyala api dan amatilah!
- Ulangi langkah kerja 3 dan 4 dengan mengganti NaCl dengan garam-garam yang lain.

Hasil Pengamatan:

No.	Garam	Warna Nyala
1.	NaCl	....
2.	KCl	....
3.	CaCl ₂	....
4.	SrCl ₂	....
5.	BaCl ₂	....

Pertanyaan:

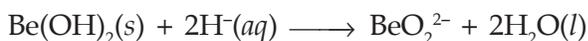
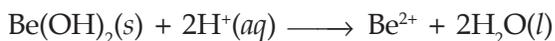
- Mengapa pembakaran garam alkali dan alkali tanah dapat memberikan warna?
- Mengapa unsur-unsur alkali dan alkali tanah memberikan warna nyala yang berbeda-beda?
- Apakah warna nyala dari pembakaran garam natrium, kalium, stronsium, dan barium?

c. Kelarutan Basa Alkali Tanah dan Garamnya

Basa alkali tanah berbeda dengan basa alkali, basa alkali tanah ada yang sukar larut. Harga hasil kelarutan (K_{sp}) dari basa alkali tanah dapat dilihat pada tabel berikut.

Hidroksida	Be(OH) ₂	Mg(OH) ₂	Ca(OH) ₂	Sr(OH) ₂	Ba(OH) ₂
K_{sp}	2×10^{-18}	$1,8 \times 10^{-11}$	$5,5 \times 10^{-6}$	$3,2 \times 10^{-4}$	5×10^{-3}

Dari data K_{sp} di atas terlihat harga K_{sp} dari Be(OH)₂ ke Ba(OH)₂ makin besar, berarti hidroksida alkali tanah kelarutannya bertambah besar dengan naiknya nomor atom. Be(OH)₂ dan Mg(OH)₂ sukar larut, Ca(OH)₂ sedikit larut, Sr(OH)₂ dan Ba(OH)₂ mudah larut. Be(OH)₂ bersifat amfoter (dapat larut dalam asam dan basa kuat).



Harga hasil kali kelarutan (K_{sp}) beberapa garam alkali tanah terlihat dalam tabel berikut.

Kation Anion	Be ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺
SO ₄ ²⁻	besar	besar	$9,1 \times 10^{-6}$	$7,6 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-10}$
CrO ₄ ²⁻	besar	besar	$7,1 \times 10^{-4}$	$3,6 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-10}$
CO ₃ ²⁻	–	1×10^{-15}	$2,8 \times 10^{-9}$	$1,1 \times 10^{-10}$	$5,1 \times 10^{-9}$
C ₂ O ₄ ²⁻	kecil	$8,6 \times 10^{-5}$	2×10^{-9}	2×10^{-7}	$1,6 \times 10^{-7}$

Dari tabel K_{sp} di atas terlihat hasil kali kelarutan garam sulfat berkurang dari BeSO₄ sampai BaSO₄ berarti kelarutan garam sulfatnya dari atas ke bawah semakin kecil. Kelarutan garam kromat dari BeCrO₄ sampai BaCrO₄. Semua garam karbonatnya sukar larut, semua garam oksalatnya sukar larut kecuali MgC₂O₄ yang sedikit larut. Untuk lebih memahami kelarutan basa dan garam alkali lakukan kegiatan berikut.



Kegiatan Ilmiah 3.4

Mengidentifikasi Ion Alkali Tanah

Alat dan Bahan:

- Tabung reaksi dan rak
- Pipet tetes
- Larutan NaOH, Na₂SO₄, Na₂C₂O₄, K₂CrO₄ masing-masing 0,1 M.

Langkah Kerja:

1. Tetesilah empat larutan yang mengandung kation alkali tanah dalam tabung reaksi yang disediakan oleh guru dengan larutan NaOH 0,1 M!
2. Amatilah terjadinya endapan dan catatlah pada tabel pengamatan!
3. Ulangi langkah 1 dan 2 dengan mengganti larutan NaOH dengan larutan-larutan yang tersedia!

Pereaksi	Tabung 1	Tabung 2	Tabung 3	Tabung 4
NaOH 0,1 M berlebihan
Na ₂ SO ₄ 0,1 M
K ₂ CrO ₄ 0,1 M
Na ₂ C ₂ O ₄ 0,1 M

Buatlah kesimpulan ion apakah yang terdapat pada masing-masing tabung reaksi!

Soal Kompetensi 3.5

1. Diketahui harga K_{sp} dari beberapa senyawa stronsium dan barium sebagai berikut.

	OH^-	SO_4^{2-}	CrO_4^{2-}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	CO_3^{2-}
Sr^{2+}	$3,2 \times 10^{-4}$	$3,6 \times 10^{-7}$	$3,6 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-10}$	2×10^{-7}
Ba^{2+}	5×10^{-3}	$1,1 \times 10^{-10}$	$1,2 \times 10^{-10}$	$5,1 \times 10^{-9}$	$1,6 \times 10^{-7}$

Bila suatu campuran mengandung ion Sr^{2+} dan Ba^{2+} larutan manakah dari berikut ini yang paling efektif untuk memisahkan ion Sr^{2+} dan Ba^{2+} ? Berikan penjelasan!

Larutan yang tersedia

KOH 0,1 M; K_2SO_4 0,1 M; Na_2CrO_4 0,1 M;

$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,1 M; dan Na_2CO_3 0,1 M.

2. Ke dalam larutan MgCl_2 0,3 M ditetes larutan KOH tetes demi tetes. Setelah pH berapakah mulai terbentuk endapan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ($K_{sp} \text{Mg}(\text{OH})_2 = 3 \times 10^{-11}$).

4. Unsur-Unsur Periode Ketiga

Unsur-unsur periode ketiga memiliki jumlah kulit elektron yang sama, yaitu tiga kulit. Akan tetapi konfigurasi elektron dari masing-masing unsur berbeda, hal ini akan menyebabkan sifat-sifat kimia yang berbeda. Dari kiri ke kanan unsur periode ketiga berturut-turut adalah natrium (Na), magnesium (Mg), aluminium (Al), silikon (Si), fosfor (P), belerang (S), klor (Cl) dan argon (Ar). Na, Mg, dan Al merupakan unsur logam, Si semilogam, P, S dan Cl nonlogam, Ar gas mulia. Beberapa sifat unsur-unsur periode ketiga diberikan pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.7 Beberapa Sifat Unsur Periode Ketiga

Unsur	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Nomor atom	11	12	13	14	15	16	17	18
Konfigurasi K elektron	2	2	2	2	2	2	2	2
L	8	8	8	8	8	8	8	8
M	1	2	3	4	5	6	7	8
Energi ionisasi (KJ/mol)	496	738	578	786	1012	1000	1251	1527
Titik cair, °C	97,8	649	660	1410	44	113	-101	-184,2
Titik didih, °C	883	1090	2467	2680	280	445	-35	-185,7
Struktur	kristal logam	kristal logam	kristal logam	molekul kovalen raksasa	molekul poliatom	molekul poliatom	molekul diatom	molekul monoatom
Tingkat oksidasi tertinggi	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	-
Afinitas elektron (KJ/mol)	-53	230	-44	-134	-72	-200	-349	35
Kelektronegatifan	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0	-

a. Sifat-Sifat Fisis

1) Wujud pada Suhu Biasa

Dari titik leleh dan titik didih kita dapat menyimpulkan bahwa unsur-unsur dari natrium sampai belerang berwujud padat, sedangkan klor dan argon berwujud gas pada suhu biasa.

2) Titik Leleh dan Titik Didih

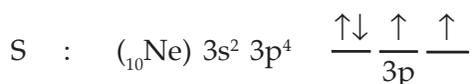
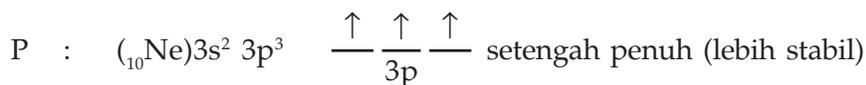
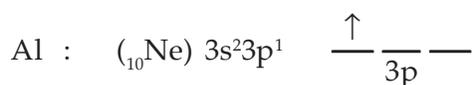
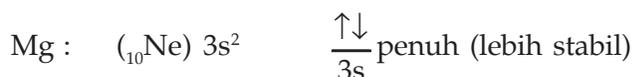
Titik leleh dan titik didih unsur periode ketiga dari natrium ke kanan meningkat dan mencapai puncaknya pada silikon, kemudian turun. Dari natrium sampai aluminium titik leleh dan titik didih meningkat seiring bertambah kuatnya ikatan logam karena bertambahnya jumlah elektron valensi. Silikon memiliki titik leleh dan titik didih tertinggi karena silikon memiliki struktur kovalen raksasa dimana setiap atom silikon terikat secara kovalen pada empat atom silikon lainnya. Zat dengan struktur seperti ini memiliki titik leleh dan titik didih yang sangat tinggi.

Fosfor, belerang, klor, dan argon memiliki titik leleh dan titik didih yang relatif rendah karena merupakan molekul-molekul nonpolar yang terikat dengan gaya Van der Waals yang relatif lemah. Gaya Van der Waals bergantung pada massa molekul relatifnya. Semakin besar massa molekul relatif semakin kuat gaya Van der Waals, akibatnya titik leleh dan titik didih makin tinggi. Massa molekul relatif $S_8 > P_4 > Cl_2 > Ar$, sehingga belerang memiliki titik leleh dan titik didih lebih tinggi dari P_4 , Cl_2 , dan Ar.

3) Energi Ionisasi

Secara umum energi ionisasi unsur periode ketiga dari kiri ke kanan meningkat. Akan tetapi energi ionisasi Al lebih rendah dari energi ionisasi Mg dan energi ionisasi S lebih rendah dari P.

Hal ini disebabkan oleh susunan elektron dalam orbital yang penuh atau setengah penuh memiliki kestabilan yang lebih besar. Susunan elektron valensi dalam orbital seperti tercantum di bawah ini:



Karena elektron-elektron dalam orbital dari atom Mg penuh sehingga lebih stabil akibatnya energi ionisasi Mg lebih tinggi dari Al, dan elektron-elektron dalam orbital dari atom P setengah penuh sehingga lebih stabil akibatnya energi ionisasi P lebih tinggi dari S.

4) Sifat Logam

Sifat logam unsur periode ketiga dari kiri ke kanan semakin berkurang. Dari Na sampai Al merupakan unsur logam dengan titik leleh, titik didih, kerapatan dan kekerasan meningkat, hal ini disebabkan penambahan elektron valensi yang mengakibatkan ikatan logam semakin kuat. Dengan demikian daya hantar listrik (sifat konduktor) juga semakin kuat. Silikon merupakan semilogam (metalloid) bersifat semikonduktor, sedangkan fosfor, belerang dan klor merupakan nonlogam yang tidak menghantarkan listrik.

Untuk lebih memahami sifat-sifat fisis unsur periode ketiga lakukan kegiatan berikut:



Kegiatan Ilmiah 3.5

Menyelidiki Sifat Logam Unsur-unsur Periode Ketiga

Alat dan Bahan:

- Kaca arloji
- Kawat
- Penjepit logam
- Unsur aluminium
- Unsur magnesium
- Pisau
- Lampu pijar
- Kertas saring
- Unsur belerang
- Unsur natrium
- Baterai

Langkah Kerja:

1. Ambil sepotong natrium dari tempat penyimpanan dengan penjepit logam dan letakkan pada kaca arloji! Bersihkan minyak tanah pada permukaan natrium dengan kertas saring!
2. Potonglah sebagian logam natrium (tipis) dan amati permukannya! Perhatikan kilap, warna dan kekerasannya!
3. Uji daya hantar listrik natrium yang masih mengkilap!
4. Ulangi langkah ke-2 dan 3 untuk magnesium, aluminium, dan belerang!

Hasil pengamatan:

No.	Sifat Unsur	Na	Mg	Al	S
1.	Wujud	...	...	...	...
2.	Warna	...	...	...	...
3.	Kekerasan	...	...	...	...
4.	Daya hantar listrik	...	...	...	...

Pertanyaan:

Manakah yang bersifat logam dan manakah yang nonlogam pada percobaan Anda?

Soal Kompetensi 3.6

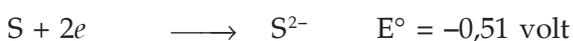
1. Bagaimanakah hubungan nomor atom unsur-unsur periode dengan jari-jari atomnya?
2. Susunlah unsur-unsur periode ketiga berdasarkan:
 - a. energi ionisasi yang semakin meningkat;
 - b. titik leleh yang semakin meningkat!
3. Mengapa energi ionisasi Mg lebih tinggi dari energi ionisasi Al dan energi ionisasi P lebih tinggi dari energi ionisasi S?
4. Mengapa silikon memiliki titik leleh dan titik didih tertinggi di antara unsur periode ketiga yang lain?
5. Bagaimanakah sifat logam unsur-unsur periode ketiga dari kiri ke kanan? Jelaskan!

b. Sifat-Sifat Kimia

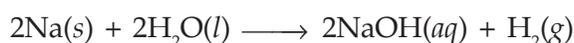
1) Sifat Reduktor dan Oksidator

Sesuai dengan fakta bahwa dari kiri ke kanan unsur-unsur periode ketiga semakin sukar melepaskan elektron serta makin mudah menangkap elektron, sehingga dari natrium sampai klor sifat reduktor berkurang dan sifat oksidator bertambah. Natrium merupakan reduktor kuat dan klor merupakan oksidator kuat.

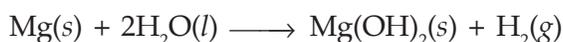
Kekuatan sifat reduktor dan oksidator dapat dilihat dari harga potensial elektroda. Semakin besar (positif) harga potensial elektroda semakin mudah mengalami reduksi yang berarti sifat oksidator makin kuat, dan sebaliknya makin kecil (negatif) harga potensial elektroda makin mudah dioksidasi yang berarti sifat reduktor makin kuat.



Daya pereduksi natrium, magnesium, dan aluminium dapat dibandingkan dari reaksinya dengan air. Natrium bereaksi hebat dengan air menghasilkan NaOH dan gas hidrogen. Hal ini menunjukkan bahwa natrium merupakan reduktor kuat.



Magnesium bereaksi lambat dengan air menghasilkan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang tidak larut dan gas hidrogen.

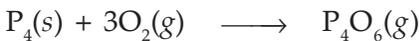
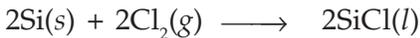


Aluminium tidak bereaksi dengan air pada suhu biasa tetapi bereaksi dengan uap air panas menghasilkan Al_2O_3 dan gas hidrogen.



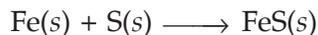
Karena sifat reduktor yang kuat dari natrium, magnesium, dan aluminium ini, maka ketiga logam tersebut digunakan sebagai reduktor pada berbagai proses.

Silikon dan fosfor merupakan reduktor yang lemah sehingga dapat bereaksi dengan oksidator kuat, misalnya klor dan oksigen.

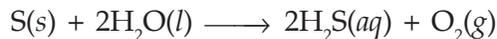


Fosfor selain sebagai reduktor lemah juga merupakan oksidator lemah sehingga dapat bereaksi dengan reduktor kuat.

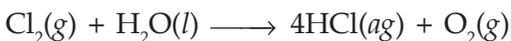
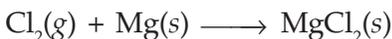
Belerang memiliki sifat reduktor yang lebih lemah dari fosfor tetapi memiliki sifat oksidator yang lebih kuat dari fosfor. Belerang dapat mengoksidasi hampir semua logam, misalnya dengan besi terjadi reaksi sebagai berikut:



Belerang dapat mengoksidasi air menjadi gas oksigen.

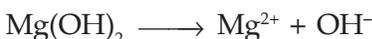
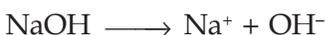


Klor merupakan oksidator kuat, dapat mengoksidasi hampir semua logam, dan nonlogam dan berbagai senyawa.



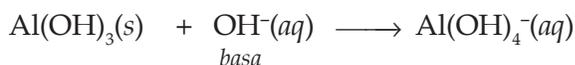
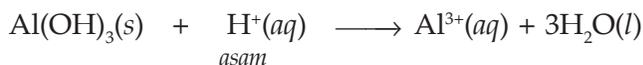
2) Sifat Asam Basa Hidroksida Unsur Periode Ketiga

Hidroksida unsur periode ketiga terdiri dari NaOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Si}(\text{OH})_4$, $\text{P}(\text{OH})_5$, $\text{S}(\text{OH})_6$ dan $\text{Cl}(\text{OH})_7$. Berdasar energi ionisasinya, bila energi ionisasi unsur periode ketiga rendah ikatan antara unsur periode ketiga dengan $-\text{OH}$ adalah ion sehingga dalam air melepaskan ion OH^- (bersifat basa).

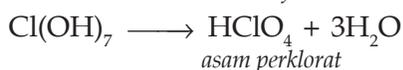
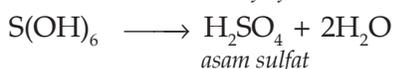
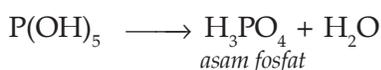
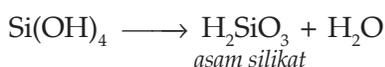


NaOH tergolong basa kuat dan mudah larut dalam air, sedangkan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ meskipun tergolong basa kuat tetapi tidak sekuat NaOH . $\text{Al}(\text{OH})_3$ bersifat amfoter, artinya dapat bersifat sebagai asam sekaligus basa

tergantung lingkungannya. Dalam lingkungan asam, Al(OH)_3 bersifat sebagai basa dan sebaliknya dalam lingkungan basa, Al(OH)_3 bersifat sebagai asam.



Bila energi ionisasi unsur periode ketiga tinggi ikatan antara unsur periode ketiga dengan $-\text{OH}$ merupakan ikatan kovalen, sehingga tidak dapat melepaskan OH^- tetapi melepaskan ion H^+ karena ikatan $\text{O}-\text{H}$ bersifat polar. Dengan demikian Si(OH)_4 , P(OH)_5 , S(OH)_6 , dan Cl(OH)_7 bersifat asam.



Sifat asam dari Si(OH)_4 atau H_2SiO_3 sampai Cl(OH)_7 atau HClO_4 makin kuat karena bertambahnya muatan positif atom pusat, sehingga gaya tolak terhadap H^+ makin kuat akibatnya makin mudah melepaskan H^+ berarti sifat asam makin kuat. Jadi, sifat asam $\text{H}_2\text{SiO}_3 < \text{H}_3\text{PO}_4 < \text{H}_2\text{SO}_4 < \text{HClO}_4$.

H_2SiO_3 dan H_3PO_4 merupakan asam lemah, sedangkan H_2SO_4 dan HCl tergolong asam kuat.

Soal Kompetensi 3.7

1. Bagaimanakah urutan unsur-unsur periode ketiga berdasar:
 - a. sifat reduktor yang semakin kuat;
 - b. sifat oksidator yang semakin kuat?
2. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi bila:
 - a. $\text{SiO}_2 + \text{Mg}$
 - b. $\text{MnO}_2 + \text{HCl}$
 - c. $\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$
3. Apakah yang Anda ketahui tentang reaksi termit? Tuliskan reaksinya!
4. Bagaimanakah hubungan energi ionisasi unsur-unsur periode ketiga dengan sifat asam basa hidroksidanya?
5. Apakah perbedaan sifat NaOH dengan Cl(OH)_7 ?

6. Energi ionisasi unsur-unsur periode ketiga secara umum dari kiri ke kanan makin besar, tetapi penurunan Al dan S sehingga energi ionisasi $Mg > Al$ dan energi ionisasi $P > S$. Jelaskan hal tersebut dengan mengaitkan konfigurasi elektron!
7. Unsur periode ketiga yang manakah yang memiliki:
 - a. energi ionisasi terbesar,
 - b. paling elektronegatif,
 - c. sifat reduktor terkuat,
 - d. bersifat amfoter?
8. Mengapa Si memiliki titik didih paling tinggi di antara unsur periode ketiga yang lain?
9. Tuliskan reaksi yang terjadi bila oksida berikut terlarut dalam air:
 - a. Na_2O
 - b. MgO
 - c. SO_3
 - d. Cl_2O_5
 - e. Cl_2O_7
10. Tunjukkan dengan reaksi kimia bahwa $Al(OH)_3$ bersifat amfoter dapat bereaksi dengan asam maupun basa kuat!
11. Manakah dari hidroksida berikut yang bersifat basa, amfoter, dan asam : $NaOH$, $Al(OH)_3$, $Mg(OH)_2$, $Cl(OH)_7$? Jelaskan jawaban Anda!
12. Bandingkan sifat basa dari $NaOH$, $Mg(OH)_2$ dan $Al(OH)_3$.
13. Bandingkan sifat asam dari H_3PO_4 , H_2SO_4 dan $HClO_4$.
14. Tuliskan persamaan reaksinya.
 - a. $Al(OH)_3 + HCl$
 - b. $Al(OH)_3 + NaOH$
15. Unsur P, Q, R, dan S merupakan unsur periode ketiga. Hidroksida P dalam air dapat memerahkan kertas lakmus. Hidroksida Q dapat bereaksi dengan KOH dan H_2SO_4 . Hidroksida R dapat membirukan kertas lakmus dan mudah larut dalam air. Hidroksida S dapat memerahkan kertas lakmus tetapi mudah terurai menjadi oksida dan air. Urutkan unsur P, Q, R, dan S menurut kenaikan nomor atomnya!

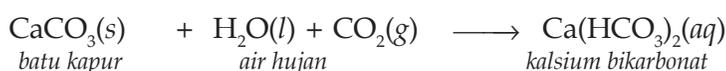
Air Sadah

1. Pengertian Air Sadah

Bila kita masuk dalam sebuah gua di daerah berkapur kita akan melihat stalaktit dan stalagmit. Bagaimanakah terjadinya stalaktit dan stalagmit? Pernahkah Anda merebus air dalam ketel yang sudah lama digunakan? Apa yang dapat Anda amati dalam dasar ketel? Semua peristiwa tersebut ada kaitannya dengan air sadah.

Di dalam air seringkali terkandung mineral yang terlarut, misalnya CaCl_2 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ dan lain-lain tergantung dari sumber airnya. Air yang mengandung ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} dalam jumlah yang cukup banyak disebut *air sadah*. Penggunaan air sadah ini menimbulkan beberapa masalah diantaranya sukar berbuih bila digunakan untuk mencuci dengan sabun, menimbulkan kerak pada ketel bila direbus karena air sadah mengendapkan sabun menjadi scum dan mengendapkan CaCO_3 bila dipanaskan. Air yang hanya sedikit atau tidak mengandung ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} disebut air lunak.

Air sadah terutama disebabkan adanya $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ yang terlarut dalam air. Ion kalsium dan bikarbonat, antara lain berasal dari proses pelarutan batu kapur CaCO_3 dalam lapisan tanah oleh air hujan yang mengandung sedikit asam.



Air yang menetes di dalam gua mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ yang terlarut dan CaCO_3 yang tidak larut. CaCO_3 yang tertinggal di langit-langit gua semakin bertambah panjang membentuk stalaktit dan air yang menetes membawa CaCO_3 yang semakin menumpuk di dasar gua makin tinggi membentuk stalagmit. Air yang terus mengalir mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ terlarut merupakan air sadah. Untuk mengetahui kesadahan suatu air dapat dilakukan penambahan tetesan air sabun terhadap suatu contoh sampel air sampai terbentuk busa. Air sadah memerlukan lebih banyak air sabun untuk membentuk busa, sedangkan air lunak hanya membutuhkan sedikit air sabun untuk membentuk busa.

2. Macam Kesadahan Air

Kesadahan air dapat dibedakan menjadi kesadahan sementara dan kesadahan tetap.

a. Kesadahan Sementara

Suatu air sadah disebut memiliki kesadahan sementara bila kesadahan dapat hilang dengan dididihkan. Kesadahan sementara disebabkan garam-garam bikarbonat yaitu kalsium bikarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan magnesium bikarbonat $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari senyawa tersebut akan mengendap sebagai CaCO_3 bila air sadah dididihkan.



CaCO_3 mengendap pada ketel menjadi lapisan kerak.

b. Kesadahan Tetap

Air yang memiliki kesadahan tetap, kesadahannya tidak hilang meskipun dididihkan. Kesadahan tetap disebabkan garam-garam kalsium dan magnesium selain bikarbonat.

3. Cara Menghilangkan Kesadahan

Kesadahan sementara dapat dihilangkan dengan mendidihkan air karena ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan diendapkan sebagai CaCO_3 atau MgCO_3 .

Kesadahan tetap dapat dihilangkan dengan cara:

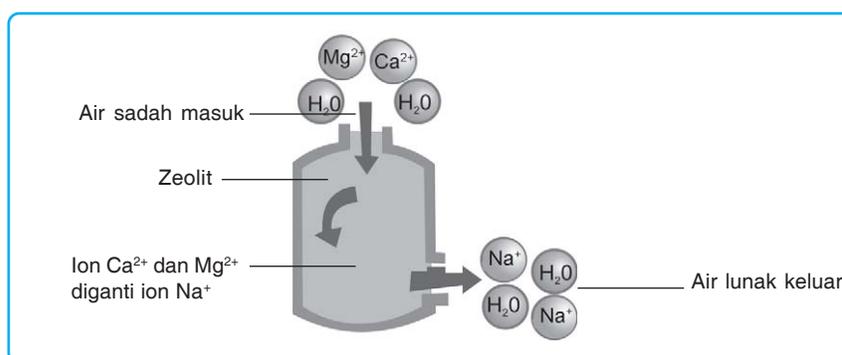
a. Menambahkan Na_2CO_3

Natrium karbonat Na_2CO_3 dapat menghilangkan kesadahan sementara dan kesadahan tetap karena ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan diendapkan sebagai CaCO_3 dan MgCO_3 . Misalnya, air sadah tetap yang mengandung garam CaCl_2 , maka ion Ca^{2+} dari CaCl_2 dapat diendapkan dengan menambahkan Na_2CO_3 .



b. Dengan Resin Penukar Ion

Dalam proses penukaran ion, air sadah tetap dilewatkan melalui material seperti zeolit (natrium aluminium silikat) yang akan mengambil ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} menggantikan ion Na^+ . Dengan demikian, diperoleh air lunak karena sudah tidak mengandung ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} .



Gambar 3.1 Proses penghilangan kesadahan air secara tetap.

Ilustrasi : Haryana

4. Kerugian Penggunaan Air Sadah

Penggunaan air sadah menimbulkan beberapa kerugian antara lain sebagai berikut.

- Cucian menjadi kurang bersih karena air sadah menggumpalkan sabun, sehingga menjadi boros sabun.
- Sabun yang menggumpal menjadi *scum* yang meninggalkan noda pada pakaian akibatnya pakaian menjadi kusam.
- Menimbulkan kerak pada ketel, pipa air, dan pipa radiator sehingga mengakibatkan boros bahan bakar karena keraknya tidak menghantarkan panas dengan baik dan dapat menyumbat pipa air.

Agar lebih memahami cara menghilangkan kesadahan air, lakukan kegiatan berikut.



Kegiatan Ilmiah 3.6

Kesadahan Air

Tujuan:

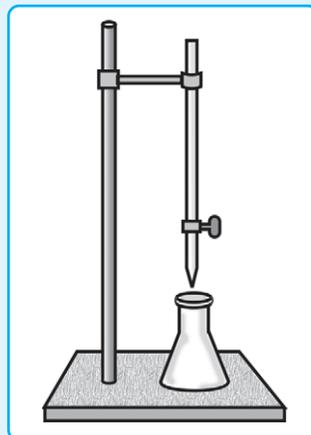
Menghilangkan kesadahan air.

Alat dan Bahan:

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| - Tabung reaksi | - Sampel air A, B, C |
| - Gelas ukur | - Air suling |
| - Erlenmeyer | - Na_2CO_3 |
| - Buret | - Air sabun |

Langkah Kerja:

1. Susunlah alat seperti pada gambar!
2. Isilah buret dengan air sabun sampai skala nol!
3. Ambillah 5 mL air suling dalam erlenmeyer.
4. Teteskan air sabun dalam buret pada air suling sampai terbentuk busa. Catat jumlah tetesan air sabun!
5. Ambillah 5 mL air suling dalam erlenmeyer kemudian didihkan lalu tetesi dengan air sabun sampai terbentuk busa, catat jumlah tetesannya!
6. Ambillah 5 mL air suling dalam erlenmeyer tambahkan 1 mL larutan Na_2CO_3 kemudian tetesi dengan air sabun dan catat jumlah tetesannya!
7. Ulangi langkah 3 sampai 6 dengan mengganti air suling dengan sampel air A, B, dan C!



Buatlah laporan hasil percobaan untuk dipresentasikan!

Pertanyaan:

1. Manakah dari ketiga sampel tersebut yang termasuk air lunak, air sadah sementara, dan air sadah tetap?
2. Mengapa perlu diuji terhadap air suling?
3. Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh dari kegiatan ini?

Soal Kompetensi 3.8

1. Apakah yang dimaksud dengan air sadah tetap?
2. Apakah kerugian dan keuntungan dari mengonsumsi air sadah?
3. Jelaskan terbentuknya stalaktit dan stalagmit pada gua-gua!
4. Bagaimana cara menghilangkan kesadahan air yang bersifat:
 - a. sementara,
 - b. tetap?
5. Mengapa air sadah sering dijumpai di daerah pegunungan kapur?

5. Unsur-Unsur Transisi

Sebagaimana telah kita pelajari di kelas XI, unsur-unsur transisi adalah unsur-unsur yang pengisian elektronnya berakhir pada orbital-orbital subkulit d. Pada bagian ini akan kita pelajari unsur transisi periode keempat yang terdiri dari unsur skandium (Sc), titanium (Ti), vanadium (V), kromium (Cr), mangan (Mn), besi (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni), tembaga (Cu), dan seng (Zn).

a. Sifat fisis

Semua unsur transisi merupakan unsur logam sehingga bersifat konduktor, berwujud padat pada suhu kamar (kecuali Hg), paramagnetik, dan sebagainya. Sifat-sifat unsur transisi periode keempat dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.8 Sifat Fisis Unsur Deret Transisi yang Pertama

Unsur	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
titik leleh, °C	1.539	1.660	1.917	1.857	1.244	1.537	1.491	1.455	1.084	420
titik didih, °C	2.730	3.318	3.421	2.682	2.120	2.872	2.897	2.920	2.582	911
rapatan, g/cm ³	2,99	4,51	6,1	7,27	7,30	7,86	8,9	8,90	8,92	7,1
distribusi elektron	2.8.9.2	2.8.10.2	2.8.11.2	2.8.13.1	2.8.13.2	2.8.14.2	2.8.15.2	2.8.16.2	2.8.18.1	2.8.18.2
energi pengionan, eV	6,5	6,8	6,7	6,8	7,4	7,9	7,9	7,6	7,7	9,4
jari-jari atom, Å	1,61	1,45	1,32	1,25	1,24	1,24	1,25	1,25	1,28	1,33
keelektonegatifan	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,8	1,9	1,6
struktur kristal	hex	hex	bcc	bcc	sc	bcc	hex	fcc	fcc	hex

Tabel 3.9 Sifat Fisika Unsur Deret Transisi Kedua

Unsur	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Mg	Co
titik leleh, °C	1.530	1.852	2.477	2.610	2.250	2.427	1.963	1.554	962	321
titik didih, °C	3.304	4.504	4.863	4.646	4.567	4.119	3.727	2.940	2.164	767
rapatan, g/cm ₃	4,5	6,5	8,6	10,2	11,5	12,4	12,4	12,0	10,5	5,8
struktur kristal	hex	hex	bcc	bcc	hex	hex	fcc	fcc	fcc	hex

Tabel 3.10 Sifat fisis Unsur Deret Transisi Kedua

Unsur	Ia	Ht	Ia	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
titik leleh, °C	920	2,222	2,985	3,407	3,180	~2,727	2,545	1,772	1,064	~39
titik didih, °C	3,470	4,450	5,513	5,663	5,687	~5,500	4,389	3,824	2,808	357
rapatan, g/cm ₃	6,2	13,3	16,6	19,4	21,0	22,6	22,6	21,4	19,3	13,6
struktur kristal	hex	hex	bcc	bcc	hex	hex	fcc	fcc	fcc	rmb

1. Sifat Logam

Kecuali seng logam-logam transisi memiliki elektron-elektron yang berpasangan. Hal ini lebih memungkinkan terjadinya ikatan-ikatan logam dan ikatan kovalen antaratom logam transisi. Ikatan kovalen tersebut dapat terbentuk antara elektron-elektron yang terdapat pada orbital d. Dengan demikian, kisi kristal logam-logam transisi lebih sukar dirusak dibanding kisi kristal logam golongan utama. Itulah sebabnya logam-logam transisi memiliki sifat keras, kerapatan tinggi, dan daya hantar listrik yang lebih baik dibanding logam golongan utama.

2. Titik Leleh dan Titik Didih

Unsur-unsur transisi umumnya memiliki titik leleh dan titik didih yang tinggi karena ikatan antaratom logam pada unsur transisi lebih kuat.

Titik leleh dan titik didih seng jauh lebih rendah dibanding unsur transisi periode keempat lainnya karena pada seng orbital d-nya telah terisi penuh sehingga antaratom seng tidak dapat membentuk ikatan kovalen.

3. Sifat Magnet

Pengisian elektron unsur-unsur transisi pada orbital d belum penuh mengakibatkan ion-ion unsur transisi bersifat paramagnetik artinya atom atau ion logam transisi tertarik oleh medan magnet. Unsur-unsur dan senyawa-senyawa dari logam transisi umumnya mempunyai elektron yang tidak berpasangan dalam orbital-orbital d. Semakin banyak elektron yang tidak berpasangan, makin kuat sifat paramagnetiknya.

4. Jari-Jari Atom

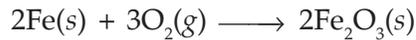
Tidak seperti periode ketiga, jari-jari atom unsur-unsur transisi periode keempat tidak teratur dari kiri ke kanan. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya elektron-elektron 3d yang saling tolak-menolak yang dapat memperkecil gaya tarik inti atom terhadap elektron-elektron. Akibatnya elektron-elektron akan lebih menjauhi inti atom, sehingga jari-jari atomnya lebih besar.

b. Sifat Kimia

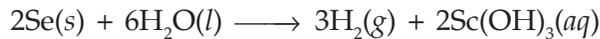
1. Kereaktifan

Dari data potensial elektroda, unsur-unsur transisi periode keempat memiliki harga potensial elektroda negatif kecuali Cu ($E^\circ = + 0,34$ volt). Ini menunjukkan logam-logam tersebut dapat larut dalam asam kecuali tembaga.

Kebanyakan logam transisi dapat bereaksi dengan unsur-unsur nonlogam, misalnya oksigen, dan halogen.



Skandium dapat bereaksi dengan air menghasilkan gas hidrogen.



2. Pembentukan Ion Kompleks

Semua unsur transisi dapat membentuk ion kompleks, yaitu suatu struktur dimana kation logam dikelilingi oleh dua atau lebih anion atau molekul netral yang disebut ligan.

Antara ion pusat dengan ligan terjadi ikatan kovalen koordinasi, dimana ligan berfungsi sebagai basa Lewis (penyedia pasangan elektron).

Contoh: $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$

$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4 \text{Cl}_2]^+$

Senyawa unsur transisi umumnya berwarna. Hal ini disebabkan perpindahan elektron yang terjadi pada pengisian subkulit d dengan pengabsorpsi sinar tampak. Senyawa Sc dan Zn tidak berwarna.

Soal Kompetensi 3.9

1. Apakah yang dimaksud unsur transisi?
2. Mengapa titik leleh dan titik didih logam-logam transisi lebih tinggi daripada titik leleh dan titik didih logam alkali dan alkali tanah?
3. a. Mengapa beberapa senyawa unsur transisi bersifat paramagnetik?
b. Perkirakan apakah senyawa-senyawa berikut bersifat paramagnetik: CuSO_4 , ZnSO_4 , NiSO_4 , CrSO_4 ?
4. Manakah dari ion-ion berikut yang berwarna dan mana yang tidak berwarna: Sc^{3+} , Ti^{2+} , Ti^{4+} , V^{2+} .
5. Mengapa kebanyakan unsur-unsur transisi memiliki bilangan oksidasi yang lebih dari sejenis dalam senyawa-senyawanya?

6. Lengkapilah tabel berikut dengan benar!

Unsur	Konfigurasi Elektron	Periode	Golongan	Banyaknya Elektron Tunggal
${}_{21}\text{Sc}$
${}_{24}\text{Cr}$
${}_{29}\text{Cu}$

- Dari konfigurasi elektron pada nomor 1, mana yang menyimpang dari aturan Aufbau? Jelaskan!
- Jelaskan dengan diagram orbital kekuatan sifat paramagnetik dari ${}_{26}\text{Fe}$ dibanding ${}_{24}\text{Cr}$!
- Jelaskan mengapa senyawa-senyawa unsur transisi periode keempat berwarna!
- Atom Cu dengan nomor atom 29, tentukan:
 - konfigurasi elektron Cu^{2+} ,
 - berwarna atau tidak senyawa Cu^{2+} !

C. Pembuatan dan Manfaat Beberapa Unsur dan Senyawanya

1. Unsur Logam

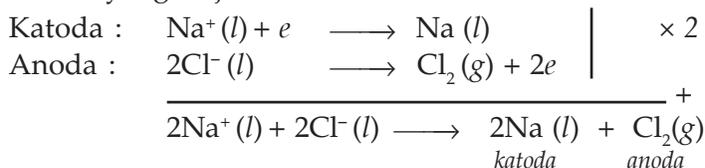
a. Natrium

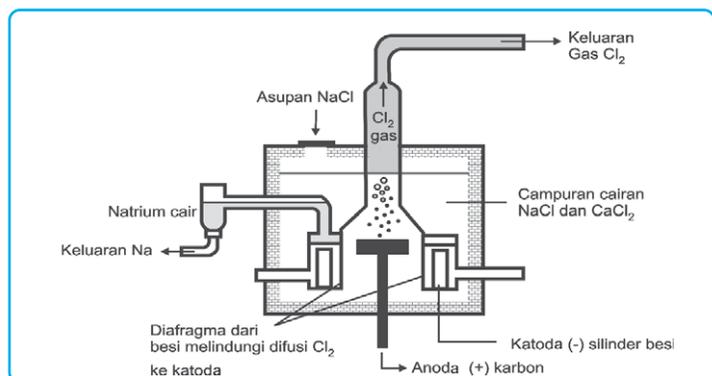
Logam alkali yang paling banyak digunakan baik sebagai unsur maupun senyawanya adalah natrium pada bagian ini akan kita pelajari pembuatan dan manfaat natrium dan senyawanya.

1. Pembuatan Natrium

Logam alkali pada umumnya diperoleh dengan mengelektrolisis lelehan garam kloridanya. Misalnya logam natrium dibuat dengan mengelektrolisis campuran lelehan NaCl dan CaCl_2 . Fungsi CaCl_2 pada proses ini adalah menurunkan titik leleh NaCl .

Reaksi yang terjadi:





Gambar 3.2 Sel down untuk elektrolisis leburan NaCl.

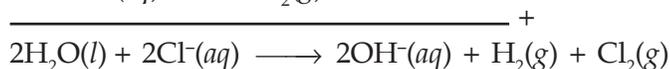
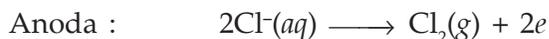
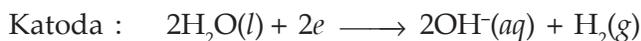
Ilustrasi : Haryana

Campuran NaCl dan CaCl₂ cair dimasukkan ke dalam sel down kemudian dialiri listrik. Ion Na⁺ direduksi di katoda menjadi natrium cair, sedangkan ion Cl⁻ dioksidasi di anoda menjadi gas Cl₂. Natrium cair dikeluarkan melalui samping sel dan gas klor dikeluarkan melalui bagian atas sel.

2. Pembuatan Senyawa Natrium

Dua senyawa natrium yang penting untuk kita pelajari adalah NaOH dan Na₂CO₃.

NaOH dibuat dengan elektrolisis larutan NaCl.

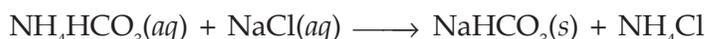
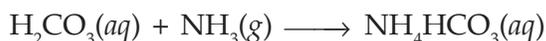
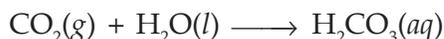
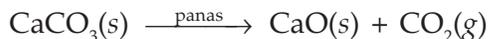


Na⁺ dalam larutan bergabung dengan OH⁻ di katoda membentuk NaOH.

Na₂CO₃ dibuat dengan proses Solvay

Metode pembuatan Na₂CO₃ ini dikembangkan oleh Ernest Solvay (1838–1922) dari Belgia sebagai bahan bakunya adalah batu kapur CaCO₃.

- Batu kapur dipanaskan untuk memperoleh gas CO₂



Endapan NaHCO₃ dipisahkan dengan penyaringan kemudian dipanaskan



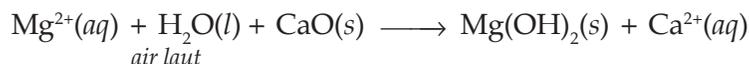
3) Kegunaan Natrium dan Senyawanya

- a) Natrium
- (1) Uap natrium digunakan untuk lampu natrium sebagai penerangan jalan raya.
 - (2) Natrium cair digunakan sebagai pendingin reaktor atom.
- b) Natrium Hidroksida (NaOH)
- NaOH dikenal dengan soda kaustik digunakan dalam pembuatan sabun, detergen, tekstil, kertas, pewarnaan, dan menghilangkan belerang dari minyak bumi.
- c) Natrium Karbonat (Na_2CO_3)
- Na_2CO_3 digunakan dalam proses pembuatan pulp, kertas, sabun, detergen, kaca, dan untuk melunakkan air sadah.
- d) Natrium Bikarbonat (NaHCO_3)
- NaHCO_3 dikenal dengan nama soda kue digunakan untuk membuat kue agar mengembang karena pada pemanasannya menghasilkan gas CO_2 yang memekarkan adonan hingga mengembang.
- e) Natrium klorida (NaCl)
- NaCl lebih dikenal dengan nama garam dapur, selain sebagai bumbu masak, NaCl banyak digunakan untuk membuat berbagai bahan kimia, misalnya NaOH, NaCl serta digunakan untuk pengawet ikan.

b. Magnesium

1. Pembuatan Magnesium

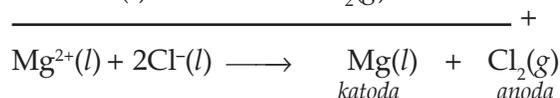
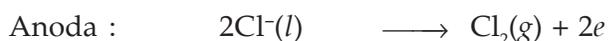
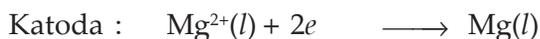
Magnesium diperoleh dari air laut dengan cara menambahkan CaO ke dalam air laut.



$\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang terbentuk disaring, dicuci kemudian dilarutkan dalam HCl.



Larutan MgCl_2 yang diperoleh diuapkan sehingga diperoleh kristal MgCl_2 , selanjutnya dilakukan elektrolisis terhadap lelehan MgCl_2 yang dicampur CaCl_2 untuk menurunkan titik lelehnya.



2. Penggunaan Magnesium dan Senyawanya

Magnesium digunakan terutama untuk membuat Aliase Magnesium + Aluminium yang dikenal dengan Magnalium. Paduan logam ini kuat dan ringan serta tahan korosi sehingga digunakan untuk membuat komponen pesawat terbang. Magnesium juga digunakan sebagai reduktor dan kembang api.

Senyawa magnesium yang penting antara lain adalah:

- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ untuk antasida (obat maag)
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (garam inggris untuk zat pencahar)

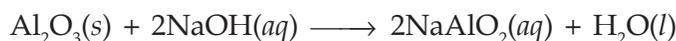
c. Aluminium

1. Pembuatan Aluminium

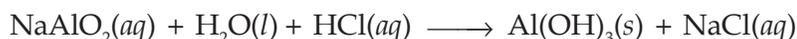
Aluminium diperoleh dengan elektrolisis lelehan bauksit Al_2O_3 dalam kriolit cair Na_3AlF_6 . Kriolit cair diperlukan untuk menurunkan titik leleh bauksit. Proses pembuatan aluminium dikenal dengan proses Hall, karena cara ini ditemukan oleh Charles Martin Hall (1863 - 1914) pada tahun 1886. Proses Hall meliputi dua tahap, yaitu sebagai berikut.

- Pemurnian Al_2O_3 dari bauksit

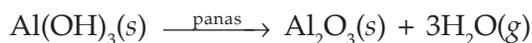
Ke dalam bauksit ditambahkan larutan NaOH pekat sehingga Al_2O_3 larut sedangkan zat lain tidak larut.



Larutan NaAlO_2 diasamkan sehingga terbentuk endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$.

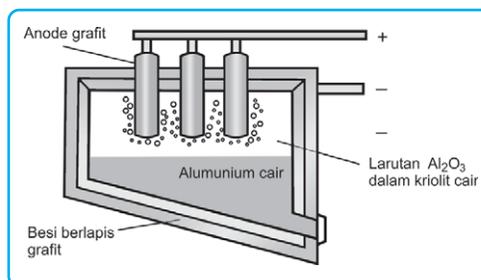


Endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ disaring kemudian dipanaskan sehingga terurai menjadi Al_2O_3 dan uap air.



- Elektrolisis Al_2O_3 dengan kriolit cair

Al_2O_3 murni dicampur dengan kriolit Na_3AlF_6 untuk menurunkan titik leleh Al_2O_3 . Dinding bejana untuk elektrolisis terbuat dari besi yang dilapisi grafit sekaligus sebagai katoda. Sebagai anodanya digunakan batang-batang karbon yang dicelupkan ke dalam campuran.

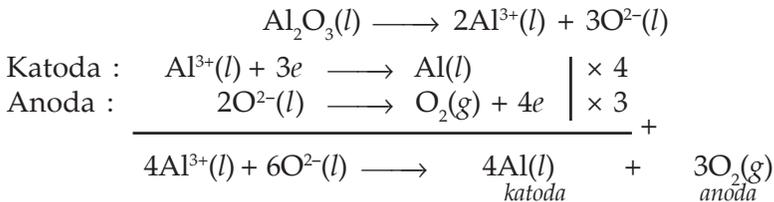


Ilustrasi : Haryana

Gambar 3.3 Sel Hall-Heroult untuk pembuatan aluminium dari elektrolisis lelehan Al_2O_3 (larutan Al_2O_3 dalam kriolit).

Larutan Al_2O_3 dalam kriolit dimasukkan ke dalam sel Hall-Heroult, kemudian dialiri listrik. Ion Al^{3+} direduksi di katoda menjadi Al cair dan ion O^{2-} dioksidasi di anoda menjadi gas oksigen.

Reaksi yang terjadi:



Gas oksigen yang terbentuk dapat bereaksi dengan anoda karbon membentuk CO_2 sehingga anoda semakin habis dan pada suatu saat harus diganti.

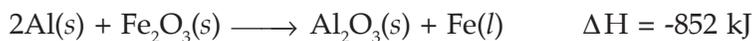
2. Penggunaan Aluminium dan Senyawanya

Aluminium merupakan logam yang ringan, tahan karat, dan tidak beracun, sehingga banyak digunakan untuk alat-alat rumah tangga, pesawat terbang, kaleng, dan kabel.

Aluminium juga digunakan untuk beberapa aliose, misalnya:

- a) duralium (95% Al, 4% Cu, 0,5%Mg dan 0,5% Mn)
- b) magnalium (70 – 95% Al, dan 30 – 0,5% Mg)
- c) alnico (20% Al, 50%, 20%Ni, dan 10% Cu)

Reaksi antara aluminium dengan Fe_2O_3 dikenal dengan reaksi termit yang dihasilkan panas untuk pengelasan baja.



Beberapa senyawa aluminium yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan industri, antara lain:

- a) Tawas, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ digunakan untuk mengendapkan kotoran pada penjernihan air.
- b) Aluminium sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ digunakan dalam industri kertas dan mordan (pengikat dalam pencelupan).
- c) Zeolit $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ digunakan untuk melunakkan air sadah.
- d) Aluminium Al_2O_3 untuk pembuatan aluminium, pasta gigi, industri keramik, dan industri gelas.

Kolom Diskusi

Aluminium terdapat di alam dengan melimpah, tetapi mengapa sebelum tahun 1886 harga aluminium mencapai \$220 per kilogram. Setelah penemuan proses Hall harga aluminium bisa turun menjadi \$4,40 per kilogram.

- Coba perkirakan berapa rupiah harga Al sebelum dan sesudah penemuan proses Hall.
- Mengapa harga Al sebelum tahun 1886 sangat mahal?
- Faktor apa saja yang menyebabkan harga logam menjadi mahal (digolongkan barang mewah)?

d. Besi

1. Pembuatan Besi

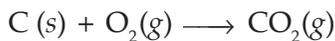
Besi diperoleh dari bijih besi dengan cara mereduksi bijih dalam tanur (tungku).

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi:

- bijih besi (hematit) Fe_2O_3 sebagai bahan baku,
- batu kapur CaCO_3 untuk mengikat zat pengotor,
- kokas (C) sebagai reduktor,
- udara untuk mengoksidasi C menjadi CO.

Proses yang terjadi pada pembuatan besi:

- Bahan-bahan (biji besi, batukapur, dan kokas) dimasukkan ke dalam tungku dari puncak tanur.
- Udara panas dialirkan melalui dasar tanur sehingga mengoksidasi karbon menjadi gas CO_2 .

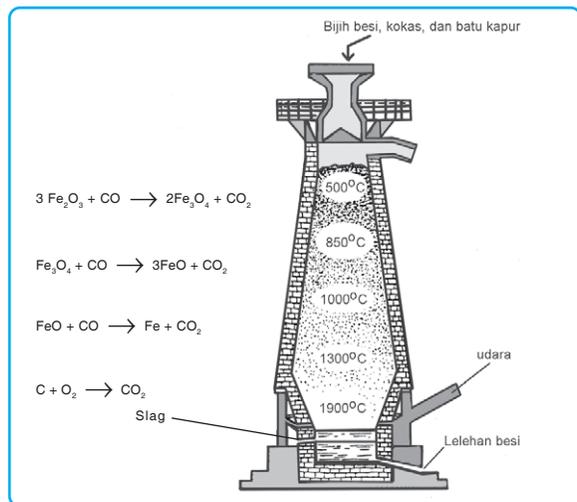
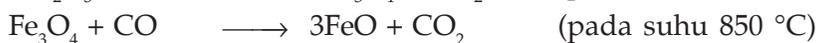
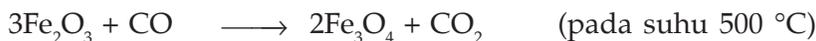


$$\Delta H = -394 \text{ kJ}$$

- Kemudian gas CO_2 bergerak naik dan bereaksi lagi dengan kokas menjadi CO.



- Gas CO yang terjadi mereduksi bijih besi secara bertahap menjadi besi.

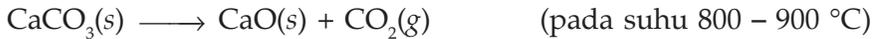


Ilustrasi : Haryana

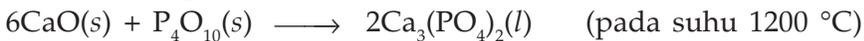
Gambar 3.4 Tungku pengolahan besi

Besi yang terbentuk berwujud cair turun ke bawah mengalir melalui dasar tungku.

Zat pengotor yang tercampur dengan bijih besi, seperti SiO_2 , P_4O_{10} dan Al_2O_3 diikat oleh CaO yang berasal dari penguraian batu kapur pada suhu tinggi.



Selanjutnya CaO mengikat zat pengotor dengan reaksi:



Hasil-hasil reaksi ini disebut slag mengapung di atas lelehan besi sehingga dapat dipisahkan untuk bahan dalam industri semen dan pupuk.

Besi yang dihasilkan dalam proses tanur ini disebut besi kasar (*pig iron*) yang mengandung 95% Fe, 4% C dan sedikit Si, P, dan S. Besi kasar ini keras tapi rapuh (mudah patah).

2) Penggunaan Besi

Kegunaan utama besi adalah untuk membuat baja. Agar diperoleh besi dengan kualitas yang baik, maka besi kasar diolah menjadi baja yaitu dengan memanaskan besi kasar agar kadar karbon, silikon, fosfor, dan belerang berkurang. Kemudian ditambahkan logam lain seperti Ni, Cr, Mn, dan V. Misalnya baja *stainless steel* (campuran 72% Fe, 19% Cr, dan 9% Ni). Baja digunakan dalam berbagai keperluan baik rumah tangga industri dan konstruksi bangunan. Contoh tempat tambang besi di Indonesia berada di Cilegon, Banten. Di Indonesia bijih besi diolah oleh PT Krakatau Steel, di Cilegon, Jawa Barat. Sedangkan pasir besi diolah PN Aneka Tambang Cilacap Jawa Tengah.

e. Tembaga

Pembuatan tembaga

Tembaga diperoleh dari bijih kalkopirit CuFeS_2 melalui beberapa tahap, yaitu:

1) Pengapungan (flotasi)

Bijih diserbukkan sampai halus kemudian dimasukkan ke dalam campuran air dan minyak. Bagian bijih yang mengandung tembaga akan diselaputi oleh minyak sedangkan zat pengotornya terbawa oleh air. Udara ditiupkan ke dalam campuran dan mineral yang diselaputi minyak tadi dibawa ke permukaan oleh gelembung-gelembung udara dan mengapung, sedangkan zat-zat pengotor diendapkan di bagian bawah. Dari pengapungan ini dapat diperoleh bijih pekat yang mengandung 20 – 40% Cu.

2) Pemanggangan

Bijih pekat hasil pengapungan selanjutnya dipanggang dan terjadi reaksi



3) Reduksi

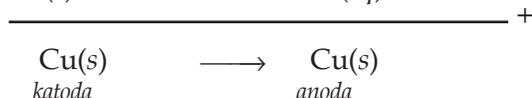
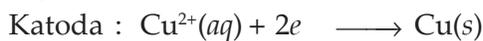
Cu_2S yang terjadi dipisahkan dari Fe_2O_3 kemudian dipanaskan dan dialiri udara dan terjadi reduksi menjadi logam tembaga.



4) Elektrolisis

Logam tembaga yang diperoleh dari reduksi masih tercampur dengan sedikit Ag, Au, dan Pt kemudian dimurnikan dengan cara elektrolisis.

Tembaga yang tidak murni dipasang sebagai anoda dan sebagai katoda digunakan tembaga murni, dengan elektrolit larutan CuSO_4 . Tembaga di anoda teroksidasi menjadi Cu^{2+} kemudian direduksi di katoda menjadi logam Cu.



Pada proses ini anoda semakin habis dan katoda (tembaga murni) makin bertambah besar, sedangkan Ag, Au, dan Pt diendapkan sebagai lumpur anoda sebagai hasil samping.

f. Timah

1. Pembuatan Timah

Logam timah diperoleh dengan mereduksi bijih besi kasiterit SnO dengan karbon pada suhu 1200°C .



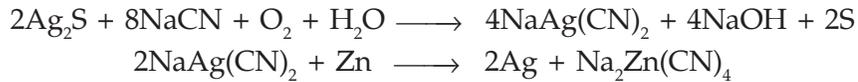
2. Penggunaan Timah

Timah terutama digunakan untuk melapisi baja, misalnya kaleng roti, susu, cat, dan sebagainya. Selain untuk melapisi, timah juga digunakan untuk membuat aliose, misalnya perunggu ($\text{Cu} + \text{Sn}$) dan untuk solder ($\text{Sn} + \text{Pb}$). Salah satu tempat tambang timah di Indonesia adalah di Bangkinang, Riau dan Sungai Liat, Pulau Bangka. Pabrik pelabuhan bijih timah terdapat di Muntok, Pulau Belitung.

g. Perak

1. Pembuatan Perak

Logam perak diperoleh dari bijih argentit Ag_2S dengan cara melarutkan argentit dalam larutan NaCN , kemudian direduksi dengan seng.



2. Penggunaan Perak

Perak merupakan logam yang putih mengkilat tidak teroksidasi oleh udara dan tidak bereaksi dengan asam kecuali HNO_3 . Oleh karena itu, perak digunakan untuk perhiasan, mata uang, dan untuk melapisi logam lain.

h. Kromium

Kromium merupakan logam yang keras, sangat mengkilap dan tahan karat, sehingga digunakan untuk melapisi logam lain. Krom juga digunakan untuk membuat aliase, misalnya nikrom (15% Cr, 60% Ni, dan 25% Fe). Aliase ini digunakan untuk tahanan kawat pada alat-alat pemanas, stainless steel (72% Fe, 19%Cr, 9% Ni).



Sumber : Kamus Visual

Gambar 3.5 Verchrom (pelapis besi dengan krom) selain untuk mencegah karat juga untuk memperindah tampilan.

i. Emas

Emas terdapat bebas di alam yang bercampur dengan logam lain. Emas dipisahkan dari campurannya dengan jalan dilarutkan dalam larutan kalium sianida KCN .



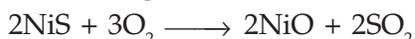
Kemudian direduksi dengan logam seng:



Emas merupakan logam yang kuning mengkilap, tahan karat, mudah ditempa dan tidak bereaksi dengan asam, sehingga digunakan untuk perhiasan, melapisi logam lain, dan untuk membuat medali. Salah satu tambang emas di Indonesia ada di Bengkalis, Sumatra. Pabrik pengolahan emas terdapat di Cikotok, Jawa Barat.

j. Nikel

Diperoleh dengan mengoksidasi bijih NiS menjadi NiO kemudian direduksi dengan karbon.



Nikel digunakan untuk aliase, misalnya baja stainless, monel (65% Ni dan 35% Cu), alnico, dan nikrom.

Soal Kompetensi 3.10

1. Mengapa logam natrium dan magnesium tidak dapat dibuat dengan elektrolisis larutan garamnya?
2. Ke dalam lelehan kalium klorida dilakukan elektrolisis dengan arus listrik 1500 ampere selama 8 jam.
 - a. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi!
 - b. Berapa massa kalium yang dapat diperoleh dari elektrolisis tersebut?
3. Apa yang Anda ketahui tentang zat berikut dari segi rumus kimia dan kegunaannya:
 - a. soda kaustik
 - b. soda kue
 - c. garam glouber
 - d. bubuk magnesia
 - e. garam Inggris
4. Logam natrium dibuat dari elektrolisis lelehan NaCl yang dicampur dengan CaCl_2 . Apakah fungsi CaCl_2 pada proses tersebut?
5. Pada pengolahan aluminium di proyek Asahan.
 - a. Apa bahan bakunya?
 - b. Dengan proses apa?
 - c. Apa jenis reaksinya?
 - d. Apa elektrolitnya?
6. Apakah kegunaan tawas dalam kehidupan sehari-hari/ industri?
Tuliskan rumus kimianya!
7. Apakah yang Anda ketahui tentang Water glass, yaitu:
 - a. rumus kimia,
 - b. kegunaannya?
8. Apakah kegunaan senyawa-senyawa berikut:
 - a. NaHCO_3
 - b. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
 - c. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
 - d. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
9. Magnesium dibuat dari air laut dengan cara mengendapkan ion Mg^{2+} menjadi $\text{Mg}(\text{OH})_2$, kemudian direaksikan dengan HCl menjadi MgCl_2 untuk dielektrolisis.
Bila konsentrasi ion Mg^{2+} dalam air laut adalah $5,4 \times 10^{-2}$ mol/liter dan $K_{sp} \text{Mg}(\text{OH})_2 = 1,8 \times 10^{-11}$.
Tentukan:
 - a. pH minimum untuk mengendapkan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dari air laut tersebut;
 - b. massa magnesium yang dapat diperoleh dari 20 m³ air laut ($\rho = 1,02$ g/ml)!

10. Berapa kg logam aluminium yang dapat diperoleh dari elektrolisis 69 kg bauksit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 138$) yang kemurniannya 95%?
11. Jelaskan prinsip dasar pengolahan besi dari hematit dengan proses tanur sembur dan sebutkan bahan yang diperlukan!
12. Bagaimanakah komposisi dari paduan logam berikut:
 - a. stainless
 - b. monel
 - c. nikrom
 - d. alnico
13. Logam aluminium dan Fe_2O_3 digunakan untuk reaksi termit.
 - a. Apakah yang Anda ketahui tentang reaksi termit?
 - b. bila $\Delta H_f \text{Al}_2\text{O}_3 = -1676 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta H_f \text{Fe}_2\text{O}_3 = -822,2 \text{ kJ/mol}$
15. Apakah kegunaan utama logam kromium dan apakah dasar dari penggunaan tersebut?

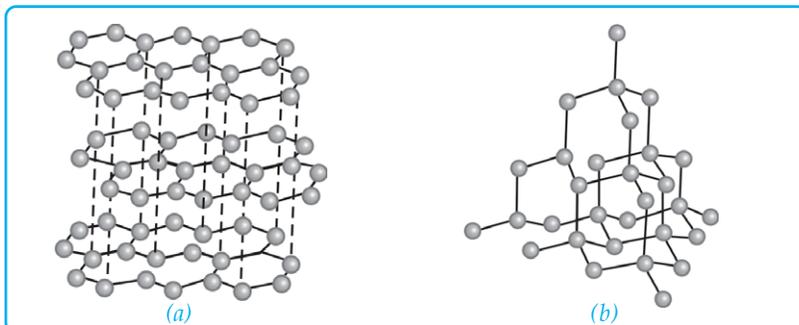
2. Unsur NonLogam

a. Karbon

1. Unsur Karbon

Tahukah anda bahwa grafit (arang) dan intan sama-sama tersusun dari atom-atom karbon? Dapatkan grafit diubah menjadi intan? Grafit dan intan tersusun dari unsur-unsur yang sama tetapi memiliki struktur (bentuk) yang berbeda. Peristiwa seperti ini disebut *alotrop*. Karbon di dalam kulit bumi terutama sebagai karbonat misalnya dalam CaCO_3 , CO_2 , dan berbagai senyawa organik.

Selain sebagai senyawa, karbon di alam juga terdapat sebagai unsur bebas yaitu dalam bentuk grafit arang dan intan. Pada grafit setiap atom C terikat oleh tiga atom C yang lain membentuk susunan heksagonal.



Gambar 3.6 (a) struktur grafit berbentuk lapisan (b) Struktur intan.

Ilustrasi : Haryana

Oleh karena elektron-elektron dalam atom karbon pada grafit terikat agak lemah oleh inti atom, maka elektron dapat mengalir dari satu atom ke atom lainnya sehingga grafit dapat menghantarkan listrik. Itulah sebabnya grafit banyak digunakan sebagai elektroda pada batu baterai dan sel elektrolisis. Selain dapat menghantarkan listrik, grafit juga bersifat licin, maka digunakan untuk bahan pelumas. Campuran grafit dan tanah digunakan untuk membuat pensil. Oleh karena ikatan antaratom karbon dalam grafit sangat kuat, maka grafit digunakan dalam pembuatan komposit yang ringan tetapi kuat untuk membuat raket.

Karbon yang terbentuk dari pembakaran kayu dan bahan organik lainnya disebut arang. Bila arang dipanaskan pada suhu 800°C menjadi arang aktif (karbon aktif) yang digunakan dalam pemutihan gula, penjernihan air dan obat sakit perut karena kemampuannya untuk menyerap (mengabsorpsi) berbagai zat. Sedangkan karbon yang dihasilkan dari pembakaran hidrokarbon disebut karbon black digunakan dalam vulkanisasi karet pada industri ban dan sebagai pigmen (zat warna) hitam dalam cat, tinta kertas, dan sebagainya.

Karbon yang sangat keras (lebih keras dari logam) dan berkilau adalah intan. Pada intan setiap atom C terikat oleh 4 atom C yang lain yang membentuk struktur tetrahedron. Struktur tetrahedron ini terus berlanjut hingga membentuk jaringan yang sangat kuat (keras). Karena intan alam berkilau maka digunakan untuk perhiasan. Dengan teknologi canggih grafit dapat diubah menjadi intan sintetik pada suhu dan tekanan yang sangat tinggi. Karena sifatnya yang keras maka intan sintetik digunakan untuk alat pemotong kaca dan mata bor.

2. Senyawa Karbon

Senyawa karbon yang penting dan banyak digunakan adalah gas CO dan CO_2 . Pada pembakaran unsur atau senyawa karbon dengan oksigen terbatas maka pembakaran berlangsung tidak sempurna dan menghasilkan gas CO yang sangat beracun karena sangat mudah diikat oleh hemoglobin sehingga menyebabkan tubuh kekurangan oksigen.

Meskipun beracun gas CO juga mempunyai beberapa kegunaannya, antara lain:

- sebagai bahan baku untuk membuat metanol CH_3OH ,
- sebagai reduktor pada pengolahan besi dari hasil bijihnya dan logam lainnya.

Pada pembakaran sempurna senyawa karbon dihasilkan gas CO_2 yang banyak kegunaannya. Beberapa kegunaan gas CO_2 , antara lain:

- sebagai pemadam kebakaran karena CO_2 lebih berat dari udara sehingga dapat untuk mengusir udara agar api padam;
- CO_2 padat dikenal sebagai *dry ice* (es kering) yang digunakan sebagai pendingin;
- sebagai penyegar pada minuman ringan, misalnya limun dan air soda;
- sebagai bahan dasar pupuk urea.

b. Nitrogen

1. Pembuatan Nitrogen

Nitrogen merupakan gas komponen terbesar penyusun udara yang meliputi $\pm 78\%$ massa. Dalam bidang industri nitrogen diperoleh melalui destilasi bertingkat udara cair. Gas N_2 memiliki titik didih yang lebih rendah dari O_2 sehingga N_2 mendidih lebih dahulu dan memisah dari campuran udara cair. Kemudian gas N_2 dikompres dalam tangki khusus.

Dalam laboratorium gas nitrogen diperoleh dengan memanaskan larutan yang mengandung garam amonium (misalnya NH_4Cl) dan garam nitrit (misalnya $NaNO_2$).



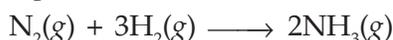
2. Penggunaan Gas Nitrogen

- Karena gas nitrogen tidak reaktif maka digunakan untuk menciptakan suasana inert pada suatu ruangan tempat penyimpanan zat yang mudah terbakar, kaleng makanan, termometer, dan bola lampu listrik.
- Sebagai bahan baku gas amonia NH_3 .
- Nitrogen cair untuk pendingin.

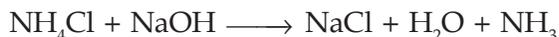
3. Pembuatan dan Penggunaan Senyawa Nitrogen

- Amonia (NH_3)

Amonia merupakan bahan kimia industri yang sangat penting. Amonia dibuat menurut proses Hober – Bosch dengan mereaksikan nitrogen dan hidrogen pada suhu $400^\circ - 500^\circ C$ dan tekanan tinggi sekitar 300 atm dengan katalisator serbuk besi.



Di laboratorium amonia dibuat dengan mereaksikan garam amonium dengan basa kuat.



Berapa kegunaan amonia, antara lain:

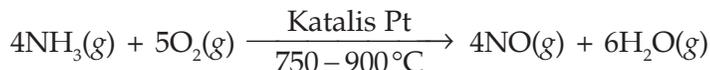
- untuk membuat pupuk urea dan ZA;
- sebagai pendingin (refrigerant) pada pabrik es;
- untuk membuat hidrasin N_2H_4 untuk bahan bakar roket;
- untuk membuat senyawa-senyawa amonium.

- Asam Nitrat

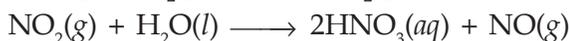
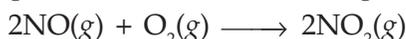
Asam nitrat merupakan asam kuat yang dapat melarutkan semua logam kecuali emas dan platina. Emas dapat larut dalam campuran HNO_3 pekat dengan perbandingan volume 1 : 3.

(1) Pembuatan Asam Nitrat

Dalam bidang industri, asam nitrat diperoleh dengan proses Ostwald yaitu dengan mengoksidasi amonia, kemudian melarutkan NO_2 yang terjadi dalam air.



gas NO akan dioksidasi lagi menjadi NO_2 .



Di laboratorium, asam nitrat diperoleh dengan cara memanaskan campuran KNO_3 dan H_2SO_4 pekat.



(2) Penggunaan Asam Nitrat

Asam nitrat banyak kegunaannya, antara lain:

- Untuk membuat bahan peledak TNT (trinitrotoluena);
- Untuk membuat pupuk NH_4NO_3 ;
- Untuk membuat film selulosa nitrat;
- Untuk membuat garam-garam nitrat yang digunakan untuk pembuatan kembang api.

c. Oksigen

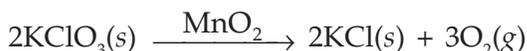
Oksigen terdapat dimana-mana, selain sebagai gas O_2 yang meliputi $\pm 20\%$ volume atmosfer juga terdapat sebagai senyawa. Oksigen merupakan unsur yang sangat penting, hampir semua proses dalam tubuh kita memerlukan oksigen.

1. Pembuatan Oksigen

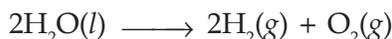
Dalam bidang industri, oksigen diperoleh dengan destilasi bertingkat udara cair karena titik didih oksigen lebih tinggi daripada titik didih nitrogen dengan perbedaan yang cukup besar sehingga dapat dipisahkan.

Di laboratorium, oksigen diperoleh dengan beberapa cara, antara lain:

- pemanasan kalium klorat (KClO_3)



- elektrolisis air



2. Penggunaan Oksigen

Beberapa kegunaan oksigen dalam kehidupan sehari-hari dan industri antara lain:

- Untuk pernapasan makhluk hidup, penderita paru-paru, penyelam, antariksaawan;
- Untuk pembakaran/oksidator;
- Campuran oksigen cair dan hidrogen cair digunakan untuk bahan bakar roket;
- Untuk bahan baku berbagai senyawa kimia.

d. Silikon

Silikon terdapat dalam kerak bumi sebagai oksida SiO_2 , sebagai kompleks silikat dengan oksida lain.

1. Pembuatan Silikon

Silikon diperoleh dengan cara sebagai berikut.

- Mereduksi pasir/kwarsa SiO_2 dengan karbon dalam tanur listrik.



- Mereduksi SiCl_4 dengan hidrogen pada suhu tinggi



2) Penggunaan Silikon dan Senyawa

- Silikon banyak digunakan terutama yang berhubungan dengan elektronika, misalnya mikrokomputer, kalkulator, dan sebagainya. Penggunaan ini berkaitan dengan sifat semikonduktor dari silikon.
- Kwarsa transparan digunakan untuk alat-alat optik misalnya lensa.
- Pasir/kwarsa digunakan untuk pembuatan gelas dan porselen.
- Natrium silikat/*water glass* digunakan dalam industri sabun sebagai pengisi.

e. Fosfor

Fosfor di alam terdapat dalam bentuk fosfat, misalnya fosforit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, kloropatit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$ dan fluopatit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$. Selain itu, fosfor juga terdapat pada tulang dan batuan fosfor.

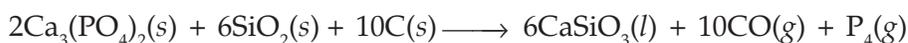
Fosfor memiliki dua alotropi yaitu fosfor putih dan fosfor merah. Fosfor putih terdiri dari molekul tetraatomik (P_4). Sedangkan fosfor merah merupakan rangkaian dari molekul-molekul P_4 .

Perbedaan fosfor putih dengan fosfor merah adalah sebagai berikut:

Fosfor Putih	Fosfor Merah
1) bersifat racun	1) tidak bersifat racun
2) mudah meleleh	2) sukar meleleh
3) larut dalam CS ₂	3) tidak larut dalam CS ₂
4) bersinar dalam gelap	4) tidak bersinar

1. Pembuatan Fosfor

Fosfor putih diperoleh dengan proses Wohler, yaitu dengan memanaskan campuran Ca₃(PO₄)₂, SiO₂ dan kokas pada suhu 1300°C dalam tanur listrik.

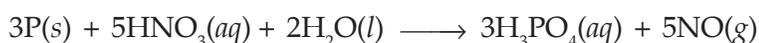


Uap fosfor didinginkan dalam alat pengembun yaitu dengan melewatkan uap P₄ melalui air.

Fosfor merah diperoleh melalui pemanasan fosfor putih.

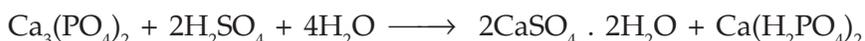
2. Penggunaan Fosfor

a) Fosfor putih digunakan sebagai bahan baku pembuatan asam fosfat.



b) Fosfor merah digunakan untuk membuat bidang gesek korek api yang dicampur dengan pasir halus dan Sb₂S₃.

c) Fosfor sebagai batuan fosfat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk fosfat.

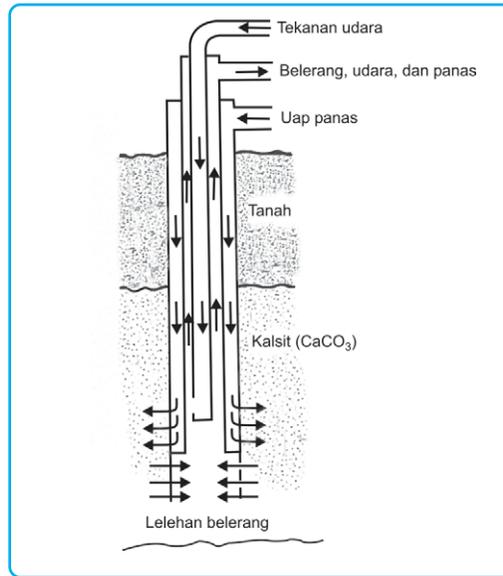


f. Belerang

Belerang di alam terdapat sebagai senyawa dan unsur bebas. Belerang juga memiliki alotropi yaitu belerang rombik dan monoklin. Belerang rombik pada suhu kamar lebih stabil yaitu dalam bentuk molekul S₈. Bila belerang rombik dipanaskan di atas 120°C kemudian didinginkan perlahan-lahan akan terbentuk kristal belerang monoklin.

1. Pembuatan Belerang

Belerang diperoleh dengan proses Frash yaitu dengan memasukkan uap panas ke dalam tanah yang mengandung belerang melalui pipa agar mencair. Belerang yang telah mencair dipompa keluar dengan tekanan udara.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 3.7 Cara memperoleh belerang dengan proses frash.

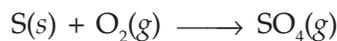
2. Penggunaan Belerang dan Senyawanya

Penggunaan belerang yang utama adalah untuk membuat asam sulfat (H_2SO_4). Pembuatan asam sulfat dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

a) Proses Kontak

Proses yang terjadi pada pembuatan asam sulfat dengan proses kontak adalah sebagai berikut.

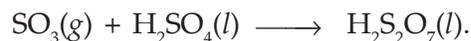
- (1) Belerang dibakar dengan oksigen menghasilkan gas SO_2 .



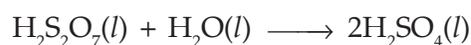
- (2) Gas SO_2 yang terjadi dioksidasi untuk membentuk gas SO_3 dengan katalisator V_2O_5 pada suhu $\pm 500^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm.

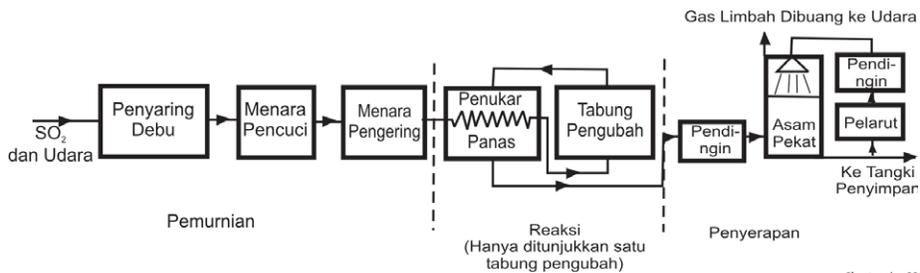


- (3) Gas SO_3 yang terjadi diabsorbsikan pada H_2SO_4 pekat membentuk asam piro-sulfat $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$.



- (4) $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ yang terjadi dilarutkan dalam air menjadi H_2SO_4 .





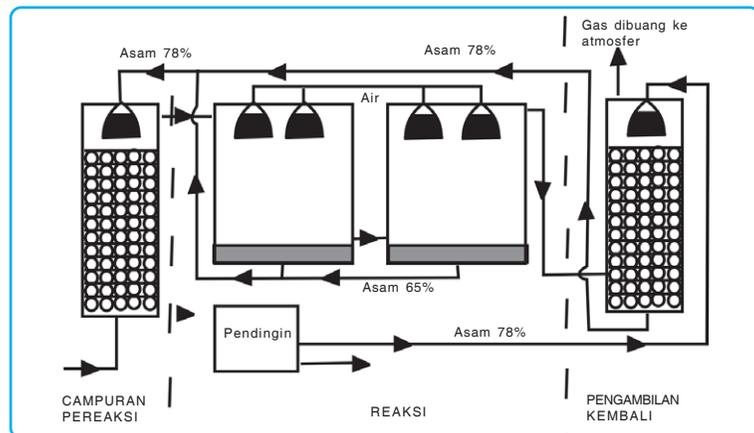
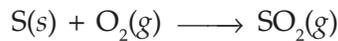
Ilustrasi : Haryana

Gambar 3.8 Diagram alir proses kontak

b) Proses Kamar Timbal

Pada proses ini digunakan katalis NO_2 yang diperoleh dari oksidasi NH_3 . Proses yang terjadi adalah sebagai berikut.

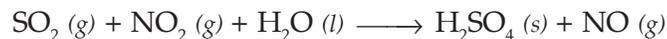
(1) Pembakaran belerang menjadi SO_2



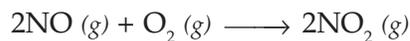
Ilustrasi : Haryana

Gambar 3.10 Diagram alir proses Kamar timbal

(2) Gas SO_2 dioksidasi dengan katalis NO_2 sebagai pembawa oksigen dalam air.



NO yang terbentuk bereaksi dengan oksigen membentuk NO_2 kembali



3. Kegunaan Asam Sulfat

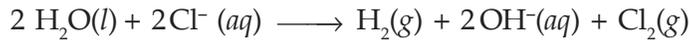
- Untuk membuat pupuk, misalnya ZA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan detergen
- Untuk pemurnian minyak bumi.
- Untuk memperoleh asam-asam lain, misalnya HCl , HNO_3 , H_3PO_4 , dan HF .
- Untuk elektrolit pada aki dan pembuatan bahan peledak dan polimer serat.

g. Klor

Klor merupakan halogen yang paling banyak diproduksi dan dimanfaatkan di antara halogen lainnya.

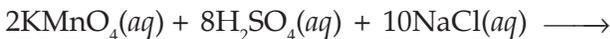
1. Pembuatan klor

Dalam bidang industri klor dibuat elektrolisis larutan NaCl.

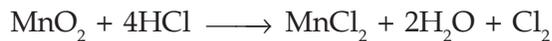


Di laboratorium klor dibuat dengan cara mengoksidasi ion Cl^- dari NaCl dengan oksidator, misalnya $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$.

Reaksi:



atau dengan mereaksikan MnO_2 dengan HCl.



2. Penggunaan Klor dan Senyawanya

Klor digunakan untuk klorasi hidrokarbon untuk bahan baku plastik, dan untuk pembuatan senyawa-senyawa klor lainnya.

Beberapa senyawa klor yang penting antara lain:

- CCl_4 untuk pelarut,
- $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (kaporit) untuk desinfektan,
- NaClO untuk pemutih,
- NaCl untuk bumbu masak dan bahan pembuatan berbagai senyawa,
- HCl untuk menetralkan sifat basa dan untuk membersihkan permukaan logam dari karat.



Sumber : Garuda, Januari 2006

Gambar 3.10 Klor digunakan sebagai desinfektan pada kolam renang.

Penentuan Kadar NaClO dalam Pemutih

Cairan pemutih di pasaran mengandung NaClO dengan kadar sekitar 5,25%. Untuk membuktikan kebenaran kadar yang tertulis dalam label dapat dilakukan dengan mereaksikan pemutih dengan larutan KI berlebih dalam suasana asam. Kemudian I_2 yang terjadi dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang telah diketahui konsentrasinya. Dengan cara ini dan dengan hitungan kimia, maka kadar NaClO dalam pemutih dapat ditentukan.



Kegiatan Ilmiah 3.7



Menentukan Kadar NaClO dalam Pemutih

1. Rancangan Percobaan

Untuk menentukan kebenaran kadar NaClO dalam pemutih, buatlah rancangan percobaan dari keterangan di atas yang meliputi

- Tujuan percobaan
- Alat dan bahan
- Langkah kerja
- Data pengamatan

2. Percobaan

Lakukan percobaan dan buatlah laporan dengan melanjutkan rancangan percobaan dengan:

- analisa data
- kesimpulan

3. Presentasi

Presentasikan hasil percobaan di depan kelas dan bukalah tanya jawab.



Info Kimia

Keunggulan Kalsium Hipoklorit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sebagai Pemutih

Keunggulan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ terutama ialah karena zat ini tidak terdekomposisi sebagaimana serbuk pemutih (*bleaching powder*) lain. Zat ini juga dua kali lebih kuat dari serbuk pemutih biasa.

h. Argon

Argon ditemukan oleh Ray Leigh dan Ramsay pada tahun 1894 setelah memisahkan oksigen dan nitrogen dari udara. Argon terdapat di udara sebagai gas monoatomik sebanyak 0,93% dari volume udara.

1. Pembuatan Argon

Argon dan gas mulia yang lain diperoleh dengan destilasi bertingkat udara cair.

2. Penggunaan Argon

Dalam industri, Argon dapat digunakan sebagai pengganti helium dan dalam proses lainnya. Argon digunakan sebagai atmosfer inert (lamban) pada pengelasan titanium dan logam lain yang eksotik dalam konstruksi pesawat terbang dan roket. Argon juga digunakan untuk mengisi bola lampu pijar karena tidak bereaksi dengan kawat wolfram.

Soal Kompetensi 3.11

- Buatlah tabel perbedaan grafit dan intan dari segi:
 - struktur
 - penampilan
 - kekerasan
 - kegunaan
 - daya hantar listrik
- Apakah yang Anda ketahui tentang gas karbon monoksida (CO) dalam hal:
 - sumber
 - sifat-sifat
 - bahaya
 - kegunaan
- Bagaimanakah sifat-sifat khas dari silikon dan apakah kegunaannya?
- Apakah yang Anda ketahui tentang zat berikut dari segi rumus kimia dan kegunaan?
 - dry ice*
 - water glass*
 - silika gel
- Bagaimanakah cara memperoleh gas nitrogen secara
 - komersial/industri,
 - di laboratorium?
- Bila udara mengandung 78% volume gas nitrogen. Berapa kg nitrogen yang dapat diperoleh dari 2m^3 pada suhu 27°C dan tekanan 1 atm?
- Apakah perbedaan fosfor merah dengan fosfor putih?
- Pada pembuatan gas oksigen di laboratorium, dipanaskan 24,5 gram KClO_3 dengan katalis MnO_2 .
 - Tuliskan persamaan reaksinya!
 - Berapa liter gas oksigen yang dihasilkan bila diukur pada suhu 27°C dan tekanan 76 cmHg?
- Apakah kegunaan utama dari belerang?
- Apakah perbedaan pembuatan asam sulfat dengan proses kontak dan proses kamar timbal?
- Bila ke dalam larutan NaCl dialiri listrik 4 faraday, berapa liter gas klor yang dihasilkan pada keadaan standar?
- Sebutkan unsur halogen yang terkandung dalam:
 - teflon,
 - freon,
 - kaporit,
 - PVC,
 - garam dapur!

13. Bagaimanakah cara membuat zat berikut di laboratorium:
- klor,
 - brom,
 - yod?
14. Tuliskan persamaan reaksinya:
- $\text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$,
 - $\text{NaBr} + \text{Cl}_2$,
 - $\text{KI} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$!
15. Apakah kegunaan senyawa-senyawa berikut.
- HF,
 - CaOCl_2 ,
 - NaIO_3 ,
 - AgBr,
 - CaCl_2 ?

Tokoh

Sir Henry Bessemer (1813–1898)

Bessemer lahir di Chariton, Hertfordshire, Inggris pada tanggal 19 Januari 1813 dan meninggal di London pada tanggal 15 Maret 1898. Ia tidak pernah duduk di bangku sekolah, tetapi mempunyai bakat di bidang mekanika.

Pada saat pecah perang Krim (1853), Bessemer membuat peluru meriam yang dapat berputar, tetapi tidak dapat digunakan karena belum ada meriam yang cukup kuat. Hal ini karena belum ditemukan baja bermutu tinggi. Pada tahun 1856 Bessemer menemukan proses pembuatan baja yang kemudian terkenal dengan nama *Proses Bessemer*.



Info Kimia

Logam aluminium adalah logam terbanyak di dunia. Logam ini pertama kali dibuat dalam bentuk murni oleh Oersted pada tahun 1825 dengan memanaskan amonium klorida dengan amalgam kalium–raksa.

Pada tahun 1854 Henry Sainte–Claire Deville membuat Al dari natrium–aluminium klorida dengan jalan memanaskannya dengan logam Na. Proses ini beroperasi selama 35 tahun dan logamnya dijual dengan harga \$220 per kilogram. Pada tahun 1886 hanya menjadi \$17 per kilogram. Pada tahun 1886 Charles Hall mulai memproduksi Al dengan proses skala besar seperti sekarang, yaitu melalui elektrolisis alumina dalam kriolit cair. Dengan proses ini harga Al bisa turun menjadi \$4,40 per kilogram.



Rangkuman

1. Unsur-unsur di alam pada umumnya terdapat sebagai senyawa yang terkandung dalam mineral.
2. Mineral yang digunakan sebagai sumber untuk diolah disebut bijih.
3. Unsur-unsur gas mulia di alam terdapat sebagai unsur bebas dalam bentuk monoatomik.
4. Kereaktifan gas mulia dari He sampai Rn semakin bertambah.
5. Senyawa gas mulia yang pertama disintesis adalah XePtF_6 .
6. Gas mulia dapat diperoleh dengan destilasi udara cair.
7. Unsur halogen (unsur golongan VIIA) di alam terdapat sebagai senyawa.
8. Dalam bentuk unsur, halogen terdapat sebagai molekul diatomik (X_2).
9. Pada suhu kamar, F_2 dan Cl_2 berwujud padat, Br_2 cair dan I_2 padat.
10. Halogen memiliki warna tertentu, Fluor kuning muda, klor hijau muda, brom merah tua (cokelat), yod hitam (ungu).
11. Kereaktifan halogen dari atas ke bawah makin berkurang.
12. Daya oksidasi halogen dari atas ke bawah semakin lemah.
13. Logam-logam alkali merupakan logam yang lunak dan sangat reaktif, sehingga di alam terdapat sebagai senyawa.
14. Pembakaran garam-garam alkali memberikan warna yang khas, litium merah tua, natrium kuning, kalium ungu, rubidium merah biru, sesium biru.
15. Logam-logam alkali dibuat dengan cara elektrolisis lelehan garam kloridanya.
16. Logam-logam alkali tanah merupakan logam yang reaktif meskipun tidak sereaktif alkali.
17. Pembakaran garam kalsium memberikan warna jingga merah, stronsium merah, dan barium hijau.
18. Sifat basa hidoksida alkali dan alkali tanah dari atas ke bawah semakin kuat.
19. Unsur-unsur periode ketiga dari kiri ke kanan berubah dari logam – metaloid – nonlogam dan gas mulia.
20. Titik leleh silikon paling tinggi di antara unsur periode ketiga yang lain.
21. Energi ionisasi unsur periode dari kiri ke kanan semakin besar, tetapi terjadi penurunan pada Al dan S.
22. Hidoksida unsur periode ketiga berubah dari basa kuat, amfoter, dan asam.
23. Sifat reduktor unsur periode ketiga dari kiri ke kanan makin lemah sedang sifat oksidatornya makin kuat.

24. Air sadah adalah air yang mengandung ion-ion Mg^{2+} atau Ca^{2+} .
25. Kesadahan air yang hilang dengan mendidihkan disebut kesadahan sementara, sedangkan yang tidak hilang dengan mendidihkan disebut kesadahan tetap.
26. Kesadahan air dapat dihilangkan dengan cara menambahkan Na_2CO_3 dan menggunakan resin penukar ion.
27. Proses solvay adalah proses pembuatan soda kue $NaHCO_3$.
28. Proses Hall adalah proses pembuatan aluminium dengan elektrolit bauksit dalam kriolit.
29. Proses tanur sembur adalah proses pembuatan besi dari bijihnya dengan reduktor kokas.
30. Pembuatan tembaga dari bijih kalkopirit melalui tahap pengapungan – pemanggangan – reduksi – elektrolisis.
31. Timah digunakan untuk melapisi kaleng makanan dan untuk membuat perunggu (Cu + Sn).
32. Krom merupakan logam yang sangat mengkilap, keras, dan tahan karat digunakan untuk melapisi logam dan aliase.
33. Emas merupakan logam mulia yang terdapat di alam sebagai unsur bebas.
34. Karbon memiliki alotropi, yaitu unsur yang sama tetapi bentuk/struktur berbeda. Alotropi karbon sebagai grafit dan intan.
35. Grafit dapat menghantarkan arus listrik sehingga digunakan sebagai elektroda.
36. Silikon bersifat semikonduktor sehingga digunakan untuk transistor dan sel surya.
37. Nitrogen terdapat di udara dengan jumlah terbesar sebagai molekul N_2 .
38. Nitrogen diperoleh dari udara dengan cara destilasi bertingkat udara cair.
39. Senyawa nitrogen yang penting adalah amonia (NH_3) yang dibuat dengan proses Haber Bosch.
40. Fosfor memiliki alotropi yaitu fosfor merah dan fosfor putih.
41. Kegunaan fosfor yang utama adalah untuk membuat asam fosfat.
42. Oksigen terdapat di udara sebagai molekul O_2 dengan jumlah terbesar setelah nitrogen.
43. Oksigen terdapat diperoleh dengan destilasi bertingkat udara cair.
44. Belerang di alam sebagai senyawa dan unsur bebas.
45. Kegunaan belerang yang utama adalah untuk membuat asam sulfat.
46. Kadar $NaClO$ dalam pemutih dapat ditentukan dengan mereaksikan larutan $NaClO$ dengan KI berlebih. Kemudian I_2 yang terbentuk dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ yang sudah diketahui konsentrasinya.

Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

- Besi di alam terdapat sebagai mineral baik sebagai oksida, sulfida maupun karbonat. Mineral berikut ini mengandung besi, *kecuali*
 - siderit
 - pirit
 - hematit
 - kriolit
 - magnetik
- Unsur-unsur nonlogam berikut yang terdapat dalam keadaan bebas di alam adalah
 - oksigen, nitrogen, argon, dan klor
 - nitrogen, argon, brom, dan belerang
 - nitrogen, argon, belerang, dan oksigen
 - fluor, klor, brom, dan yod
 - argon, klor, nitrogen, yod
- Pasangan mineral yang mengandung aluminium adalah
 - bauksit dan hematit
 - bauksit dan siderit
 - kalkopirit dan kriolit
 - kasiderit dan kalkopirit
 - kriolit dan bauksit
- Unsur-unsur gas mulia memiliki sifat-sifat berikut, *kecuali*
 - memiliki 8 elektron di kulit terluarnya
 - terdapat sebagai unsur bebas monoatomik
 - memiliki energi ionisasi yang relatif tinggi
 - sukar bereaksi dengan unsur lain
 - dapat dipisahkan dari udara dengan destilasi bertingkat
- Tabel titik didih dan titik leleh unsur-unsur halogen sebagai berikut:

Unsur Halogen	A	B	C	D	E
Titik didih (°C)	184	59	-35	-188	-185,7
Titik leleh (°C)	144	-7	-101	-220	-189,1

Unsur halogen berwujud cair pada suhu kamar adalah

- E
 - D
 - C
 - B
 - A
- Unsur halogen tidak terdapat dalam keadaan bebas di alam karena
 - halogen sangat stabil
 - halogen sangat reaktif
 - senyawa halogen tidak stabil
 - senyawa halogen sukar terurai
 - halogen terdapat sebagai molekul diatomik

7. Sifat-sifat unsur golongan alkali berubah sesuai perubahan nomor atom dari Li sampai Cs sebagai berikut, *kecuali*
- jari-jari atom makin besar
 - energi ionisasi makin kecil
 - massa atom makin besar
 - densitas makin besar
 - titik leleh makin tinggi
8. Asam halida yang digunakan untuk mengetsa (mengukir) kaca adalah
- HF
 - HCl
 - HBr
 - HI
 - HClO
9. Logam kalium lebih reaktif daripada logam natrium, faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah
- logam kalium lebih lunak dari natrium
 - sifat basa kalium lebih kuat dari natrium
 - jari-jari atom kalium lebih panjang dari natrium
 - energi ionisasi kalium lebih rendah dari natrium
 - afinitas elektron kalium lebih besar dari natrium
10. Senyawa berikut yang sering digunakan untuk membuat kue agar dapat berkembang adalah
- NaOH
 - NaHCO₃
 - NaCl
 - KCl
 - Na₂SO₄
11. Untuk menentukan kadar NaClO dalam klorox, maka 1 gram klorox padagangan dilarutkan dalam air sampai volume 20 ml. Kemudian ke dalam larutan tersebut ditambahkan larutan KI berlebih, I₂ yang dihasilkan tepat dititrasi dengan 40 ml larutan Na₂S₂O₃ 0,5 M. Kadar NaClO dalam klorox adalah
- 3,725%
 - 7,45%
 - 37,25%
 - 74,5%
 - 85,5%
12. Diketahui tabel Ksp hidroksida dan garam sulfat dari alkali tanah sebagai berikut:

	Mg	Ca	Sr	Ba
Ksp L(OH) ₂	1 × 10 ⁻¹¹	3,7 × 10 ⁻⁶	1,2 × 10 ⁻⁴	5 × 10 ⁻²
Ksp LSO ₄	10 ⁻²	1,2 × 10 ⁻⁶	3,2 × 10 ⁻⁷	1,5 × 10 ⁻⁹

Dari tabel di atas, kelompok senyawa yang sukar larut dalam air apda kelompoknya adalah

- Mg(OH)₂ dan BaSO₄
- Ba(OH)₂ dan MgSO₄
- Ca(OH)₂ dan SrSO₄
- Sr(OH)₂ dan BaSO₄
- Ba(OH)₂ dan CaSO₄

13. Sebanyak 32,5 gram logam transisi yang bervalensi dua direaksikan dengan larutan HCl menghasilkan 11,2 liter gas hidrogen yang diukur pada keadaan standar. Bila inti atom logam tersebut mengandung 35 neutron, maka logam tersebut dalam SPU menempati
- A. periode 4 golongan II A D. periode 5 golongan V B
 B. periode 4 golongan II B E. periode 4 golongan II B
 C. periode 4 golongan IV B
14. Sebanyak 500 kg bijih besi yang mengandung 80% besi(III) oksida direduksi dalam tanur sembur (Ar Fe = 56, O,16). Besi murni yang dapat dihasilkan dari proses tersebut sebanyak
- A. 28 kg D. 300 kg
 B. 56 kg E. 400 kg
 C. 280 kg
15. Pada pembuatan asam sulfat dengan proses kontak terjadi reaksi kesetimbangan: $2 \text{SO}_2 (g) + \text{O}_2 (g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3 (g)$. Untuk mempercepat tercapainya kesetimbangan tersebut digunakan katalis
- A. NO D. N_2O_3
 B. NO_2 E. Fe_2O_3
 C. V_2O_5

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

- Tuliskan nama dan rumus kimia mineral yang mengandung logam berikut:
 - besi
 - aluminium
 - tembaga
 - krom
 - perak
- Mengapa titik leleh dan titik didih logam transisi periode keempat lebih tinggi daripada alkali dan alkali tanah?
- Sebutkan contoh unsur atau senyawa logam transisi yang digunakan sebagai katalis dalam industri?
- Untuk mendapatkan 280 kg besi murni dan bijih besi yang mengandung 80% besi (III) oksida, beberapa kg mineral bijih besi yang diperlukan? (Ar Fe = 56, O = 16).
- Berapa kg logam aluminium yang dapat diperoleh dari elektrolisis 17,25 bauksit yang mengandung 95% $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Mr = 138)?

Bab

IV

Unsur Radioaktif



Tujuan Pembelajaran

- Setelah mempelajari bab ini, Anda dapat mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya.

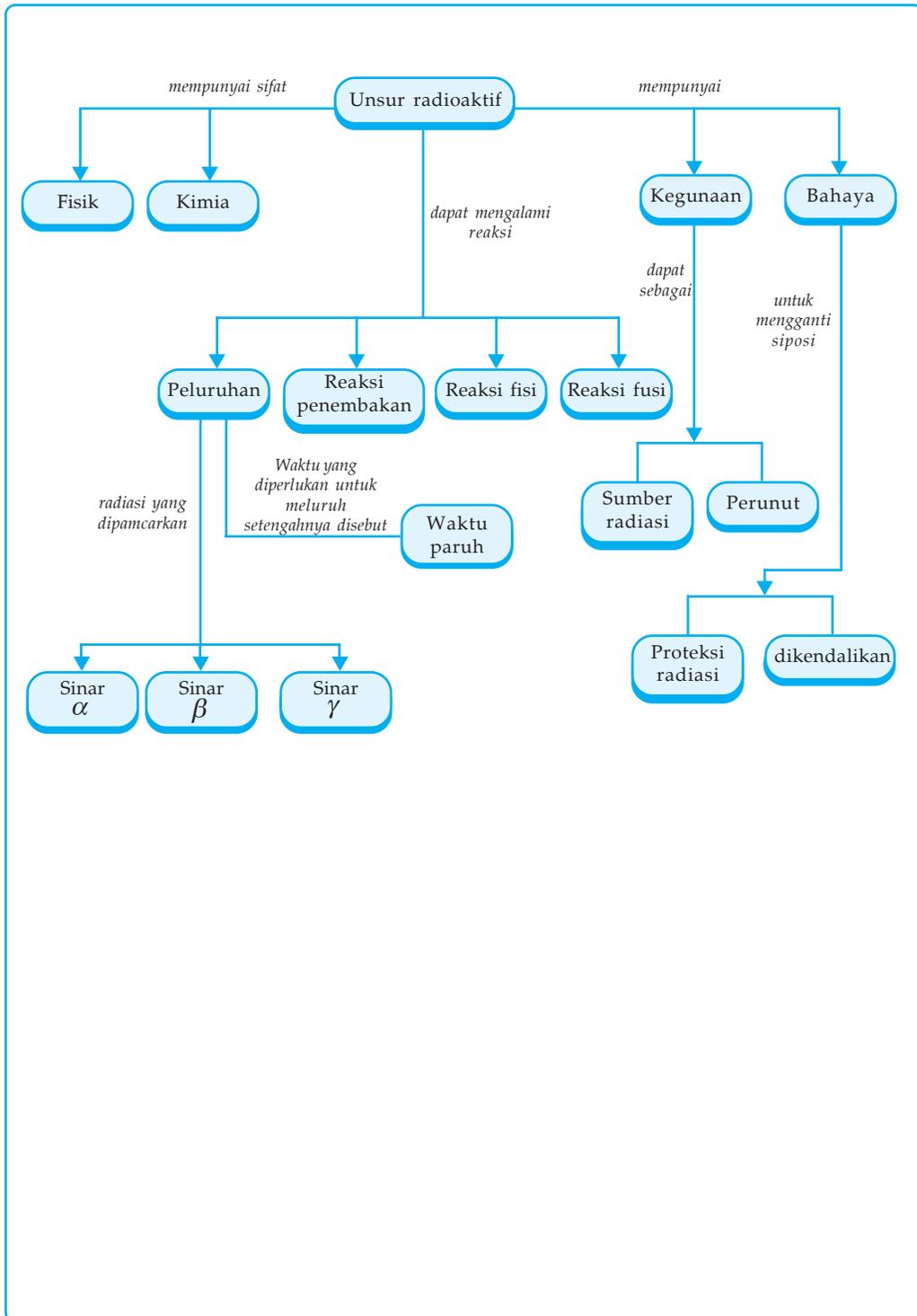
Dengan semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, unsur radioaktif semakin banyak dimanfaatkan untuk menunjang kehidupan manusia. Penemuan bibit unggul, terapi kanker, PLTN dan berbagai penelitian telah banyak memanfaatkan unsur radioaktif baik sebagai sumber radiasi maupun sebagai perunut. Reaksi inti dari unsur radioaktif dapat menghasilkan energi yang sangat dahsyat yang dapat dikendalikan dalam reaktor atom. Reaksi inti radioaktif yang tidak terkendali dapat menimbulkan bahaya dan kerusakan di muka bumi serta mengancam kehidupan.

Pada akhir perang dunia kedua, Amerika Serikat menjatuhkan bom atom di Hiroshima dan Nagasaki yang menyebabkan ratusan ribu penduduk meninggal seketika, dua kota di Jepang tersebut hancur oleh panas yang mencapai 3000°C. Dewasa ini banyak negara-negara yang memiliki instalasi nuklir dan membuat senjata nuklir yang mencemaskan umat manusia.

Akan tetapi kemajuan di bidang IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) khususnya nuklir yang disertai IMTAQ (Iman dan Taqwa) akan memanfaatkan energi nuklir untuk kesejahteraan umat manusia.

Kata Kunci

- unsur radioaktif
- sinar radioaktif
- stabilitas inti
- peluruhan
- deret radioaktif
- radioisotop



A. Sejarah Penemuan Unsur Radioaktif

Berawal dari penemuan sinar X pada tahun 1895 oleh Wilhelm Konrad Rontgen (1845 - 1923) bahwa beberapa unsur dapat memancarkan sinar-sinar tertentu. Para ahli tertarik untuk mengadakan penelitian tentang unsur tersebut. Setahun kemudian Antoine Henre Becquerel (1852 - 1908) mengamati garam uranik sulfat ($K_2UO_2(SO_4)_2$) memancarkan sinar (radiasi) secara spontan. Gejala ini dinamakan keradioaktifan, sedangkan unsur yang memancarkan radiasi disebut unsur radioaktif.

Pada tahun 1898, Marie Sklodowska Curie (1867 - 1934) bersama suaminya, Pierre Curie (1859 - 1906) berhasil menemukan dua unsur radioaktif yaitu Polonium (Po) dan Radium (Ra). Karena jasa mereka di bidang keradioaktifan pada tahun 1903, Henry Bequerel bersama Pierre dan Marie Curie memperoleh hadiah nobel.

B. Sinar Radioaktif

Sinar yang dipancarkan oleh unsur radioaktif memiliki sifat-sifat:

1. dapat menembus lempeng logam tipis;
2. dapat menghitamkan pelat film;
3. dalam medan magnet terurai menjadi tiga berkas sinar.

Pada tahun 1898 Paul Ulrich Villard menemukan sinar radioaktif yang tidak dipengaruhi oleh medan magnet yaitu sinar gamma (γ). Setahun kemudian Ernest Rutherford berhasil menemukan dua sinar radioaktif yang lain, yaitu sinar alfa (α) dan sinar beta (β).

1. Sinar Alfa (α)

Sinar alfa merupakan inti helium (He) dan diberi lambang ${}^4_2\alpha$ atau ${}^4_2\text{He}$.

Sinar α memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. bermuatan positif sehingga dalam medan listrik dibelokkan ke kutub negatif;
- b. daya tembusnya kecil ($\alpha < \beta < \gamma$);
- c. daya ionisasi besar ($\alpha > \beta > \gamma$).

2. Sinar Beta (β)

Sinar beta merupakan pancaran elektron dengan kecepatan tinggi dan diberi lambang ${}^0_{-1}\beta$ atau ${}^0_{-1}e$. Sinar beta memiliki sifat-sifat:

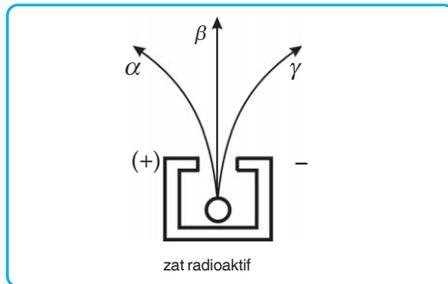
- a. bermuatan negatif sehingga dalam medan listrik dibelokkan ke kutub positif;
- b. daya tembusnya lebih besar dari α ;
- c. daya ionisasinya lebih kecil dari α .

4. Sinar Gamma (γ)

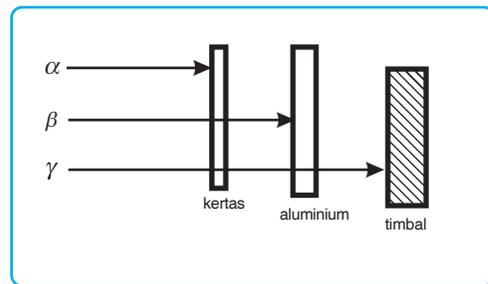
Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang pendek dan diberi lambang ${}^0_0\gamma$. Sinar γ memiliki sifat-sifat:

- tidak bermuatan listrik, sehingga tidak dipengaruhi medan listrik;
- daya tembusnya lebih besar dari α dan β ;
- daya ionisasi lebih kecil dari α dan β .

Selain sinar α , β dan γ unsur radioaktif juga memancarkan partikel yang lain, misalnya positron (elektron positif) ${}^0_{+1}e$, neutron 1_0n , proton 1_1p , deutron 2_1D dan triton 3_1T .



Gambar 4.1 Sinar α dan β dipengaruhi medan listrik.

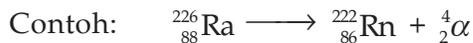


Ilustrasi : Haryana

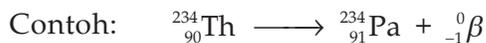
Gambar 4.2 Daya tembus sinar α , β dan γ .

Setelah penemuan keradioaktifan ini, terbukti bahwa dengan reaksi inti suatu unsur dapat berubah menjadi unsur lain. Bila unsur-unsur radioaktif memancarkan sinar α atau β maka akan berubah menjadi unsur lain.

- Bila unsur radioaktif memancarkan sinar α , akan menghasilkan unsur baru dengan nomor atom berkurang dua dan nomor massa berkurang empat.



- Bila unsur radioaktif memancarkan sinar β , akan menghasilkan unsur baru dengan nomor atom bertambah satu dan nomor massa tetap.



Pemancaran sinar γ dari unsur radioaktif tidak menghasilkan unsur baru.

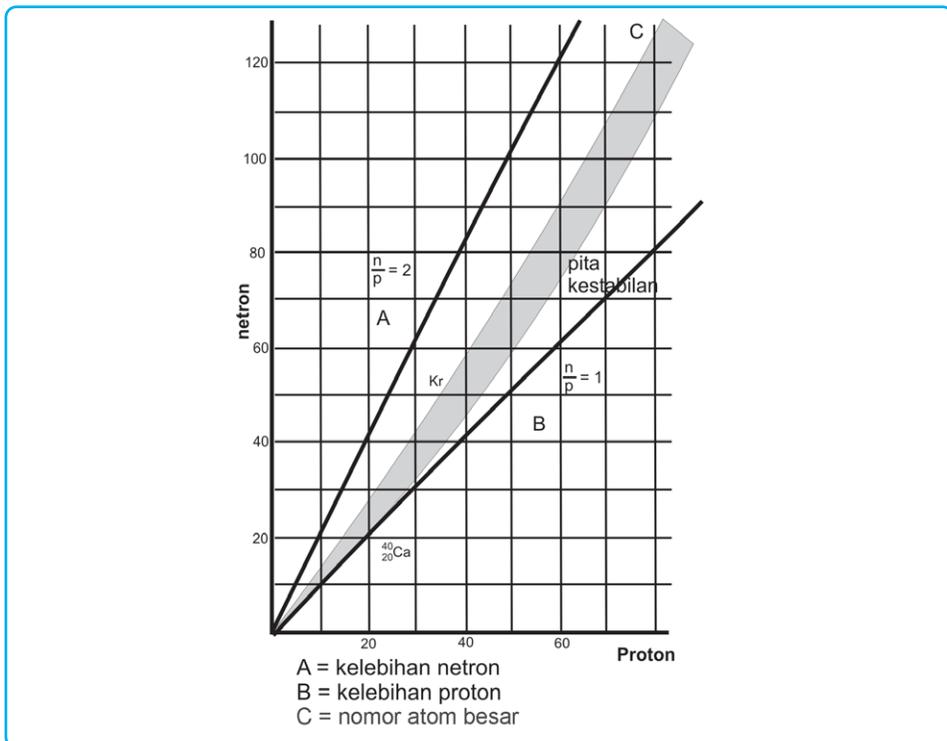
C. Stabilitas Inti

Dalam inti atom terdapat proton dan neutron yang disebut nukleon (partikel penyusun inti). Suatu inti atom (nuklida) ditandai jumlah proton dan jumlah neutron. Secara umum nuklida dilambangkan dengan:

${}^A_Z X$, dimana A = nomor massa = jumlah proton + jumlah neutron
 Z = nomor atom = jumlah proton

Kestabilan inti ditentukan oleh imbangan banyaknya proton dan neutron, karena neutron dalam inti berfungsi menjaga tolak-menolak antarproton. Untuk unsur yang kecil, jumlah neutron sama atau sedikit lebih banyak dari pada proton. Untuk unsur yang berat jumlah neutron lebih banyak daripada proton. Nuklida yang stabil dengan nomor atom terbesar 83 yaitu ${}^{209}_{83}\text{Bi}$, sedangkan nuklida dengan $Z > 83$ tidak stabil.

Stabilitas inti dapat digambarkan sebagai pita kestabilan (*stability belt*) sebagai berikut:



Ilustrasi : Haryana

Gambar 4.3 Grafik pita kestabilan.

Sampai dengan nomor atom 80 inti-inti stabil semakin besar angka banding neutron dengan proton. Inti ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ adalah inti stabil terberat yang angka banding neutron-protonnya adalah 1.

Inti yang tidak stabil (bersifat radioaktif) memiliki perbandingan n/p di luar pita kestabilan, yaitu:

1. di atas pita kestabilan
2. di bawah pita kestabilan
3. di seberang pita kestabilan

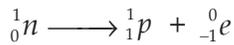
D. Peluruhan

Inti yang tidak stabil akan mengalami peluruhan yaitu proses perubahan dari inti yang tidak stabil menjadi inti yang lebih stabil.

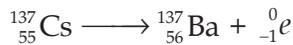
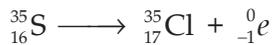
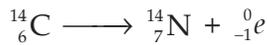
Inti yang terletak di atas pita kestabilan, memiliki harga n/p terlalu besar (kelebihan neutron), akan mencapai kestabilan dengan cara:

- a. Memancarkan sinar β (elektron)

Pada proses ini terjadi perubahan neutron menjadi proton.



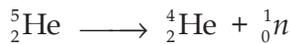
Contoh:



- b. Memancarkan neutron

Proses ini jarang terjadi di alam, hanya beberapa inti radioaktif yang mengalami proses ini.

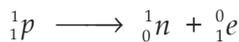
Contoh:



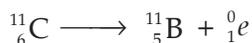
Inti yang terletak di bawah pita kestabilan memiliki harga n/p yang terlalu kecil (kelebihan proton), akan mencapai kestabilan dengan cara:

- a. Memancarkan positron

Pada proses ini terjadi perubahan proton menjadi neutron.

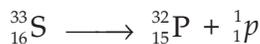


Contoh:



- b. Memancarkan proton (proses ini jarang terjadi)

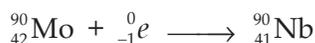
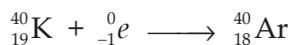
Contoh:



- c. Menangkap elektron

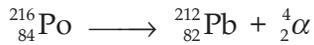
Elektron terdekat dengan inti (elektron di kulit K) ditangkap oleh inti atom sehingga terjadi perubahan ${}^1_1p + {}^0_{-1}e \longrightarrow {}^1_0n$

Contoh:



Inti yang terletak di seberang pita kestabilan ($Z > 83$) mencapai kestabilan dengan cara memancarkan alfa.

Contoh:

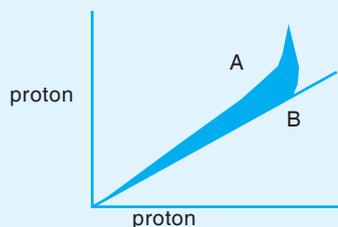


Soal Kompetensi 4.1

- Lengkapilah tabel berikut dengan benar!

Sinar/ Partikel	Massa (sma)	Muatan	Lambang/ Simbol	Jenis Partikel/ Radiasi Elektron Magnetik
a. Alfa				
b. Beta				
c. Gamma				
d. Proton				
e. Neutron				
f. Positron				

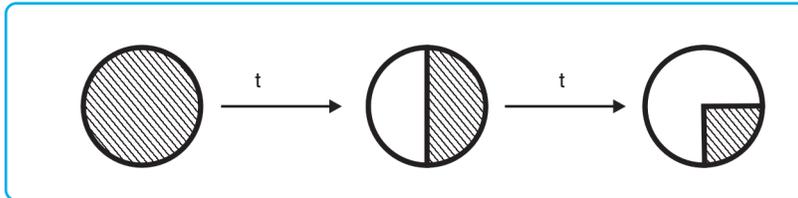
- Pada setiap reaksi kimia berlaku hukum kekekalan massa. Apa yang terjadi bila:
 - ${}_{84}^{212}\text{Po}$ memancarkan sinar α
 - ${}_{8}^{14}\text{C}$ memancarkan sinar β
 - ${}_{27}^{60}\text{Co}$ memancarkan sinar γ
- Unsur radioaktif x menempati golongan VIII A dalam SPU. Bila unsur tersebut memancarkan sinar α , maka tentukan nomor golongan unsur yang baru dalam SPU!
- Jika nuklida ${}_{90}^{234}\text{Th}$ memancarkan partikel alfa dan beta sehingga menjadi ${}_{82}^{206}\text{Pb}$. Berapa jumlah masing-masing partikel yang dipancarkan?
- Perhatikan grafik pita kestabilan berikut!



Dengan cara bagaimanakah radionuklida di daerah A mencapai kestabilan?

E. Kecepatan Peluruhan

Telah kita pelajari bersama bahwa nuklida yang tidak stabil akan mengalami peluruhan menjadi nuklida yang lebih stabil. Kecepatan peluruhan tiap nuklida berbeda-beda tergantung jenis nuklidanya. Bila ditinjau dari segi orde reaksi, peluruhan nuklida radioaktif mengikuti reaksi orde satu. Hal ini dapat kita gambarkan sebagai berikut:



Bila N adalah jumlah zat radioaktif pada waktu t , maka jumlah yang terurai tiap satuan waktu dapat dinyatakan dengan persamaan diferensial, yaitu:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N, \text{ dimana } \lambda = \text{tetapan peluruhan, yang besarnya tergantung jenis}$$

zat radioaktif. Bila persamaan di atas diintegrasikan akan menjadi:

$$-\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t \lambda dt$$

$$-\ln \frac{N}{N_0} = \lambda t$$

$N = N_0 e^{-\lambda t}$, dengan N_0 = jumlah zat radioaktif pada saat $t = 0$ (mula-mula).

Pada gambar di atas tampak bahwa setelah waktu t jumlah zat radioaktif menjadi $\frac{1}{2}$ dari jumlah semula. Dalam hal ini kita mengenal waktu yang diperlukan oleh zat radioaktif untuk meluruh menjadi separuh (setengah) dari jumlah semula, yang dikenal dengan *waktu paruh* ($t = \frac{1}{2}$).

Jadi, pada saat $t = t = \frac{1}{2}$, maka $N = \frac{1}{2} N_0$, sehingga

$$-\ln \frac{N}{N_0} = \lambda t$$

$$\ln \frac{N_0}{N} = \lambda t, \text{ saat } t = t = \frac{1}{2}, N = \frac{1}{2} N_0$$

$$\ln \frac{N_0}{\frac{1}{2} N_0} = \lambda t \frac{1}{2}$$

$$t \frac{1}{2} = \frac{1}{\lambda} \times \ln \frac{N_0}{\frac{1}{2}N_0}$$

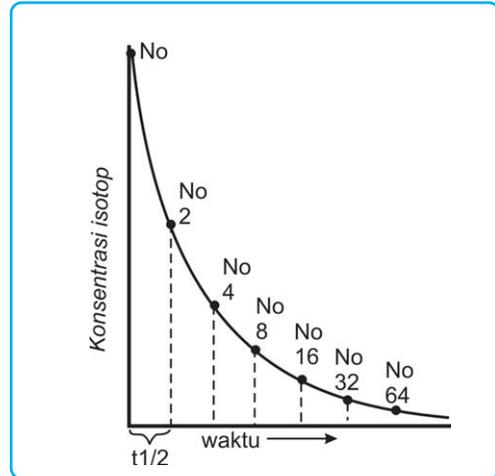
$$t \frac{1}{2} = \frac{1}{\lambda} \ln 2$$

$$t \frac{1}{2} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Bila jumlah zat radioaktif mula-mula = N_0 dan waktu paruh = $t \frac{1}{2}$, maka setelah waktu paruh pertama jumlah zat radioaktif tinggal

$\frac{1}{2}N_0$ dan setelah waktu paruh kedua tinggal $\frac{1}{4}N_0$. Setelah zat radioaktif meluruh selama waktu t , maka zat radioaktif yang tinggal (N), dapat dirumuskan dengan:

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t \frac{1}{2}}} \times N_0$$



Sumber : Ilustrasi Haryana

Gambar 4.4 Grafik peluruhan radioaktif (orde 1) diilustrasikan dengan konsep waktu paruh. Mula-mula banyaknya zat radioaktif N_0 setelah waktu paruh pertama menjadi $\frac{1}{2}N_0$, setelah waktu paruh kedua menjadi $\frac{1}{4}N_0$, dan seterusnya.

Contoh Soal 4.1

Suatu zat radioaktif x sebanyak 12,8 gram dan memiliki waktu paruh 2 tahun. Berapa gram zat radioaktif x yang tersisa setelah 6 tahun?

Jawab:

Diketahui: $N_0 = 12,8$ gram, $t \frac{1}{2} = 2$ tahun, $t = 6$ tahun

Ditanyakan: $A = \dots$

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t \frac{1}{2}}} \times N_0$$

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{6}{2}} \times 12,8$$

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \times 12,8$$

$$N = \frac{1}{8} \times 12,8 = 1,6 \text{ gram}$$

Soal Kompetensi 4.2

1. Setelah disimpan selama 40 hari, massa unsur radioaktif tinggal 6,25% dari massa semula. Berapa hari waktu paruh unsur radioaktif tersebut?
2. Sebanyak 64 gram suatu nuklida radioaktif memiliki waktu paruh 25 hari, berapa gram yang tersisa setelah disimpan 100 hari?
3. Suatu isotop radioaktif pada tanggal 14 Juli 2006 menunjukkan aktivitas 40.000 dps. Berapa dps aktivitas radioaktif tersebut pada tanggal 25 Agustus 2006 pada jam yang sama?
4. Suatu mineral uranium tersusun dari 0,790 gram U-238 dan 0,205 gram Pb-206 yang berasal dari peluruhan U-238. Bila waktu paruh U-238 adalah $4,5 \times 10^9$ tahun, tentukan umur mineral tersebut!
5. Manuskrip kuno bila diukur aktivitas C-14nya 150 cpm. Bila aktivitas C-14 dalam makhluk hidup = 180 cpm dan waktu paruh C-14 adalah 5770 tahun, perkirakan umur manuskrip tersebut!

F. Deret Keradioaktifan

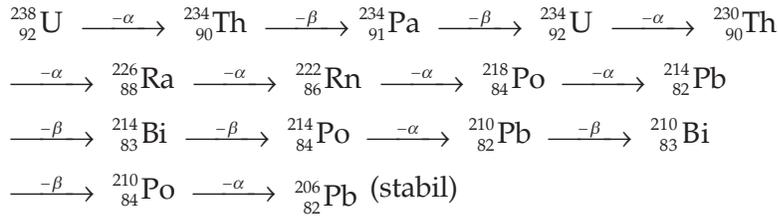
Unsur-unsur radioaktif mengalami peluruhan dengan cara memancarkan sinar alfa, beta, dan gamma yang menghasilkan unsur baru yang pada umumnya juga masih bersifat radioaktif. Unsur hasil transmudasi ini akan meluruh lebih lanjut sehingga terjadi deret peluruhan yang berakhir setelah terbentuk unsur stabil.

Ada empat deret keradioaktifan yang terdiri dari:

- Deret uranium
Deret uranium dimulai dari ${}_{92}^{238}\text{U}$ dan berakhir menjadi ${}_{82}^{206}\text{Pb}$
- Deret aktinium
Deret aktinium dimulai dari ${}_{92}^{235}\text{U}$ dan berakhir menjadi ${}_{82}^{207}\text{Pb}$
- Deret thorium
Deret thorium dimulai dari ${}_{90}^{232}\text{Th}$ dan berakhir menjadi ${}_{82}^{208}\text{Pb}$
- Deret neptunium (buatan)
Deret neptunium dimulai dari ${}_{94}^{241}\text{Pu}$ dan berakhir menjadi ${}_{83}^{209}\text{Bi}$

Contoh:

Deret uranium



Tabel 4.1 Deret Uranium

No.	Nomor Atom	Unsur	Massa Atom	Sinar	$\frac{1}{2}t$
1.	92	U	238	alfa	$4,5 \times 10^9$ th
2.	90	Th	234	beta	24,1 hari
3.	91	Pa	234	beta	1,14 menit
4.	92	U	234	alfa	$2,35 \times 10^5$ th
5.	90	Th	230	alfa	$8,3 \times 10^4$ th
6.	88	Ra	226	alfa	1620 th
7.	86	Rn	222	alfa	3,82 hari
8.	84	Po	218	alfa	3,05 menit
9.	82	Pb	214	beta	26,8 menit
10.	83	Tl	214	beta	19,7 menit
11.	84	Pb	214	beta + alfa	$1,5 \times 10^{-4}$ detik
12.	81	Bi	210	alfa	1,32 menit
13.	82	Po	210	beta	22 th
14.	83	Bi	210	beta	5 th
15.	84	Po	210	beta	140 hari
16.	82	Pb	206	alfa	-

Deret uranium tersebut dapat ditulis secara singkat menjadi:



G. Reaksi Inti

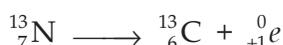
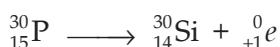
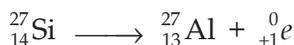
Pada tahun 1919 Rutherford melakukan percobaan dengan menembakkan partikel α pada inti atom nitrogen (${}_{7}^{14}\text{N}$) dan menghasilkan isotop oksigen (${}_{8}^{17}\text{O}$).



Reaksi tersebut merupakan reaksi transformasi pertama yang dilakukan manusia. Kemudian disusul oleh Irene Curie dan suaminya Frederick Joliot pada tahun 1933 yang melakukan percobaan dengan menambahkan partikel α terhadap magnesium, aluminium, dan boron.



Nuklida-nuklida yang dihasilkan masih bersifat radioaktif yang selanjutnya mengalami peluruhan dengan memancarkan positron.



Dari percobaan-percobaan tersebut dapat disimpulkan suatu nuklida dapat diubah menjadi nuklida lain melalui reaksi inti. Dengan demikian, isotop-isotop radioaktif dapat dibuat di laboratorium dengan cara penembakan (reaksi inti).

Reaksi inti dapat digolongkan menjadi 3, yaitu sebagai berikut.

a. Reaksi Penembakan

Pada reaksi penembakan dapat digunakan partikel-partikel ringan (α , p , n , d) atau partikel-partikel berat (${}^{12}\text{C}$, ${}^{14}\text{N}$, ${}^{16}\text{O}$) sebagai partikel penembak.

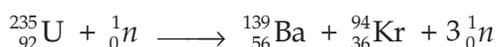
Contoh:



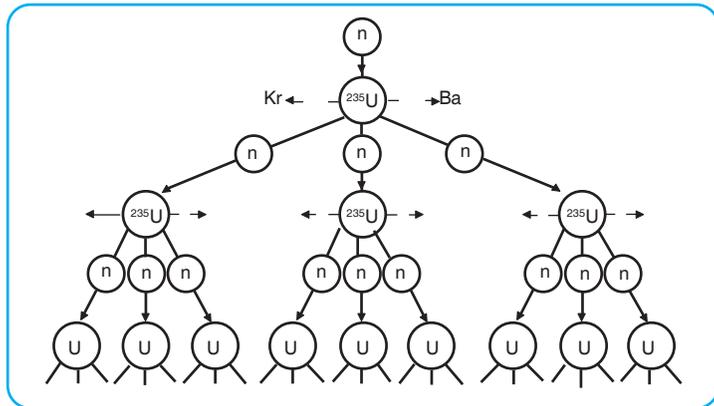
b. Reaksi Pembelahan (Fisi)

Reaksi fisi adalah reaksi pembelahan nuklida menjadi dua nuklida yang hampir sama.

Contoh:



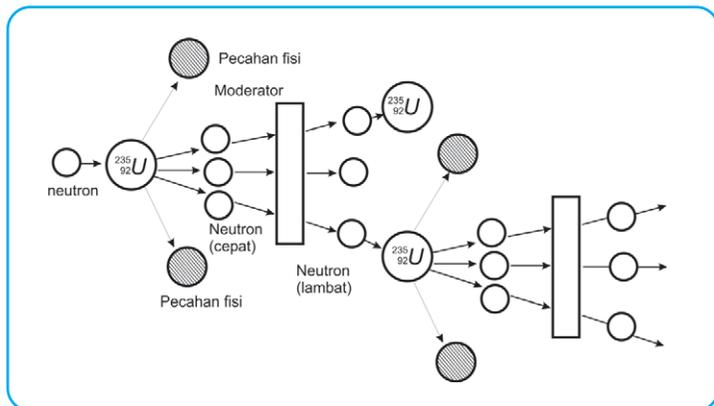
Nuklida-nuklida hasil reaksi fisi ${}_{92}^{235}\text{U}$ lebih stabil, dan neutron yang dipancarkan dapat menembak ${}_{92}^{235}\text{U}$ yang lain yang terjadi secara berantai. Bila reaksi berantai tidak dikendalikan, akan menghasilkan energi yang sangat besar seperti bom atom yang dijatuhkan di Hiroshima dan Nagasaki.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 4.5 Reaksi berantai dari fisi uranium dengan neutron.

Reaksi fisi dapat dikendalikan dalam reaktor atom dengan mengatur neutron yang dihasilkan agar hanya sebagian yang menumbuk $^{235}_{92}\text{U}$ sehingga dapat memperlambat reaksi fisi. Dengan pengendalian ini, reaksi fisi dapat untuk PLTN pembangkit listrik tenaga nuklir.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 4.6 Prinsip reaktor atom yaitu mengurangi kecepatan neutron hasil fisi dengan pengatur yang terbuat dari karbon murni

c. Reaksi Fusi

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



Dengan reaksi inti kita dapat membuat unsur radioaktif dari unsur yang stabil.

Contoh:

- Pembuatan isotop radioaktif C-14 dari N-14 dengan cara menembak N-14 dengan neutron.



- Pembuatan isotop radioaktif P-32 dengan cara menembak S-32 dengan neutron.



Pada beberapa hal, reaksi inti berbeda dengan reaksi kimia biasa. Perbedaan kedua reaksi tersebut adalah sebagai berikut:

Reaksi Inti	Reaksi Kimia Biasa
1. Terjadi perubahan struktur inti atom membentuk unsur baru. Contoh: ${}_{12}^{24}\text{Mg} + {}_{2}^{4}\text{He} \longrightarrow {}_{14}^{27}\text{Si} + {}_{0}^{1}n$	1. Tidak terjadi perubahan struktur inti atom (hanya perubahan pengelompokan atom-atom). Contoh: $\text{Mg} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
2. Massa sebelum dan sesudah reaksi dapat berubah karena sebagian massa diubah menjadi energi.	2. Massa sebelum dan sesudah reaksi tetap.

Soal Kompetensi 4.3

1. Bandingkan sinar α , β , dan γ dalam hal:
 - a. daya tembus,
 - b. daya ionisasi,
 - c. kecepatan merambat!
2. Pada pemancaran radiasi berikut:

$${}_{88}^{224}\text{Ra} \longrightarrow {}_{86}^{220}\text{Ru} + x$$
, apakah x ?
3. Apakah yang terjadi bila unsur radioaktif ${}_{Z}^AX$ memancarkan sinar α ?
4. Suatu unsur radioaktif setelah memancarkan sinar β menghasilkan unsur stabil yang letaknya pada golongan VA dalam SPU. Golongan berapakah unsur radioaktif tersebut?
5. Bilamana unsur radioaktif berubah menjadi isotopnya?

H. Penggunaan Tenaga Atom dan Radioisotop

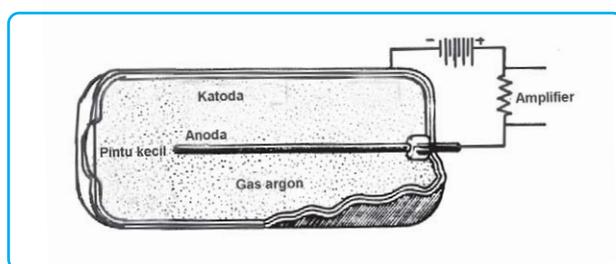
Penggunaan tenaga atom dan radioisotop didasarkan pada prinsip berikut:

1. Sebagai Sumber Energi

Reaksi fisi dan fusi menghasilkan energi yang sangat besar. Energi dari reaksi ini dapat digunakan sebagai sumber energi yang dapat menggantikan bahan bakar minyak dan batu bara.

2. Sebagai Perunut

Radiasi yang dipancarkan radioisotop dapat diikuti dengan detektor. Dengan demikian perpindahan/gerak radioisotop dapat terdeteksi.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 4.7 Detektor Geiger – Muller.

Partikel α atau β yang masuk ke dalam tabung Geiger akan mengionkan gas dalam tabung tersebut. Ion yang terjadi memungkinkan pula arus listrik di antara dua elektroda. Pulsa listrik dikuatkan dengan amplifier selanjutnya akan terbaca pada pengukur.

3. Radiasi Mempengaruhi Materi

Radiasi dari radioisotop dapat mengionkan materi yang dilaluinya. Dengan demikian materi yang terkena radiasi dapat mengalami perubahan sifat.

4. Materi Mempengaruhi Radiasi

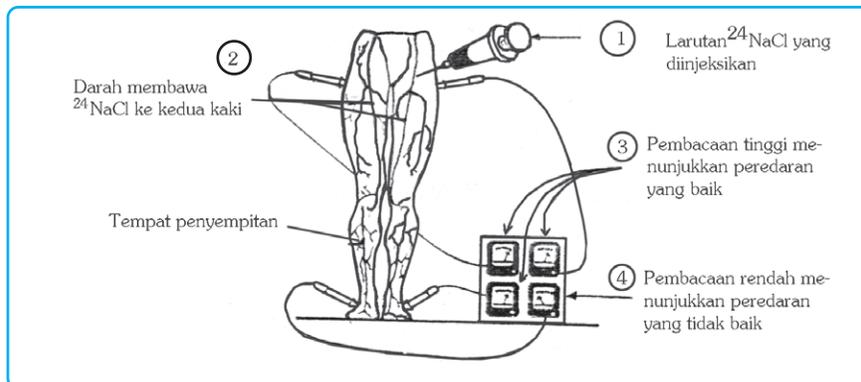
Radiasi dari radioisotop yang melewati materi intensitasnya akan berkurang. Berkurangnya intensitas radiasi dapat untuk menentukan sifat materi yang dilalui, misalnya kerapatan dan ketebalan suatu materi.

Berdasar prinsip-prinsip di atas radioisotop digunakan dalam berbagai bidang, yaitu sebagai berikut.

1. Bidang Kimia

Radioisotop digunakan dalam bidang kimia antara lain untuk mempelajari mekanisme reaksi, pengaruh katalis pada reaksi, mengidentifikasi unsur dan menentukan konsentrasi suatu unsur dalam bahan.

Na-24 dalam larutan NaCl diinjeksikan ke dalam pembuluh darah untuk mengetahui penyempitan atau gangguan sistem peredaran darah. Aliran larutan NaCl dipantau dengan detektor sehingga adanya penyempitan pembuluh darah akan terdeteksi. Adanya penyempitan pembuluh darah atau peredaran darah yang tidak baik ditunjukkan dengan pembacaan rendah dari detektor.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 4.9 Larutan $^{24}\text{NaCl}$ digunakan untuk mengetahui penyempitan pembuluh darah atau gangguan lain.

4. Bidang Teknik dan Industri

Dalam bidang teknik dan industri, sinar yang dipancarkan isotop digunakan untuk mengukur ketebalan bahan, menentukan kerapatan sambungan logam, kebocoran bendungan dan pipa bawah tanah dan mengukur kepadatan aspal/ beton landasan pacu lapangan udara dan jalan raya.

5. Bidang Pertanian

Dalam bidang pertanian radioisotop digunakan untuk mempelajari cara pemupukan tanaman, pemberantasan hama, pengawetan hasil panen dan memperoleh bibit unggul. Sinar gamma dari isotop Co-60 atau Ce-137 untuk iradiasi agar terjadi mutasi yang menghasilkan varietas yang unggul. Umbi-umbian dan biji-bijian dapat diawetkan dengan cara menunda pertunasan secara iradiasi.

i. Produksi Radioisotop

Radioisotop yang digunakan untuk berbagai keperluan diproduksi dalam reaktor atom. Produksi radioisotop di Indonesia dikelola oleh Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN).

Sampai sekarang Indonesia telah memiliki 3 reaktor atom, yaitu sebagai berikut.

1. Reaktor Trigamark II (*Training Research Isotop Production General Atomic Type Mark II*) di Bandung.

2. Reaktor Kartini di Yogyakarta.
3. Reaktor Serbaguna G.A. Siwabessy di Serpong.

Reaktor Kartini merupakan reaktor penelitian untuk keperluan riset, sedangkan reaktor Trigamark II dan reaktor serbaguna G.A. Siwabessy selain untuk penelitian juga untuk produksi radioisotop yang diperlukan oleh BATAN dan beberapa instansi seperti rumah sakit dan perguruan tinggi.

Beberapa radioisotop yang telah diproduksi Reaktor Trigamark, antara lain I-131, I-125, P-32, Mo-99, S-35, Co-60, dan Fe-59. Selain itu, energi yang dihasilkan oleh reaksi nuklir dalam reaktor atom dapat digunakan untuk pembangkit listrik yang dikenal dengan PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). Indonesia telah merencanakan dan mensosialisasikan pendirian PLTN. Doakan agar rencana tersebut berjalan lancar dan membawa manfaat bagi bangsa Indonesia.

Kolom Diskusi

Nuklir atau Batu Bara

Penggunaan energi nuklir atau batu bara untuk pembangkit listrik menimbulkan pro dan kontra. Pembangkit listrik tenaga nuklir serupa dengan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara, gas, atau minyak dalam hal masing-masing menghasilkan kalor untuk menguapkan air yang digunakan untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan arus.

Keuntungan batu bara sebagai bahan bakar adalah teknologi dan pembuangan limbahnya telah dikenal baik dan di Indonesia tersedia batu bara yang cukup banyak. Tetapi bila batu bara terus digunakan, maka persediaan semakin menipis. Pencemaran udara oleh asap, gas SO_2 dan CO_2 akibat pembakaran bahan bakar fosil cukup menggelisahkan.

Di lain pihak, penggunaan energi nuklir lebih hemat dan tidak banyak menghasilkan polutan. Dari sedikit uranium dioksida UO_2 dapat menghasilkan energi yang setara dengan energi yang dihasilkan pembakaran 808 kg batu bara.

Salah satu aspek yang tidak menyenangkan dari instalasi tenaga nuklir adalah kegagalan untuk menyediakan pembuangan yang aman dari limbah radioaktif. Sampai sekarang, rekor keamanan industri nuklir adalah baik dalam melindungi masyarakat umum dan kenyamanannya, meskipun banyak kecaman bahwa rekor itu

tidak cukup bagus. Meskipun begitu, tenaga nuklir mempunyai banyak karakteristik positif untuk dipertimbangkan. Agaknya tenaga nuklir tidak lebih mahal daripada batu bara, minyak, atau gas.

Suatu instalasi nuklir yang dijalankan dengan baik tidak meloloskan radiasi ke lingkungan dalam jumlah yang berarti dan secara keseluruhan menimbulkan pencemaran yang jauh lebih sedikit daripada instalasi tenaga berbahan bakar batu bara, sehingga dikenal teknologi nuklir aman.

Dari beberapa pertimbangan di atas, diskusikan tentang rencana pembangunan PLTN di Indonesia yang telah disosialisasikan melalui televisi dan media yang lain!

Soal Kompetensi 4.5

1. Apakah perbedaan prinsip dasar penggunaan radioisotop untuk mematikan sel-sel kanker dengan untuk mengetahui penyempitan pembuluh darah?
2. Jelaskan cara menggunakan radioisotop untuk mendeteksi adanya kebocoran pipa minyak dalam tanah!
3. Apakah keuntungan sterilisasi dengan cara iradiasi?
4. Sebutkan beberapa contoh penggunaan radioisotop dalam bidang:
 - a. kimia
 - b. biologi
 - c. pertamina
 - d. kedokteran
 - e. industri
5. Jelaskan dengan gambar prinsip pembangkit listrik tenaga nuklir!

Tokoh

Antoine Henri Becquerel (1852–1908)

Becquerel lahir di Paris pada tanggal 15 Desember 1852 dan meninggal pada tanggal 25 Agustus 1908 di Croisic. Dia merupakan ahli fisika Prancis yang menemukan radioaktivitas. Penemuan ini membuat Becquerel disebut sebagai Bapak Fisika Nuklir dan Bapak Fisika Atom Modern. Becquerel bersama Pierre Curie dan Marie Curie mendapat hadiah Nobel untuk fisika.



Info Kimia

Deteksi Radiasi

Untuk mendeteksi pancaran zat-zat radioaktif yang tidak tampak, telah dikembangkan beberapa metode pendeteksian yang semuanya didasarkan pada fakta bahwa elektron dipindahkan pada tingkatan energi yang lebih tinggi dalam atom dan molekul yang dipengaruhi oleh pemancaran itu.

Salah satu metode tersebut adalah pencacah pengion gas yang dikenal dengan pencatat Geiger–Muller. Alat ini terdiri atas silinder logam yang di tengahnya dipasang kawat wolfram. Dalam silinder diisi gas (H_2 atau Ar) yang dicampur dengan uap alkohol atau aseton dengan tekanan rendah ± 10 cmHg. Silinder logam sebagai katoda dan kawat sebagai anoda. Di antara kedua elektrode ini diberi tegangan listrik yang tinggi ± 1.000 volt. Jika sinar radioaktif masuk, maka terbentuk ion-ion dan elektron bebas. Elektron-elektron ini bergerak ke arah kawat lalu menimbulkan denyut arus. Denyut arus ini diperkuat dengan amplifier kemudian diperdengarkan dengan penguat suara atau dicatat dengan pesawat penghitung.



Rangkuman

1. Gejala keradioaktifan pertama kali ditemukan oleh Antoine Henri Becquerel dalam garam uranil sulfat.
2. Sinar radioaktif memiliki sifat-sifat, yaitu dapat menembus lempeng logam tipis, dapat menghitamkan pelat film, dan dalam medan magnet terurai menjadi tiga berkas sinar (α , β , γ).
3. Bila unsur radioaktif memancarkan sinar α , akan menghasilkan unsur baru dengan nomor atom berkurang dua dan nomor massa berkurang empat.

4. Bila unsur radioaktif memancarkan sinar β , akan menghasilkan unsur baru dengan nomor atom bertambah satu dan nomor massa tetap.
5. Inti yang memiliki harga $\frac{n}{p}$ terlalu besar akan mencapai kestabilan dengan cara memancarkan sinar β atau memancarkan neutron.
6. Inti yang memiliki $\frac{n}{p}$ terlalu kecil, akan mencapai kestabilan dengan cara memancarkan positron, memancarkan proton, atau menangkap elektron.
7. Inti yang memiliki nomor atom $Z > 83$ mencapai kestabilan dengan cara memancarkan sinar α .

Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

1. Gejala keradioaktifan pertama kali diamati oleh ...
 - A. Rontgen
 - D. Becquerel
 - B. Rutherford
 - E. Marie Curie
 - C. Villard
2. Sinar yang dipancarkan oleh peluruhan unsur radioaktif, maka yang tidak bermassa dan tidak bermuatan adalah sinar ...
 - A. alfa
 - D. elektron
 - B. beta
 - E. positron
 - C. gamma
3. Perhatikan tabel sifat partikel atau sinar yang dipancarkan oleh zat radioaktif berikut!

Partikel	Massa	Muatan	Simbol
P	4	+2	4_2X
Q	0	-1	${}^0_{-1}X$
R	0	0	0_0X
S	1	0	1_0X
T	1	0	1_1X

- Partikel Q dan S berturut-turut adalah
- A. alfa dan beta
 B. beta dan neutron
 C. neutron dan beta
 D. proton dan neutron
 E. beta dan proton
4. Bila unsur radioaktif memancarkan sinar beta (β), maka unsur tersebut
- A. berat atom dan nomor atomnya tetap
 B. menjadi unsur yang pada sistem berkala tempatnya satu kotak di depan unsur yang asli
 C. menjadi unsur yang pada sistem berkala tempatnya dua kotak di depan unsur yang asli
 D. menjadi unsur dengan nomor atom bertambah satu
 E. menjadi unsur yang tidak disebut oleh pernyataan-pernyataan di atas
5. Pada reaksi inti ${}^9_4\text{Be} + \alpha \longrightarrow {}^{12}_6\text{C} + x$, maka x adalah
- A. proton
 B. neutron
 C. positron
 D. elektron
 E. sinar gamma γ
6. Atom ${}^7_3\text{Li}$ bila ditembak dengan elektron akan menghasilkan
- A. 1α dan 3 p
 B. 1α dan 2 n
 C. 1α dan 3 n
 D. 2α dan 3 n
 E. 2 e dan 3 n
7. Reaksi inti berikut yang dapat menghasilkan inti helium adalah
- A. ${}^{214}_{83}\text{Bi} \longrightarrow {}^{214}_{84}\text{Po}$
 B. ${}^{230}_{90}\text{Th} \longrightarrow {}^{226}_{88}\text{Ra}$
 C. ${}^{233}_{90}\text{Th} \longrightarrow {}^{233}_{90}\text{Pa}$
 D. ${}^{24}_{13}\text{Al} \longrightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg}$
 E. ${}^{239}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{239}_{93}\text{Np}$
8. Radioisotop Co-60 digunakan untuk terapi kanker karena
- A. Co-60 memancarkan sinar gamma (γ)
 B. Co-60 memancarkan sinar alfa (α)
 C. Co-60 memiliki waktu paruh pendek
 D. radiasi yang dipancarkan Co-60 dapat diseleksi
 E. peluruhan Co-60 memerlukan waktu yang lama
9. Pasangan unsur di bawah ini yang keduanya bersifat radioaktif adalah
- A. Ra dan Pb
 B. Pb dan Mg
 C. U dan Co
 D. Ra dan U
 E. Au dan Th

10. Pada peluruhan ${}^{228}_{90}\text{Th}$ menjadi ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ disertai pemancaran
- 6 partikel α dan 2 partikel β
 - 5 partikel α dan 1 partikel β
 - 4 partikel α dan 1 partikel β
 - 4 partikel α dan 2 partikel β
 - 3 partikel α dan 1 partikel β
11. Suatu unsur radioaktif dalam sistem periodik menempati golongan VI A meluruh disertai pemancaran sinar α dan menghasilkan nuklida baru, yang dalam sistem periodik menempati golongan
- II A
 - III A
 - IV A
 - V A
 - VII A
12. Suatu unsur radioaktif dengan massa 0,04 gram yang memiliki waktu paruh 12 jam. Setelah 3 hari massa unsur radioaktif yang tersisa adalah
- $1,25 \times 10^{-3}$ gram
 - $1,25 \times 10^{-4}$ gram
 - $2,50 \times 10^{-4}$ gram
 - $6,25 \times 10^{-3}$ gram
 - $6,25 \times 10^{-4}$ gram
13. Suatu unsur radioaktif mempunyai waktu paruh 6 tahun. Unsur tersebut akan tersisa 12,5% setelah disimpan selama
- 9 tahun
 - 12 tahun
 - 18 tahun
 - 24 tahun
 - 32 tahun
14. Sepotong tulang binatang purba menunjukkan aktivitas karbon-14 = 1,9125 dpm. Bila waktu paruh C-14 dalam makhluk hidup adalah 15,3 dpm, dapat diperkirakan umur tulang tersebut adalah
- 8.502 tahun
 - 9.500 tahun
 - 12.005 tahun
 - 17.004 tahun
 - 34.008 tahun
15. Bila pada tanggal 18 November 2007 suatu unsur radioaktif X masih 8 gram dan pada tanggal 28 November 2007 masih 2 gram, massa unsur X pada tanggal 3 November 2007 diperkirakan
- 16 gram
 - 32 gram
 - 64 gram
 - 96 gram
 - 128 gram

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

1. Bila ${}_{92}^{238}\text{U}$ meluruh menjadi ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ disertai pemancaran partikel α dan β , berapa jumlah partikel masing-masing yang dipancarkan? Tuliskan persamaan reaksinya!
2. 25 gram suatu batuan mengandung 4,9 gram radionuklida ${}_{97}^{245}\text{Bk}$ dan 33,74 gram nuklida ${}_{95}^{241}\text{Am}$ yang berasal dari peluruhan ${}_{97}^{245}\text{Bk}$. Bila waktu paro ${}_{97}^{245}\text{Bk}$ adalah 50 tahun, perkirakan umur batuan tersebut!
3. Suatu fosil kuno memiliki aktivitas C-14 sebesar 150 cpm. Jika aktivitas C-14 adalah 5770 tahun, tentukan umur fosil tersebut!
4. Apakah kegunaan radioisotop berikut: sebagai perunut atautkah sumber radiasi?
 - a. O-18
 - b. P-32
 - c. Tc-99m
5. Suatu tulang binatang purba menunjukkan keaktifan karbon-14 = 1,9125 dpm. Bila waktu paro C-14 adalah 5668 tahun dan keaktifan karbon-14 adalah makhluk hidup 15,3 dpm. Perkirakan umur tulang binatang purba tersebut!



Ulangan Semester 1

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d, atau e di depan jawaban yang paling benar! Kerjakan di buku kerja Anda!

- Bila diketahui tekanan uap pelarut murni P° , tekanan uap larutan P , fraksi mol zat terlarut X_B dan fraksi mol pelarut X_A , maka penurunan tekanan uap (ΔP) larutan dapat dirumuskan
 - $\Delta P = X_A P^\circ$
 - $\Delta P = X_B P^\circ$
 - $\Delta P = (X_B - 1)P^\circ$
 - $\Delta P = (X_A - 1)P^\circ$
 - $\Delta P = (1 - X_B)P^\circ$
- 450 gram suatu zat nonelektrolit dilarutkan dalam 2 kg air mendidih pada suhu $100,65^\circ\text{C}$ (kb air = 0,52), maka massa molar zat tersebut adalah
 - 18
 - 36
 - 90
 - 180
 - 100
- 100 gram lemak dilarutkan dalam 1 kg benzena ($K_f = 5,1$) membeku pada $0,34^\circ\text{C}$ di bawah titik beku benzena murni, maka Mr lemak adalah
 - 1.500
 - 1.000
 - 500
 - 300
 - 150
- Dari suatu percobaan titik beku beberapa larutan diperoleh data sebagai berikut:

Larutan	Molaritas (m)	Titik Beku ($^\circ\text{C}$)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	0,1	-0,186
NaCl	0,1	-0,372
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	0,1	-0,372
NaCl	0,1	-0,744
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0,1	- 0,186
NaCl	0,1	- 0,116

- Dari percobaan di atas dapat disimpulkan bahwa titik baku larutan tergantung pada
- molalitas larutan
 - molaritas larutan
 - fraksi mol zat larutan
 - jumlah partikel zat terlarut
 - jenis zat terlarut
- Titik didih suatu elektrolit MX adalah $102,8^{\circ}\text{C}$, jika dihitung dengan hukum Raoult diharapkan hanya 102°C , maka derajat ionisasi elektrolit tersebut adalah
 - 0,9
 - 0,8
 - 0,7
 - 0,5
 - 0,4
 - Bila larutan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 0,2 M memiliki titik beku $-3,72^{\circ}\text{C}$, maka pada pelarut yang sama larutan NaCl dibuat dengan melarutkan 5,85 gram NaCl 0,1 dalam 1 kg air ($A_r \text{ Na} = 23, \text{ Cl} = 35,5$) diperkirakan membeku pada suhu
 - $-7,440^{\circ}\text{C}$
 - $-3,720^{\circ}\text{C}$
 - $-0,744^{\circ}\text{C}$
 - $-0,372^{\circ}\text{C}$
 - $-0,186^{\circ}\text{C}$
 - Suatu larutan elektrolit dalam air membeku pada suhu $-0,75^{\circ}\text{C}$. Bila $K_b = 0,52$ dan $K_f = 1,86$, maka larutan tersebut mendidih pada suhu $^{\circ}\text{C}$.
 - 99,8
 - 100
 - 100,2
 - 100,4
 - 100,8
 - Pada reaksi $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}_2\text{SO}_4$ setiap mol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dapat mengoksidasi $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ sebanyak
 - 0,5 mol
 - 1 mol
 - 1,5 mol
 - 2 mol
 - 3 mol
 - Diketahui reaksi: $2\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \longrightarrow 2\text{Ag}(\text{s}) + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ notasi sel volta dari reaksi di atas adalah
 - $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+} // \text{Ag}/\text{Ag}^+$
 - $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu} // \text{Ag}/\text{Ag}^+$
 - $\text{Ag}^+ / \text{Ag} // \text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$
 - $\text{Ag} / \text{Ag}^+ // \text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$
 - $\text{Ag}^+ // \text{Cu}/\text{Ag}/\text{Cu}^{2+}$
 - $\text{Mg}/\text{Mg}^{2+} // \text{Pb}^{2+}/\text{Pb} \quad E^{\circ} = 2,21 \text{ volt}$
 $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} \quad E^{\circ} = 1,10 \text{ volt}$
 $\text{Pb}/\text{Pb}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} \quad E^{\circ} = 0,47 \text{ volt}$
 Maka harga potensial sel dari $\text{Mg}/\text{Mg}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ adalah
 - 0,12 volt
 - 0,21 volt
 - 0,57 volt
 - 2,00 volt
 - 2,68 volt

11. Diketahui potensial sel standar:

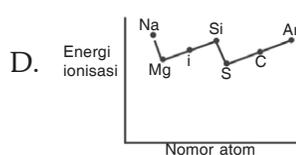
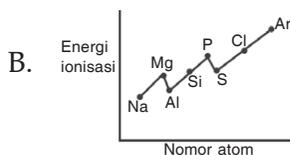
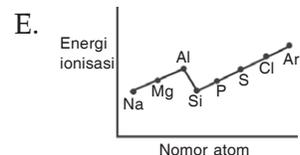
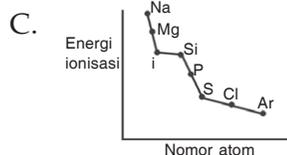
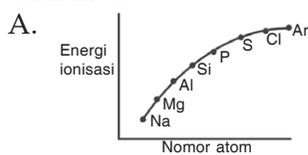


Pernyataan yang benar untuk sel yang disusun dari elektroda besi dan perak adalah

- A. sebagai katodanya adalah Fe
 - B. notasi sel $\text{Ag}/\text{Ag}^+//\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$
 - C. katoda Fe mengalami reduksi
 - D. ion Ag^+ mengalami reduksi pada katode menjadi Ag
 - E. Harga E° sel = 2,04 volt
12. Untuk menentukan kadar air brom, maka 100 mL larutan yang mengandung Brom dimasukkan ke dalam larutan KI berlebihan. Kemudian dititrasi dengan larutan tiosulfat menghasilkan 80 ml 0,25 M. (A_r , Br = 80). Kadar brom dalam larutan tersebut adalah
- A. 4 gram/L
 - B. 8 gram/L
 - C. 16 gram/L
 - D. 80 gram/L
 - E. 160 gram/L
13. Sebanyak 500 mL larutan $\text{CuSO}_4 = 0,02 \text{ M}$ di elektrolisis sampai semua ion Cu^{2+} mengendap. Bila volume larutan dianggap tetap, maka pH larutan yang terjadi sebesar
- A. $4 - \log 2$
 - B. $4 + \log 2$
 - C. $2 - \log 2$
 - D. $2 - \log 4$
 - E. $4 - \log 4$
14. Menurut persamaan reaksi berikut:
- $$\text{KMnO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Dari 100 gram KMnO_4 ($M_r = 158$) dapat menghasilkan gas klor ($A_r \text{Cl} = 35,5$) sebanyak
- A. 70,9 gram
 - B. 99,5 gram
 - C. 112 gram
 - D. 113 gram
 - E. 115 gram
15. Diketahui lima logam : Be, K, Mg, Na, dan Rb serta lima harga energi ionisasi (dalam kJ/mol) : 403, 419, 496, 738, dan 900. Energi ionisasi 738 kJ/mol dimiliki oleh
- A. Be
 - B. Na
 - C. Mg
 - D. Rb
 - E. k
16. Di antara sifat-sifat berikut yang paling sesuai dengan unsur-unsur golongan IIA, jika dibandingkan dengan unsur-unsur golongan I A adalah
- A. potensial ionisasi lebih besar
 - B. jari-jari ion lebih besar
 - C. sifat basa lebih kuat
 - D. reduktor yang lebih kuat
 - E. titik didih lebih rendah

17. Jari-jari $_{12}\text{Mg}$ lebih kecil dari $_{11}\text{Na}$, hal ini karena jumlah
- kulit Mg lebih sedikit dari Na
 - subkulit Mg lebih sedikit dari Na
 - elektron Mg lebih sedikit dari Na
 - proton dalam inti dari Mg lebih banyak dari Na
 - proton dalam inti dari Mg lebih kecil dari Na
18. Senyawa hidroksida logam alkali tanah yang dalam bentuk suspensi digunakan sebagai obat sakit lambung adalah
- $\text{Be}(\text{OH})_2$
 - $\text{Mg}(\text{OH})_2$
 - $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - $\text{Sr}(\text{OH})_2$
 - $\text{Ba}(\text{OH})_2$
19. Larutan asam sulfat dielektrolisis dengan elektroda platina dengan muatan listrik 4 faraday. Bila diukur pada suhu 0°C dan tekanan 76 cmHg gas hidrogen yang dihasilkan di katoda sebanyak
- 1,12 liter
 - 2,24 liter
 - 4,48 liter
 - 22,4 liter
 - 44,8 liter
20. Dari beberapa konfigurasi elektron berikut:
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
 - $1s^2 2s^1$
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
- Yang merupakan konfigurasi elektron dari unsur alkali adalah
- 1, 2, dan 3
 - 1, 3, dan 4
 - 2 dan 4
 - 4 saja
 - 1, 2, 3, dan 4
21. Elektrolisis yang menghasilkan logam alkali adalah
- leburan AlCl_3 dengan elektroda Pt
 - larutan NaCl dengan elektroda C
 - leburan KCl dengan elektroda C
 - larutan NaOH dengan elektroda C
 - larutan KNO_3 dengan elektroda Au

22. Grafik energi ionisasi pertama dari unsur-unsur periode ketiga yang benar adalah



23. Tabel sifat-sifat unsur periode ketiga

Unsur	S	T	U
Fase	Padat	Padat	Padat
Energi ionisasi	406	1.012	1.527
Struktur molekul	Kristal logam	Kristal logam	Kristal logam
Jari-Jari atom (A)	1,86	1,52	1,33

Urutan unsur-unsur tersebut menurut kenaikan nomor atomnya adalah....

- A. T, U, dan S
 B. S, T, dan U
 C. S, U, dan T
 D. U, T, dan S
 E. T, S, dan U
24. Pada pengolahan logam aluminium secara elektrolisis digunakan antara lain bauksit, kriolit, karbon dan energi listrik. Pernyataan yang benar adalah
- A. kriolit sebagai bahan tambahan setelah bauksit untuk memperbesar persentase Al
 B. kriolit untuk menurunkan titik leleh bauksit
 C. energi listrik untuk melelehkan bauksit
 D. karbon digunakan sebagai bahan bakar
 E. karbon digunakan untuk mereduksi bauksit
25. Pada elektrolisis 34,5 gram bauksit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 138$) yang kemurniannya 95% akan menghasilkan logam aluminium sebanyak
- A. 12,8 gram
 B. 25,6 gram
 C. 6,4 gram
 D. 19,2 gram
 E. 17,0 gram
26. Aluminium banyak dipakai untuk alat-alat rumah tangga karena tidak mengalami perkaratan secara terus-menerus seperti yang terjadi pada besi. Lapisan yang melindungi aluminium dari korosi adalah ...
- A. AlN
 B. $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_2$
 C. $\text{Al}(\text{OH})_3$
 D. Al_4O_3
 E. Al_2O_3
27. Silikon banyak digunakan terutama yang berhubungan dengan elektronik, seperti mikrokomputer, kalkulator, dan sebagainya. Kegunaan silikon tersebut berhubungan dengan sifat silikon, yaitu
- A. konduktor
 B. oksidator
 C. reduktor
 D. isolator
 E. semikonduktor
28. Kadang-kadang Zn dianggap tidak termasuk tipe unsur logam transisi. Alasan yang paling tepat untuk pernyataan ini adalah
- A. Zn hanya mempunyai satu macam bilangan oksidasi
 B. Zn membentuk ion kompleks
 C. Zn terdapat pada golongan IB
 D. Zn mempunyai subkulit 3d yang berisipenuh dengan elektron
 E. Zn bersifat amfoter

29. Pada peluruhan ${}_{90}^{228}\text{Th}$ menjadi ${}_{83}^{212}\text{Bi}$ disertai pemancaran
- A. 5 partikel α dan 2 partikel β D. 3 partikel α dan 1 partikel β
 B. 5 partikel α dan 1 partikel β E. 4 partikel α dan 2 partikel β
 C. 4 partikel α dan 1 partikel β
30. Penggunaan isotop ${}_{27}^{60}\text{Co}$ untuk terapi kanker karena isotop tersebut
- A. waktu paruhnya panjang D. memancarkan sinar β
 B. waktu paruhnya pendek E. memancarkan sinar γ
 C. bersifat radioaktif

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

- Sebanyak 4 gram MgCl_2 dilarutkan dalam 2 kg air ($k_b \text{ air} = 0,52^\circ\text{Cm}^{-1}$, $k_f \text{ air} = 1,86^\circ\text{Cm}^{-1}$ Ar Mg = 24, Cl = 35,5). Tentukanlah:
 - titik didih larutan
 - titik beku larutan
 - tekanan osmosis pada suhu 25°C bila 90% MgCl_2 dalam air terionisasi
- Pada elektrolisis larutan garam LSO_4 dengan elektroda Pt di katoda terbentuk 2,95 gram endapan logam L. Larutan hasil elektrolisis tersebut dapat dinetralkan dengan 100 mL larutan NaOH 1M. Hitunglah massa atom relatif L!
- Bagaimanakah cara memperoleh logam Na dari garam dapur? Tuliskan persamaan reaksinya!
- Sebutkan sifat-sifat unsur halogen pada umumnya beserta kecenderungannya dalam satu golongan!
- Suatu contoh bahan radioaktif pada tanggal 1 Agustus 2007 jam 12.00 WIB. Dalam alat pencacah menunjukkan 2.400 dps. Pada tanggal 10 Agustus 2007 jam 12.00 WIB dibaca kembali menunjukkan angka 300 dps. Berapa hari waktu paruh unsur radioaktif tersebut?

Bab

V

Senyawa Karbon



Tujuan Pembelajaran

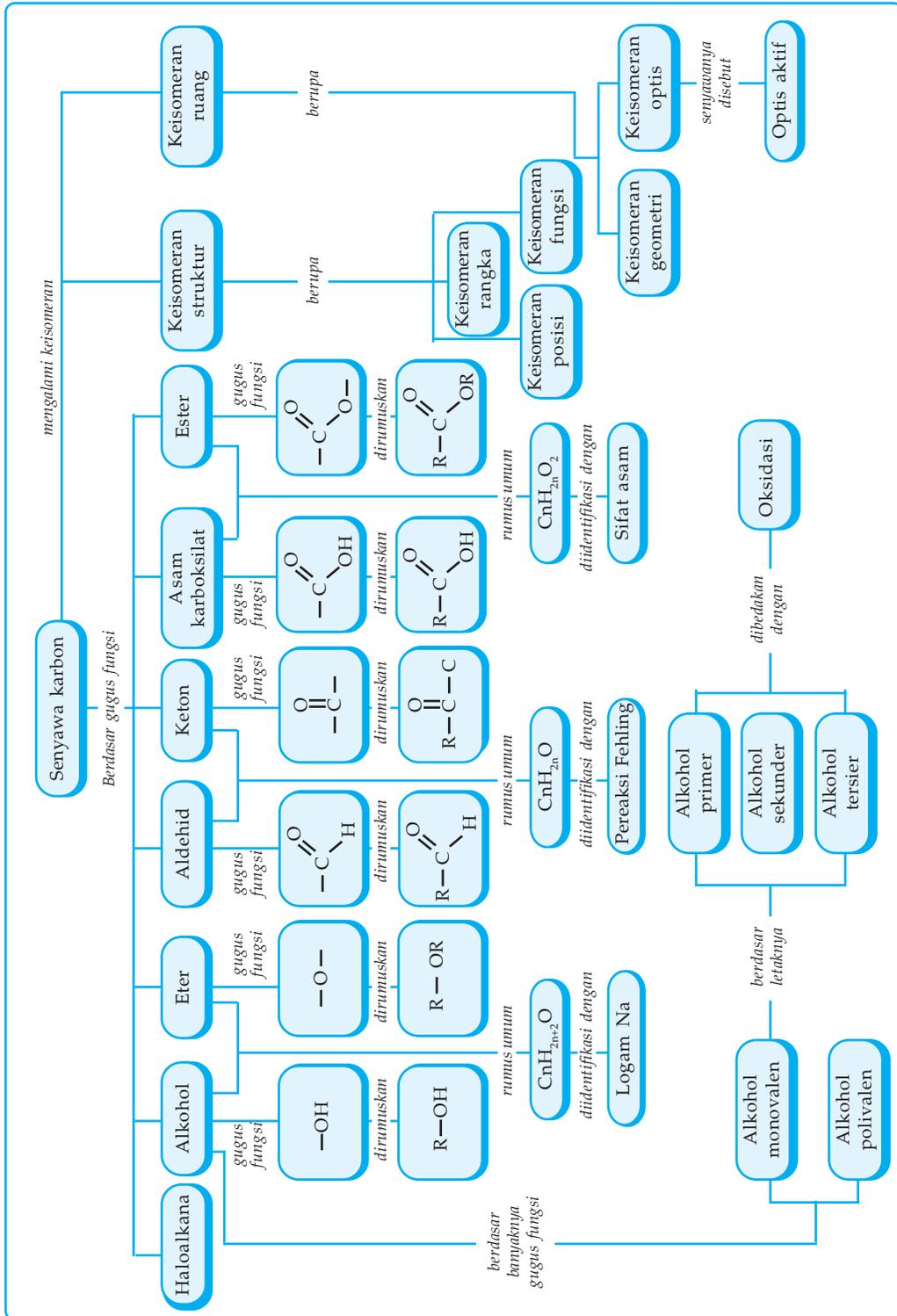
- Setelah mempelajari bab ini, Anda mampu mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, kegunaan, dan identifikasi senyawa karbon.

Setelah Friederick Wohler dapat mensintesis urea (yang tergolong senyawa organik) di luar tubuh makhluk hidup, yaitu dengan memanaskan amonium sianat, penggolongan senyawa karbon organik dan anorganik tidak didasarkan lagi pada asalnya, tetapi lebih didasarkan pada sifat dan strukturnya. Senyawa karbon organik mempunyai ciri khas bahwa di dalam strukturnya terdapat gugus fungsi yang menentukan sifat senyawa karbon dan adanya rantai karbon yang tidak terdapat dalam senyawa karbon anorganik.

Untuk mempermudah mempelajari senyawa karbon yang jenis dan jumlahnya sangat banyak, maka senyawa karbon digolongkan berdasar gugus fungsi yang dimiliki. Berdasar gugus fungsinya, senyawa karbon organik digolongkan menjadi beberapa golongan yaitu haloalkana, alkanol, alkoksi, alkana, alkanal, alkanon, alkanuat, dan alkil alkanuat.

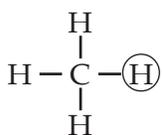
Kata Kunci

- gugus fungsi
- eter
- keton
- ester
- alkohol
- aldehid
- asam karboksilat
- haloalkana

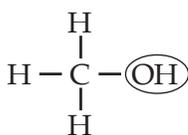


A. Gugus Fungsi Senyawa Karbon

Di kelas X telah kita pelajari senyawa karbon yaitu golongan hidrokarbon yang terdiri atas alkana, alkena, dan alkuna. Senyawa karbon yang akan kita pelajari pada bagian ini merupakan turunan dari alkana. Bila satu atau lebih atom H pada alkana diganti dengan atom atau gugus lain akan dihasilkan senyawa turunan alkana. Perhatikan struktur metana dan metanol berikut:



metana



metanol (suatu turunan metana)

Gugus $-\text{OH}$ pada metanol menggantikan atom H pada metana. Gugus pengganti ini disebut gugus fungsi. Suatu senyawa yang memiliki rumus molekul sama dapat memiliki rumus struktur yang berbeda. Disebut apakah peristiwa ini? Senyawa dengan rumus molekul $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ dapat berupa etanol dan metoksi metana.



etanol



metoksi metana

Kedua senyawa tersebut memiliki sifat yang berbeda, mengapa? Etanol dan metoksi metana memiliki gugus fungsi yang berbeda yaitu $-\text{OH}$ dan $-\text{O}-$. Hal ini menunjukkan bahwa sifat suatu senyawa karbon ditentukan oleh gugus fungsinya. Gugus fungsi adalah atom atau gugus yang menentukan sifat suatu senyawa.

Beberapa gugus fungsi yang akan kita pelajari di semester ini adalah sebagai berikut:

Gugus Fungsional	Deret Homolog	Rumus Umum Senyawa	Contoh	Nama
$-\text{OH}$	alkanol (alkohol)	$\text{R}-\text{OH}$	CH_3-OH	metanol (metil alkohol)
$-\text{O}-$	alkoksi alkana (eter)	$\text{R}-\text{O}-\text{R}$	$\text{CH}_3-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$	metoksi etana (etil metil eter)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	alkana (aldehid)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	etana (asetaldehid)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}- \end{array}$	alkanon (keton)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	propanon (dimetil keton)

Gugus Fungsional	Deret Homolog	Rumus Umum Senyawa	Contoh	Nama
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	alkanoat (asam karboksilat)	$\text{R}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	asam etanoat (asetat/metana karboksilat)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}- \end{array}$	alkil alkanoat (ester)	$\text{R}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OR} \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OCH}_3 \end{array}$	metil propanoat
$-\text{X}$ (x = F, Cl, Br, I)	haloalkana (alkil halida)	$\text{R}-\text{X}$	CH_3-Cl	klorometana (metil klorida)

Peranan Gugus Fungsi Dalam Senyawa Karbon

Gugus fungsi dalam senyawa karbon menentukan sifat senyawanya, karena pada reaksi organik, pereaksi akan menyerang gugus fungsinya. Terjadinya perubahan pada gugus fungsi menyebabkan perubahan sifat senyawanya. Oleh karena masing-masing gugus fungsi mempunyai sifat spesifik (hanya dapat bereaksi dengan pereaksi (tertentu) maka senyawa karbon dapat diidentifikasi berdasar gugus fungsi yang dimiliki dengan pereaksi yang sesuai.

Contoh:

Senyawa $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ dan $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ memiliki rumus molekul sama, yaitu $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ keduanya dapat dibedakan di laboratorium dengan cara direaksikan dengan logam natrium.

- Gugus $-\text{OH}$ pada $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ dapat bereaksi dengan logam Na. menghasilkan gas hidrogen.



- Gugus $-\text{O}-$ pada $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ tidak bereaksi dengan logam Na



Soal Kompetensi 5.1

1. Apakah yang Anda ketahui tentang gugus fungsi dan apa peranannya dalam senyawa?
2. Senyawa A dan B memiliki rumus molekul sama yaitu $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$. Bagaimana cara membedakan senyawa A dan B bila salah satunya memiliki rumus struktur $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$ dan yang lainnya $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$

$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH} \end{array}$$
3. Mengapa penggolongan senyawa karbon didasarkan pada gugus fungsinya?

4. Sebutkan minimal 7 gugus fungsi baik nama maupun strukturnya!
5. Termasuk deret homolog apakah senyawa-senyawa berikut:
- a. $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- b. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{H}$
- c. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$
- d. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
- e. $\text{CH}_3 - \text{O} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
- f. $\text{CH}_3 - \underset{\text{F}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
- g. $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$

B. Senyawa Karbon

Berdasarkan gugus fungsinya, senyawa karbon digolongkan menjadi beberapa macam. Pada bab ini akan dipelajari tujuh golongan senyawa karbon, yaitu haloalkana, alkohol, eter, aldehyd, keton, asam karboksilat, dan ester.

1. Alkohol dan Eter

Alkohol dan eter merupakan isomer, karena memiliki rumus molekul yang sama yaitu $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$.

a. Alkohol

Alkohol yang dikenal dalam kehidupan sehari-hari adalah etanol yang merupakan salah satu anggota deret homolog alkohol. Alkohol merupakan golongan senyawa dengan rumus umum $\text{R} - \text{OH}$, di mana R adalah alkil ($\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$). Dengan demikian alkohol dapat dianggap sebagai turunan dari alkana ($\text{R} - \text{H}$) di mana 1 atom H nya diganti dengan gugus $-\text{OH}$.

1) Tata Nama Alkohol/Alkanol

Oleh karena alkohol dianggap sebagai turunan dari alkana, maka alkohol diberi nama seperti alkana, hanya akhiran *ana* diganti dengan akhiran *anol*.

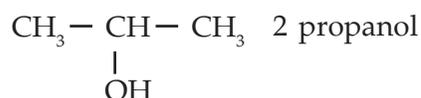
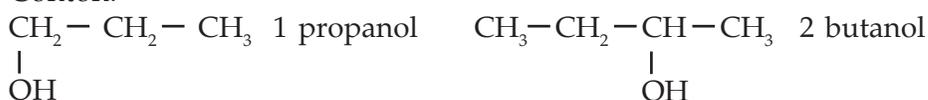
Contoh:

Alkana	Alkanol
CH ₄ Metana	CH ₃ -OH Metanol
C ₂ H ₆ Etana	C ₂ H ₅ OH Etanol
C ₃ H ₈ Propana	C ₃ H ₇ OH Propanol

a) Alkanol yang sudah berisomer, diberi nama dengan cara:

Menyebutkan nomor atom C yang mengikat OH kemudian nama alkanol (pengertian nomor dimulai dari atom C yang dekat dengan -OH)

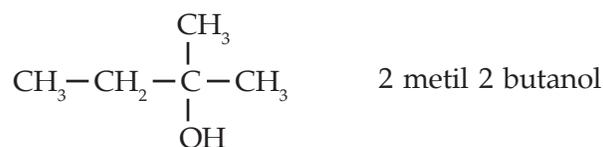
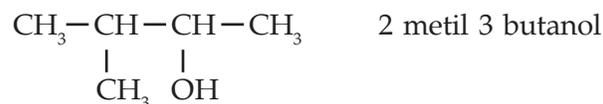
Contoh:



b) Alkohol yang bercabang diberi nama dengan cara:

Menyebutkan nomor cabang, nama cabang, letak OH, dan nama alkanol rantai utama (atom C yang mengikat OH diberi nomor serendah mungkin)

Contoh:



2) Jenis-Jenis Alkohol

Berdasarkan letak gugus -OH, alkohol dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

a) Alkohol Primer

Alkohol primer adalah alkohol yang gugus-OH nya terikat pada atom C primer (atom C yang terikat pada satu atom C lain).

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

b) Alkohol Sekunder

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

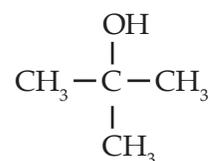
Contoh:



c) Alkohol Tersier

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

Contoh:

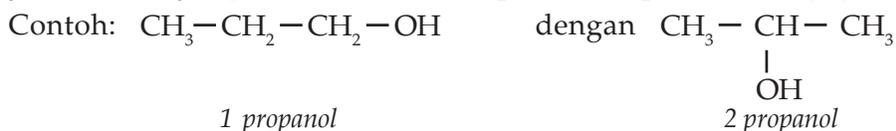


Gugus fungsional alkohol (- OH) dapat diidentifikasi dengan mereaksikannya dengan logam natrium yang menghasilkan gas hidrogen.



3) Isomer Alkohol

Di kelas X, Anda telah mempelajari isomer rangka pada alkana, alkena, dan alkuna serta isomer geometri pada alkena. Alkohol selain memiliki isomer rangka juga memiliki isomer posisi dan isomer fungsi. *Isomer fungsi*, yaitu isomer yang disebabkan karena perbedaan posisi/letak gugus fungsi.



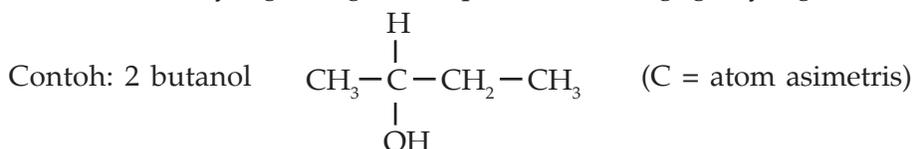
Isomer fungsi adalah isomer yang disebabkan oleh perbedaan gugus fungsi. Misal: alkohol berisomer fungsi dengan eter.

Contoh: isomer $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ atau $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$

Sebagai Alkohol	Sebagai Eter
$\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ 1 butanol | OH	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
$\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ 2 butanol | OH	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH} - \text{CH}_3$ | CH ₃

Sebagai Alkohol	Sebagai Eter
$\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\begin{array}{c} | \\ \text{CH}_3 \end{array}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ <p>2 metil 1 propanol</p>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>2 metil 2 propanol</p>	

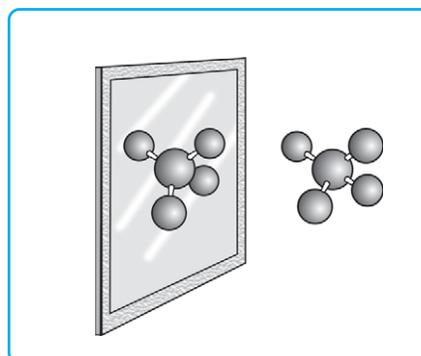
Selain isomer-isomer di atas, alkohol sekunder yang mengandung atom C asimetris (atom C kiral) menunjukkan keisomeran optis. Atom C asimetris adalah atom C yang mengikat empat atom atau gugus yang berbeda.



Keisomeran optis berkaitan dengan sifat optis. Senyawa yang memiliki isomer optis dapat memutar bidang polarisasi cahaya dan disebut senyawa optis aktif.

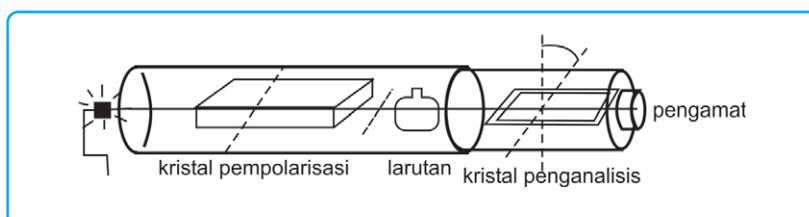
Senyawa yang mengandung 1 atom C kiral (misalnya 2 butanol) mempunyai 2 bentuk konfigurasi di mana bentuk yang satu merupakan bayang cermin dari yang lain.

Dua isomer yang merupakan bayangan cermin satu dengan yang lainnya disebut enantiomer. Apabila berkas cahaya terpolarisasi dilewatkan melalui larutan yang mengandung enantiomer 2 butanol, bidang polarisasi akan berputar $13,52^\circ$ ke kanan dan satu lagi memutar $13,52^\circ$ ke kiri.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 5.1 Dua bentuk konfigurasi dari 2 butanol.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 5.2 Larutan zat optis aktif memutar bidang polarisasi.

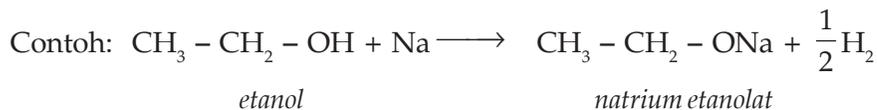
4) Sifat-Sifat Alkohol

a) Sifat Fisika

- (1) Mempunyai titik didih lebih tinggi dari eter. Hal ini disebabkan antara molekul alkohol terjadi ikatan hidrogen.
- (2) Metanol, etanol, dan propanol mudah larut, alkohol lainnya hanya sedikit larut.

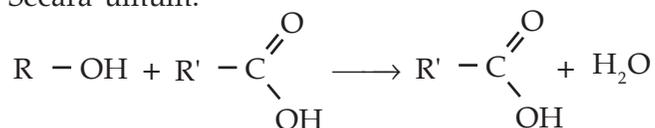
b) Sifat Kimia

- (1) Dapat bereaksi dengan logam (Na, K, Mg, Al) melepas H_2 .

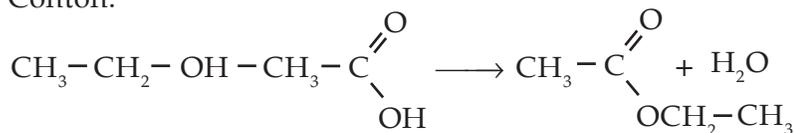


- (2) Dengan asam karboksilat membentuk ester (reaksi esterifikasi).

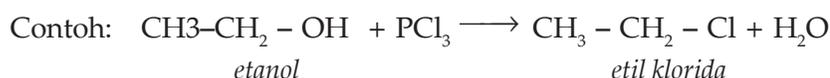
Secara umum:



Contoh:



- (3) Dapat bereaksi dengan PX_3 , PX_5 , atau SOX_2 membentuk alkil halida. (R - X)



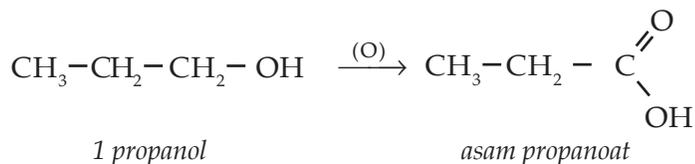
- (4) Dengan asam halida (HX) membentuk alkil halida



- (5) Dapat Dioksidasi

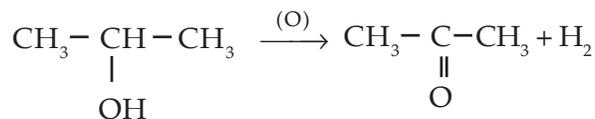
- Oksidasi alkohol primer menghasilkan asam karboksilat.

Contoh:



- Oksidasi alkohol sekunder menghasilkan alkanon.

Contoh:

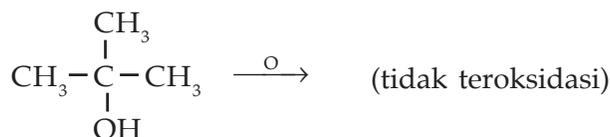


2 propanol

propanon

- Alkohol tersier tidak dapat dioksidasi.

Contoh:



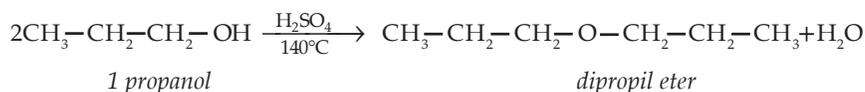
2 metil 2 propanol

Reaksi oksidasi alkohol ini dapat digunakan untuk membedakan alkohol primer, sekunder, dan tersier selain dengan reaksi Lucas (Reaksi antara alkohol dengan HCl).

- Alkohol primer + HCl \longrightarrow sangat lambat
- Alkohol sekunder + HCl \longrightarrow cepat
- Alkohol tersier + HCl \longrightarrow sangat cepat

(6) Dapat mengalami dehidrasi dengan H_2SO_4 pekat.

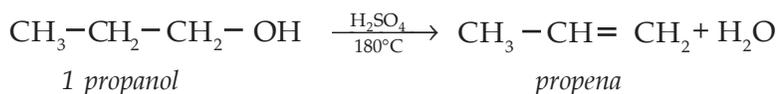
- Pada suhu 140°C menghasilkan eter



1 propanol

dipropil eter

- Pada suhu 180°C menghasilkan alkena



1 propanol

propena

Polialkohol

Polialkohol/alkohol polivalen adalah alkohol yang memiliki lebih dari satu gugus - OH.

Contoh:



6) Kegunaan Alkohol dan Dampak Alkohol

a) Metanol

- (1) Metanol digunakan untuk membuat metanol sebagai bahan plastik.
- (2) Metanol digunakan untuk pelarut dan bahan pembuat ester, serta bahan bakar alternatif.

Di samping kegunaan metanol, terdapat dampak dari penggunaan metanol, yaitu sangat beracun. Keracunan metanol dapat melalui pernapasan (menghirup uapnya) dan dapat melalui kulit.

b) Etanol

Etanol digunakan sebagai pelarut, desinfektan, bahan pembuatan ester dan sebagai bahan bakar (di Brasil telah banyak kendaraan dengan bahan bakar etanol). Minuman beralkohol menimbulkan dampak negatif antara lain metanol menyebabkan mabuk dan mengantuk karena menekan aktivitas otak. Selain itu etanol bersifat adiktif yaitu menyebabkan kecanduan atau ketagihan, sehingga bila minum minuman beralkohol sulit untuk meninggalkan, padahal minum minuman beralkohol dilarang oleh agama dan pemerintah.

c) Glikol

Pada negara atau daerah bermusim dingin, glikol digunakan untuk zat anti beku pada radiator mobil. Glikol juga digunakan sebagai bahan baku dalam industri serat sintesis dan pelarut.

d) Gliserol

Gliserol digunakan untuk pelarut obat-obatan, dan bahan pembuatan gliserol trinitrat yaitu suatu bahan peledak.



Kegiatan Ilmiah 5.1

Tujuan:

Identifikasi alkohol

Alat dan bahan:

- | | |
|---------------|-------------------|
| - gelas kimia | - kertas lakmus |
| - gunting | - alkohol absolut |
| - tang | - aquadest |
| - tisu | - logam Na |

Langkah kerja:

- Masukkan 15 mL alkohol absolut ke dalam gelas kimia kemudian ujilah dengan kertas lakmus dan catat hasilnya.
- Potonglah logam Na kira-kira sebesar biji kacang hijau, kemudian keringkan dengan kertas tisu dan masukkan ke dalam gelas kimia yang berisi alkohol tersebut dan catat hasilnya.

- Setelah logam Na habis bereaksi, tambahkan 15 mL aquadest ke dalam gelas kimia tersebut kemudian ujilah kembali dengan kertas lakmus dan catat hasilnya.

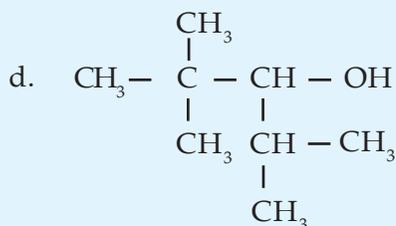
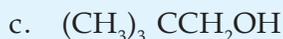
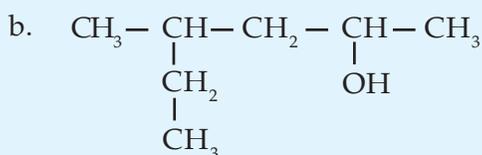
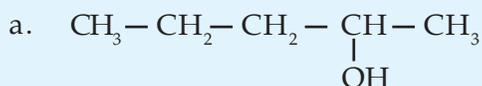
Buat laporan hasil percobaan dengan format yang pernah Anda buat di kelas X dan XI.

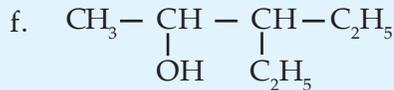
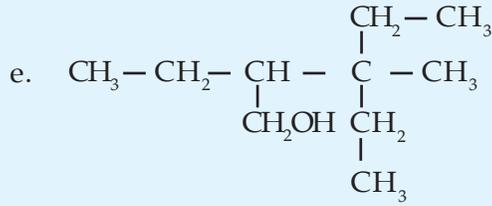
Tugas Proyek

- Lakukan kunjungan ke pabrik atau home industri yang membuat alkohol atau industri lain yang berbahan alkohol untuk mendapatkan data dengan melakukan wawancara dan pengamatan.
- Buatlah laporan hasil kunjungan untuk dipresentasikan di depan kelas.

Soal Kompetensi 5.2

1. Apakah nama IUPAC dari alkohol dengan rumus struktur berikut:





2. Buatlah isomer-isomer $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ sebagai alkohol dan berilah nama masing-masing sesuai aturan IUPAC!
3. Bagaimanakah cara membedakan 1 butanol dengan 2 butanol di laboratorium?
4. Suatu senyawa memiliki rumus molekul $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$, bila senyawa tersebut direaksikan dengan logam natrium dihasilkan gas hidrogen dan bila dioksidasi menghasilkan senyawa yang bersifat asam. Tentukan rumus struktur dan nama senyawa tersebut.
5. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi bila:
 - a. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3 + \text{Na} \longrightarrow$
 - b. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{PCl}_3 \longrightarrow$
 - c. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{PCl}_5 \longrightarrow$
 - d. 2 propanol + HCl \longrightarrow
 - e. $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3 + \text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3 \longrightarrow$
 - f. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \xrightarrow{[\text{O}]}$
 - g. $\text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3 \xrightarrow{[\text{O}]}$
 - h. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \xrightarrow[140^\circ\text{C}]{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat}}$
 - i. $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3 \xrightarrow[180^\circ\text{C}]{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat}}$
 - j. Etanol + $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \longrightarrow$
 - k. Etanol + logam barium \longrightarrow
 - l. Asam propanoat + isopropil alkohol \longrightarrow

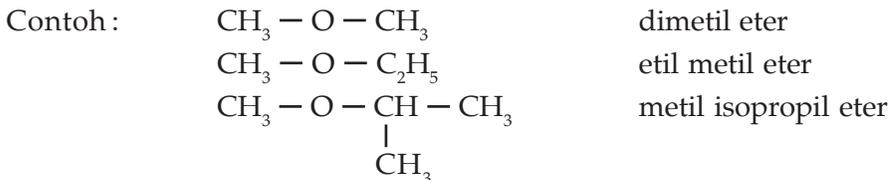
b. Eter

Sebagaimana telah disebutkan di depan, eter merupakan isomer fungsi dari alkohol. Eter memiliki rumus umum $R - O - R$, dengan R adalah alkil. Alkil-alkil pada eter dapat disamakan dan dapat pula dibedakan.

1) Tata Nama Eter atau Alkoksi Alkana

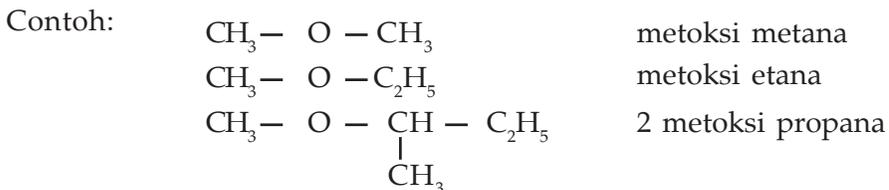
a) Sebagai Eter

Dengan menyebutkan nama alkil-alkilnya (sesuai urutan abjad) dan diakhiri dengan kata eter.



b) Sebagai Alkoksi Alkana

Dengan menyebutkan nama alkoksinya (dari R/alkil yang lebih kecil) yang diawali nomor letak gugus alkoksi kemudian nama alkananya (dari R/alkil yang lebih besar).



2) Isomer Eter

Eter selain berisomer dengan sesamanya, juga berisomer dengan alkohol (isomer fungsi) yang rumusnya sama yaitu $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$.

Contoh: isomer $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

Sebagai Alkohol	Sebagai Eter
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ 1 butanol	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{C}_3\text{H}_7$ metil propil eter
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ 2 butanol	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ dietil eter
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2 metil 1 propanol	$\text{CH}_3 - \text{O} - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_3$ metil iso-propil eter
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ 2 metil 2 propanol	

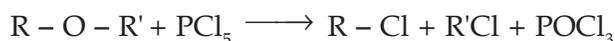
3) Sifat-Sifat Eter

a) Sifat Fisis

- (1) Berupa zat cair (kecuali metil eter) berbau harum dan mudah menguap.
- (2) Dengan jumlah atom C yang sama, titik didih eter lebih rendah dari titik didih alkohol.
- (3) Sukar larut dalam air.

b) Sifat Kimia

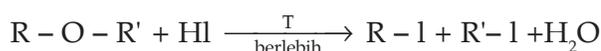
- (1) Tidak bereaksi dengan logam Na dan PCl_3 , dengan demikian dapat untuk membedakan alkohol dengan eter.
- (2) Bereaksi dengan PCl_5 , tetapi tidak membebaskan HCl (reaksi ini dapat digunakan untuk membedakan alkohol dengan eter).



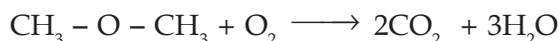
- (3) Bereaksi dengan HX (X = F, Cl, Br, I).



- (4) Dengan HI berlebih dan pemanasan menghasilkan R - I dan H_2O .

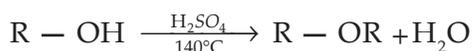


- (5) Eter mudah terbakar membentuk gas CO_2 dan uap air.

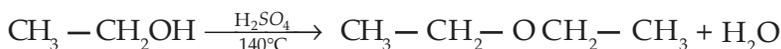


4) Pembuatan Eter

- a) Dengan eliminasi alkohol pada suhu 140°C .



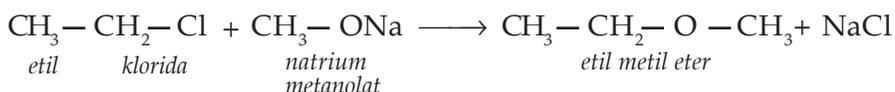
Contoh :



- b) Dengan sintesis Williamson.



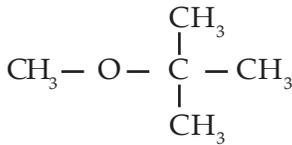
Contoh:



5) Kegunaan eter

- Eter digunakan sebagai pelarut senyawa organik, untuk obat bius pada operasi dan desinfektan (tetapi sekarang tidak digunakan lagi sebagai obat bius).

- MTBE (metil tersier butil eter) ditambahkan ke dalam bensin untuk meningkatkan bilangan oktan.



metil tersier butil eter.

Soal Kompetensi 5.3

1. Apakah perbedaan alkohol dengan eter ditinjau dari sifat fisika dan sifat kimia masing-masing?
2. Buatlah semua isomer $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ dan berilah nama masing-masing sesuai aturan tata nama!
3. Bagaimanakah cara membedakan $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}$ dengan $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ di laboratorium? Tuliskan persamaan reaksinya!
4. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi bila:
 - a. $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{HI} \longrightarrow$
 - b. $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{PCl}_5 \longrightarrow$
 - c. Pembakaran dietil eter
5. Suatu senyawa memiliki rumus $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ yang tidak bereaksi dengan logam natrium maupun PCl_3 . Bila senyawa tersebut direaksikan dengan asam iodida, maka salah satu hasilnya adalah 2 propanol. Tentukan rumus struktur dan nama senyawa tersebut?

2. Aldehid dan Keton

Seperti halnya alkohol dan eter, aldehid dan keton juga merupakan isomer, karena aldehid dan keton memiliki rumus molekul yang sama yaitu $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$.

a. Aldehid (Alkanal)

Aldehid atau alkanal dapat dianggap sebagai turunan alkana dengan

mengganti 1 atom H dari alkana dengan gugus fungsi $-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array}$

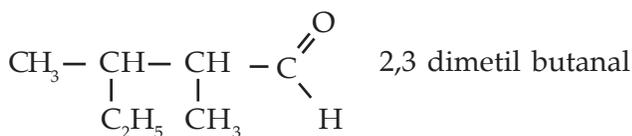
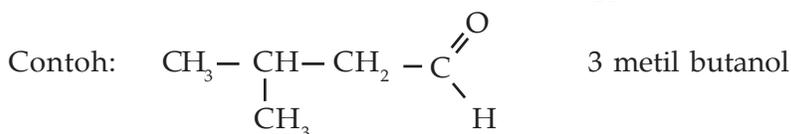
Rumus umum aldehid adalah $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array}$, dengan R adalah alkil.

1) Tata Nama Aldehid atau Alkanal

Aldehid dapat diberi nama dengan dua cara, yaitu:

- Nama sebagai alkanal (nama IUPAC).
- Nama alkanal seperti alkana dengan mengganti akhiran ana dengan

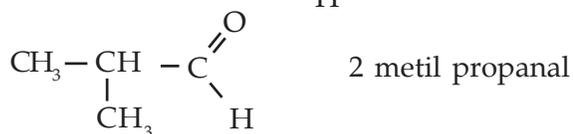
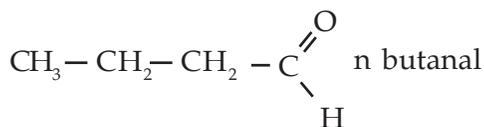
anal serta nomor 1 dimulai dari gugus $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$



2) Isomer Alkanal

Isomer alkanal disebabkan oleh adanya cabang dan letak cabang.

Contoh : isomer butanal ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$)



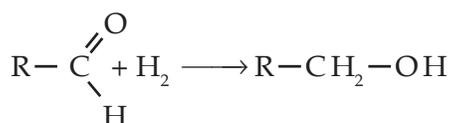
3) Sifat-Sifat Aldehid

- Sifat Fisis

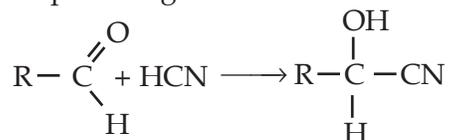
Suku pertama aldehid pada suhu kamar berwujud gas yang berbau merangsang, sedangkan suku berikutnya berwujud cair yang berbau harum dengan semakin panjang rantai karbonnya.

- Sifat Kimia

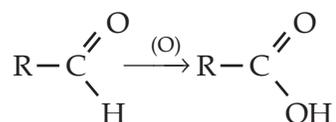
(1) Bila direduksi (ditambah H_2) menghasilkan alkohol primer.



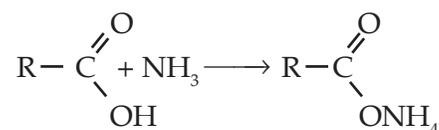
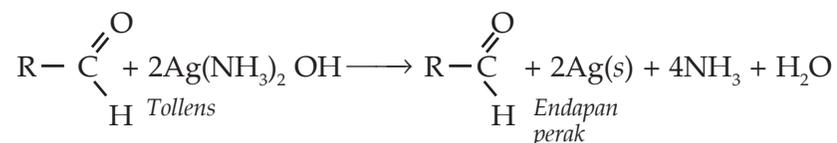
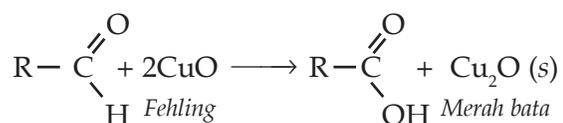
(2) Dapat mengadisi HCN



(3) Bila dioksidasi menghasilkan asam karboksilat.



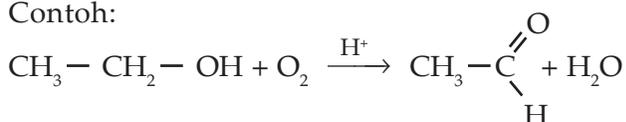
(4) Dapat mereduksi larutan fehling membentuk endapan merah dan mereduksi pereaksi tollens membentuk endapan perak (Ag).



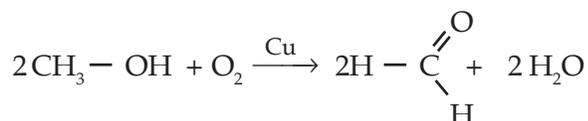
4) Pembuatan Aldehid

Aldehid di laboratorium dapat dibuat dengan oksidasi lemah alkohol primer.

Contoh:



Secara komersial, formaldehid dibuat dengan mereaksikan uap alkohol (metanol) dengan katalis tembaga dan dipanaskan.

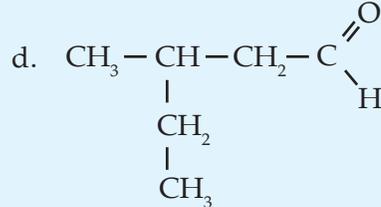
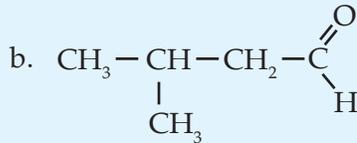
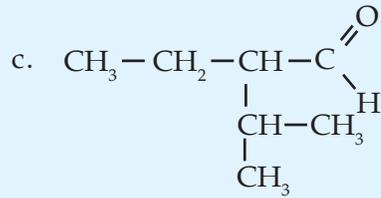
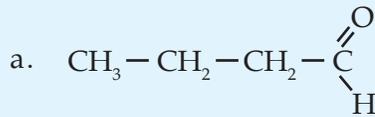


5) Kegunaan Aldehid

- Larutan 37% formaldehid (metanal) dalam air disebut formalin digunakan untuk mengawetkan benda-benda anatomi.
- Formaldehid untuk membuat damar buatan, plastik, dan insektisida.
- Etanol sebagai bahan karet dan damar buatan serta zat warna.

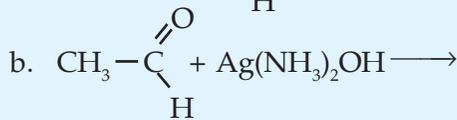
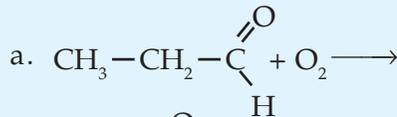
Soal Kompetensi 5.4

1. Apakah nama senyawa dengan rumus struktur berikut:



2. Buatlah isomer-isomer dari 2 metil butanal dan berilah nama masing-masing!

3. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi bila:



c. 2 metil propanal + pereaksi fehling \longrightarrow

d. butanol + gas hidrogen

4. Suatu senyawa memiliki rumus molekul $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$. Bagaimanakah cara mengidentifikasi senyawa tersebut agar dapat diketahui duet homolognya?

5. Bagaimanakah cara membuat senyawa berikut:

a. Metanal dari metanol

b. 1 propanol dari propanal

c. Etanol dari natrium asetat

b. Alkanon (Keton)

Alkanon merupakan isomer fungsi dari aldehyd dengan gugus fungsional



Rumus umum alkanon adalah $\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{R}$, dengan R adalah alkil.



Kegiatan Ilmiah 5.2

Tujuan:

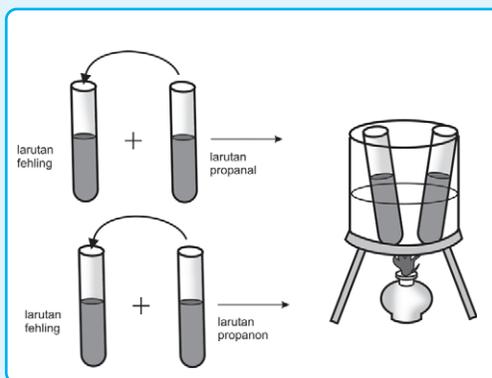
Membedakan aldehid dan keton

Alat dan bahan:

- Tabung reaksi, penangas air, bensin, kaki tiga, dan kasa gelas piala.
- Larutan Fehling A dan fehling B.
- Propanol.
- Propanon.

Langkah kerja:

- Sediakan penangas air panas!
- Buatlah larutan fehling dengan mencampurkan 10 mL larutan fehling A dan 10 mL fehling B!
- Ambillah masing-masing 5 mL larutan fehling dalam 2 tabung reaksi!
- Tambahkan 5 mL propanol ke dalam tabung 1 yang berisi fehling 5 mL propanon ke dalam tabung II yang berisi fehling dan kocoklah!
- Masukkan kedua tabung reaksi itu ke dalam penangas air panas dan perhatikan perubahan yang terjadi!

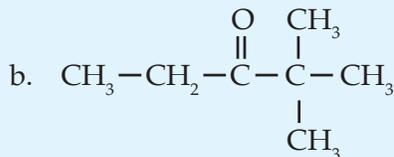
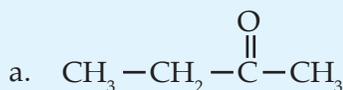


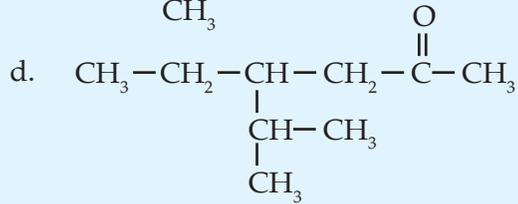
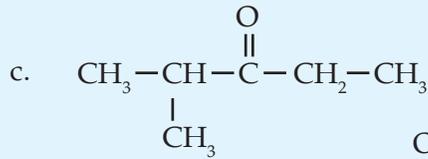
Pertanyaan:

1. Perubahan apakah yang dapat kamu amati pada pencampuran:
 - a. Propanol + fehling
 - b. Propanon + fehling
2. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi!
3. Bagaimana cara membedakan aldehid dengan keton di laboratorium?

Soal Kompetensi 5.5

1. Apakah nama senyawa dengan rumus struktur berikut:





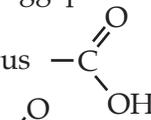
2. Buatlah semua isomer $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ dan berilah nama masing-masing sesuai aturan tatanama!
3. Bagaimanakah cara membedakan propanal dengan propanon di laboratorium? Tuliskan persamaan reaksinya!
4. Suatu senyawa dengan rumus molekul $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ dengan sifat-sifat sebagai berikut:
 - Dengan uji fehling tidak memberikan endapan merah.
 - Pada reduksi menghasilkan 3 metil 2 butanol.
 Tentukan rumus struktur dan nama senyawa tersebut!
5. Apakah kegunaan senyawa-senyawa berikut!
 - a. Formaldehid
 - b. Aseton

3. Asam Karboksilat dan Ester

Asam karboksilat dan ester merupakan isomer, karena memiliki rumus molekul yang sama yaitu $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.

a. Asam Karboksilat (Alkanoat)

Asam karboksilat atau alkanoat dapat dianggap turunan alkana dengan mengganti 1 atom H dari alkana dengan gugus

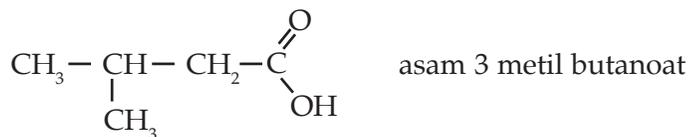
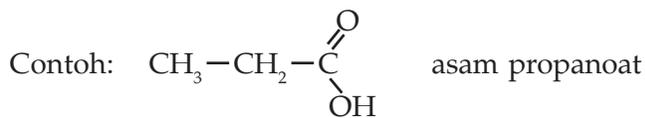


Rumus umum asam karboksilat adalah $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ dengan R adalah alkil.

1) Tata Nama Asam Karboksilat

Nama asam karboksilat diturunkan dari nama alkana dengan menggantikan akhiran ana dengan anoat dan penomoran dimulai dari gugus

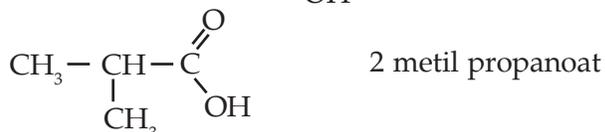
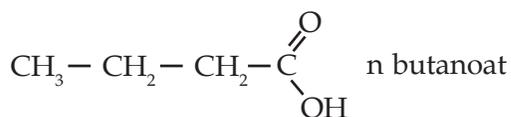
fungsi $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ serta penambahan awalan asam.



2) Isomer Asam Karboksilat

Isomer asam karboksilat disebabkan ada tidaknya cabang dan letak cabang, selain itu asam karboksilat juga berisomer fungsi dengan ester.

Contoh: isomer $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$



3) Sifat-sifat Asam Karboksilat

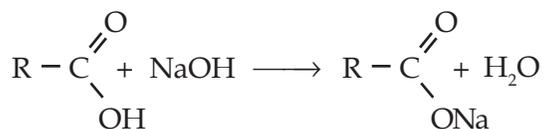
a) Sifat fisis

Asam karboksilat suhu rendah berwujud cair encer dan suhu yang lebih tinggi berwujud cair agak kental, serta asam karboksilat suhu tinggi berwujud padat.

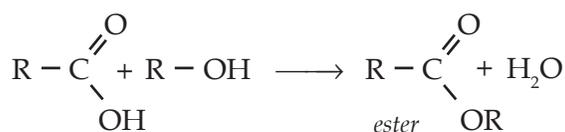
b) Sifat-sifat kimia

(1) Asam karboksilat merupakan asam lemah, semakin panjang rantai karbon semakin lemah sifat asamnya.

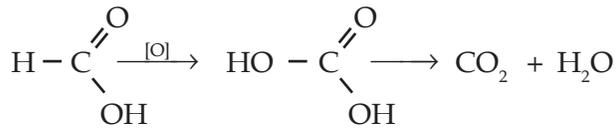
(2) Dapat bereaksi dengan basa membentuk garam.



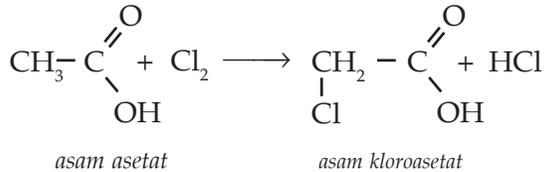
(3) Dapat bereaksi dengan alkohol membentuk ester.



(4) Asam formiat dapat dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O .



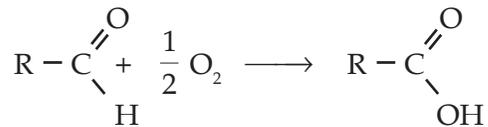
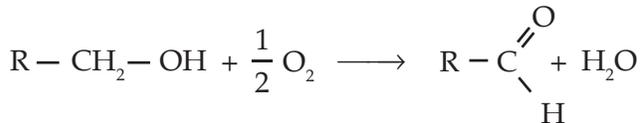
(5) Dengan halogen terjadi substitusi atom H pada C alfa oleh atom halogen.



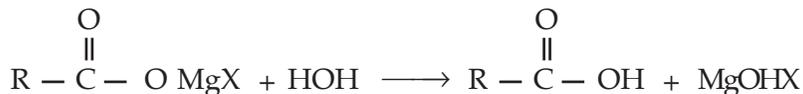
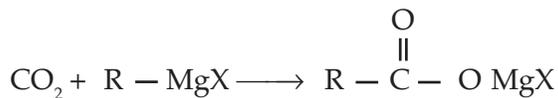
4) Pembuatan Asam Karboksilat

Asam karboksilat dapat dibuat dengan beberapa cara, di antaranya:

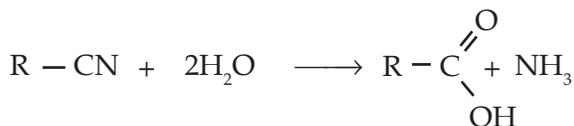
a) Dengan mengoksidasi alkohol primer.



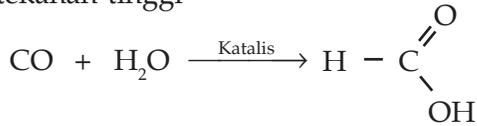
b) Dengan mereaksikan gas CO_2 dengan pereaksi Grignard.



c) Dengan sintesis nitril, yaitu dengan mereaksikan alkil halida ($\text{R}-\text{X}$) dengan NaCN atau KCN dalam larutan teralkohol membentuk alkana nitril, kemudian alkana nitril terhidrolisis membentuk asam karboksilat.



- d) Asam formiat dibuat dengan mereaksikan gas karbon monoksida dengan uap air, dengan katalisator oksida logam pada suhu sekitar 200°C dan tekanan tinggi

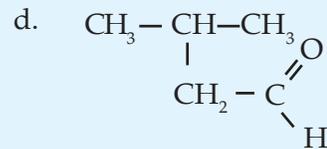
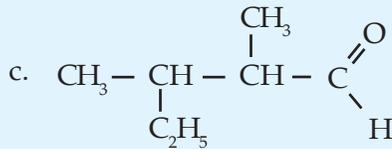
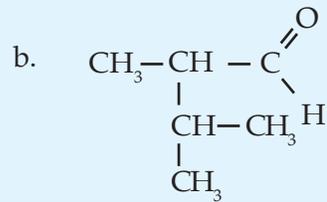
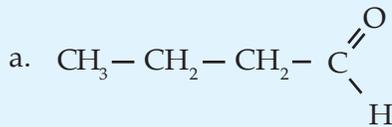


5) Kegunaan Asam Karboksilat

- a) Asam formiat digunakan dalam industri tekstil, penyamaan kulit, dan untuk menggumpalkan getah karet (lateks).
 b) Asam asetat (cuka) digunakan sebagai pengasam makanan.

Soal Kompetensi 5.6

1. Apakah nama senyawa-senyawa berikut menurut aturan IUPAC?



2. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi dari:

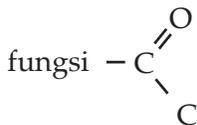
- a. Asam propanoat + etanol \longrightarrow
 b. Asam 2 metil butanoat + metanol \longrightarrow
 c. Pembuatan asam asetat dari alkohol.
 d. Asam butanoat + gas klor.

3. Bagaimanakah cara membuat $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ dari $\text{CH}_3 - \text{H}_2 - \text{CH}_2 - \text{Cl}$?

4. Bagaimanakah cara membuat asam formiat dari:
 a. Metanol
 b. Gas CO dengan proses Barthelot dan V. Menz
 c. Kloroform

b. Ester

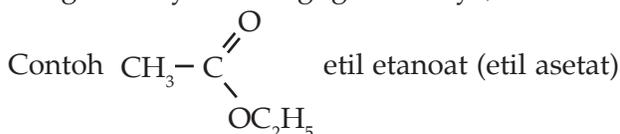
Ester merupakan isomer fungsi dari asam karboksilat dengan gugus



Rumus umum asam ester adalah $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R} - \text{C} \\ \backslash \\ \text{OR} \end{array}$ dengan R adalah alkil.

1) Tata Nama Ester

Dengan menyebutkan gugus alkilnya, kemudian diikuti karboksilatnya.

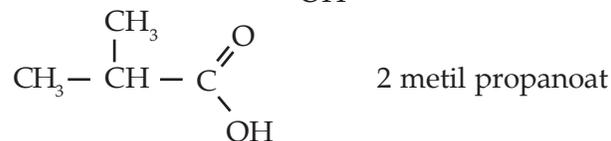
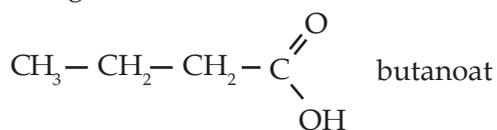


2) Isomer Ester

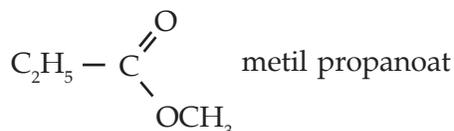
Isomer ester disebabkan oleh gugus alkil dan gugus alkanoatnya. Selain itu ester juga berisomer dengan asam karboksilat.

Conoh: isomer $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

1) Sebagai asam karboksilat



2) Sebagai ester $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \backslash \\ \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$ etil etanoat



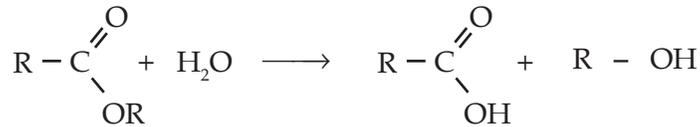
3) Sifat-Sifat Ester

a) Sifat Fisis

- (1) Ester memiliki titik didih dan titik beku yang lebih rendah dari titik didih dan titik beku asam karboksilat asalnya.
- (2) Ester suhu rendah berupa zat cair yang berbau harum (beraroma buah-buahan).

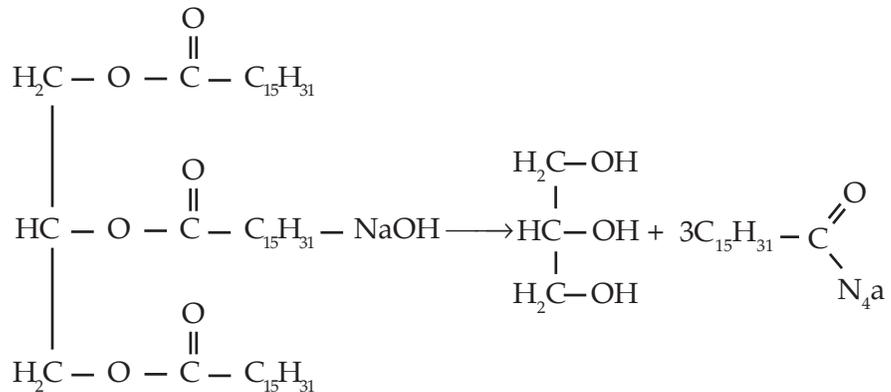
b) Sifat Kimia

- (1) Ester bersifat netral dan tidak bereaksi dengan logam natrium maupun PCl_3 .
- (2) Ester dapat mengalami hidrolisis menjadi asam karboksilat dan alkohol.

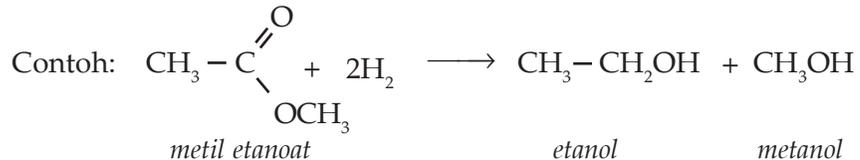


- (3) Hidrolisis ester suku tinggi dengan NaOH atau KOH menghasilkan sabun dan gliserol (reaksi penyabunan).

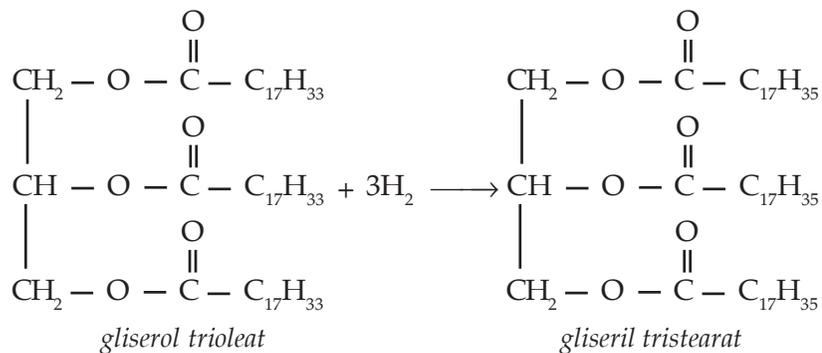
Contoh:



- (4) Ester dapat mengalami reduksi menjadi alkohol.

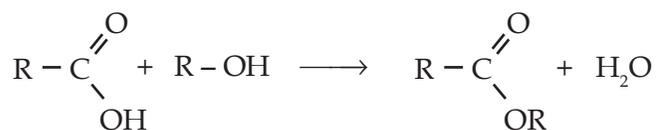


- (5) Reduksi terhadap ester tak jenuh suku tinggi (minyak atau lemak cair) yang menghasilkan mentega.



4) Pembuatan Ester

Ester dibuat dengan reaksi esterifikasi yaitu reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol.



5) Kegunaan Ester

a) Sebagai esens buatan, misalnya:

$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$: etil asetat berbau pisang selai.

$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_{11}$: amil asetat berbau buah nanas, juga sebagai pelarut damar.

$\text{CH}_3\text{COOC}_8\text{H}_{17}$: oktil asetat berbau buah jeruk.

$\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_5\text{H}_{11}$: amil valerat berbau buah apel.

b) Sebagai bahan pembuat kain (Polister).

c) Bahan pembuat sabun (untuk ester suku tinggi).

Aroma pisang pada makanan atau minuman dapat diperoleh dengan menambahkan ester amil asetat. Benzilasetat memberikan aroma strawberry pada makanan atau minuman.



Gambar 5.3 Pemberian aroma pada strawberry dan pisang dengan ester.

Sumber : Dokumen Haryana



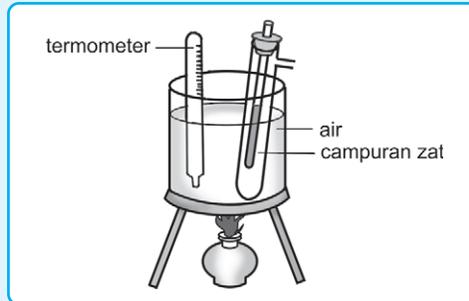
Kegiatan Ilmiah 5.3

Pembuatan ester

Alat dan bahan:

- | | |
|---------------------------|------------------|
| - Tabung reaksi berlengan | - Metanol |
| - Tabung reaksi | - Alat pembakar |
| - Gelas ukur | - Asam salisilat |
| - Pipet tetes | - Sumbat gabus |

- Sendok plastik
- Kaki tiga dan kasa
- Etanol
- Asam sulfat
- Termometer
- Asam asetat



Langkah Kerja:

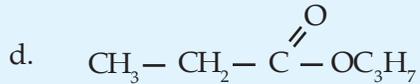
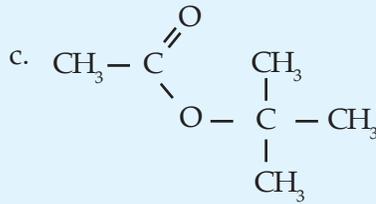
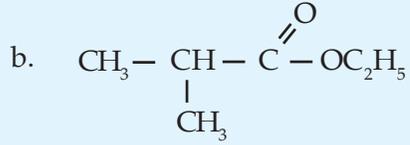
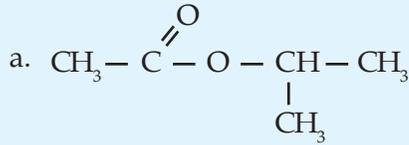
1. Panaskan air ± 100 mL dalam gelas kimia sampai 70°C !
2. Sementara air dipanaskan
 - a. masukkan 3 mL etanol, 3 mL asam asetat pekat dan 20 tetes asam sulfat pekat ke dalam tabung berlengan, seperti pada gambar, ciumlah bau campuran ini,
 - b. masukkan tabung reaksi kecil ke dalam lubang gabus dan sumbatlah tabung berlengan dengan gabus tersebut, dan
 - c. isilah tabung reaksi kecil itu dengan air yang telah dipanaskan sampai ± 10 menit (jangan sampai melebihi 80°C). Bandingkan bau zat yang terjadi dengan zat asal!
3. Ulangi langkah kerja di atas dengan menambahkan air yang telah dipanaskan dengan 1 sendok teh asam salisilat dan 20 tetes asam sulfat pekat!

Pertanyaan:

1. Apakah kegunaan tabung asam sulfat dalam percobaan Anda?
2. Mengapa tabung yang berisi campuran tidak dipanaskan secara langsung tetapi dengan penangas air?
3. Tuliskan reaksi yang terjadi pada pencampuran etanol dengan asam asetat pekat!
4. Tuliskan reaksi antara asam salisilat ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})$) dengan etanol?
5. Berikan nama ester yang terjadi pada percobaan Anda!

Soal Kompetensi 5.7

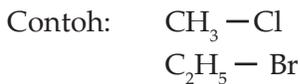
1. Apakah nama ester-ester berikut



- Buatlah semua isomer $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ dan berilah nama masing-masing sesuai aturan tata nama!
- Tuliskan persamaan reaksi berikut!
 - Pembuatan oktil asetat.
 - Hidrolisis etil butirat.
- Tuliskan rumus struktur dari
 - Asam minisat.
 - Asam stearat.
 - Gliseril tripalmitat.
- Apakah yang dimaksud reaksi saponifikasi? Berikan contohnya!

3. Haloalkana (Alkil Halida)

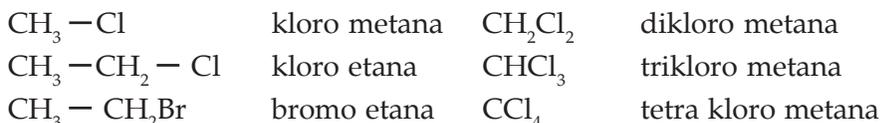
Haloalkana adalah senyawa-senyawa yang dapat dianggap berasal dari alkana, di mana satu atau lebih atom H diganti dengan atom halogen. Rumus umum haloalkana adalah $\text{R} - \text{X}$ dengan X adalah alkil ($\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$) dan X adalah atom halogen ($\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{atau I}$).



a. Tata Nama Haloalkana

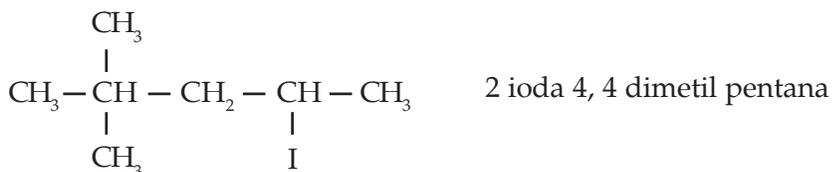
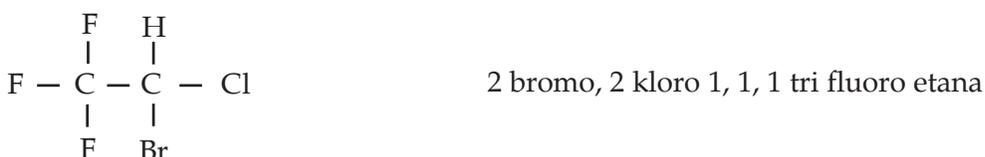
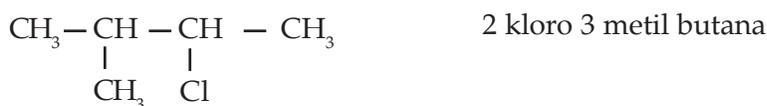
Haloalkana diberi nama dengan menyebut nama halogen yang terikat (Fluoro, kloro, bromo, iodo) yang diikuti nama alkananya.

Contoh:



Haloalkana yang telah memiliki isomer diberi nama dengan menyebut nomor yang menyatakan letak halogen (pemberian nomor dimulai dari ujung yang dekat dengan halogen sehingga nomor letak halogen sekecil mungkin). Aturan lain seperti pada alkana.

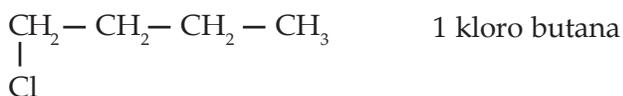
Contoh:

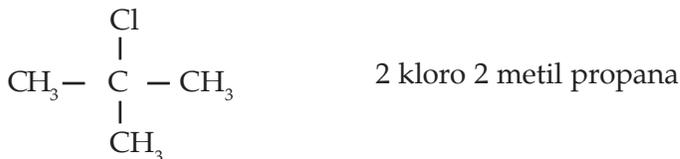
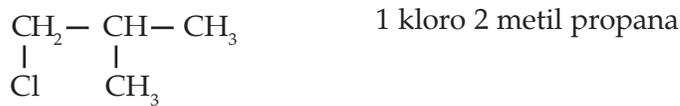
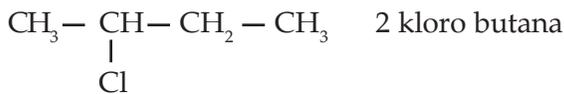


b. Isomer Haloalkana

Haloalkana dapat memiliki isomer rantai dan isomer posisi seperti pada alkohol.

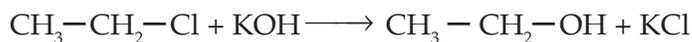
Contoh: isomer $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$



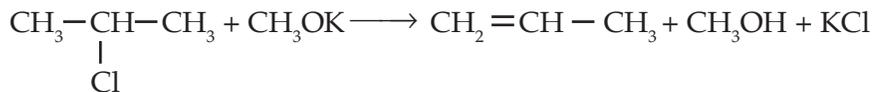


c. Sifat-Sifat Haloalkana

- Haloalkana dapat mengalami reaksi substitusi.

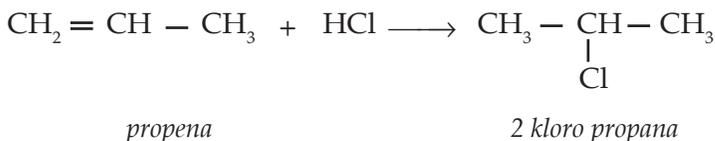


- Haloalkana dapat mengalami reaksi eliminasi.

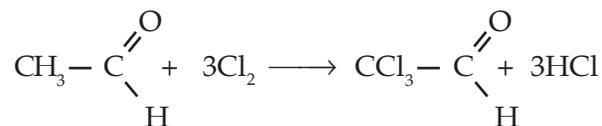
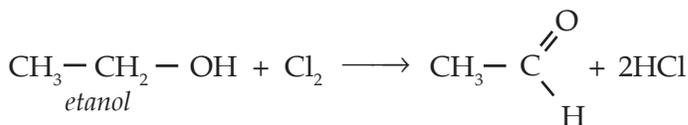


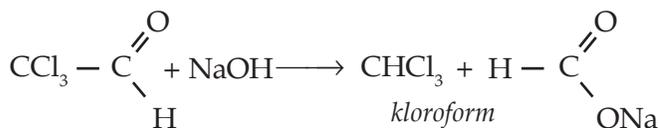
d. Pembuatan Haloalkana

Haloalkana tidak dibuat langsung dari alkana dengan cara substitusi, karena hasil substitusinya berupa campuran. Haloalkana dapat dibuat dengan reaksi adisi alkena.



Haloform (kloroform dan iodoform) dibuat dengan mereaksikan etanol dengan Cl_2 atau I_2 dan NaOH .



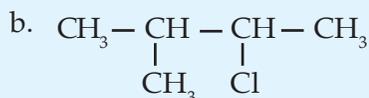
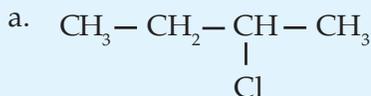


e. Kegunaan Haloalkana

- 1) Tetra kloro metana CCl_4 digunakan sebagai pelarut nonpolar.
- 2) Kloroform CHCl_3 dapat digunakan sebagai zat anestesi (obat bius), tetapi dapat menyebabkan kerusakan hati sehingga sekarang tidak digunakan lagi. Sebagai gantinya, digunakan halotan (2 bromo - 2 kloro 1,1,1 trifluoro etana). $\text{CF}_3 - \text{CHClBr}$. Kloro etana $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ digunakan sebagai bahan anestesi lokal.
- 3) Iodoform (CHI_3) digunakan sebagai antiseptik.
Bromo kloro difluoro metana (BCF) CF_2ClBr dan CCl_4 digunakan untuk pemadam api, tetapi BCF dapat merusak lapisan ozon dan CCl_4 dapat bereaksi dengan air membentuk COCl_2 yang beracun.
- 4) Freon (kloro fluoro karbon CFC) CCl_3F atau CCl_2F_2 digunakan sebagai pendingin dan gas dorong pada aerosol, tetapi CFC dapat merusak lapisan ozon.
- 5) Dikloro difenil trikloro etana (DDT) digunakan sebagai insektisida yang ampuh tetapi dapat mencemari lingkungan karena tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme.

Soal Kompetensi 5.8

1. Tuliskan nama senyawa-senyawa haloalkana berikut:



2. Tuliskan persamaan reaksinya, bila:
- $\text{CH}_3 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \text{CH}_3 + \text{KOH} \longrightarrow$
 - $\text{CH}_3 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \text{CH}_3 + \text{CH}_3\text{ONa} \longrightarrow$
3. Tuliskan reaksi pembuatan:
- 2 kloro propana dari propanol
 - 3 kloro pentana dari pentena
4. Apakah kegunaan senyawa berikut:
- CH_3I
 - CCl_4
 - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$
 - CCl_2F
5. Mengapa penggunaan freon harus kurangi atau digunakan dengan senyawa lain?

Kolom Diskusi

Metanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif

Metanol merupakan bahan bakar alternatif potensial masa depan. Metanol dapat dihasilkan dari berbagai bahan seperti gas alam, gas sintetis, kayu, serta sampah pertanian dan kota. Campuran bensin dengan metanol sampai 15 persen sebagai bahan bakar mobil-mobil sekarang tanpa diperlukan perubahan dalam mesin.

Campuran bensin–metanol ini lebih ekonomis, bahan bakar yang terbuang lebih sedikit dan tenaga mesin lebih baik dibandingkan dengan bensin saja. Metanol dapat dibakar dengan lebih bersih untuk kebanyakan kebutuhan energi kita sehingga tidak menimbulkan pencemaran.

Diskusikan masalah berikut ini secara berkelompok:

- Mengapa metanol belum banyak digunakan sebagai bahan bakar khususnya dalam bidang transportasi?
- Upaya apa yang dapat dilakukan agar metanol menjadi bahan bakar alternatif?
- Dapatkah metanol menggantikan bensin di masa yang akan datang?

Adolf Von Baeyer (1835–1917)

Baeyer lahir di Berlin pada tanggal 31 Oktober 1835 dan meninggal di Starberg pada tanggal 20 Agustus 1917.

Ia merupakan ahli kimia Jerman yang mendapat hadiah Nobel untuk kimia karena menemukan zat warna buatan terutama indigo sintetis dan asam barbiturat (bahan untuk membuat obat tidur). Ia berhasil menemukan struktur kimia indigo yang formulanya $C_{16}H_{10}N_2O_2$. Indigo merupakan zat warna biru yang disebut nila yang berguna untuk mewarnai kain.



Rangkuman

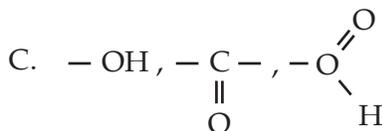
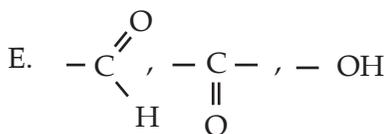
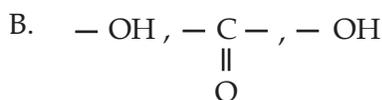
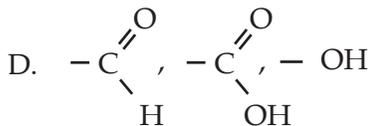
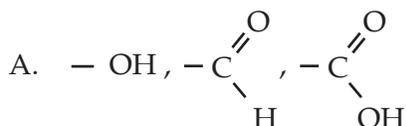
- Gugus fungsi adalah gugus atom yang menentukan sifat suatu senyawa karbon, misalnya $-OH, -O-, -\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-, -C-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-, -\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-, -\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-$ dan $-X$
 $\begin{matrix} & & H & & & & OH & & O- \\ & & | & & & & | & & | \\ -C & - & C & - & C & - & C & - & C \end{matrix}$
- Berdasar gugus fungsinya, senyawa karbon dibedakan menjadi beberapa golongan antara lain alkohol ($R-OH$), eter ($R-O-R$),
 aldehida ($R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$), keton ($R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R$), asam karboksilat
 $(R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH)$, ester ($R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OR$), dan haloalkana ($R-X$).
- Alkohol dan eter merupakan isomer dengan rumus molekul $C_nH_{2n+2}O$.
- Alkohol dan eter dapat dibedakan dengan pereaksi logam Na atau PCl_3 .
- Berdasar posisi gugus $-OH$, alkohol digolongkan menjadi alkohol primer, sekunder, dan tersier.
- Alkohol primer, sekunder, dan tersier dapat dibedakan dengan cara oksidasi atau dengan reaksi Lucas.
- Alkohol digunakan untuk pelarut dan bahan bakar.

8. Eter merupakan isomer fungsi dari alkohol dengan gugus fungsi $-\text{O}-$
9. Eter mudah menguap dan uapnya dapat membius melalui pernapasan.
10. Eter digunakan untuk pelarut senyawa organik.
11. Aldehid dan keton merupakan isomer dengan rumus molekul $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$.
12. Aldehid dan keton dapat dibedakan dengan pereaksi fehling dan Tollens.
13. Aldehid dapat mereduksi pereaksi fehling dan Tollens, sedangkan keton tidak.
14. Larutan 40% metanal dalam air disebut formalin digunakan untuk mengawetkan benda-benda anatomi.
15. Aldehid dapat dibuat dengan mengoksidasi alkohol primer atau dengan destilasi kering campuran natrium karboksilat.
16. Alkanon atau keton dibuat dengan mengoksidasi alkohol sekunder dan destilasi kering garam-garam alkali atau alkali tanah karboksilat.
17. Aseton digunakan sebagai pelarut senyawa-senyawa organik.
18. Asam karboksilat dan ester merupakan isomer dengan rumus molekul $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.
19. Asam karboksilat merupakan asam lemah dapat bereaksi dengan basa membentuk garam.
20. Asam karboksilat dapat dibuat dengan oksidasi alkohol primer atau dengan mereaksikan gas CO_2 dengan pereaksi Grignard.
21. Asam formiat digunakan untuk menggumpalkan lateks, menyamak kulit, dan membuat plastik.
22. Ester dibuat dengan reaksi esterifikasi antara asam karboksilat dengan alkohol.
23. Ester digunakan untuk esens buah-buahan dalam pembuatan parfum.
24. Ester asam lemak dengan gliserol dikenal dengan lemak dan minyak, sedangkan ester asam lemak dengan alkohol dikenal sebagai malam (*wax*).
25. Haloalkana merupakan turunan alkana dimana satu atau lebih atom H diganti dengan halogen.
26. Haloalkana mempunyai beberapa kegunaan, di antaranya: CCl_4 untuk pelarut, CHI_3 untuk desinfektan, CF_3CHClBr untuk obat bius, CF_2Cl_2 untuk pendingin, tetapi dapat merusak lapisan ozon.

Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

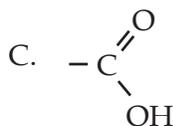
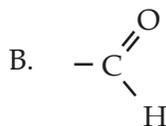
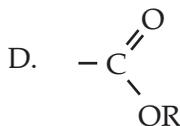
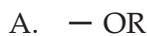
1. Gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COH}$, $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ berturut-turut



2. Pernyataan berikut benar tentang senyawa golongan alkohol, *kecuali*

- A. mengandung gugus fungsi $-\text{OH}$
- B. dapat bereaksi dengan logam Na menghasilkan gas hidrogen
- C. memiliki rumus umum $\text{R} - \text{OH}$
- D. dalam air bersifat basa
- E. dengan jumlah atom C yang sama massa molekul relatif alkohol sama dengan eter

3. Gugus fungsi dari senyawa aldehyd/alkanal adalah



8. Isomer $C_5H_{12}O$ yang merupakan alkohol tersier adalah
- A. 1 pentanol
B. 2 pentanol
C. 3 pentanol
D. 2 metil 2 butanol
E. 3 metil 2 butanol
9. Reaksi berikut dapat menghasilkan aldehyd adalah
- A. $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \longrightarrow$
- B. $CH_3 - \underset{\substack{| \\ OH}}{CH} - CH_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \longrightarrow$
- C. $CH_3 - \underset{\substack{| \\ OH}}{CH} - CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow$
- D. $CH_3 - \underset{\substack{|| \\ O}}{C} - CH_3 + H_2 \longrightarrow$
- E. $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH \xrightarrow[130-140^\circ C]{H_2SO_4}$
10. Dari senyawa-senyawa berikut yang bukan termasuk haloalkana adalah
- A. freon
B. DDT
C. vinil klorida
D. kloroform
E. karbon dioksida
11. Senyawa berikut ini yang merupakan isomer fungsi dari 2 metil butanol adalah
- A. $CH_3 - CH_2 - CH_2 - \underset{\substack{|| \\ O}}{C} - CH_3$
- B. $CH_3 - CH_2 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - \underset{\substack{|| \\ O}}{C} - OH$
- C. $CH_3 - CH_2 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - CH_2OH$
- D. $CH_3 - CH_2 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - \underset{\substack{|| \\ O}}{C} - H$
- E. $CH_3 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - \underset{\substack{|| \\ O}}{C} - CH_3$
12. Pertanyaan berikut benar tentang propanan, *kecuali*
- A. mengandung gugus fungsi $-\underset{\substack{|| \\ O}}{C}$
- B. memiliki rumus molekul C_3H_6O
- C. merupakan isomer fungsi dari propanol
- D. dapat mereduksi larutan fehling
- E. dapat dibuat dengan cara mengoksidasi 2 propanol
13. Rumus molekul senyawa karbon ialah $C_6H_{12}O$. Rantai karbonnya tidak bercabang, tidak mengandung ikatan rangkap atau ikatan ganda tiga, dan menganung satu gugus aldehyd. Senyawa karbon ini mempunyai isomer sebagai aldehyd sebanyak
- A. 2
B. 3
C. 4
D. 5
E. 6

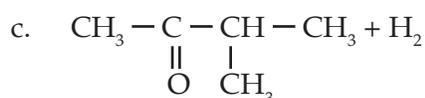
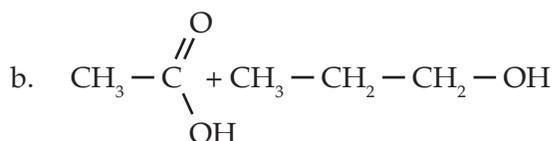
14. Jika senyawa 2 propanol direaksikan dengan asam etanoat akan menghasilkan senyawa
- A. propil proanoat
 B. metil propanoat
 C. etil propanoat
 D. propil etanoat
 E. iso propil etanoat
15. Senyawa ester yang memberikan aroma seperti buah jeruk adalah
- A. oktil asetat
 B. amil valerat
 C. etil asetat
 D. etil butirrat
 E. amil asetat

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

1. Suatu senyawa memiliki rumus molekul C_4H_8O dengan sifat-sifat sebagai berikut.
- Dapat mereduksi pereaksi fehling menghasilkan endapan merah bata.
 - Bila dioksidasi menghasilkan asam karboksilat.
 - Hasil adisi hidrogen menghasilkan 2 metil 1 propanol.
- Tentukan:
- gugus fungsi senyawa tersebut,
 - rumus struktur dan nama senyawa tersebut,
 - isomer fungsi dan namanya!

2. Bagaimanakah cara membedakan senyawa $CH_3 - CH_2 - CH_2OH$ dengan $CH_3 - OCH_2 - CH_3$ secara eksperimen? Tuliskan reaksi yang terjadi serta nama hasil reaksinya!

3. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi:
- oksidasi 1 propanol



4. Tuliskan reaksi pembuatan:
- 1 propanol dari haloalkana
 - 3 metil 2 pentena dari haloalkana
5. Jelaskan dampak negatif dari penggunaan senyawa berikut:
- freon sebagai refrigeran,
 - kloroform sebagai obat bius,
 - karbon tetraklorida sebagai pemadam kebakaran!

Bab

VI

Benzena dan Turunannya



Tujuan Pembelajaran

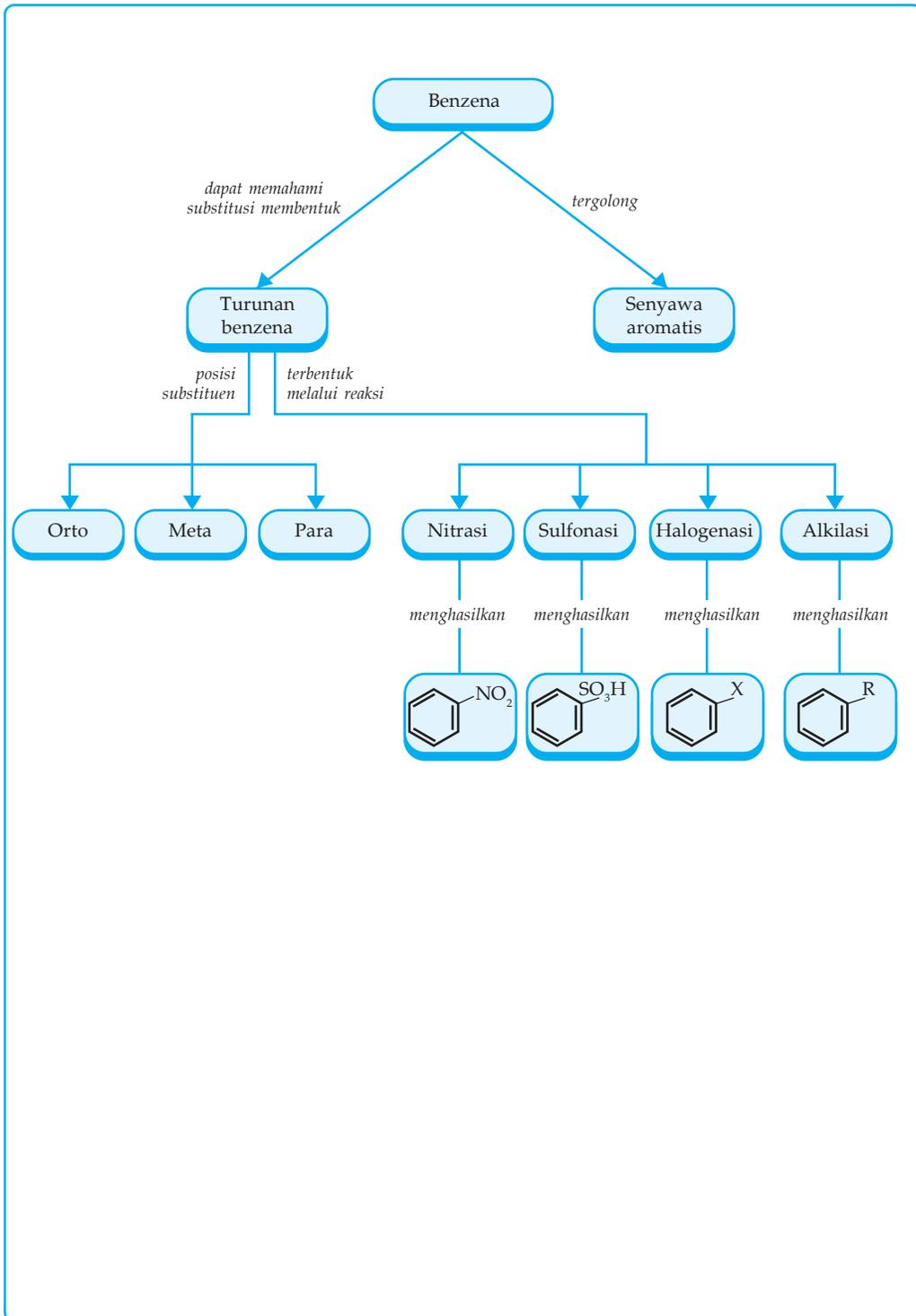
- Setelah mempelajari bab ini Anda dapat memahami tentang struktur, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya.

Benzena dan turunannya (benzena tersubstitusi) dikenal dengan golongan senyawa aromatik. Pada mulanya kearomatikan benzena dan turunannya ditinjau dari aromanya. Sekarang ini kearomatikan benzena dan turunannya dikaitkan dengan struktur dan sifat-sifat tertentu, karena beberapa senyawa turunan benzena tidak memiliki aroma.

Pada bab ini akan kita pelajari tentang struktur, cara penulisan, tata nama, sifat dan kegunaan dari benzena dan turunannya.

Kata Kunci

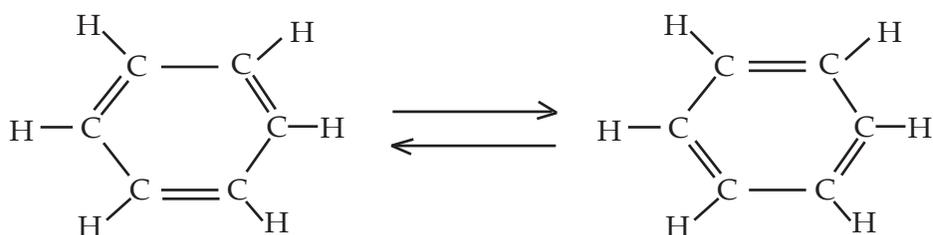
- benzena
- substitusi
- alkilasi
- sulfonasi
- adisi
- halogenasi
- nitrasi



A. Struktur Benzena

Untuk pertama kalinya benzena diisolasi pada tahun 1825 oleh Michael Faraday dari residu berminyak yang tertimbun dalam pipa induk gas di London. Kemudian pada tahun 1834 ditetapkan rumus molekul benzena adalah C_6H_6 . Struktur yang mula-mula diusulkan pada tahun 1865 tidak mengandung ikatan rangkap karena benzena tidak mudah mengalami reaksi adisi seperti pada alkena. Struktur yang demikian ini tidak sesuai dengan tetravalensi karbon.

Agar tidak menyalahi tetravalensi karbon, pada tahun 1872 Friedrich August Kekule mengusulkan bahwa benzena mengandung tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang berselang-seling.



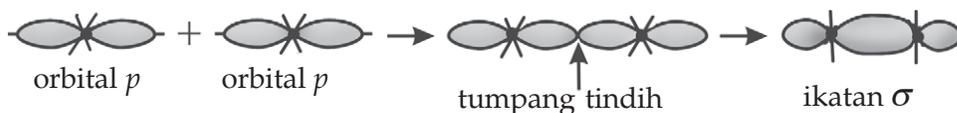
Rumus struktur di atas dapat disederhanakan penulisannya menjadi:



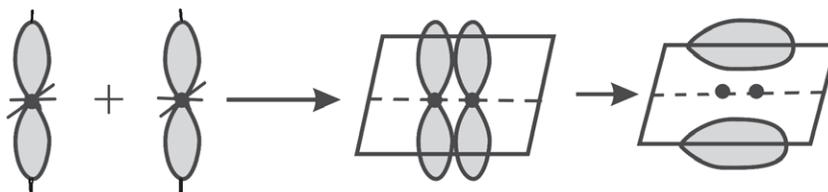
Pengukuran spektroskopik menunjukkan bahwa molekul benzena adalah planar dan semua ikatan karbon-karbonnya sama panjang yaitu $1,39\text{Å}$. Ikatan karbon-karbon pada benzena panjangnya di antara ikatan karbon-karbon tunggal ($1,47\text{Å}$) dan ikatan karbon-karbon rangkap ($1,33\text{Å}$). Hal ini dapat dibenarkan karena ikatan karbon-karbon pada benzena mengalami resonansi (berpindah-pindah). Inilah sebabnya mengapa benzena sukar mengalami adisi.

Ikatan karbon-karbon pada benzena terdiri atas ikatan sigma (σ) dan ikatan phi (π). Menurut teori ini ikatan valensi orbital molekul terbentuk dari tumpang tindih orbital-orbital atom. Ikatan kovalen yang terbentuk dari tumpang tindih ujung dengan ujung disebut ikatan sigma (σ), sedangkan ikatan kovalen yang terbentuk dari tumpang tindih sisi dengan sisi disebut ikatan phi (π).

Contoh ikatan sigma (σ) dari tumpang tindih orbital p – p (ujung dengan ujung).

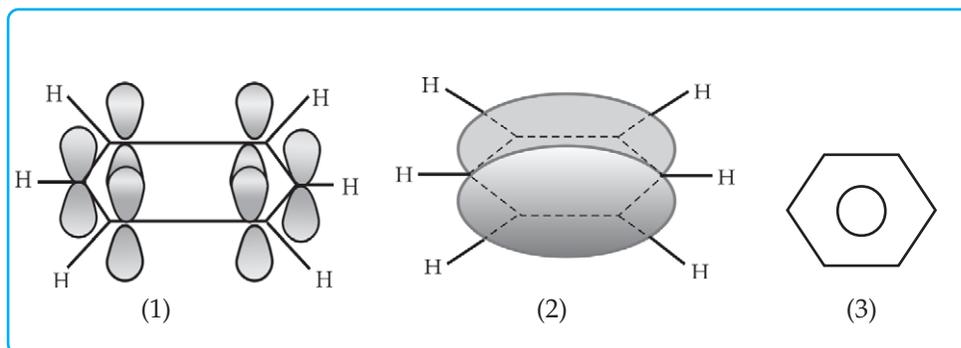


Contoh ikatan phi (π) dari tumpang tindih orbital p – p (sisi dengan sisi).



Ikatan yang pertama antara dua atom merupakan ikatan sigma, dan ikatan yang kedua merupakan ikatan phi. Jadi ikatan tunggal adalah ikatan sigma, dan ikatan kovalen rangkap dua terdiri atas ikatan sigma dan ikatan phi.

Benzena mempunyai enam karbon sp^2 dalam sebuah cincin segi enam datar. Tiap atom karbon memiliki satu orbital p yang tegak lurus bidang cincin. Tumpang tindih keenam orbital p mengakibatkan terbentuknya enam orbital molekul π sehingga terbentuk awan elektron berbentuk “donat” pada bagian atas dan bawah cincin segi enam benzena.



Ilustrasi : Haryana

Gambar 6.1 (1) Susunan 6 atom C masing-masing dengan 3 ikatan sigma dan 1 elektron p. (2) Lambang keadaan elektron–elektron p yang terdelokasi. (3) Lambang benzena.

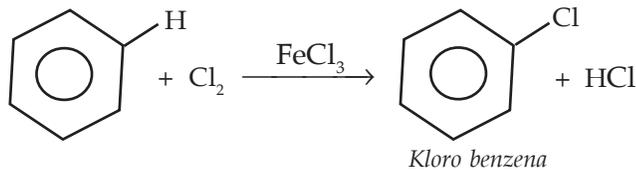
B. Sifat-Sifat Benzena

1. Benzena berupa zat cair kental seperti minyak dengan titik lebur $5,5^{\circ}\text{C}$.
2. Benzena kurang reaktif dibanding alkena karena ikatan rangkap pada benzena mengalami resonansi.
3. Dapat mengalami reaksi substitusi (penggantian)

1. Substitusi Pertama

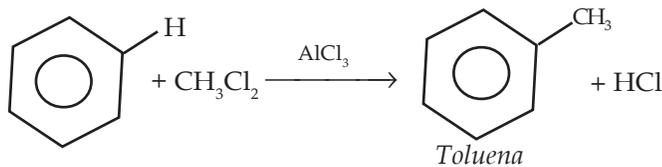
a. Halogenasi

Benzena dapat bereaksi langsung dengan halogen dengan katalisator FeCl_3 atau FeBr_3 .



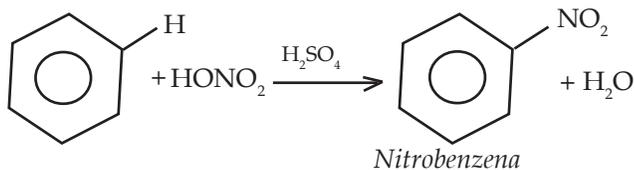
b. Alkilasi

Benzena dapat bereaksi dengan alkil halida membentuk alkil benzena dengan katalisator AlCl_3 .



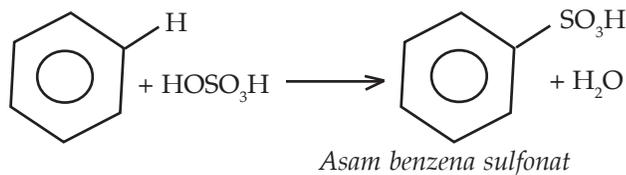
c. Nitration

Benzena bereaksi dengan asam nitrat pekat dengan katalisator asam sulfat pekat menghasilkan nitro benzena.



d. Sulfonasi

Benzena yang dipanaskan dapat bereaksi dengan asam sulfat pekat menghasilkan asam benzena sulfonat.



2. Aromasitas molekul

Agar suatu molekul bersifat aromatik seperti pada benzena, harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu:

- Struktur molekul harus siklik dan datar (hibridisasi sp^2).
- Tiap atom pada cincin harus memiliki orbital p tegak lurus pada bidang cincin.
- Memenuhi aturan Huckel, yang menyatakan bahwa untuk menjadi aromatik, suatu senyawa datar monosiklik (satu cincin) harus memiliki elektron π sebanyak $4n + 2$, dengan n adalah bilangan bulat.

Contoh:

Apakah senyawa siklookta tetraena bersifat aromatik?

Jawab:

Rumus struktur siklookta tetraena.

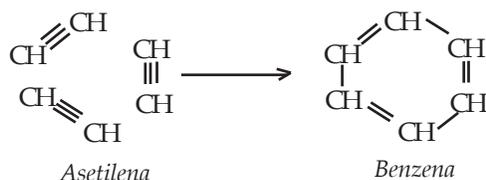


Banyaknya elektron $\pi = 8$ yang tidak memenuhi $4n + 2$, maka dapat disimpulkan siklookta tetraena tidak aromatik, karena senyawa ini memiliki delapan orbital p pada cincin, sehingga tumpang tindih kedelapan orbital p tidak maksimum dan senyawa itu tidak aromatik (untuk mencapai stabilisasi aromatik tumpang tindih harus maksimum dan lengkap).

C. Pembuatan Benzena

Benzena dapat dibuat dengan beberapa cara ,yaitu:

- Polimerisasi asetilena, yaitu dengan mengalirkan asetilena melalui pipa kaca yang pijar.



Atau ditulis: $3C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6$

- Memanaskan kalsium benzoat dengan kalsium hidroksida.



- Dengan destilasi bertingkat tir batu bara.

Pada destilasi bertingkat tir batu bara selain dihasilkan benzena juga diperoleh zat-zat lain, misalnya tokrena, xilena, naftalena, antrosena, fenantrena, fenol, dan kresol.

- Dengan proses reforming nafta pada industri petrokimia.

D. Kegunaan Benzena

Benzena terutama digunakan sebagai bahan dasar pembuatan senyawa-senyawa turunannya, misalnya stirena, kumena, dan sikloheksana pada induksi petrokimia. Selain itu benzena digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat detergen, misalnya ABS (Alkil Benzena sulfonat), untuk bahan bakar dan pelarut dalam jumlah yang sedikit.

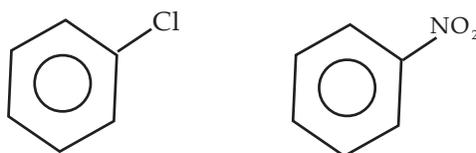
Soal Kompetensi 6.1

1. Bagaimanakah struktur benzena yang diusulkan oleh Kekule?
2. Mengapa benzena dan turunannya disebut senyawa aromatik?
3. Apakah kegunaan benzena dalam kehidupan sehari-hari atau industri?
4. Mengapa benzena lebih stabil dari heksana?
5. Tuliskan reaksi yang terjadi:
 - a. Benzena + gas klor dengan katalis FeCl_3 .
 - b. Benzena + asam sulfat pekat.
 - c. Benzena + asam nitrat pekat dengan katalis H_2SO_4 .
 - d. Benzena + etil klorida dengan katalis AlCl_3 .
 - e. Oksida toluena.

E. Turunan Benzena

Turunan benzena atau derivat benzena diperoleh dari penggantian satu atom H atau lebih dari inti benzena dengan gugus-gugus lain.

Contoh:



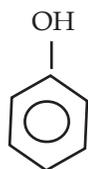
F. Tata Nama Turunan Benzena

1. Benzena pada umumnya dipakai sebagai induk dan gugus yang terikat disebutkan lebih dulu kemudian diikuti dengan benzena.

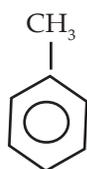
Contoh:



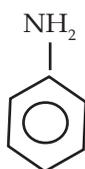
Beberapa senyawa turunan benzena mempunyai nama khusus yang lebih lazim digunakan.



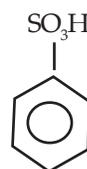
fenol



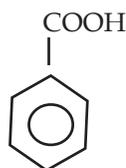
toluena



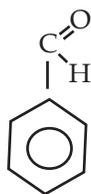
anilin



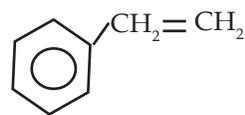
asam benzena sulfonat



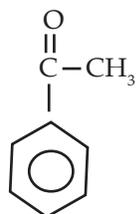
asam benzoat



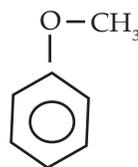
benzal dehidat



stirena

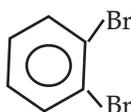


asetofenon



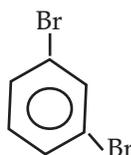
anisol

2. Untuk dua substituen posisinya dapat diberi awalan : *orto* (o) untuk posisi 1 dan 2, *meta* (m) untuk posisi 1 dan 3 dan *para* (p) untuk posisi 1 dan 4. Perhatikan contoh-contoh berikut:



orto

1,2 dibromo benzena
(atau *o-dibromo benzena*)



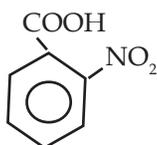
meta

1,3 dibromo benzena
(atau *m-dibromo benzena*)

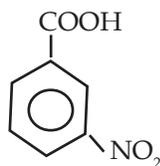


para

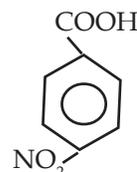
1,4 dibromo benzena
(atau *p-dibromo benzena*)



asam 2 nitro benzoat
(atau *o-nitro benzoat*)

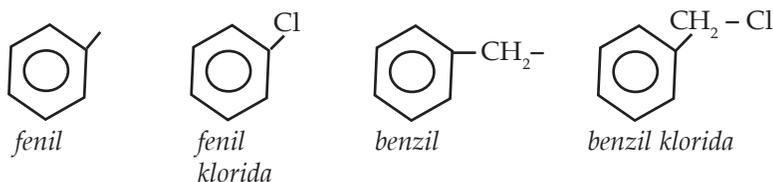


asam 3 nitro benzoat
(atau *m-nitro benzoat*)



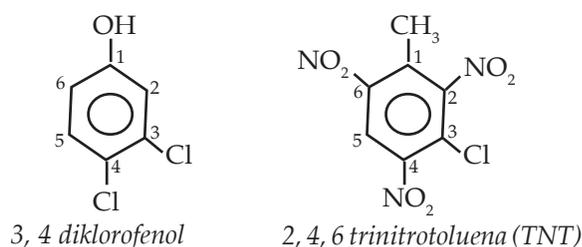
asam 4 nitro benzoat
(atau *p-nitro benzoat*)

3. Gugus bervaleansi satu yang diturunkan dari benzena disebut fenil dan gugus yang diturunkan dari toluena disebut benzil.

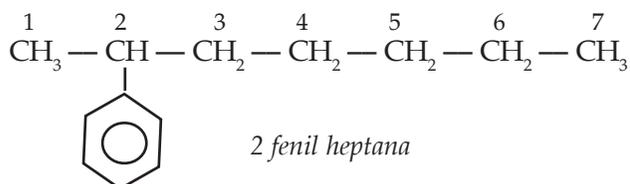


4. Untuk tiga substituen atau lebih, awalan orto, meta, dan para tidak diterapkan lagi, tetapi posisi substituen yang dinyatakan dengan angka, urutan prioritas penomoran adalah sebagai berikut.

—COOH, —SO₃H, —CHO, —CN, —OH, —NH₂, —R, —NO₂, —X
 Contoh:



5. Bila cincin benzena terikat pada rantai alkana bergugus fungsi atau rantai alkana dengan 7 atom karbon atau lebih maka rantai alkana tersebut sebagai induk, sedangkan cincin benzena sebagai substituen.

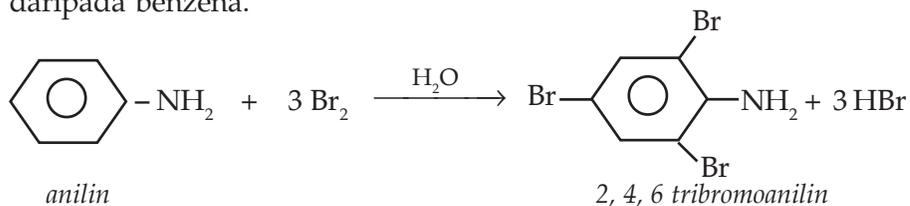


Substitusi kedua

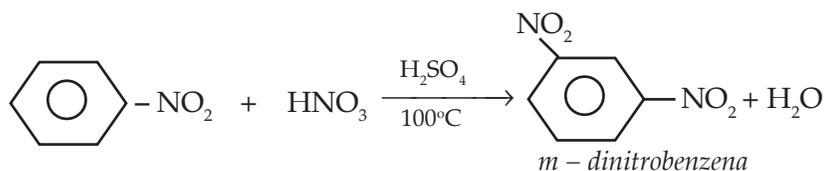
Benzena yang telah tersubstitusi dapat mengalami substitusi kedua. Gugus (substituen) pertama dapat memengaruhi kereaktifan (laju reaksi) dan posisi substituen pada substitusi kedua.

Contoh:

1. Substitusi kedua pada anilin oleh Br₂ berlangsung cepat tanpa katalis daripada benzena.



2. Substitusi kedua pada nitrobenzena harus dengan katalis, temperatur tinggi, dan waktu yang lebih lama daripada benzena.



Beberapa substituen pertama sebagai pengarah, substituen kedua pada posisi orto dan para, serta beberapa substituen pertama sebagai pengarah pada posisi meta.

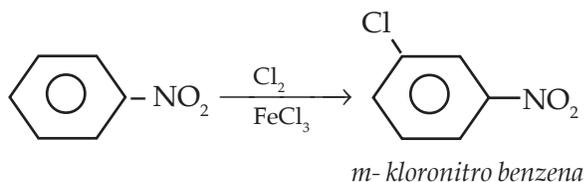
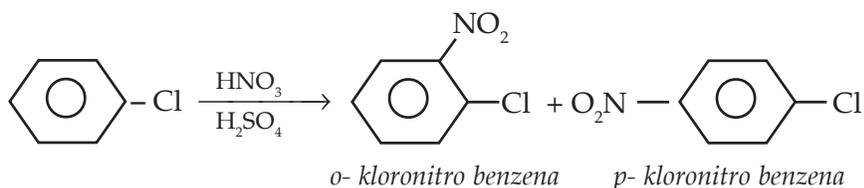
Tabel 6.1 Efek Substituen Pertama terhadap Substituen Kedua

Pengarah — orto para	Pengarah – meta (semua mendeaktifkan)
<ul style="list-style-type: none"> - NH₂, - NHR, - NR₂ - OH - OR - NH - C(=O) - R - C₆H₅ (aril) - R (alkil) - X (mendeaktifkan) 	<ul style="list-style-type: none"> - C(=O) - R - CO₂R - SO₃H - CHO - CO₂H - CN - NO₂ - NR₃⁺
 Aktifitas bertambah	 Deaktifitas bertambah

Contoh:

Substituen Cl pengarah posisi orto dan para, sedangkan substituen NO₂ pengarah posisi meta.

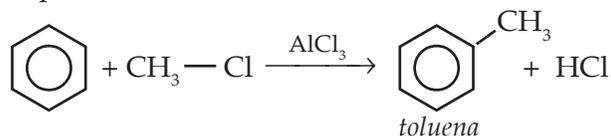
Contoh:



G. Pembuatan dan Kegunaan Beberapa Turunan Benzena yang Penting

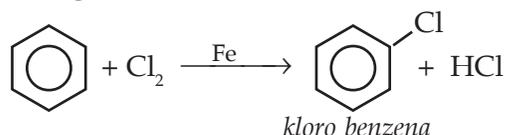
1. Alkil Benzena

Diperoleh menurut sintesis Friedel Crafts



Toluena digunakan untuk bahan peledak.

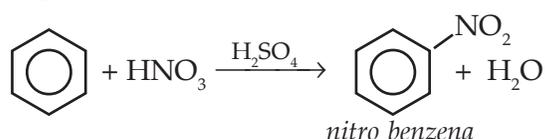
2. Halogen Benzena



Digunakan dalam industri cat, pembuatan zat-zat lain dan pembuatan insektisida (DDT).

3. Nitro Benzena

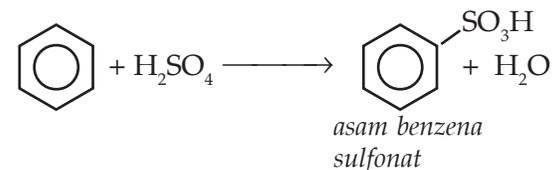
Diperoleh dengan nitrasi benzena.



Nitro benzena digunakan untuk pembuatan anilin dan bahan peledak (TNT = 2,4, 6- trinitro toluena).

4. Asam Benzena Sulfonat

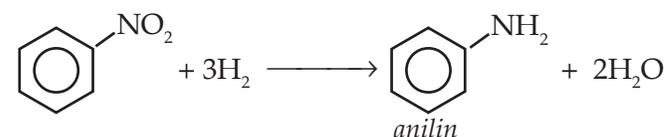
Diperoleh dengan mereaksikan benzena dengan asam sulfat (sulfonasi).

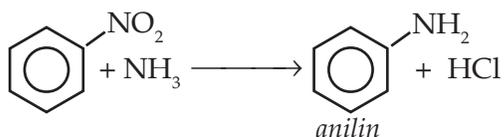


Asam benzena sulfonat digunakan untuk membuat zat-zat karena mudah larut dalam air, dan pembuatan obat-obat sulfa. Turunan asam benzena sulfonat yang terkenal adalah sakarin.

5. Anilin

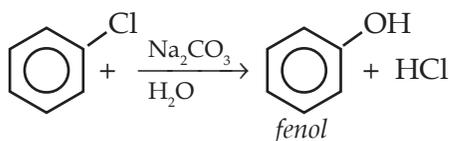
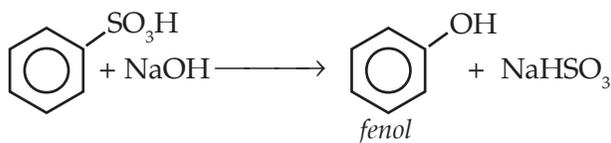
Diperoleh dengan mereduksi nitro benzena atau dari halogen benzena.





6. Fenol

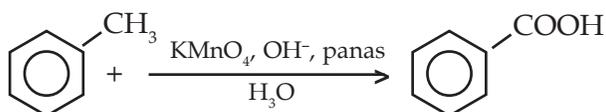
Dibuat dengan memanaskan asam benzena sulfonat dalam alkali atau memanaskan halogen benzena dalam alkali.



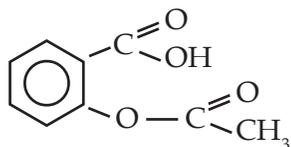
Fenol digunakan untuk desinfektan (larutan fenol dalam air disebut karbol), untuk pembuatan obat-obatan, bahan peledak, dan plastik.

7. Asam Benzoat

Dibuat dengan cara mengoksidasi toluena.

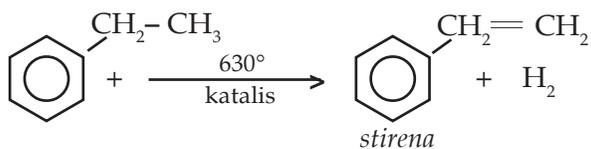


- Asam benzoat digunakan untuk pengawet bahan makanan.
- Asam o-hidroksi benzoat (asam salisilat) digunakan untuk pengawet bahan makanan.
- Asam asetil salisilat (aspirin) digunakan sebagai obat sakit kepala.



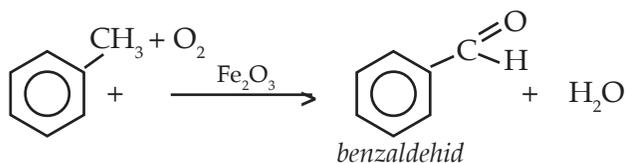
8. Stirena

Diperoleh dengan dehidrogenasi etil benzena dengan katalis seng atau Cr_2O_3 .



9. Benzaldehid

Diperoleh dari oksidasi toluena.



Benzaldehid digunakan untuk parfum dan zat warna.

Kolom Diskusi

Aromatisasi

Bensin yang dihasilkan dari destilasi petroleum disebut bensin destilat langsung. Bila bensin hanya diperoleh dari sumber ini, maka kebutuhan bensin mungkin tidak tercukupi.

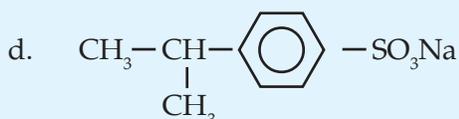
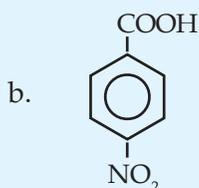
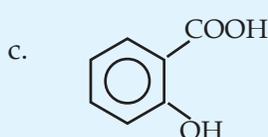
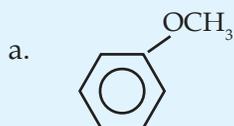
Sumber-sumber lain untuk memperoleh bensin adalah dengan pengubahan hidrokarbon menjadi hidrokarbon lain dengan proses keretakan (*cracking*) dan aromatisasi.

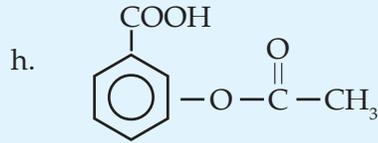
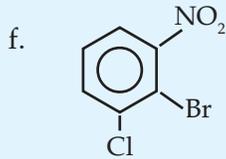
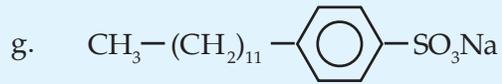
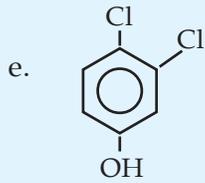
Proses aromatisasi bergantung pada pereaksi hidrokarbon, siklisasi, isomerisasi, dan dehidrogenasi yang terlibat dalam proses tersebut.

Diskusikan tentang pengertian, tujuan, dan proses yang terjadi pada aromatisasi.

Soal Kompetensi 6.2

1. Apakah nama senyawa turunan benzena berikut ini:

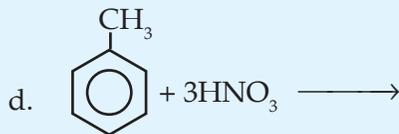
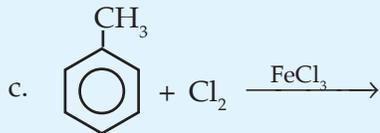
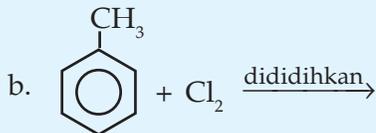
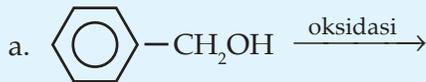




2. Tuliskan struktur dari:

- Benzil klorida
- Sakarín
- TNT
- Benzo fenon

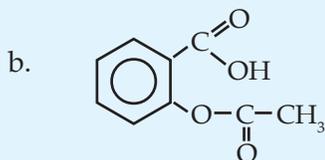
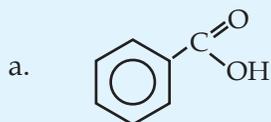
3. Tuliskan reaksi yang terjadi:



4. Tuliskan persamaan reaksi dan tentukan produk utama pada reaksi substitusi:

- Nitrasi klorobenzena
- Nitrasi nitro benzena
- Brominasi toluena
- Klorinasi anilin

5. Apakah kegunaan senyawa berikut:



Tokoh

Friedrich August Kekule Von Stradonitz (1829–1896)

Kekule lahir di Darmstadt, sekarang Jerman Barat, pada tanggal 7 September 1829 dan meninggal di Bonn pada tanggal 13 Juli 1896.

Kekule merupakan ahli kimia Jerman, penemu teori struktural modern dalam kimia organik, penemu rumus bangun atau rumus struktur, penemu teori valensi, penemu konsep cincin segi enam karbon benzena (1865).

Ia juga menemukan bahwa karbon selalu membentuk 4 ikatan kovalen dan dapat saling berikatan membentuk rantai karbon yang panjang.



Rangkuman

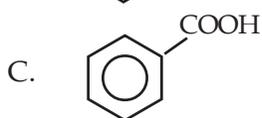
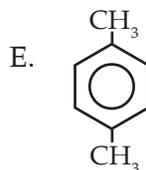
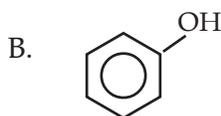
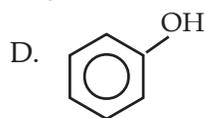
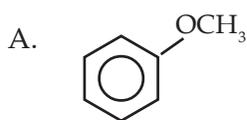
1. Benzena dan turunannya dikenal dengan golongan senyawa aromatis.
2. Ikatan rangkap pada benzena lebih stabil daripada ikatan rangkap pada elkena.
3. Resonansi adalah proses perputaran ikatan rangkap pada benzena.
4. Bila satu atau lebih atom H pada benzena diganti dengan gugus lain dihasilkan senyawa turunan benzena.
5. Benzena dan turunannya banyak kegunaannya dalam bidang industri.

Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

1. Bila air bromin masing-masing diletakkan pada alkena dan benzena maka
 - A. alkena dan benzena mengalami substitusi
 - B. alkena dan benzena mengalami adisi
 - C. alkena mengalami adisi sedang benzena mengalami substitusi
 - D. alkena mengalami substitusi sedang benzena mengalami adisi
 - E. alkena dan benzena tidak mengalami adisi dan substitusi
2. Tri substitusi dari benzena di mana ketiga substituenya sama akan menghasilkan isomer sebanyak
 - A. 2
 - B. 3
 - C. 4
 - D. 5
 - E. 6
3. Benzena memiliki 3 ikatan rangkap, tetapi sepenuhnya seperti alkena. Alkena sangat reaktif, sedangkan benzena kurang reaktif. Hal ini disebabkan oleh
 - A. struktur benzena berbentuk segi enam
 - B. jarak ikatan C – C pada benzena semua sama
 - C. benzena bersifat nonpolar
 - D. ikatan rangkap pada benzena dapat beresonansi
 - E. titik didih benzena 80°C
4. Pernyataan berikut benar tentang benzena, *kecuali*
 - A. jarak ikatan C – C semua sama
 - B. berupa segi enam datar dengan sudut ikatan 120°C
 - C. ikatan rangkapnya dapat bergeser (beresonansi)
 - D. dengan gas klor terjadi reaksi adisi
 - E. dapat dibuat dengan polimerisasi gas setrilena
5. Pada destilasi bertingkat tir batu bara dihasilkan senyawa berikut, *kecuali*
 - A. benzena
 - B. toluena
 - C. fenol
 - D. naftalena
 - E. anilin

6. Senyawa-senyawa berikut merupakan senyawa aromatik, *kecuali*

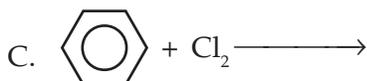
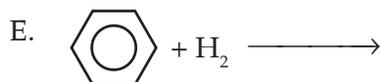


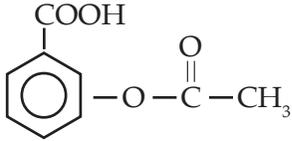
7. Suatu senyawa karbon memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Larut dalam air
2. Dapat merubah lakmus biru menjadi merah
3. Mengandung ikatan rangkap C = C
4. Sukar mengalami adisi
5. Mengandung gugus hidroksil

Berdasarkan sifat-sifat tersebut, kemungkinan senyawa itu adalah

- A. asam asetat
 - B. natrium benzoat
 - C. benzena
 - D. toluena
 - E. fenol
8. Bila senyawa P- dimetil benzena dioksida kuat akan menghasilkan
- A. asam isoftalat
 - B. asam tereftalat
 - C. asam ftalat
 - D. asam benzoat
 - E. asam salisilat
9. Reaksi yang dikenal sebagai reaksi Friedel Craft adalah



10. Senyawa dengan rumus struktur  digunakan sebagai
- pengawet
 - pelarut
 - obat sakit kepala
 - bahan peledak
 - obat sakit perut

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

- Mengapa titik didih benzena relatif lebih tinggi dibandingkan heksana, padahal dipandang dari segi M_r heksana lebih besar dari M_r benzena?
- Tuliskan reaksi yang terjadi:
 -  + $\text{CH}_3\text{Cl}_2 \longrightarrow$
 - Pembuatan asam benzena sulfonat dari benzena
 - Pembuatan fenol dari asam benzena sulfonat
- Tuliskan rumus struktur dari:
 - 2, 4, 6 trikloro fenol
 - 4 kloro, 2, 5 dimetil fenol
 - difenil eter
- Apakah persamaan dan perbedaan alkohol dengan fenol!
- Sebutkan enam macam senyawa aromatik beserta kegunaannya!

Bab

VII

Makromolekul (Polimer)



Tujuan Pembelajaran

- Setelah mempelajari bab ini Anda dapat mendeskripsikan struktur, tata nama, klasifikasi, sifat, dan kegunaan makromolekul.

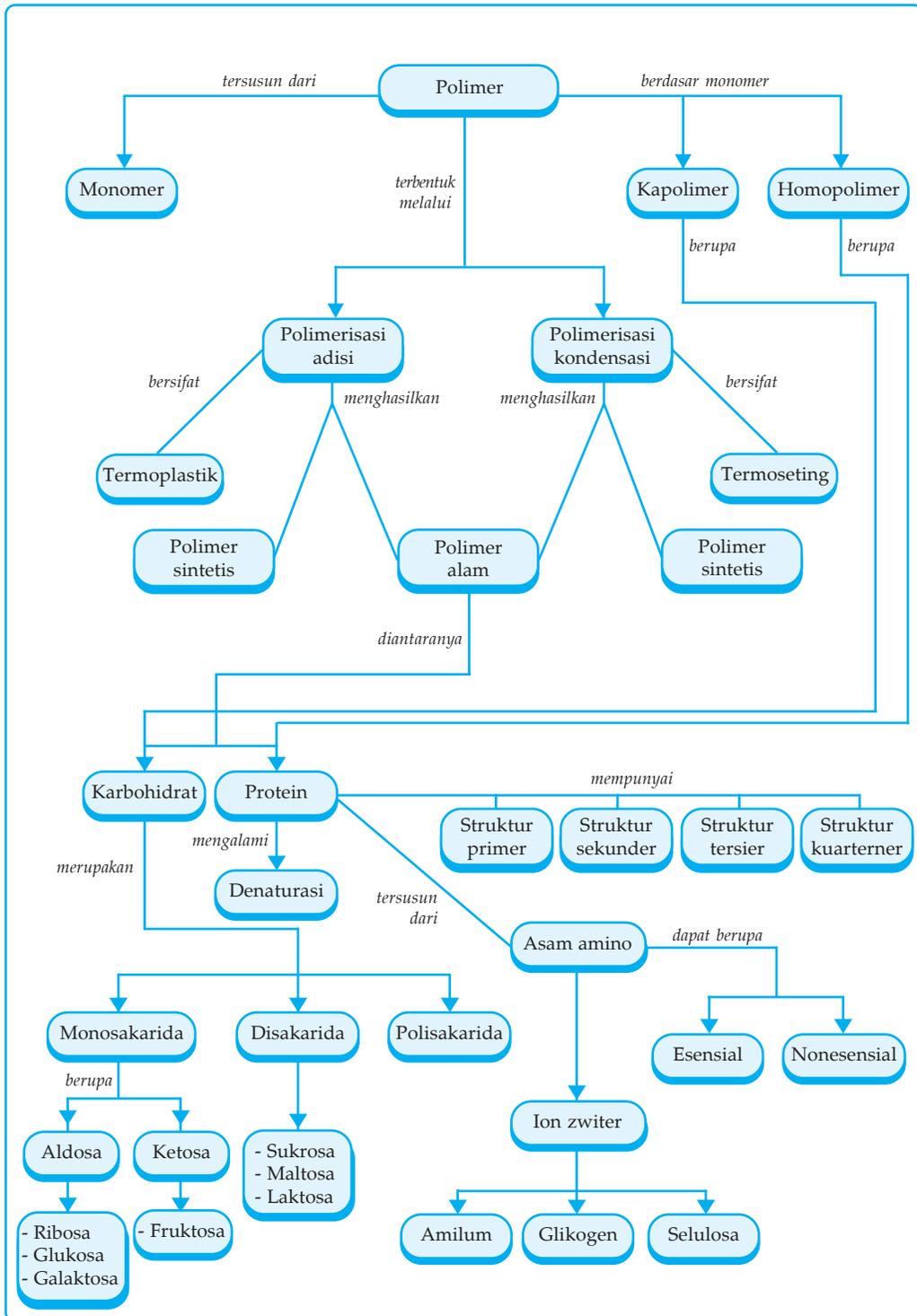
Makromolekul (polimer) merupakan molekul raksasa dengan rantai sangat panjang yang tersusun dari molekul-molekul sederhana (monomer). Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan bahan-bahan sintesis yang merupakan polimer, misalnya plastik, karet, nilon, dan tetoron. Di dalam tubuh kita juga terdapat polimer-polimer yang memegang peranan penting yaitu karbohidrat, protein, dan asam nukleat.

Baik polimer alam maupun sintesis terbentuk melalui reaksi polimerisasi yang dapat berupa adisi dan polimerisasi kondensasi. Pada bab ini akan kita pelajari reaksi polimerisasi, penggolongan polimer, kegunaan dan dampak penggunaan polimer.

Kata Kunci

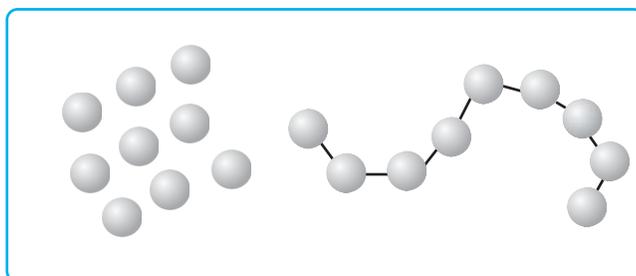
- polimer
- monomer
- polimerisasi

Peta Konsep



A. Reaksi Polimerisasi

Reaksi polimerisasi adalah reaksi penggabungan molekul-molekul sederhana (monomer) menjadi polimer (makromolekul). Reaksi polimerisasi dibedakan menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut.

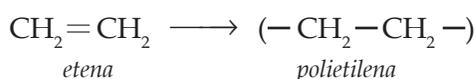


Gambar 7.1 Polimer terbentuk dari monomer melalui reaksi polimerisasi
Ilustrasi : Haryama

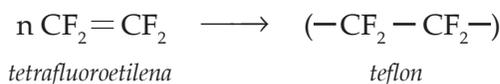
1. Polimerisasi Adisi

Polimerisasi adisi adalah penggabungan molekul-molekul yang berikatan rangkap membentuk rantai molekul yang panjang (polimer). Polimerisasi adisi dapat berlangsung dengan bantuan katalisator.

Contoh : Pembentukan polietilena dari etena.



Pembentukan teflon atau politetra fluoroetilena

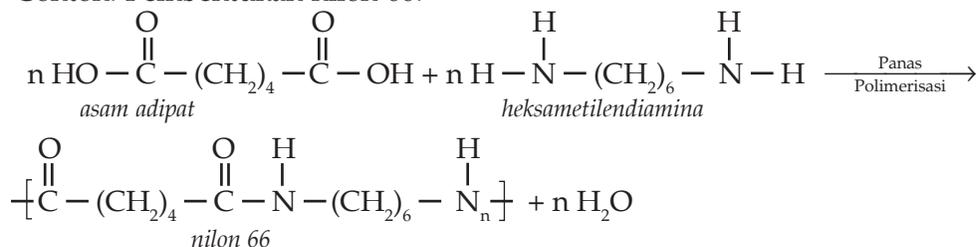


Reaksi polimerisasi adisi banyak dimanfaatkan pada industri plastik dan karet.

2. Polimerisasi Kondensasi

Polimerisasi kondensasi adalah reaksi antara dua gugus fungsional pada molekul-molekul monomer yang berinteraksi membentuk polimer dengan melepaskan molekul kecil (H_2O , NH_3).

Contoh: Pembentukan nilon 66.



Nilon 66 mempunyai massa molekul relatif ± 10.000 dan titik lelehnya $\pm 250^\circ\text{C}$.

Soal Kompetensi 7.1

1. Glisin memiliki rumus struktur $\text{H}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$, bila berpolimerisasi maka:
- tentukan jenis reaksi polimerisasinya,
 - tuliskan persamaan reaksinya,
 - bila 20 molekul glisin berpolimerisasi, tentukan M_r polimer yang dihasilkan (A_r , H = 1, C = 12, N = 14, O = 16)!
2. Lengkapilah tabel berikut dengan benar!

No.	Polimer	Monomer	Polimer Alam/Sintetis	Reaksi Polimerisasi
1.	Selulosa	...	...	...
2.	Protein	...	...	...
3.	PVC	...	...	...
4.	Karet alam	...	...	...
5.	Nilon 66	...	...	...
6.	Teflon	...	...	...
7.	Bakelit	...	...	...
8.	Amilum	...	...	...
9.	Polistirena	...	...	...
10.	DNA	...	...	...

B. Penggolongan Polimer

Polimer dapat digolongkan berdasarkan asalnya, jenis monomer pembentuk, sifat dan kegunaan.

1. Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan menjadi polimer alam dan polimer sintetis.

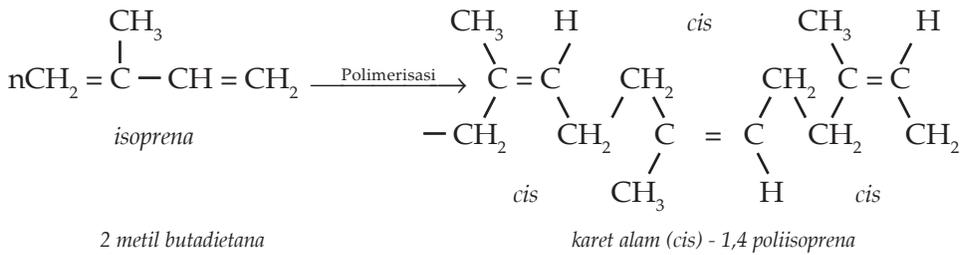
a. Polimer Alam

Polimer alam adalah polimer yang telah tersedia di alam dan terbentuk secara alami.

Contoh: Karet alam (poliisoprena)



Sumber : Ind Magazine, Aug 1987
Gambar 7.2 Penyadapan getah pohon karet



Beberapa contoh polimer alam yang lain adalah protein, amilum, selulosa, glikogen, dan asam nukleat.

b. Polimer Sintetis

Polimer sintetis atau polimer buatan dibuat sebagai tiruan. Polimer sintetis meliputi plastik, karet sintetis, dan serat sintetis.

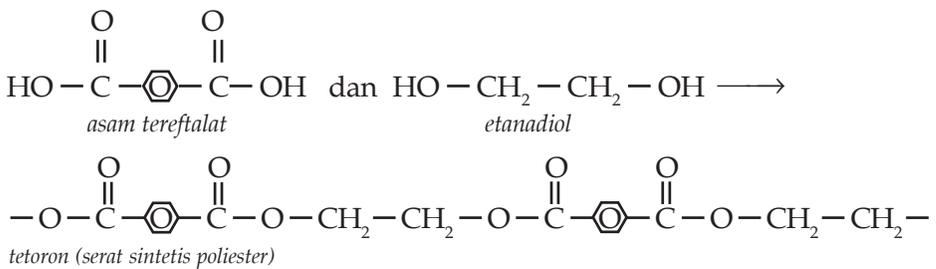
Contohnya plastik polietilena, PVC, polipropilena, teflon, karet neoprena, karet SBR, nilon, dan tetoron.

2. Berdasarkan Jenis Monomer

Berdasarkan jenis monomer penyusunnya, polimer dibedakan menjadi kopolimer dan homopolimer.

a. Kopolimer

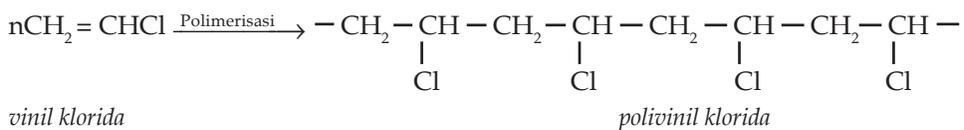
Kopolimer adalah polimer yang tersusun dari monomer yang berbeda. Contoh: Dacron tersusun dari monomer asam tereftalat dan etanadiol.



Contoh kopolimer yang lain adalah saran, polietilena tereftalat, bakelit, nilon, dan karet nitril.

b. Homopolimer

Homopolimer adalah polimer yang tersusun dari monomer yang sama. Contoh: PVC tersusun dari monomer vinil klorida.



Contoh homopolimer yang lain adalah polipropilena, polietilena, teflon, PVA

3. Berdasarkan Sifatnya terhadap Panas

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dibedakan menjadi polimer termoseting dan polimer termoplas.

a. Polimer Termoseting

Polimer termoseting artinya hanya dapat dipanaskan satu kali yaitu pada saat pembuatannya sehingga apabila pecah tidak dapat disambung kembali dengan pemanasan atau dicetak ulang dengan pemanasan. Polimer termoseting terdiri atas ikatan silang antarrantai sehingga terbentuk bahan yang keras dan lebih kaku. Contoh polimer termoseting adalah bakelit dan melamin.

b. Polimer Termoplas

Polimer termoplas dapat dipanaskan berulang-ulang karena polimer termoplas melunak bila dipanaskan dan mengeras bila didinginkan sehingga apabila pecah dapat disambung kembali dengan pemanasan atau dicetak ulang dengan pemanasan. Polimer termoplas terdiri dari molekul-molekul rantai lurus atau bercabang dan tidak ada ikatan silang antarrantai seperti pada polimer termoseting.

Contoh: polietena, PVC, polistirena.

Agar lebih memahami sifat-sifat polimer, lakukan kegiatan berikut.



Kegiatan Ilmiah 7.1

Mempelajari Sifat-Sifat Polimer

Tujuan:

Mempelajari pengaruh asam, basa, dan pemanasan pada polimer

Alat dan Bahan:

- solder listrik
- pipet tes
- berbagai limbah plastik, karet, kain sintetik
- larutan HCl 2M
- larutan NaOH 2 M

Langkah Kerja:

1. Kumpulkan sedikit pecahan ember, sisir, kantong plastik, solder listrik, kain katun, tetoron, serta karet ban!
2. Teteskan 2 tetes larutan NaOH 2 M pada tiap-tiap zat yang Anda kumpulkan, amati dan catat hasilnya!
3. Teteskan 2 tetes larutan HCl 2 M pada bagian lain zat tersebut, amati dan catat hasilnya!
4. Sentuhkan solder panas sebentar pada zat-zat tersebut, amati dan catat hasilnya!
5. Buatlah kesimpulan dari kegiatan ini!

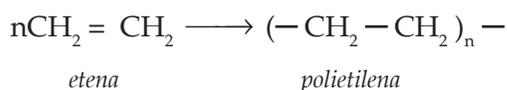
C. Beberapa Polimer dan Kegunanaannya

1. Plastik

Polimerisasi adisi dari monomer-monomer berikatan rangkap menghasilkan bermacam-macam plastik.

a. Polietilena

Polietilena merupakan polimer yang terbentuk dari polimerisasi adisi etena.

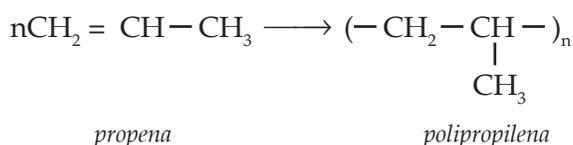


Sifat-sifat dan kegunaan polietilena adalah:

- 1) titik leleh 110°C,
- 2) melunak dalam air panas,
- 3) digunakan untuk botol fleksibel, film, pembungkus, dan isolator listrik.

b. Polipropilena

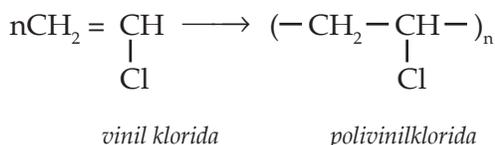
Polipropilena memiliki sifat hampir sama dengan polietilena, hanya polipropilena lebih kuat dibanding polietilena. Polipropilena tersusun dari molekul-molekul propena.



Polipropilena digunakan untuk membuat tali, botol, karung, dan sebagainya.

c. PVC

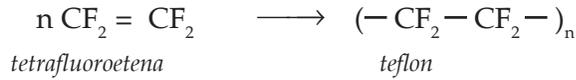
PVC (polivinilklorida) merupakan polimer jenis plastik yang tersusun dari vinil klorida melalui polimerisasi adisi.



PVC merupakan plastik yang keras, kaku, dan mudah rusak, dapat digunakan untuk membuat pipa, tongkat, dan pelapis lantai.

d. Teflon (PTFE)

Teflon tersusun dari monomer-monomer tetrafluoroetena.



Teflon bersifat sangat ulet, kenyal, tahan terhadap zat kimia, tak mudah terbakar, isolator listrik yang baik, dan mampu melumasi diri serta tidak menempel.

Panci untuk memasak/menggoreng menggunakan pelapis teflon, sehingga tidak memerlukan minyak yang banyak, tidak mudah gosong, serta mudah mencucinya.



Sumber: Kamus Visual, 2004

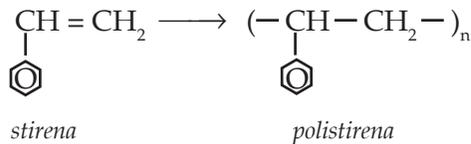
Gambar 7.3 Penggorengan berlapis teflon

Sifat dan kegunaan teflon adalah

- 1) titik leleh 327°C ,
- 2) tahan terhadap panas,
- 3) tahan terhadap zat kimia, digunakan untuk alat-alat yang tahan terhadap bahan kimia, misalnya pelapis tangki bahan kimia, pelapis panci antilengket.

e. Polistirena

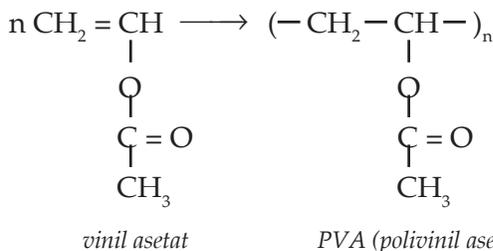
Polistirena tersusun atas monomer stirena



Polistirena digunakan untuk membuat gelas minuman ringan, isolasi, dan untuk kemasan makanan.

f. PVA

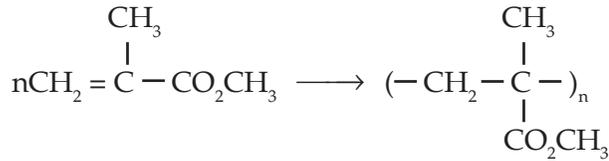
PVA (polivinil asetat) tersusun dari monomer-monomer vinil asetat.



PVA digunakan untuk pengemulsi cat.

g. Polimetil Metakrilat (PMMA)

Polimetil metakrilat tersusun dari ester metil metakrilat.



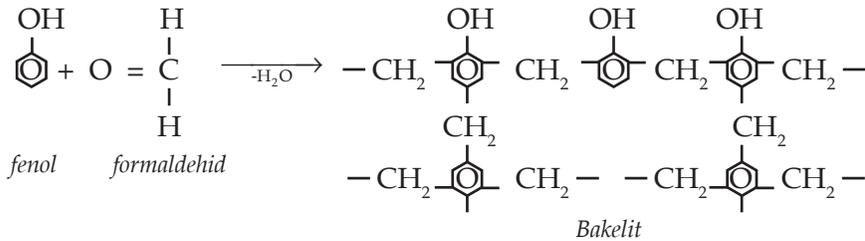
metil metakrilat

polimetil metakrilat

Polimetil metakrilat merupakan plastik bening, keras, tetapi ringan sehingga digunakan untuk pengganti gelas, misalnya kaca jendela pesawat terbang.

h. Bakelit

Bakelit merupakan polimer termoseting yang tersusun dari fenol dan formaldehid.



Bakelit digunakan untuk pembuatan peralatan listrik.

Kolom Diskusi

Polietilena merupakan plastik yang paling sederhana dan paling murah. Plastik polietilena ada dua jenis, yaitu polietilena densitas rendah (LDPE = *Low Density Polyetilen*) dan polietilena densitas tinggi (HDPE = *High Density Polyetilen*).

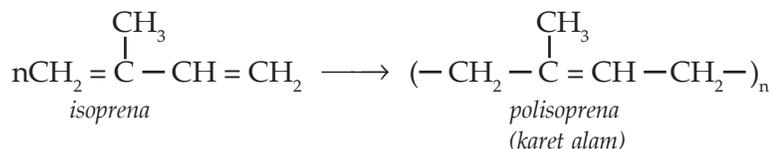
Diskusikan perbedaan-perbedaan dari kedua jenis plastik tersebut dari segi:

1. kerapatan,
2. rantai karbon,
3. titik leleh,
4. elastisitas,
5. kegunaan!

2. Karet

a. Karet Alam

Karet alam tersusun dari monomer-monomer isoprena atau 2 metil 1,3 butadiena.



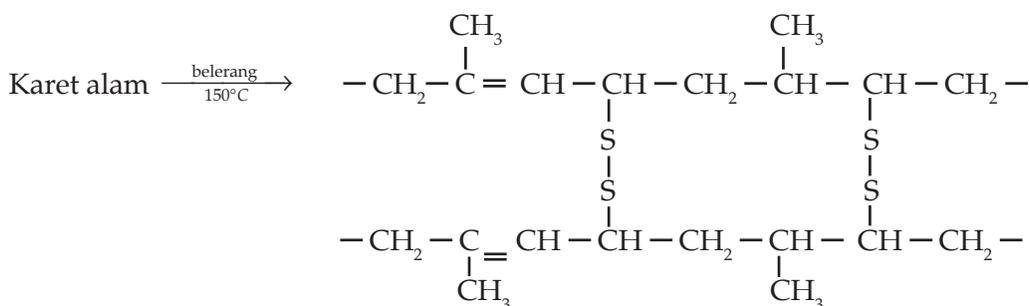
Karet alam bersifat lunak, lekat, dan mudah dioksidasi. Agar menjadi lebih keras dan stabil dilakukan vulkanisasi, yaitu karet alam dipanaskan pada suhu 150°C, dengan sejumlah kecil belerang. Dengan cara ini ikatan rangkap pada karet terbuka kemudian terjadi ikatan jembatan belerang di antara rantainya.

Karet diekstraksi dari lateks (getah pohon karet), hasil vulkanisirnya digunakan untuk ban kendaraan.



Dokumen : Haryana

Gambar 7.4 Ban karet hasil ekstraksi lateks

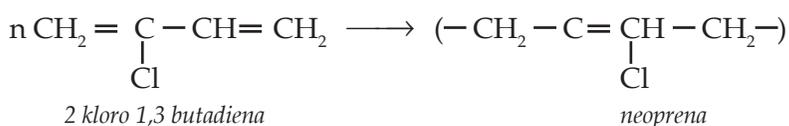


karet alam yang telah divulkanisasi

b. Karet Sintetis

1) Neoprena (Kloroprena)

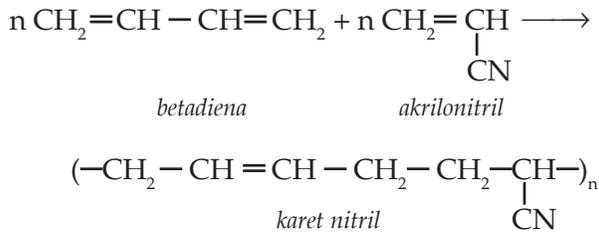
Neoprena tersusun dari monomer-monomer 2 kloro 1,3 butadiena



Sifat dan kegunaan neoprena adalah tahan terhadap bensin, minyak tanah, dan lemak sehingga digunakan untuk membuat selang karet, sarung tangan, tapak sepatu, dan sebagainya.

2) Karet Nitril

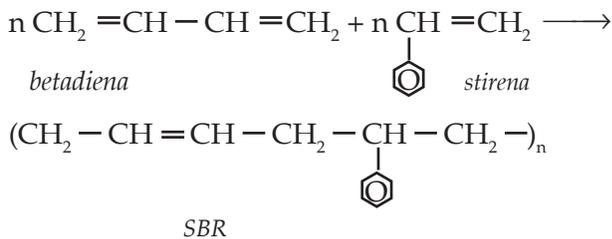
Karet nitril tersusun dari monomer butadiena dan akrilonitril



Karet nitril memiliki sifat tahan terhadap bensin, minyak dan lemak, digunakan untuk membuat selang.

3) SBR

SBR (*Styrena Butadiena Rubber*) tersusun dari monomer stirena dan butadiena.



SBR merupakan karet sintetis yang paling banyak diproduksi untuk ban kendaraan bermotor.

3. Serat Sintetis

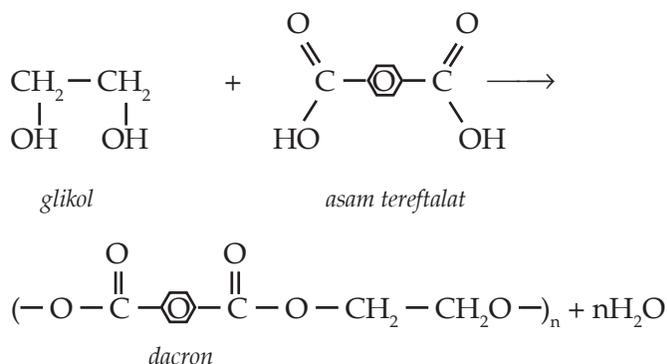
a. Nilon 66

Nilon 66 merupakan kopolimer dari heksa metilen diamina dengan asam adipat melalui polimerisasi kondensasi. Disebut nilon 66 karena masing-masing monomernya mengandung 6 atom karbon

Nilon 66 bersifat kuat, ringan, dan dapat ditarik tanpa retak sehingga digunakan untuk membuat tali, jala, parasit, dan tenda.

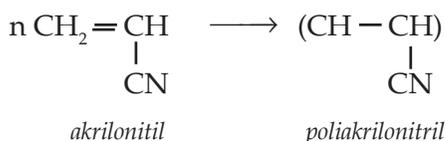
b. Dacron

Dacron (polietilen tereftalat) merupakan kopolimer dari glikol dengan asam tereftalat melalui polimerisasi kondensasi.



c. Orlon

Orlon atau poliakrilonitril tersusun dari molekul akrilonitril.



Sifat dan kegunaan orlon adalah memiliki sifat yang kuat digunakan untuk karpet dan pakaian (kaos kaki, baju wol).

D. Dampak dan Penangan Limbah Polimer

Penggunaan polimer sintesis terutama plastik dapat menimbulkan masalah. Meskipun tidak beracun pembuangan limbah pabrik sangat mencemari tanah karena tidak terurai oleh mikroorganisme. Pembakaran plastik dan karet dapat mencemari udara karena menghasilkan gas-gas yang bersifat racun korosi seperti HCl, oksida-oksida belerang dan oksida-oksida karbon.

Untuk mencegah pencemaran akibat limbah polimer dapat dilakukan daur ulang. Limbah plastik dikumpulkan, dipisahkan, dilelehkan, dan dibentuk ulang menjadi bentuk-bentuk lain yang bermanfaat. Selain dengan daur ulang, perlu dikembangkan jenis plastik yang terbiodegradasi agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.

Soal Kompetensi 7.2

1. Bagaimana susunan kopolimer jenis:
 - a. tersusun
 - b. blok
 - c. acak
 - d. graft
2. Lengkapilah tabel berikut berikut!

No.	Polimer	Penggolongan Polimer Berdasar			
		Asal	Monomer Pembentuk	Sifat	Kegunaan
a.	Nilon 66	...	...	...	...
b.	Amilum	...	...	...	...
c.	Bakelit	...	...	...	...
d.	Polietilena	...	...	...	...
e.	Poliisoprena	...	...	...	...

3. Sebutkan polimer yang digunakan sebagai:
 - a. isolator
 - b. dasar setrika
 - c. pengganti kaca
 - d. pembuatan tekstil

Tokoh

Leo Hendrik Backeland (1863–1944)

Backeland lahir di Ghent Belgia pada tanggal 14 November 1863 dan meninggal di Beacon New York pada tanggal 23 Februari 1944.

Ia adalah ahli kimia Belgia penemu bakelit dan kertas foto Velox. Bakelit merupakan plastik tahan panas, sedangkan kertas foto velox merupakan kertas untuk mencetak film dengan sinar lampu, tanpa sinar matahari.



Info Kimia

Beberapa Singkatan Senyawa Kimia

PP	=	Phenolptalin
EDTA	=	Etilendiamintetra Asetat
TEL	=	Tetra Etil Lead
PVC	=	Polivinil Clorida
PVA	=	Polivinil Asetat
BHA	=	Butil Hidrosi Anisol
BHT	=	Butil Hidrosi Toluena
MSG	=	Monosodium Glutamat
BHC	=	Benzena Hekta Clorida
TNT	=	Trinitro Toluena
ABS	=	Alkil Benzena Sulfonat



Rangkuman

1. Polimer merupakan makromolekul yang tersusun dari monomer-monomer melalui reaksi polimerisasi.
2. Reaksi polimerisasi adisi terjadi pada monomer-monomer tak jenuh (berikatan rangkap).
3. Reaksi polimerisasi kondensasi terjadi pada monomer-monomer yang memiliki dua gugus fungsi atau lebih.
4. Berdasar asalnya, polimer dibedakan menjadi polimer alam dan polimer sintesis.
5. Berdasar monomer penyusunnya, polimer dibedakan menjadi homopolimer dan kopolimer.
6. Berdasar sifatnya terhadap panas, polimer dibedakan menjadi polimer termoplas dan polimer termoseting.
7. Pembuangan bahan-bahan plastik dapat mencemari tanah karena sukar diuraikan oleh mikroorganisme.
8. Untuk mencegah pencemaran akibat pembuangan bahan plastik dilakukan daur ulang.

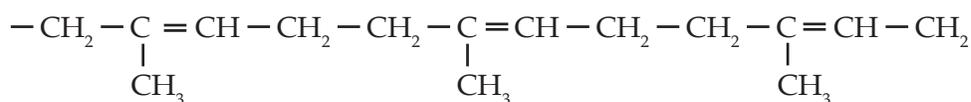
Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

1. Polivinil klorida (PVC) adalah polimer jenis plastik yang banyak digunakan untuk pipa air. Plastik tersebut tersusun dari monomer-monomer
 - A. $\text{CHCl} = \text{CHCl}$
 - B. $\text{CHCl} = \text{CCl}_2$
 - C. $\text{CH} = \text{CCl}$
 - D. $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$
 - E. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$

2. Polimer berikut yang terbentuk melalui polimerisasi kondensasi adalah
 - A. karet
 - B. teflon
 - C. nilon
 - D. PVC
 - E. polipropilena

3. Suatu polimer memiliki rumus struktur sebagai berikut:



Maka monomer-monomer penyusunnya adalah

- A. $\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- B. $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_3$
- C. $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH} = \text{CH}_3$
- D. $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$
- E. $\text{CH}_2 = \text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_3$

4. Perhatikan 5 macam kelompok mengenai polimer berikut:

No.	Jenis Polimer	Monomer	Reaksi Polimerisasi
1.	Alam	Asam amino	Kondensasi
2.	Sintetis	Etena	Adisi
3.	Alam	Glukosa	Kondensasi
4.	Sintetis	1,6 diamino heksana dan asam adipat	Kondensasi
5.	Alam	Isoprena	Adisi

Berdasarkan data di atas, nama senyawa polimer yang sesuai dengan data tabel nomor 4 adalah ...

- karet
 - nilon - 66
 - amilum
 - polietena
 - protein
5. Polimer berikut ini tergolong jenis karet sintetis, *kecuali*
- neoprena
 - poliisoprena
 - buna-S
 - thiokol
 - akrilan
6. Nilon adalah polimer yang jenis serat sintetis yang tersusun atas monomer-monomer ...
- asam adipat dan heksametilen diamin
 - asam tereftalat dan etanadiol
 - asam adipat dan etanadiol
 - asam tereftalat dan heksametilen diamin
 - dimetil tereftalat dan etilen glikol
7. Berikut ini beberapa contoh polimer:
- Polietilena
 - PVC
 - Dacron
 - Neoprena
 - Tetoron
- Yang tergolong polimer jenis serat adalah
- 1 dan 2
 - 1 dan 4
 - 2 dan 4
 - 3 dan 5
 - 4 dan 5

8. Diberikan tabel sebagai berikut:

No.	Polimer	Monomer	Polimerisasi	Polimer
1.	Karet	Isoprena	Kondensasi	Alam
2.	Protein	Asam amino	Kondensasi	Alam
3.	PVC	Vinil klorida	Adisi	Sintetis
4.	Selulosa	Glukosa	Adisi	Alam
5.	Polistirena	Stirena	Adisi	Alam

Pasangan yang tepat dari 5 komponen di atas adalah

- 1 dan 2
 - 2 dan 3
 - 3 dan 4
 - 4 dan 5
 - 2 dan 4
9. Susunan monomer dalam polimer: $M_1 M_1 M_1 M_2 M_2 M_2$ disebut
- homopolimer
 - kopolimer tersusun
 - kopolimer graft
 - kopolimer blok
 - homopolimer tersusun
10. Panci tahan panas dan antilengket yang digunakan dalam rumah tangga mengandung monomer
- $CH_2 = CH - Cl$
 - $CHCl = CHCl$
 - $CF_2 = CF_2$
 - $CH_2 - CH - CH = CH_2$
 - $CH_3 - \underset{\substack{| \\ Cl}}{C} = CH - CH_2$

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

- Apakah yang Anda ketahui tentang karet alam, mengenai:
 - monomer pembentuknya,
 - rumus struktur monomer,
 - reaksi polimerisasinya?
- Tergolong polimer jenis apakah PVC, bila dipandang berdasar:
 - monomer pembentuknya,
 - reaksi pembentuknya,
 - sifat dan kegunaan,
 - sifatnya terhadap panas?

3. Diketahui 2 monomer $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ dan $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
- Bila berpolimerisasi, melalui polimerisasi apa? Tuliskan persamaan reaksinya!
 - Apakah kegunaan polimer yang dihasilkan?
4. Apakah keuntungan dan kerugian penggunaan polimer sintetis dalam kehidupan sehari-hari?
5. Karet merupakan polimer dari isoprena (2 metil 1,3 butadiena).
- Tuliskan rumus struktur monomernya!
 - Termasuk kopolimer atau homopolimer?
 - Terbentuk melalui polimerisasi apa?
 - Termasuk termoseting atau termoplastik? Jelaskan!

Bab VIII

Biomolekul



Tujuan Pembelajaran

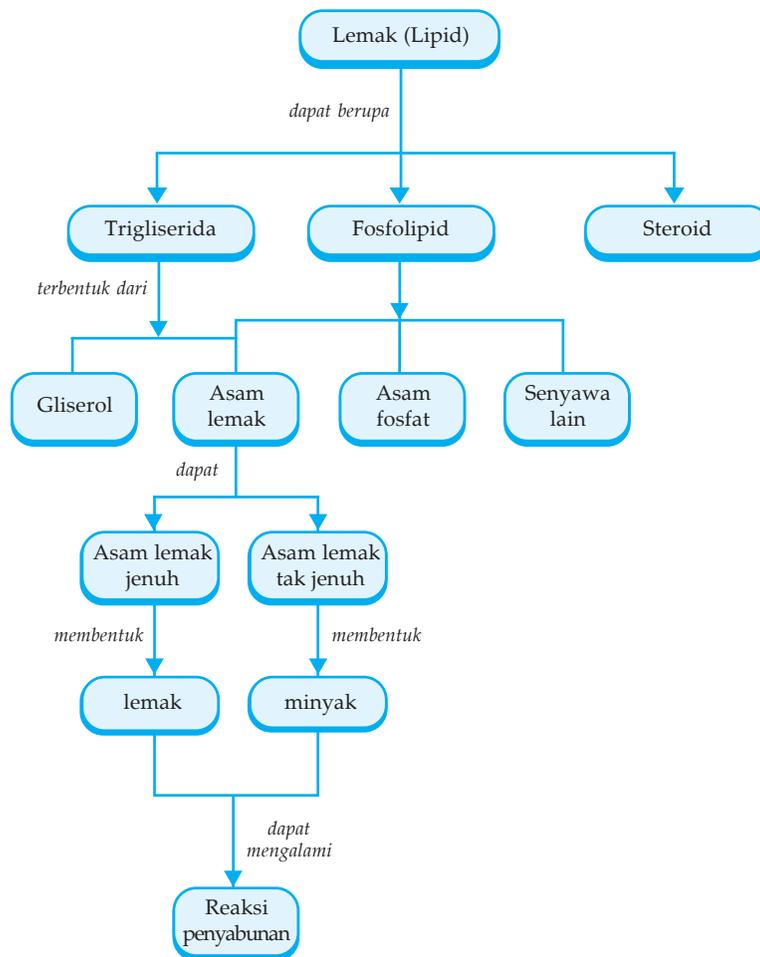
- Setelah mempelajari materi bab ini Anda dapat mengetahui struktur, nama, klasifikasi, sifat dan kegunaan dari karbohidrat, protein dan lemak.

Karbohidrat, protein dan lemak merupakan tiga golongan senyawa organik yang penting dalam makhluk hidup yang dikenal dengan biomolekul. Karbohidrat dan lemak sebagai sumber energi bagi tubuh sedangkan protein selain sumber juga berfungsi sebagai pengganti sel-sel yang rusak dan untuk pertumbuhan. Apa yang terjadi bila tubuh kita kekurangan senyawa organik tersebut? Tentunya tubuh kita menjadi lemas tidak betenaga dan tidak dapat tumbuh secara normal.

Pada bab ini akan kita bahas tentang struktur, nama, klasifikasi, sifat dan kegunaan dari karbohidrat, protein, dan lemak. Karbohidrat digolongkan menjadi monosakarida. Protein merupakan polimer alam yang tersusun dari asam-asam amino. Lemak merupakan ester dari gliserol dengan asam-asam lemak.

Kata Kunci

- karbohidrat
- ikatan peptida
- protein
- asam amino
- polisakarida
- monosakarida
- disakarida
- lemak



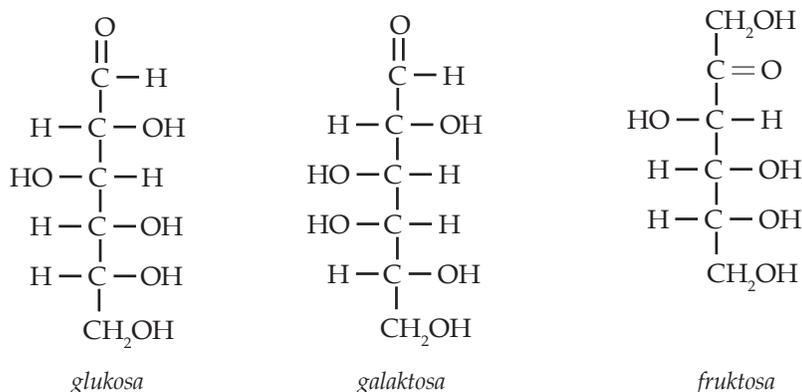
A. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan salah satu bahan makanan yang penting dan tersebar luas dalam jaringan binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Karbohidrat adalah senyawa yang memiliki rumus umum $C_n(H_2O)_m$ dengan harga n dan m bisa sama atau berbeda. Namun demikian ada senyawa bukan karbohidrat yang memiliki rumus $C_n(H_2O)_m$, misalnya asam etanoat CH_3COOH dapat ditarik rumus $C_n(H_2O)_2$. Rumus umum karbohidrat $C_n(H_2O)_m$ tetap digunakan karena semua karbohidrat memenuhi rumus tersebut, misalnya glukosa $C_6H_{12}O_6$ dapat dituliskan $C_6(H_2O)_6$.

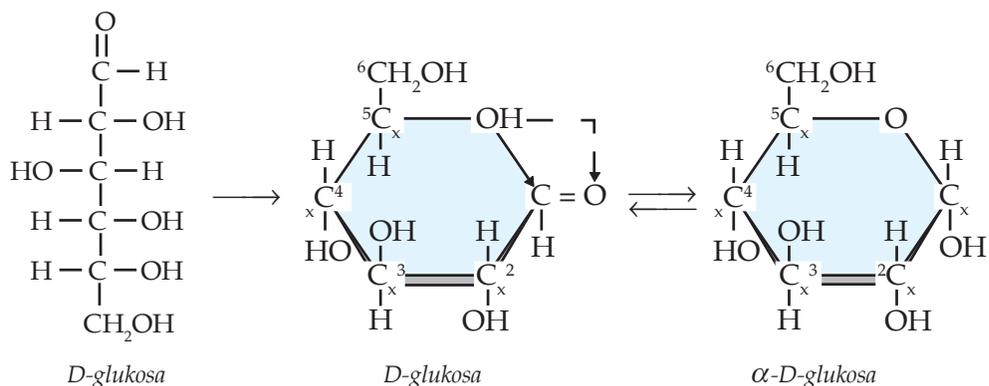
Berdasarkan gugus fungsinya karbohidrat merupakan polihidroksialdehid atau polihidroksiketone. Berdasarkan reaksi hidrolisisnya karbohidrat digolongkan menjadi monosakarida, disakarida, dan polisakarida.

1. Monosakarida

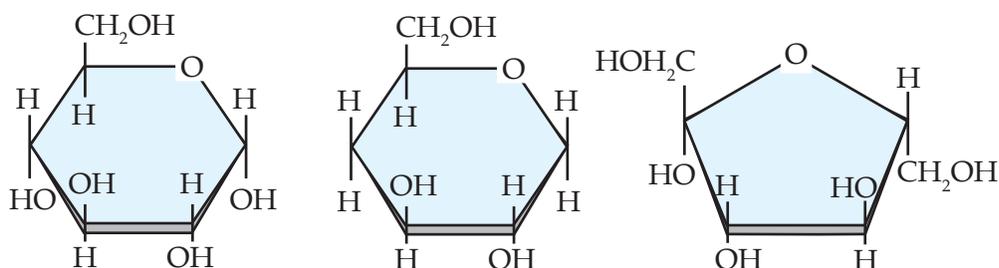
Monosakarida adalah satuan unit terkecil dari karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis lagi menjadi molekul karbohidrat yang lebih kecil. Berdasarkan gugusnya, monosakarida digolongkan menjadi golongan aldosa (mengandung gugus aldehid) dan ketosa (mengandung gugus keton). Golongan aldosa terdiri atas glukosa dan galaktosa sedang yang termasuk ketosa adalah fruktosa. Perhatikan struktur monosakarida berikut dalam proyeksi Fischer:



Struktur monosakarida dengan rantai terbuka di atas hanya dijumpai dalam bentuk larutan. Dalam bentuk padat monosakarida memiliki struktur siklis (siklohemiasetal dan siklohemiketal). Bila struktur monosakarida tersebut dilipat melingkar atom karbon 6 dari glukosa mendekati gugus aldehid kemudian gugus aldehid dan hidroksil bereaksi sehingga terbentuk struktur siklis sebagaimana dikemukakan oleh Tollens.



Oleh Howarth diusulkan rumus dalam bentuk ruang berupa segi enam. Perhatikan rumus Howarth dari glukosa, galaktosa dan fruktosa berikut ini:



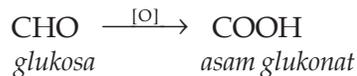
Cincin segi enam pada glukosa dan galaktosa disebut *cincin piran* dan cincin segi lima pada fruktosa disebut *cincin furan*. Jumlah isomer monosakarida dinyatakan dengan 2^n dimana n adalah banyaknya atom C asimetris (atom C kiral). Sebagai contoh: glukosa memiliki 4 atom C asimetris (C nomor 2, 3, 4, dan 5), sehingga jumlah isomer glukosa $2^4 = 16$.

Sifat-sifat glukosa adalah sebagai berikut.

- Glukosa berupa zat padat berwarna putih yang mudah larut dalam air. Adanya gugus $-OH$ dalam molekul glukosa menyebabkan glukosa bersifat polar dan terjadi ikatan hidrogen baik antar molekul glukosa maupun dengan air.
- Glukosa bersifat optis aktif putar kanan sehingga disebut dekstrosa. Larutan glukosa yang baru memiliki daya putar 113° kemudian menjadi 52° . Peristiwa perubahan besarnya daya putar bidang polarisasi disebut *mutarotasi*. Hal ini menunjukkan adanya dua bentuk glukosa, yaitu α -glukosa dan β -glukosa.

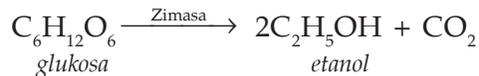
Glukosa alam adalah α -glukosa sedang β -glukosa diperoleh dari sintesis. Bila β -glukosa dilarutkan dalam air menunjukkan daya putar 19° , kemudian berubah menjadi 52° .

- c. Dapat dioksidasi (dapat mereduksi) menjadi asam glukonat.



Berdasar reaksi ini adanya glukosa dapat diidentifikasi dengan pereaksi Fehling dan Tollens.

- d. Dapat mengalami fermentasi (peragian) menjadi alkohol dan gas CO_2 dengan enzim zimasa.



Sifat-sifat fruktosa adalah sebagai berikut.

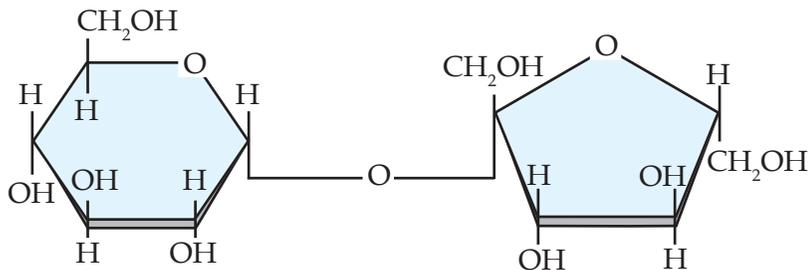
- Fruktosa berupa zat padat berwarna putih mudah larut dalam air.
- Bersifat optis aktif putar kiri, sehingga disebut levulosa.
- Dapat mereduksi larutan fehling dan tollens
- Dapat mengalami fermentasi menjadi alkohol dan karbondioksida.

2. Disakarida

Disakarida adalah karbohidrat yang pada hidrolisisnya terurai menjadi dua molekul monosakarida. Dua molekul monosakarida dalam disakarida dihubungkan melalui ikatan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ yang disebut ikatan glikosida. Rumus molekul disakarida adalah $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Disakarida yang penting adalah sukrosa (gula tebu), maltosa (gula pati), dan laktosa (gula susu).

a. Sukrosa (Gula Tebu)

Sukrosa tersusun dari molekul glukosa dan fruktosa dengan rumus struktur sebagai berikut:



Sifat-sifat sukrosa adalah:

- Bersifat optis aktif putar kanan.
- Tidak dapat mereduksi larutan fehling dan tollens.
- Dapat mengalami hidrolisis menghasilkan glukosa dan fruktosa dengan enzim invertase.

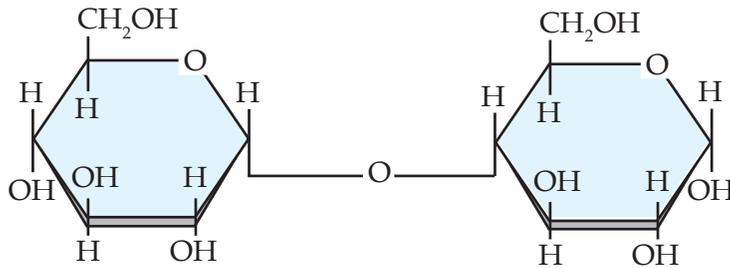


Pada hidrolisis ini disertai inversi, yaitu perubahan arah putar bidang polarisasi cahaya dari arah kanan ke kiri (sehingga sukrosa disebut gula invert)

- 4) Larut dalam air
- 5) Pada pemanasan yang kuat menghasilkan karamel.

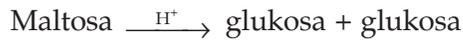
b. Maltosa (Gula Pati)

Maltosa tersusun dari dua molekul glukosa.



Sifat-sifat maltosa:

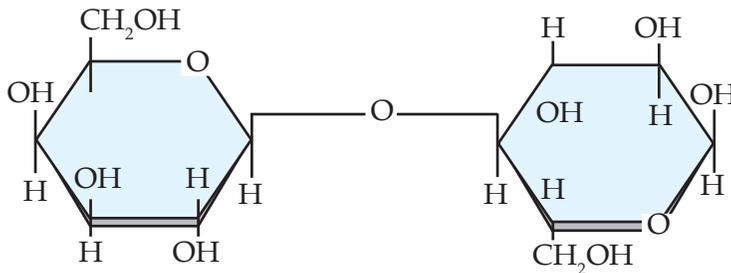
- 1) Dapat mereduksi larutan fehling maupun tollens
- 2) Dapat dihidrolisis menghasilkan glukosa dengan enzim maltase



- 3) Larut dalam air
- 4) Bersifat optis aktif putar kanan

c. Laktosa

Laktosa tersusun dari molekul glukosa dan galaktosa.



Sifat-sifat laktosa adalah:

- 1) dapat mereduksi larutan fehling
- 2) dapat dihidrolisis menghasilkan glukosa dan galaktosa dengan enzim laktase



- 3) sedikit larut dalam air
- 4) bersifat optis aktif putar kanan

Soal Kompetensi 8.1

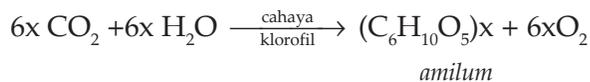
1. Apakah yang dimaksud dengan karbohidrat? Berikan contoh!
2. Apakah perbedaan dan persamaan antara glukosa dengan fruktosa?
3. Apakah yang dimaksud dengan istilah berikut:
 - a. Gula pereduksi
 - b. Inversi
 - c. Mutarotasi
 - d. Ikatan glikosida
4. Bagaimana cara membedakan sukrosa dengan laktosa di laboratorium?
Tuliskan persamaan reaksinya!
5. Suatu senyawa A dengan rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$ dapat mereduksi larutan fehling menghasilkan endapan merah bata. Bila senyawa A dihidrolisis menghasilkan molekul B, tentukan rumus molekul dan rumus struktur senyawa A dan B!

3. Polisakarida

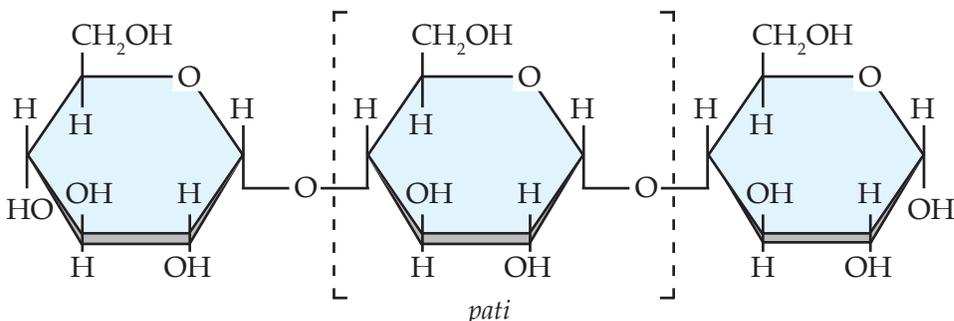
Polisakarida merupakan polimer alam yang tersusun dari D-glukosa dengan rumus umum $(C_6H_{10}O_5)_n$. Semua polisakarida sukar larut dalam air dan tidak dapat mereduksi larutan fehling. Polisakarida yang penting yaitu amilum, glikogen, dan selulosa.

a. Amilum (Pati)

Amilum (pati) merupakan sumber karbohidrat yang paling penting yang terbentuk dari proses fotosintesis tumbuhan:



Molekul pati tersusun dari satuan-satuan glukosa dengan ikatan glikosida sebagai berikut.



Sifat-sifat amilum (pati) adalah sebagai berikut.

1. Pati tidak larut dalam air dan memberi warna biru dengan larutan iodium.
2. Pati terdiri atas dua bagian, bagian yang lurus disebut amilosa dan bagian yang bercabang disebut amilopektin.
3. Tidak dapat mereduksi pereaksi fehling.
4. Hidrolisis pati dengan asam encer menghasilkan glukosa.

Pada hidrolisis pati terjadi zat antara yaitu dekstrin. Dekstrin masih merupakan polisakarida dan digunakan untuk perekat. Dekstrin dengan iodium memberikan warna merah.

b. Glikogen

Glikogen adalah polisakarida yang disimpan dalam tubuh hewan (dalam hati) sebagai cadangan karbohidrat.

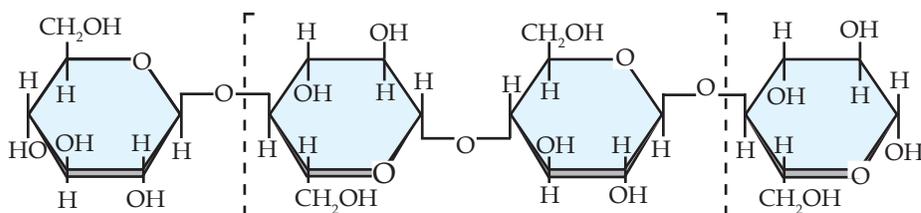
Sifat-sifat glikogen adalah sebagai berikut.

1. Glikogen disebut juga pati hewan yang tidak larut dalam air dengan iodium memberi warna merah.
2. Pada hidrolisis dengan enzim amilosa (dari pankreas) terurai menjadi maltosa dan kemudian menjadi glukosa.
3. Tidak dapat mereduksi pereaksi fehling.

c. Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida penyusun dinding sel tumbuhan. Kapas sebagian besar terdiri atas selulosa.

Susunan molekul glukosa dalam selulosa adalah sebagai berikut:



Sifat-sifat selulosa:

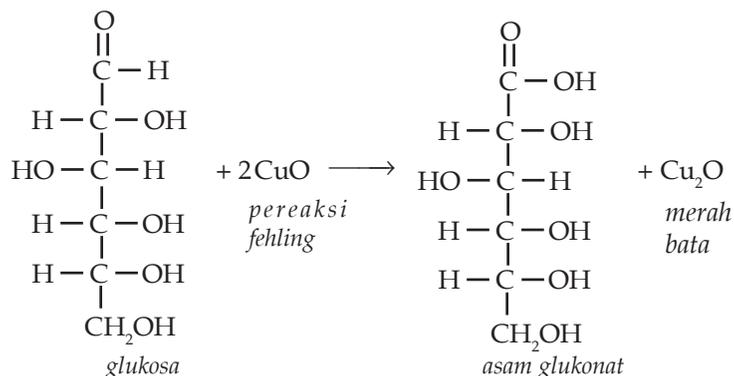
1. Selulosa tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pereaksi Scheitzer, yaitu larutan tetramino tembaga (II) hidroksida.
2. Selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia tetapi dapat dicerna oleh sapi dan hewan lain dengan bantuan bakteri. Dengan asam encer dapat terhidrolisis menjadi glukosa.
3. Dengan HNO_3 pekat dan H_2SO_4 pekat terjadi selulosa nitrat yang digunakan untuk pembuatan film dan cat semprot.

Kegunaan selulosa yang penting adalah untuk rayon dan kertas. Polisakarida yang lain adalah inulin pada pati dahlia dan kitin pada invertebrata.

Reaksi mengenal karbohidrat adalah sebagai berikut.

1. Uji Fehling

Glukosa, galaktosa, maltosa mengandung gugus aldehyd, ($\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-H}$) sehingga dengan pereaksi Fehling memberikan uji yang positif yang ditandai dengan terbentuknya endapan merah. Fruktosa meskipun tidak mengandung gugus aldehyd juga menimbulkan endapan merah dengan pereaksi fehling karena banyak mengandung gugus hidroksil. Sehingga gula-gula tersebut disebut gula pereduksi (mereduksi pereaksi fehling), contoh:

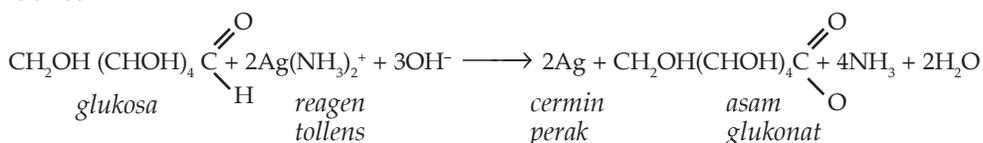


Sukrosa dan polisakarida tidak menimbulkan endapan merah dengan larutan fehling, karena gugus aldehydnya sudah hilang.

2. Uji Tollens

Uji positif terhadap pereduksi (glukosa, galaktosa, dan maltosa) yang ditandai dengan terbentuknya cermin perak pada dinding tabung.

Contoh:



3. Uji Iodium

Uji ini dapat membedakan antar amilum, glikogen dan selulosa.

Amilum + I₂ → biru

Glikogen + I₂ → merah coklat

Selulosa + I₂ → negatif

Agar lebih memahami sifat-sifat karbohidrat lakukanlah kegiatan berikut!



Kegiatan Ilmiah 8.1

Beberapa Uji Karbohidrat

Tujuan:

Membedakan glukosa dengan sukrosa

Alat dan bahan

- Tabung reaksi
- Gelas ukur
- Kaca arloji
- Pipet tetes
- Pereaksi fehling
- Larutan glukosa 0,1 M
- Larutan sukrosa 0.1 M
- Larutan iodin 0.1 M
- Larutan NaOH 6 M, H₂SO₄
- Amilum, kapas, kertas saring

Langkah kerja:

1. Masukkan kira-kira 2 mL larutan glukosa 0,1 M ke dalam tabung reaksi A dan 1 mL larutan sukrosa 0,1 M ke dalam reaksi B!
2. Tambahkan 1 mL pereaksi fehling ke dalam tabung reaksi A dan B!
3. Panaskan kedua campuran dalam tabung reaksi A dan B dalam pemanas air dan amatilah yang terjadi!

Hasil Pengamatan:

No.	Larutan	Sebelum ditambah Pereaksi Fehling	Setelah ditambah Pereaksi Fehling
1.	glukosa 0.1 M	....	....
2.	sukrosa 0,1 M	....	....

Tujuan:

Melakukan uji terhadap selulosa dan amilum

Langkah Kerja:

1. Tambahkan 3 tetes larutan iod pada kertas saring atau kapas dalam kaca arloji dan catat perubahan yang terjadi!
2. Ulangi langkah 1 tersebut dengan mengganti kertas saring dengan amilum!
3. Letakkan beberapa potong kertas saring dalam lumpang porselen! Tambahkan 8 -10 tetes H₂SO₄ pekat tetes demi tetes sambil terus digerus sampai larut. Tambahkan 15 mL air. Pindahkan larutan ke dalam gelas kimia dan didihkan. Netralkan larutan dengan larutan NaOH 6 M (gunakan lakmus untuk mengetahui keadaan netralnya). Ujilah larutan yang netral tersebut dengan larutan fehling! Catat hasil pengujian yang terjadi!
4. Ulangi langkah ke-3 tersebut dengan menggunakan amilum!

Hasil Pengamatan:

No.	Proses yang Terjadi	Pengamatan
1.	Kertas saring, kapas + larutan Iod	....
2.	Amilum + larutan Iod	....
3.	Kertas Saring + H ₂ SO ₄	Hasilnya + larutan Fehling
4.	Amilum + H ₂ SO ₄ , hasilnya + larutan fehling	....

Pertanyaan:

1. Apakah fungsi larutan H₂SO₄ pada percobaan Anda?
2. Zat apakah yang dihasilkan pada percobaan ke 3 dan 4?
3. Buatlah laporan hasil percobaan untuk dipresentasikan di depan kelas!

Soal Kompetensi 8.2

1. Suatu zat makanan ditetesi dengan larutan iodin menimbulkan warna biru. Senyawa apakah yang terkandung dalam zat makanan tersebut?
2. Bagaimana cara membedakan amilum dengan glikogen di laboratorium?
3. Mengapa selulosa tidak dapat dicerna dalam tubuh kita?
4. Apakah perbedaan dan persamaan dari amilum, glikogen, dan selulosa?
5. Sebutkan sumber/bahan yang mengandung:
 - a. Amilum
 - b. Selulosa
 - c. Glikogen
6. Jelaskan perbedaan amilosa dengan amilopektin!
7. Apakah hasil hidrolisis sempurna dari amilum, glikogen, dan selulosa?
8. Polisakarida (amilum, glikogen, dan selulosa) merupakan polimer. Tergolong polimer apakah ketiga polisakarida tersebut bila ditinjau dari:
 - a. Asalnya
 - b. Jenis monomer
 - c. Reaksi polimerisasinya
9. Buatlah rancangan percobaan hidrolisis selulosa dan bagaimana cara mengidentifikasi hasil hidrolisisnya
10. Apakah kegunaan polisakarida berikut dalam kehidupan sehari-hari dan industri.
 - a. Amilum
 - b. Selulosa

B. Protein

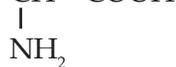
Protein merupakan polimer alam yang tersusun dari asam-asam amino melalui ikatan peptida, sehingga protein juga disebut sebagai polipeptida. Di dalam tubuh kita protein berfungsi sebagai zat pembangun, pengatur, pertahanan, dan sebagai sumber energi setelah karbohidrat dan lemak. Protein dapat digolongkan berdasarkan strukturnya, bentuknya, dan fungsinya.

Asam-asam amino penyusun protein sekitar 20 jenis asam amino. Masa molekul relatif protein berkisar antara 6.000 hingga jutaan. Unsur utama penyusun protein terdiri atas C, H, O, dan N. Beberapa protein juga mengandung unsur S dan R.

Marilah kita pelajari terlebih dahulu asam amino yang merupakan monomer dari protein, baru kemudian kita pelajari protein.

1. Asam Amino

Asam amino merupakan senyawa yang memiliki gugus asam karboksilat ($-\text{COOH}$) dan gugus amina $-\text{NH}_2$. Secara umum asam amino dirumuskan dengan

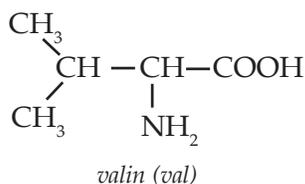
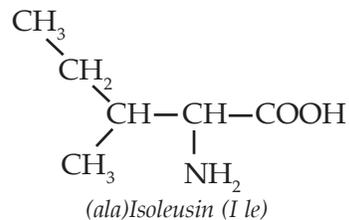
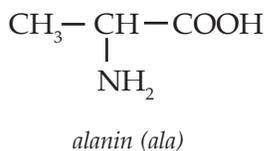
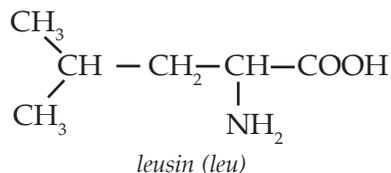
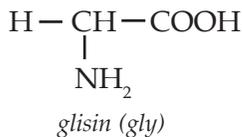


Bila gugus $-\text{NH}_2$ terikat pada atom C setelah gugus karboksilat ($-\text{COOH}$) maka termasuk asam alfa (α) amino, selanjutnya β amino dan γ amino.

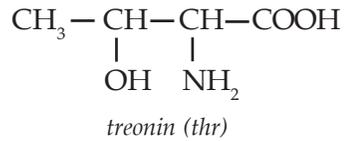
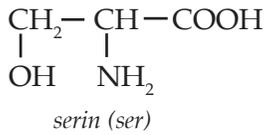
Asam amino di alam pada umumnya terdapat sebagai asam alfa (α) amino, sehingga yang kita pelajari adalah asam alfa (α) amino.

Asam amino dapat dibedakan berdasarkan gugus R (rantai samping) sebagai berikut.

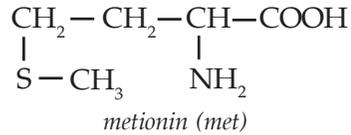
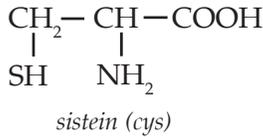
a. Dengan rantai samping alifatik.



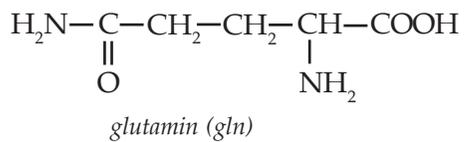
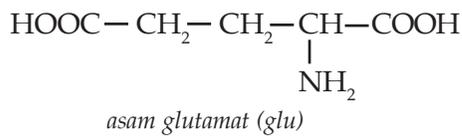
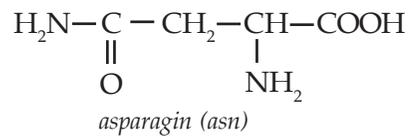
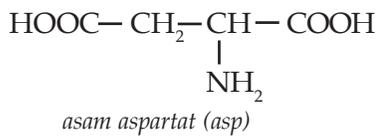
b. Dengan rantai samping yang mengandung gugus hidroksil.



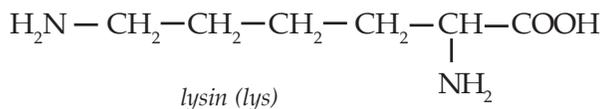
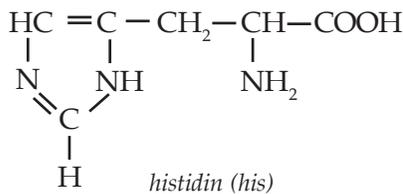
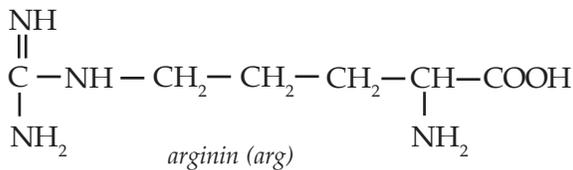
c. Dengan rantai samping yang mengandung belerang



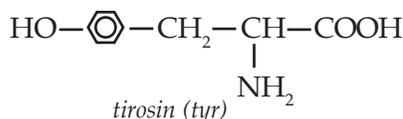
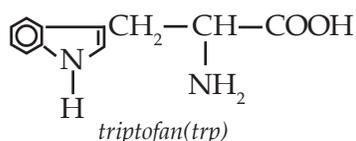
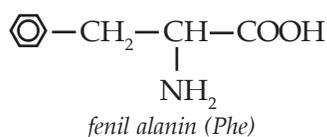
d. Dengan rantai samping yang mengandung gugus asam atau amida



e. Dengan rantai samping yang mengandung gugus basa



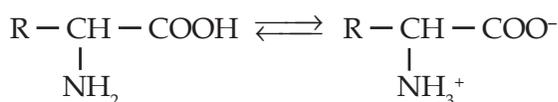
f. Yang mengandung cincin aromatik



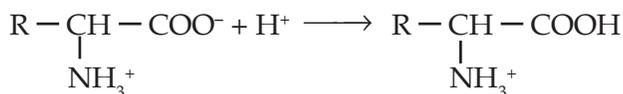
Meskipun terdapat sekitar 300 jenis asam amino di alam, hanya 20 yang terdapat dalam protein. Dari 20 jenis asam amino ini hanya 10 asam amino yang dapat disintesis dalam tubuh yang dikenal dengan *asam amino nonesensial*, dan yang 10 lainnya tidak dapat disintesis dalam tubuh yang dikenal dengan nama asam *amino esensial*. Asam amino esensial terdiri atas arginin, isoleusin, leusin, metionin, treonin, triptofan, dan valin.

Sifat-Sifat Asam Amino

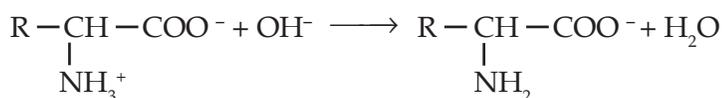
1. Asam amino memiliki gugus karboksil ($-\text{COOH}$) yang bersifat asam (dapat melepaskan H^+) dan gugus amina yang bersifat basa (dapat menerima H^+). Oleh karena itu, asam amino bersifat amfoter (dapat bereaksi dengan asam dan basa).
2. Asam amino (kecuali glisin) memiliki atom C asimetris, sehingga asam amino bersifat optis aktif artinya dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi.
3. Oleh karena asam amino memiliki gugus yang bersifat asam dan gugus yang bersifat basa, maka molekul asam amino dapat mengalami reaksi asam-basa intra molekul membentuk ion zwitter yaitu ion yang bermuatan ganda (positif dan negatif).



Bila asam amino direaksikan dengan asam, maka asam amino bertindak sebagai basa (anion) yang akan menerima H^+ dari asam.



Bila asam amino direaksikan dengan basa, maka asam amino bertindak sebagai asam (kation) yang akan melepas H^+ .



a. Struktur Protein

Struktur protein sangat kompleks dan memegang peranan penting dalam menentukan aktivitas biologisnya, struktur protein dibedakan menjadi struktur primer, sekunder, tersier, dan kuarternern.

1) Struktur Primer

Struktur primer menyatakan urutan asam-asam amino pada rantai protein dan letak ikatan disulfida bila ada. Karena protein dapat mengandung 100 atau lebih residu asam amino sehingga sulit menggambarkan rumus bangunnya. Oleh karena itu digunakan singkatan 3 huruf untuk tiap asam amino.

Misalnya: Glu – Ala – Lys – Gly – Tyr – Ala

2) Struktur Sekunder

Hubungan ruang asam amino yang berdekatan pada struktur primer, mungkin reguler dan berulang secara periodik. Karena adanya gaya dispersi atau ikatan hidrogen, suatu rantai polipeptida menggulung seperti spiral (alfa heliks).

3) Struktur Tersier

Struktur tersier protein merupakan susunan keseluruhan dan hubungan berbagai bagian dari suatu rantai polipeptida.

4) Struktur Kuarternern

Suatu protein dikatakan mempunyai struktur kuarternern bila protein terdiri atas 2 rantai polipeptida atau lebih disatukan oleh gaya dispersi (ikatan hidrogen). Protein seperti ini dinamakan oligomer, sedangkan asam amino yang menyusunnya disebut monomer.

b. Sifat-Sifat Protein

- Protein tidak menunjukkan titik cair tertentu dan tidak dapat disuling.
- Pada umumnya protein bersifat koloid hidrofil.
- Larutan protein dapat diendapkan/dikoagulasikan dengan penambahan larutan pekat NaCl, $MgSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, alkohol, aseton, asam, dan basa atau dengan pemanasan $100^\circ C$. Protein yang telah dikoagulasikan tidak dapat larut dalam air atau dengan pendinginan karena telah mengalami perubahan irreversibel yang disebut *denaturasi*. Protein yang telah mengalami denaturasi umumnya telah kehilangan fungsi biologinya meskipun rangkaian asam-asam amino tidak rusak. Denaturasi protein terjadi akibat perubahan struktur terutama struktur tersier dan struktur kuarternernya.
- Dapat mengalami hidrolisis oleh asam-asam encer menjadi asam-asam amino. Hidrolisis protein juga dapat dilakukan oleh enzim protease.

c. Penggolongan Protein

1) Berdasar Fungsi Biologinya

Berdasarkan fungsi biologinya protein diklasifikasikan menjadi 7 golongan sebagai berikut.

a) Enzim

Enzim merupakan golongan protein yang terbesar dan sangat penting dalam tubuh makhluk hidup. Fungsi enzim adalah sebagai katalisator yang spesifik pada reaksi kimia dalam makhluk hidup. Enzim dapat mempercepat reaksi kimia tanpa terjadi kenaikan suhu, perubahan pH, dan hasil reaksi tambahan seperti yang terjadi pada reaksi-reaksi kimia biasa.

Contoh: pepsin, tripsin, ribonuklease

b) Protein Pembangun.

Protein pembangun berfungsi sebagai zat pembentuk struktur baik yang baru maupun mengganti sel yang rusak.

Contoh: Glikoprotein dalam dinding sel
 α – keratin dalam kulit

c) Protein Transpor

Protein transpor mempunyai kemampuan mengikat dan memindahkan molekul atau ion spesifik melalui aliran darah.

Contoh:

- Hemoglobin dalam sel darah merah berfungsi sebagai alat pengangkut oksigen dalam darah
- Mioglobin sebagai alat pengangkut oksigen dalam jaringan otot

d) Protein Pelindung (Antibodi)

Protein pelindung berfungsi melindungi organisme dari serangan penyakit.

Contoh:

- Immunoglobulin (antibodi) dapat menetralkan bakteri, virus, dan antigen (protein asing).
- Fibrinogen dan trombin merupakan protein penggumpal darah bila terjadi luka.

e) Protein Pengatur (Hormon)

Protein pengatur berfungsi mengatur aktivitas sel.

Contoh: Insulin mengatur metabolisme glukosa.

f) Protein Cadangan

Protein cadangan disimpan untuk berbagai proses metabolisme dalam tubuh.

Contoh: Kasein pada susu
Ovalbumin pada putih telur

g) *Protein Kontraktil*

Protein kontraktil memberikan kemampuan pada sel dan organisme untuk berubah atau bergerak.

Contoh: Aktin dan miosin berperan dalam sistem kontraksi otot rangka.

2) Berdasar Bentuknya

Berdasar bentuknya protein digolongkan menjadi dua, yaitu protein globular dan protein serabut. Protein globular memiliki rantai polipeptida berlipat rapat menjadi bentuk bulat padat (globular), yang memiliki fungsi gerak.

Contoh: Hemoglobin dan enzim

Protein serabut memiliki fungsi pelindung, contoh: L-keratin pada rambut dan kolagen pada urat.

3) Berdasarkan Komposisi Kimia

Berdasarkan komposisi kimianya, protein dibedakan menjadi protein sederhana dan protein terkonjugasi. Protein sederhana hanya tersusun dari asam-asam amino. Contoh: enzim ribonuklease.

Pada protein terkonjugasi asam amino juga terikat gugus lain

Contoh: Lipoprotein, protein yang terkonjugasi lipid (lemak)

Glikoprotein, protein yang terkonjugasi karbohidrat

Fosfoprotein, protein yang terkonjugasi gugus fosfat

Beberapa reaksi pengenalan protein.

1. Reaksi Biuret

Reaksi biuret adalah reaksi yang umum untuk protein (ikatan peptida). Bila protein ditetesi dengan larutan NaOH, kemudian larutan CuSO_4 encer (2%) maka akan terbentuk warna ungu. Reaksi ini berdasar adanya gugusan peptida.

2. Reaksi Millon

Reaksi Millon digunakan untuk mengidentifikasi adanya tirosin pada protein. Bila protein yang mengandung tirosin dipanaskan dengan merkuri nitrat $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ yang mengandung asam nitrit, maka akan terjadi jonjot merah.

3. Reaksi Xantoproteat

Reaksi Xantoproteat untuk menguji protein yang mengandung gugus fenol (cincin benzena). Bila protein yang mengandung cincin benzena ditambah HNO_3 pekat dan kemudian dibuat alkalis maka akan terjadi warna kuning.

4. Uji Terhadap Belerang

Untuk menguji adanya belerang dalam protein maka ke dalam protein ditambahkan larutan NaOH pekat dan dipanaskan, kemudian ditambahkan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Adanya belerang ditandai terjadinya endapan hitam dari Pbs.

Untuk lebih memahami sifat dan identifikasi protein lakukan kegiatan berikut.



Kegiatan Ilmiah 8.2

Uji Protein

Tujuan:

Menentukan ikatan-ikatan yang ada dalam protein yang terdapat dalam putih telur.

Protein dalam putih telur dibentuk dari asam-asam amino tertentu dan bila diuji dengan cara-cara di bawah ini akan memberikan hasil positif. Ikatan peptida dalam protein diuji dengan tes biuret.

Inti benzena dalam asam-asam amino dan senyawa lain diuji dengan tes Zantropoteat

Ikatan S – S atau S – H dalam asam amino diuji dengan menggunakan kertas Pb – asetat.

Alat dan Bahan:

- Pipet tetes
- Gelas kimia 100 ml
- Tabung reaksi biasa dan rak
- Penjepit tabung
- Alat pembakar
- Larutan putih telur 1 : 2
- Larutan tembaga (II) sulfat 1%
- Larutan natrium hidroksida 1 M dan 6 M
- Susu, agar-agar, kapas, dan nitrat pekat
- Larutan asam asetat 2 M
- Larutan timbal (II) asetat
- Kertas saring

Langkah Kerja:

- Larutkan putih telur 1 : 2 dibuat dengan mencampur satu bagian putih telur dengan dua bagian air.

A. Tes Biuret

1. Pada 1 mL larutan putih telur ditambahkan 2 – 3 tetes larutan tembaga (II) sulfat 1%. Kemudian 1 mL larutan NaOH 0,1 M (diencerkan dari larutan 1 M). Campurkan baik-baik dan amati perubahan yang terjadi.

- Ulangi langkah 1 dengan menggunakan susu, gelatin agar-agar, dan kapas. Bila ada yang tidak mudah larut setelah ditambahkan larutan NaOH, panaskan dahulu beberapa menit hingga semua larut lalu dinginkan (pemanasan dilakukan dalam pemanas air).

B. Tes Xanthoproteat

- Pada 1 mL larutan putih telur ditambahkan 2 tetes asam nitrat pekat. Panaskan 1 – 2 menit. Amati warna yang terjadi setelah dingin tambahkan larutan NaOH 1 M tetes demi tetes hingga berlebihan. Perubahan apa yang terjadi?
- Ulangi langkah 1 dengan menggunakan susu, gelatin, agar-agar dan kapas. Jika zat padat yang digunakan, tambahkan terlebih dahulu 5 – 10 tetes air sebelum diberi pereaksi!

C. Tes untuk Membuktikan Ikatan S – S atau S – H dalam Asam Amino

- Ke dalam tabung reaksi yang diberi larutan NaOH 6 M sebanyak kira-kira 0,5 mL, tambahkan 1 mL larutan putih telur. Didihkan selama 2 menit, lalu dinginkan. Kemudian asamkan dengan kira-kira 2 mL asam asetat 2 M.

Tutuplah mulut tabung dengan kertas saring yang telah dicelup ke dalam larutan timbal (II) asetat. Panaskan tabung reaksi itu dan amati perubahan yang terjadi pada kertas timbal (II) asetat.

- Ulangi percobaan ini dengan menggunakan susu, gelatin, agar-agar dan kapas. Zat-zat ini tidak perlu dilarutkan dulu, dapat berupa zat padat dengan jumlah yang sesuai dengan jumlah putih telur yang digunakan. Ukurlah kira-kira saja. Catat semua pengamatan Anda.

Hasil Pengamatan:

No.	Zat yang Diuji	Tes Biuret	Tes Zanthoproteat	Tes Ikatan S – S atau S – H
1.	Putih telur	....	....	....
2.	a. Susu	....	....	....
	b. Gelatin	....	....	....
	c. Agar-agar	....	....	....
	d. Kapas	....	....	....

Pertanyaan:

- Zat manakah yang mengandung ikatan peptida?
- Tunjukkan bagaimana terjadinya ikatan peptida dari dua asam amino?

Laporan:

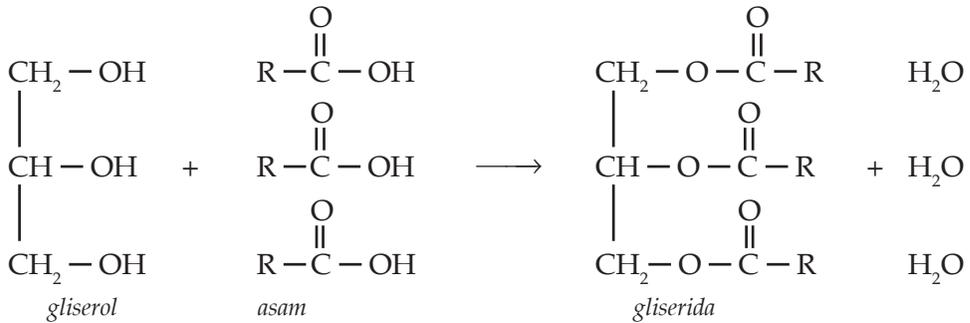
Buatlah laporan hasil percobaan kemudian presentasikan di depan kelas dan diskusikan secara kelompok

Soal Kompetensi 8.3

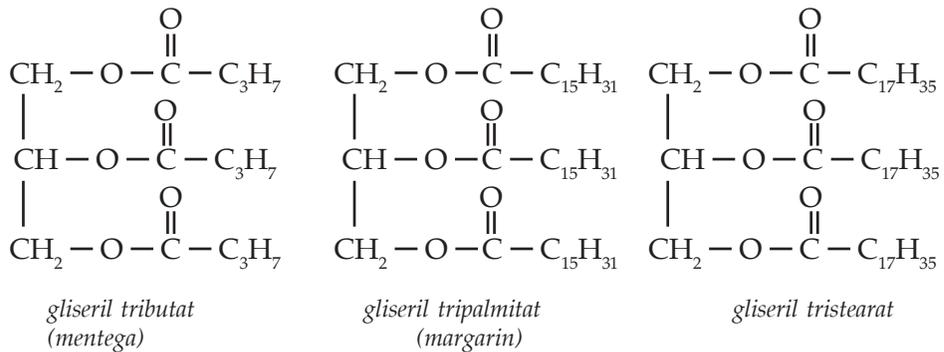
1. Bagaimanakah cara mengidentifikasi adanya protein dalam bahan makanan?
2. Apakah yang dimaksud glikoprotein? Berikan contohnya!
3. Apakah yang dimaksud denaturasi protein? Sebutkan hal-hal yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein!
4. Mengapa protein yang mengalami denaturasi menjadi kehilangan fungsi biologisnya?
5. Apakah urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ menunjukkan uji yang positif terhadap uji biuret?
6. Apakah yang dimaksud struktur kuarterner protein?
7. Suatu sampel ditetesi larutan NaOH, kemudian larutan tembaga (II) sulfat yang encer menghasilkan warna ungu. Bila sampel dipanaskan dengan HNO_3 pekat kemudian dibuat alkalis dengan NaOH terjadi warna jingga. Apakah yang dapat anda simpulkan dari uji di atas?
8. Suatu sampel memberi hasil yang positif terhadap uji ninhidrin dan biuret tetapi negatif terhadap penambahan larutan NaOH dan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.
Kesimpulan apakah yang dapat diperoleh dari fakta tersebut?
9. Apakah yang dimaksud dengan enzim? Berikan contohnya!
10. Bila 20 molekul glisin berpolimerisasi membentuk polipeptida. Berapakah massa molekul relatif polipeptida yang terbentuk?
 $A_r, \text{H} = 1, \text{C} = 12, \text{N} = 14, \text{O} = 16$).

C. Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak merupakan ester-ester dari gliserol dengan asam-asam lemak suku tinggi. Ester-ester tersebut dikenal dengan gliserida.



Beberapa contoh lemak adalah:



Perbedaan lemak dengan minyak adalah dalam hal asam pembentuknya. Lemak terbentuk dari asam lemak jenuh dan gliserol, sedangkan minyak terbentuk dari asam lemak tak jenuh dengan gliserol.

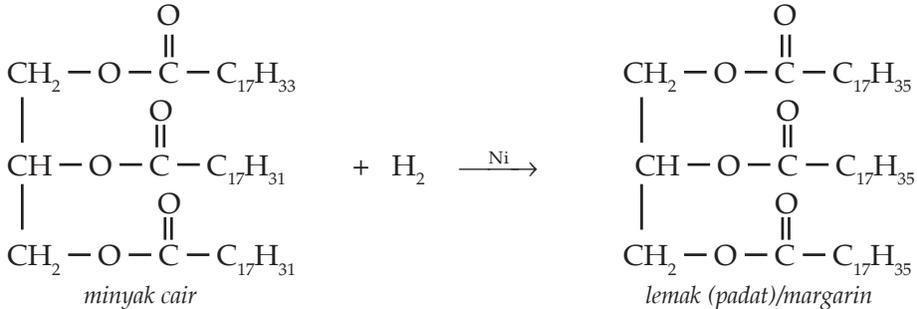
Asam-asam lemak jenuh : $\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$ asam miristat
 $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ asam palmitat
 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ asam stearat

Asam-asam lemak tak jenuh : $\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{COOH}$ asam palmitoleat
 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ asam oleat
 $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ asam linoleat
 $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ asam linolenat

Reaksi-Reaksi Lemak dan Minyak

1. Hidrogenasi Minyak

Ikatan rangkap pada minyak dapat dijenhkan dengan cara hidrogenasi sehingga menjadi lemak padat.

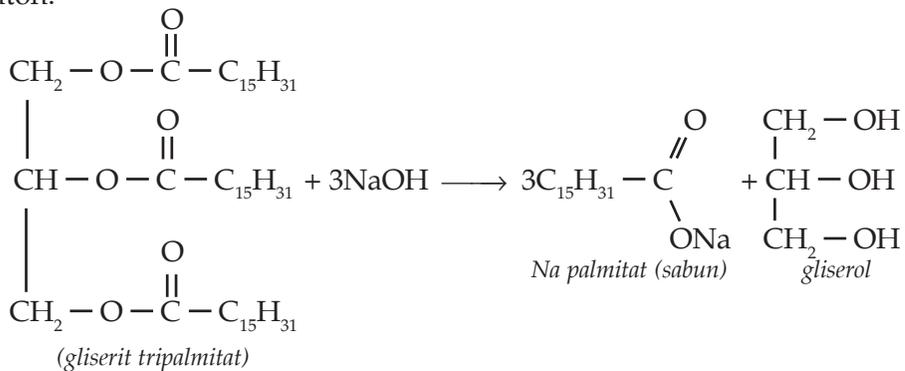


Untuk menunjukkan derajat ketidakjenuhan asam (banyaknya ikatan rangkap) dinyatakan dengan angka yod, yaitu angka yang menyatakan banyaknya gram yodium yang dapat diadisikan pada 100 gram lemak.

2. Reaksi Penyabunan

Reaksi antara gliserida dengan basa menghasilkan sabun dikenal dengan reaksi penyabunan (saponifikasi).

Contoh:

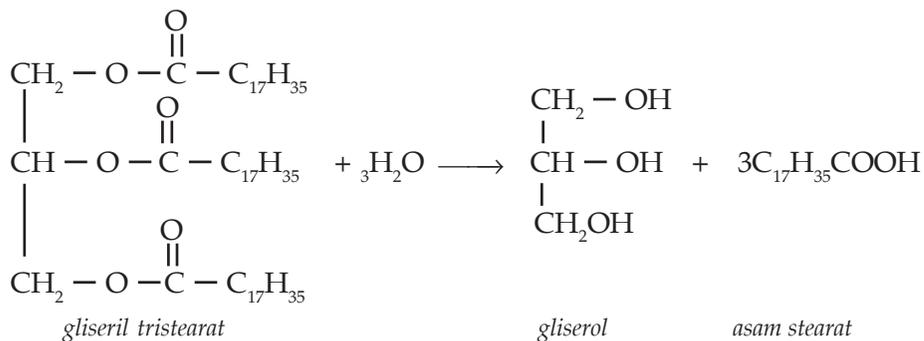


Sabun yang mengandung logam Na (dari lemak + NaOH) disebut sabun keras (sabun cuci), sedang yang mengandung logam K disebut sabun lunak (sabun mandi).

Untuk menyatakan banyaknya asam yang terkandung dalam lemak digunakan reaksi penyabunan dengan KOH, yang dinyatakan dengan *angka penyabunan*, yaitu angka yang menunjukkan berapa mg KOH yang digunakan untuk menyabunkan 1 gram lemak.

3. Reaksi Hidrolisis

Dengan adanya enzim lipase, lemak atau minyak dapat mengalami hidrolisis oleh air pada suhu kamar.



Kegunaan lemak adalah sebagai berikut.

- Di dalam tubuh, lemak berfungsi sebagai sumber energi cadangan dan pelarut vitamin (A, D, E, K) dan zat tertentu.
- Dalam bidang industri, lemak digunakan untuk membuat sabun dan margarin.
- Minyak digunakan untuk menggoreng bahan makanan.

Lemak terdapat dalam bahan makanan seperti keju, daging, mentega, susu, dan ikan segar. Lemak dapat bergabung dengan senyawa lain dan disimpan dalam tubuh, misalnya : fosfolipid, glikolipid dan lipoprotein.

Kolom Diskusi

Pembuatan Sabun

Reaksi lemak/minyak dengan basa kuat (KOH atau NaOH) disebut reaksi penyabunan. Sabun yang mengandung natrium disebut sabun keras dan yang mengandung kalium disebut sabun lunak.

Diskusikan tentang cara pembuatan sabun yang berkualitas tinggi dan bernilai ekonomi!

Soal Kompetensi 8.4

- Apakah yang dimaksud lemak (lipid)?
- Gambarkan rumus struktur lemak yang merupakan ester dari gliserol dan asam palmitat!
- Apakah yang dimaksud dengan:
 - angka penyabunan,
 - angka yod?

4. Tentukan bilangan yod dari gliseril trilinoleat!
5. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi pada:
 - a. penyabun gliserol trioleat,
 - b. hidrogenasi gliserol trioleat,
 - c. hidrolisis gliserol trioleat!

T okoh

Friedrich Bergius (1884–1949)

Bergius lahir di Goldschmieden Jerman pada tanggal 11 Oktober 1884 dan meninggal di Buenos Aires Argentina pada tanggal 30 Maret 1949.

Bergius adalah ahli kimia Jerman yang menemukan proses bergius. Ia bersama Bosch mendapat hadiah Nobel untuk kimia karena mengembangkan metode hidrogenasi yang perlu untuk proses bergius. Dengan hidrogenasi batu bara dapat diubah menjadi minyak dan bensin, kayu dapat diubah menjadi alkohol, minyak tumbuhan dapat diubah menjadi lemak hewan.



Info Kimia

Kayu merupakan sumber selulosa untuk membuat kertas. Kayu dari semua tumbuhan mengandung selulosa. Molekul-molekul selulosa terikat membentuk serat oleh zat organik yang lengket yang disebut lignin.

Untuk membuat kertas, kayu dipotong kecil-kecil dan dimasak dalam kalsium bisulfit untuk melarutkan ligninnya. Selulosa diambil dengan penyaringan dan diputihkan dengan hidrogen peroksida.



Rangkuman

1. Karbohidrat dibedakan menjadi monosakarida, disakarida, dan polisakarida.
2. Monosakarida tidak mengalami hidrolisis karena merupakan gula yang paling sederhana.
3. Sifat-sifat monosakarida secara umum adalah:
 - a. berupa zat padat berwarna putih mudah larut dalam air,
 - b. dapat mereduksi pereaksi fehling dan Tollens,
 - c. bersifat optis dan menunjukkan gejala mutarotasi.
4. Mutarotasi adalah peristiwa perubahan sudut putar bidang cahaya terpolarisasi.
5. Disakarida dapat terhidrolisis menjadi monosakarida:
 - a. Sukrosa $\xrightarrow{\text{hidrolisis}}$ glukosa + fruktosa
 - b. Maltosa $\xrightarrow{\text{hidrolisis}}$ glukosa + glukosa
 - c. Laktosa $\xrightarrow{\text{hidrolisis}}$ glukosa + galaktosa
6. Pada hidrolisis sukrosa disertai inversi (perubahan arah putar).
7. Polisakarida merupakan polimer alam yang tersusun dari molekul-molekul glukosa.
8. Polisakarida yang penting adalah amilum, glikogen, dan selulosa.
9. Amilum dengan larutan iodin terjadi warna biru, sedangkan glikogen memberikan warna merah coklat dan selulosa menunjukkan uji negatif.
10. Protein merupakan polimer alam yang tersusun dari asam-asam amino.
11. Asam amino paling tidak memiliki dua macam gugus yaitu $-\text{COOH}$ dan $-\text{NH}_2$.
12. Asam amino bersifat amfoter karena mengandung gugus $-\text{COOH}$ yang bersifat asam dan gugus $-\text{NH}_2$ yang bersifat basa.
13. Asam amino digolongkan menjadi asam amino esensial dan asam amino nonesensial.
14. Protein terbentuk dari asam amino melalui ikatan peptida.
15. Hidrolisis protein menghasilkan asam-asam amino penyusunnya.
16. Berdasar komposisi kimianya, protein digolongkan menjadi sederhana dan protein terkonjugasi.
17. Berdasar bentuknya, protein digolongkan menjadi protein serat dan protein globular.
18. Berdasar fungsinya, protein digolongkan menjadi protein transpor, protein pembangun, enzim, protein pelindung, protein pengatur, protein cadangan dan protein kontraktile.

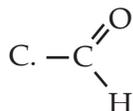
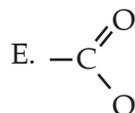
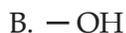
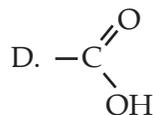
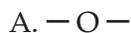
19. Adanya protein dalam suatu bahan dapat diidentifikasi dengan uji biuret.
20. Untuk mengidentifikasi adanya tirosin dalam protein dilakukan uji millon.
21. Adanya gugus fenil dalam protein dapat diidentifikasi dengan uji xantoproteat.
22. Adanya belerang dalam protein dapat diuji dengan uji timbal (II) asetat atau timbal (II) nitrat.
23. Lemak merupakan ester dari gliserol dengan asam-asam lemak jenuh.
24. Minyak merupakan ester dari gliserol dengan asam-asam lemak tak jenuh.
25. Lemak dapat mengalami reaksi penyabunan (saponifikasi) dan hidrolisis.
26. Hidrogenasi minyak menghasilkan lemak (margarin).
27. Dalam tubuh, lemak berfungsi sebagai cadangan makanan dan pelarut vitamin.
28. Kelebihan lemak dapat disimpan dalam tubuh dan dapat bergabung dengan senyawa lain seperti fosfolipid, glikolipid dan lipoprotein.

Pelatihan

A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!

1. Kelompok karbohidrat berikut yang semuanya tergolong disakarida adalah
 - A. glukosa, galaktosa, fruktosa
 - B. sukrosa, maltosa galaktosa
 - C. sukrosa, maltosa, laktosa
 - D. amilum, glikogen, selulosa
 - E. glikogen, glukosa, maltosa
2. Pada hidrolisis sukrosa (gula tebu) akan menghasilkan
 - A. glukosa dan glukosa
 - B. glukosa dan fruktosa
 - C. glukosa dan galaktosa
 - D. galaktosa dan fruktosa
 - E. galaktosa dan galaktosa

3. Galaktosa dapat mereduksi fehling dan tollens karena mengandung gugus fungsi



4. Senyawa karbohidrat yang tidak mengalami hidrolisis adalah

A. glukosa

B. sukrosa

C. maltosa

D. selulosa

E. laktosa

5. Selulosa tidak dapat dihidrolis dalam tubuh manusia karena

A. selulosa merupakan polisakarida

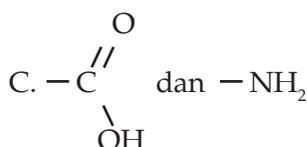
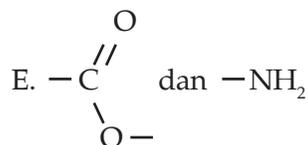
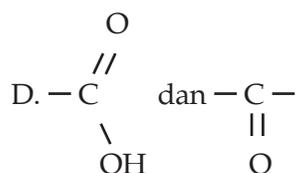
B. selulosa tidak dapat dihidrolisis

C. selulosa merupakan penyusun dinding sel tumbuhan

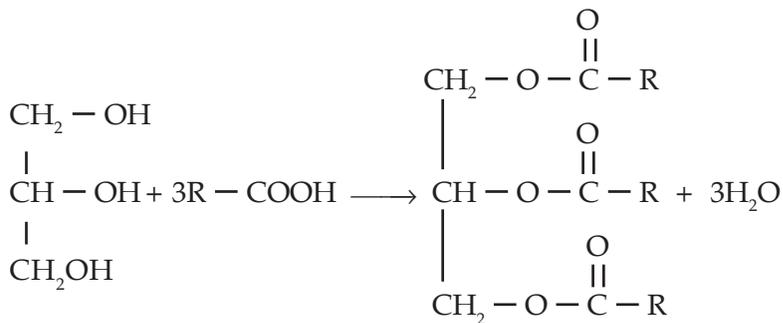
D. dalam tubuh manusia tidak terdapat enzim yang mengkatalisis proses tersebut

E. dalam tubuh manusia tidak terdapat asam yang diperlukan dalam proses hidrolisis

6. Gugus fungsi yang terkandung dalam asam amino adalah



7. Asam amino dapat membentuk ion yang bermuatan ganda yang dikenal dengan
- kation
 - anion
 - ion kompleks
 - ion zwitter
 - ion amfiprotik
8. Protein dibentuk dari polimerisasi asam-asam amino melalui ikatan peptida, yaitu ikatan antara
- gugus alkohol dan gugus metil
 - gugus karboksilat dan gugus amino
 - gugus hidroksil dan gugus amino
 - gugus eter dan gugus amino
 - gugus amino dan gugus alkohol
9. Reaksi pembentukan lemak dari gliserol dan asam-asam lemak menurut reaksi



Tergolong reaksi

- hidrolisis
 - oksidasi
 - hidrogenasi
 - esterifikasi
 - polimerisasi
10. Lemak adalah campuran ester-ester gliserol dengan asam-asam lemak. Reaksi yang dapat digunakan untuk memperoleh gliserol dari lemak-lemak adalah
- hidrogenasi lemak
 - saponifikasi lemak
 - reduksi lemak
 - oksidasi lemak
 - pirolisa lemak

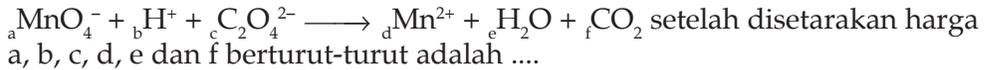
B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!

1. Bagaimanakah cara membedakan sukrosa dengan maltosa di laboratorium?
2. Apakah yang Anda ketahui tentang reaksi molisch dalam hal:
 - a. pereaksi,
 - b. kegunaannya,
 - c. tanda uji yang positif?
3. Apakah perbedaan dan persamaan antara amilum dengan selulosa?
4. Sebutkan macam-macam protein berdasar fungsinya serta berikan contohnya!
5. Protein dapat mengalami denaturasi. Apakah yang dimaksud denaturasi dan hal-hal apa yang dapat menyebabkan terjadinya denaturasi?

6. Suatu larutan NaCl sebanyak 2 liter memiliki tekanan osmotik 4,77 atm pada suhu 25 °C ($R = 0,082$). Dalam larutan tersebut mengandung NaCl sebanyak ... gram.

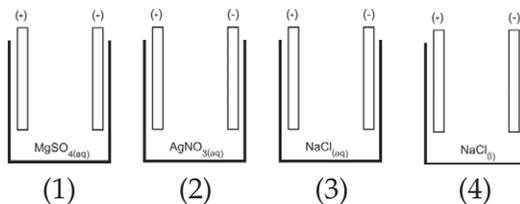
- A. 1,142
 B. 2,284
 C. 11,42
 D. 114,2
 E. 1,142

7. Pada reaksi redoks:



- A. 2, 8, 5, 3, 8, 5
 B. 2, 16, 5, 2, 8, 10
 C. 2, 8, 5, 2, 8, 10
 D. 1, 16, 5, 1, 16, 10
 E. 1, 16, 10, 1, 16, 10

8. Perhatikan gambar beberapa sel elektrolisis dengan elektroda grafit berikut:



Peristiwa elektrolisis yang menghasilkan gas hidrogen adalah

- A. 1 dan 2
 B. 1 dan 3
 C. 1 dan 4
 D. 2 dan 4
 E. 3 dan 4
9. Ke dalam larutan asam sulfat dialirkan listrik 5 ampere selama 965 detik, gas hidrogen yang dihasilkan pada keadaan standar sebanyak
- A. 0,112 liter
 B. 0,28 liter
 C. 0,56 liter
 D. 1,12 liter
 E. 2,8 liter
10. Dalam suatu golongan keasaman zat berikut bertambah menurut deret $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$. Hal ini disebabkan karena pada sistem periodik unsur mulai F sampai I
- A. jari-jari atom makin kecil
 B. energi ionisasi makin kecil
 C. nomor atom makin kecil
 D. afinitas elektron makin besar
 E. keelektronegatifan unsur makin besar
12. Pasangan unsur yang keduanya terdapat bebas di alam adalah
- A. Na dan Mg
 B. Si dan Al
 C. S dan Ar
 D. Cl dan P
 E. Ar dan Cl

11. Berdasarkan tabel sifat fisika golongan alkali yang menyebabkan makin reaktifnya unsur-unsur golongan alkali dari atas ke bawah adalah

Unsur sifat	Li	Na	K	Rb	Cs
Energi ionisasi ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	520	500	420	400	380
Jari-jari atom (nm)	0,15	0,19	0,23	0,35	0,26
Titik leleh ($^{\circ}\text{C}$)	180	98	64	39	29
Kerapatan ($9 \cdot \text{cm}^{-3}$)	0,53	0,97	0,86	1,53	1,90
E° reduksi	-3,05	-2,71	-2,93	-2,92	-2,92

- A. titik leleh
 B. kerapatan
 C. jari-jari atom
 D. energi ionisasi
 E. potensial reduksi
13. Unsur-unsur transisi pada umumnya bersifat para magnetik, halini disebabkan oleh
 A. semua unsur transisi bersifat logam
 B. elektron valensi berada pada subkulit d
 C. orbital dalam subkulit d terisi penuh elektron
 D. adanya lektron-elektron tak berpasangan pada subkulit d
 E. adanya perpindahan elektron pada subkulit d yang tidak penuh
14. Sebanyak 40 gram zat radioaktif setelah 4 hari tinggal 10 gram, maka setelah 10 hari diperkirakan masih tersisa
 A. 2,5 gram
 B. 1,25 gram
 C. 1 gram
 D. 0,625 gram
 E. 0,3125 gram
15. Untuk mempelajari mekanisme reaksi esterifikasi antara asam karboksilat dengan alkohol digunakan isotop
 A. 0 - 18
 B. 0 - 16
 C. Na - 24
 D. Fe - 59
 E. Co - 60
16. Senyawa di bawah ini yang menghasilkan alkanon jika dioksidasi adalah
 A. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
 B. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
 C. $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
 D. $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{OH}$
 E. $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{OH}$

17. Hidrolisis terhadap etil butanoat akan menghasilkan
- asam etanoat dan bunatol
 - asam butanoat dan etanol
 - asam butanoat dan metanol
 - asam format dan pentanol
 - asam asetat dan butanol
18. Senyawa X dioksidasi menjadi senyawa Y. Bila senyawa Y dioksidasi lagi menghasilkan n asam propanoat. Gugus fungsi yang terdapat pada senyawa X dan Y adalah

- $-\text{OH}$ dan $-\text{O}$
- $-\text{OH}$ dan $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$
- $-\text{OH}$ dan $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$
- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$ dan $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$
- $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$ dan $-\text{OH}$

19. Perhatikan tabel mengenai polimer dibawah ini!

No.	Jenis Polimer	Manomer	reaksi polimerisasi
1.	Alam	asam amino	kondensasi
2.	Sintesis	etana	adisi
3.	Alam	glukosa	kondensasi
4.	Sintesis	1,6 diaminoheksana dan asam adipat	kondensasi
5.	Alam	isoprena	adisi

Berdasarkan tabel di atas, nama senyawa polimer yang sesuai dengan data no 4 adalah

- karet
 - nilon 66
 - amilum
 - polietilena
 - protein
20. Protein merupakan polimer dari asam-asam amino. Berikut ini merupakan sifat-sifat protein, *kecuali*
- protein bersifat amfoter
 - protein mempunyai Mr yang besar
 - dalam air membentuk ion zwiter
 - protein memberikan warna ungu dengan pereaksi biuret
 - terbentuk melalui polimerisasi adisi

21. Dari polimer-polimer berikut:
 I. bakelit III. tetoron
 II. selulosa IV. teflon
 Polimer yang terbentuk melalui polimerisasi kondensasi adalah
 A. I, II, dan III D. IV saja
 B. I dan II E. I, II, III, dan IV
 C. II dan IV
22. Asam tereftalat dan glikol berpolimerisasi membentuk serat sintesis poliester yang dikenal dengan nama
 A. nilon D. dakron
 B. tetoron E. rayon
 C. seluosa
23. Sebanyak n molekul glisin $\text{H}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ ($\text{Ar H} = 1, \text{C} = 12, \text{O} = 16, \text{N} = 14$)

$$\begin{array}{c} | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
 berpolimerisasi kondensasi membentuk polipeptida dan melepaskan molekul air. Bila massa molekul relatif polipeptida 1.176, maka banyaknya molekul glisin yang berpolimerisasi adalah
 A. 10 D. 20
 B. 15 E. 30
 C. 20
24. Dari data eksperimen uji senyawa karbon diperoleh data sebagai berikut:

No	Percobaan	Senyawa	Pereaksi Hasil
1	P	Logam Na	Ada gas
2	Q	Larutan brom	Warna larutan brom hilang
3	R	Fehling	Endapan merah bata
4	S	Alkohol + H_2SO_4	Bau harum
5	T	Tollens (Ag_2O)	Cermin perak pada dinding tabung

- Pasangan yang mengandung gugus fungsi aldehyd adalah
 A. P dan R D. R dan T
 B. Q dan S E. S dan T
 C. R dan S
25. Data hasil percobaan uji protein

Bahan yang diuji	Perubahan Warna dengan	
	Bluret	Xantopropeat
Susu	-	-
Putih telur	Jingga	Hitam
Tahu	-	-
Ikan	Jingga	-

Berdasarkan data di atas protein yang mengandung gugus inti benzena adalah

- A. susu dan ikan
B. putih telur
C. tahu dan ikan
D. putih telur dan ikan
E. semuanya
26. Berikut ini merupakan sifat-sifat pati, *kecuali*
A. sedikit larut dalam air dingin
B. larutan zat pati koloidal bersifat optis aktif putar kiri
C. hidrolisis pati melalui hasil antara yang disebut dekstrin
D. daya reduksinya sangat kecil
E. dengan larutan iodium memberikan warna biru
27. Amilum dan glikogen dapat dibedakan dengan larutan
A. CuSO_4 2% dan NaOH encer
B. HNO_3 encer
C. NaOH dan $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
D. iodium dalam kalium iodida
E. $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ dan NaOH
28. Suatu bahan makanan diuji dengan larutan I_2 dan K_1 menghasilkan endapan merah coklat dan pada hidrolisisnya menghasilkan senyawa yang memberikan endapan merah bata dengan fehling. Kesimpulan yang paling tepat adalah bahan makanan tersebut mengandung
A. protein
B. glukosa
C. selulosa
D. fruktosa
E. glikogen
29. Suatu senyawa karbon memiliki sifat-sifat sebagai berikut:
- larut dalam air
- dapat merubah lakmus biru menjadi merah
- mengandung ikatan rangkap $\text{C} = \text{C}$
- sukar mengalami adisi
- mengandung gugus hidroksi
Berdasarkan sifat-sifat tersebut, kemungkinan senyawa itu adalah ...
A. asam asetat
B. natrium benzoat
C. benzena
D. toluena
E. fenol
30. Reaksi antara minyak/lemak dengan basa kuat dikenal dengan reaksi ...
A. reduksi
B. oksidasi
C. saponifikasi
D. adisi
E. substitusi



Daftar Pustaka

- A. Haryono.1991. *Kamus Penemu*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- A. Amirudin, dkk. 2001. *Jendela Iptek, Kimia*.
- Bodner and Pordue. 1984. *Chemistry: An Experimental Science*. John Wiley & sons. Inc.
- Departemen Pendidikan Nasional Kurikulum. 2006. *Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar*. Jakarta: Depdiknas.
- Depdikbud. 1993. *Kamus Kimia (Kimia organik)*.
- Fessenden, Ralph. j, and Fessenden, Joans S. 1982. *Organic Chemistry*. USA: Willard Grant Press Publisher Masachusetts.
- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C., Wood, J.H. 1980. *General College Chemistry* (Alih Bahasa A.H. Pujaatmaka). Harper & Row, Publishers, Inc.
- Maraudin Panjaitan. 2002. *Industri Petrokimia dan Dampak Lingkungan Gajah Mada*.University Press.
- Michael Purba. 2004. *Kimia SMA*. Erlangga. Jilid 3A dan 3B.
- Ralph H. Petrucci. 1999. *Seminar Kimia Dasar*. Jakarta
- SK. Dogra – S Dogra – Umar Mansyur. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. UI Press.
- Stephen Bresnick, MD. 2004. *Kimia Organik Hiprokrates*. Jakarta
- Sukardjo. 1997. *Kimia Fisika*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Syukur, Abdul, dkk. 2005. *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*. Jakarta: Ichtiar Baru Van Hoeve.
- Unggul Sudarmo. 2004. *Kimia SMA*. Jakarta. Erlangga.
- Unus. 1986. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan secara Biologis*. Alumni-Bandung.

Daftar Gambar

Gambar 1.1	Kesetimbangan uap jenuh air	5
Gambar 1.2	Tiga cairan – (a) air murni, (b) suatu larutan sukrosa encer dan (c) suatu larutan sukrosa pekat – ditaruh dalam suatu wadah tertutup	6
Gambar 1.3	Penggunaan sebuah manometer merkuri untuk mengukur tekanan uap suatu larutan dalam air.	6
Gambar 1.4.	Diagram P – X larutan ideal	7
Gambar 1.5	Diagram P – T air dan suatu larutan berair	11
Gambar 1.6	Proses tekanan osmosis pada larutan urea 10% dan 5%.	14
Gambar 1.7	Alat untuk mengukur tekanan osmosis.	15
Gambar 2.1	Diagram tipe sel volta, sel Daniel.	33
Gambar 2.2	Sel volta hipotesis untuk menentukan potensial elektrode. Elektrode hidrogen merupakan elektrode pembanding.	34
Gambar 2.3	Sel kering dan sel aki.	39
Gambar 2.4	Sel elektrolisis.	41
Gambar 2.5	Michael Faraday (1791–1867)	43
Gambar 2.6	Pemurnian tembaga	46
Gambar 2.7	Pelapisan sendok dengan logam perak	46
Gambar 2.8	Warna coklat kusam pada permukaan besi atau badan mobil tersebut timbul karena terbentuk karat besi.	48
Gambar 2.9	Peralatan dari stainless steel	50
Gambar 3.1	Proses penghilangan kesadahan air secara tetap.	85
Gambar 3.2	Sel down untuk elektrolisis leburan NaCl.	91
Gambar 3.3	Sel Hall-Heroult untuk pembuatan aluminium dari elektrolisis lelehan Al_2O_3 (larutan Al_2O_3 dalam kriolit).	93
Gambar 3.4	Tungku pengolahan besi	95
Gambar 3.5	Verchrom (pelapis besi dengan krom) selain untuk mencegah karat juga untuk memperindah tampilan.	98
Gambar 3.6	(a) struktur grafit berbentuk lapisan (b) Struktur intan.	100
Gambar 3.7	Cara memperoleh belerang dengan proses frash.	106
Gambar 3.8	Diagram alir proses kontak	107
Gambar 3.9	Diagram alir proses kamar timbal	107
Gambar 3.10	Klorin digunakan sebagai desinfektan pada kolam renang.	108
Gambar 4.1	Sinar α dan β dipengaruhi medan listrik.	120
Gambar 4.2	Daya tembus sinar α , β dan γ	120
Gambar 4.3	Grafik pita kestabilan.	121
Gambar 4.4	Grafik peluruhan radioaktif (orde 1) diilustrasikan dengan konsep waktu paruh. Mula-mula banyaknya zat radioaktif N_0 setelah waktu paruh pertama menjadi $1/2 a$, setelah waktu paruh kedua menjadi $\frac{N_0}{4}$, dan seterusnya.	125
Gambar 4.5	Reaksi berantai dari fisi uranium dengan neutron.	129
Gambar 4.6	Prinsip reaktor atom yaitu mengurangi kecepatan neutron hasil fisi dengan pengatur yang terbuat dari karbon murni	129
Gambar 4.7	Detektor Geiger – Muller.	131
Gambar 4.8	Penghancuran kanker dengan ^{60}Co	132
Gambar 4.9	Larutan $^{24}NaCl$ digunakan untuk mengetahui penyempitan pembuluh darah atau gangguan lain.	133
Gambar 5.1	Dua bentuk konfigurasi dari 2 butanol.	154
Gambar 5.2	Larutan zat optis aktif memutar bidang polarisasi.	154
Gambar 5.3	Pemberian aroma makanan dengan ester.	176
Gambar 6.1	(1) Susunan 6 atom C masing-masing dengan 3 ikatan sigma dan 1 elektron p. (2) Lambang keadaan elektron–elektron p yang terdelokasi. (3) Lambang benzena.	192
Gambar 7.1	Polimer terbentuk dari monomer melalui reaksi polimerisasi	209
Gambar 7.2	Penyadapan getah pohon karet	210
Gambar 7.3	Penggorengan berlapis teflon	214
Gambar 7.4	Ban karet hasil ekstraksi lateks	216



Daftar Tabel

Tabel 1.1	Tekanan Uap Jenuh Air pada Berbagai Suhu	6
Tabel 1.2	Tetapan Titik Didih dan Titik Beku Molal Beberapa Pelarut	12
Tabel 2.1	Potensial Reduksi Standar	34
Tabel 3.1	Unsur-unsur yang membangun bumi kita bagian luar	59
Tabel 3.2	Berbagai Mineral dan Terdapatnya di Indonesia	59
Tabel 3.3	Sifat-Sifat Fisis Gas Mulia	61
Tabel 3.4	Sifat-Sifat Fisis Halogen	63
Tabel 3.5	Sifat fisika logam alkali (tak termasuk francium)	69
Tabel 3.6	Sifat-sifat fisika logam-logam alkali tanah (tak termasuk radium)	72
Tabel 3.7	Beberapa Sifat Unsur Periode Ketiga	77
Tabel 3.8	Sifat Fisis Unsur Deret Transisi yang Pertama	87
Tabel 3.9	Sifat Fisika Unsur Deret Transisi Kedua	87
Tabel 3.10	Sifat fisis Unsur Deret Transisi Kedua	88
Tabel 4.1	Deret Uranium	127
Tabel 6.1	Efek Substituen Pertama terhadap Substituen Kedua	198



Kunci

BAB I

- A. 1. C 6. E 11. C
 2. A 7. D 12. D
 3. E 8. C 13. D
 4. D 9. B 14. A
 5. B 10. B 15. B
- B. 1. a. CH_2O 3. $M_r = 342$
 b. $M_r = 90$ 4. $100,104^\circ\text{C}$
 c. $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ 5. $\alpha = 0,5$
2. a. 6 cmHg
 b. $-3,44^\circ\text{C}$

BAB II

- A. 1. D 6. C 11. B
 2. E 7. C 12. D
 3. C 8. E 13. A
 4. C 9. A 14. E
 5. A 10. C 15. C
- B. 1. a. $2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{ClO}^- + 4\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$
 b. $0,4\text{ mol}$
 2. $E_{\text{sel}} = 0,12\text{ volt}$
 3. Pada elektrolisis larutan NaCl yang direduksi H_2O sedangkan pada elektrolisis leburan NaCl yang direduksi Na^+
 - Reaksi elektrolisis larutan NaCl
 Anoda: $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2e$
 Katoda: $\text{Na}^+ + e \longrightarrow \text{Na}$
4. $0,635\text{ gram}$
 5. $\text{Ar L} = 59$

BAB III

- A. 1. D 6. B 11. D
 2. C 7. E 12. A
 3. E 8. A 13. B
 4. A 9. D 14. C
 5. D 10. B 15. C
- B. 1. a. hematit Fe_2O_3 , siderit FeCO_3 , magnetit Fe_3O_4 , pirit FeS_2
 b. bauksit Al_2O_3 , kriolit Na_3AlF_6
 c. pirit CuFeS_2
 d. timbal kromat PbCrO_4
 e. argentit Ag_2S
2. Titik leleh dan titik didih logam transisi periode keempat lebih tinggi daripada alkali dan alkali tanah karena pada logam transisi di samping ikatan logam juga terdapat ikatan kovalen antaratom logam transisi.
3. serbuk besi, nikel, V_2O_5
 4. 500 kg
 5. $6,4\text{ kg}$

BAB IV

- A. 1. D 6. C 11. C
 2. C 7. B 12. E
 3. B 8. A 13. C
 4. B 9. D 14. D
 5. B 10. C 15. C
- B. 1. 8α dan 6β

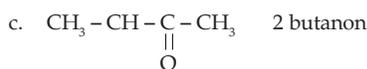
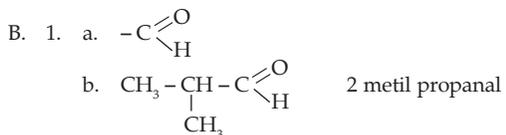
$${}_{92}^{238}\text{U} \longrightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + 8{}_{2}^4\alpha + 6{}_{-1}^0\beta$$
2. 150 tahun
 3. 1.518 tahun
 4. a. $0-18$ untuk mempelajari mekanisme reaksi esterifikasi.
 b. P-32 untuk mempelajari cara pemupukan tanaman.
 c. Tc-99m untuk mempelajari lokasi tumor dalam bagian dalam tubuh
5. $t = 17.004\text{ tahun}$

ULANGAN SEMESTER I

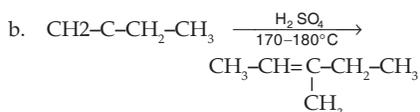
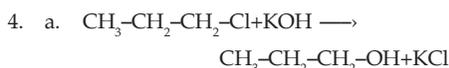
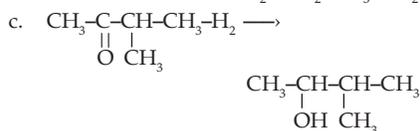
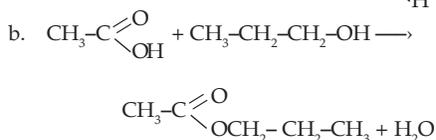
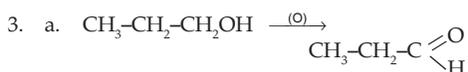
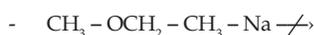
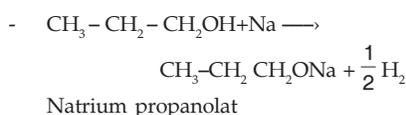
- A. 1. B 11. D 21. C
 2. D 12. B 22. B
 3. A 13. D 23. B
 4. D 14. C 24. B
 5. E 15. C 25. A
 6. B 16. A 26. E
 7. C 17. D 27. E
 8. C 18. B 28. A
 9. C 19. E 29. C
 10. E 20. B 30. E
- B. 1. a. $T_b = 100,032^\circ\text{C}$
 b. $T_f = -0,115^\circ\text{C}$
 c. $\pi = 1,51\text{ atm}$
2. $\text{Ar L} = 59$
3. Dengan mengelektrolisis NaCl
 Reaksi katoda: $\text{Na}^+ + e \longrightarrow \text{Na}$
 Anoda: $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2e$
4. Sifat-sifat halogen
 - sangat reaktif (dari atas ke bawah kereaktifan berkurang)
 - elektronegatif (ke bawah berkurang)
 - terdapat di alam sebagai senyawa
 - bersifat oksidator (ke bawah makin lemah)
 - dalam bentuk unsur sebagai molekul diatomik
5. $t_{\frac{1}{2}} = 3 = \text{hari}$

BAB V

- A. 1. E 6. A 11. E
 2. D 7. E 12. D
 3. B 8. D 13. D
 4. C 9. A 14. E
 5. C 10. E 15. A



2. Dengan mereaksikan senyawa tersebut dengan logam natrium.

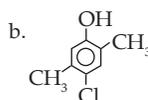
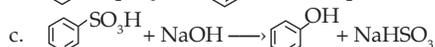
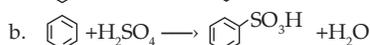
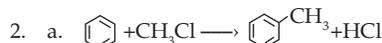


5. a. merusak lapisan ozon
 b. dapat menyebabkan kerusakan pada hati
 c. dapat bereaksi dengan air membentuk COCl_2 yang beracun.

BAB VI

- A. 1. C 6. D
 2. B 7. E
 3. D 8. B
 4. D 9. D
 5. E 10. C

- B. 1. Karena struktur molekul yang datar dan simetris dari benzena menyebabkan gaya tarik menarik antar molekul pada benzena lebih kuat daripada heksana sehingga titik didih benzena lebih tinggi dari heksana



4. Persamaan alkohol dengan fenol sama-sama mengandung gugus $-\text{OH}$.

- Perbedaan alkohol dengan fenol

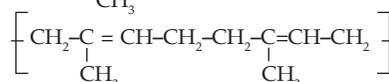
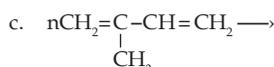
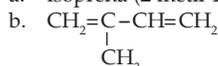
alkohol	fenol
- bersifat netral	- asam lemah
- tidak bereaksi dengan NaOH	- bereaksi dengan NaOH
- dapat dioksidasi menjadi aldehid/asam karboksilat	- tidak dapat dioksidasi

5. - Benzena untuk membuat berbagai turunannya
 - fenol untuk desinfektan
 - asam benzoat untuk pengawet
 - aspirin untuk obat sakit kepala
 - anilin untuk membuat zat warna
 - 2, 4, 6 trinitro toluena (TNT) untuk bahan peledak

BAB VII

- A. 1. D 6. A
 2. C 7. D
 3. D 8. B
 4. B 9. D
 5. B 10. C

- B. 1. a. isoprena (2 metil 1,3 butadiena)



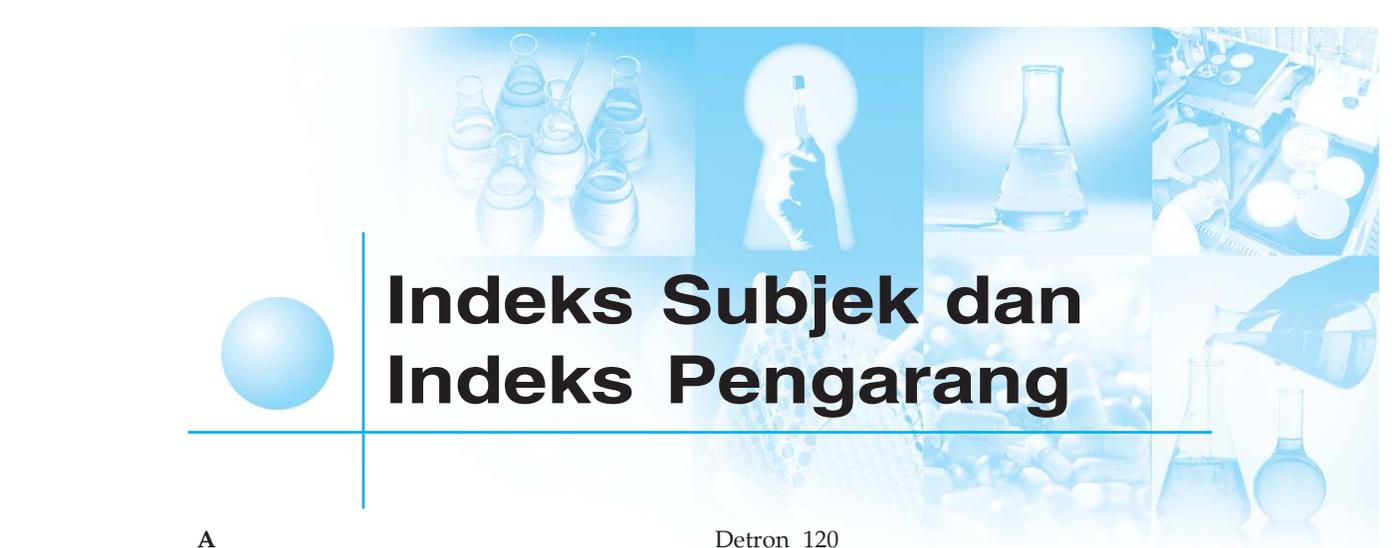


Glosarium

Molalitas	: banyaknya mol zat terlarut dalam 1000 gram pelarut
Fraksi mol	: perbandingan mol suatu zat dengan mol seluruh zat dalam campuran.
Sifat koligatif larutan	: sifat larutan yang hanya tergantung pada konsentrasi partikel zat terlarut.
Tekanan uap jenuh	: tekanan yang ditimbulkan oleh setiap uap jenuh suatu zat.
Penurunan tekanan uap	: selisih antara tekanan uap jenuh pelarut dengan tekanan uap jenuh larutan.
Titik didih	: suhu saat suatu zat mendidih.
Kenaikan titik didih	: selisih antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut
Titik beku	: suhu saat suatu zat membeku
Penurunan titik beku	: selisih antara titik beku pelarut dengan titik beku larutan.
Kemolaran	: banyaknya mol zat terlarut tiap liter larutan.
Osmosis	: perpindahan molekul pelarut dari larutan pekat ke larutan encer yang dipisahkan selaput semipermeabel.
Tekanan osmosis	: tekanan yang diperlukan untuk menghentikan aliran pelarut dari larutan encer ke larutan pekat. (tekanan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya osmosis).
Reaksi redoks	: reaksi yang disertai perubahan bilangan oksidasi
Anoda	: elektroda tempat terjadinya oksidasi
Katoda	: elektroda tempat terjadinya reduksi
Potensial elektroda	: potensial yang dihasilkan oleh suatu elektroda dengan elektroda hidrogen
Sel volta	: sel yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik
Sel elektrolisis	: sel yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia
Korosi	: proses teroksidasinya suatu logam
Elektroplating	: pelapisan logam secara elektrolisis.
Mineral	: bahan alam yang mengandung unsur atau senyawa tertentu
Bijih	: mineral yang digunakan sebagai sumber komersial
Air sadah	: air yang mengandung ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} yang cukup banyak
Amfoter	: dapat bersifat basa maupun asam
Baja	: logam-logam campur dari besi
Flotasi	: pemekatan bijih dengan cara pengapungan
Alotrop	: bentuk-bentuk yang berbeda dari unsur yang sama
Unsur radioaktif	: unsur yang memancarkan radiasi (sinar radioaktif)
Sinar radioaktif	: sinar (radiasi) yang dipancarkan oleh unsur radioaktif (alfa, beta, gamma).
Sinar alfa (α)	: sinar radioaktif yang bermuatan positif yang merupakan inti atom helium. (${}^4_2\text{He}$).
Sinar beta (β)	: sinar radioaktif yang bermuatan negatif yang merupakan elektron dengan kecepatan tinggi. (${}^0_{-1}\beta$).
Sinar gamma	: sinar radioaktif yang tidak bermassa dan tidak bermuatan yang merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek.
Peluruhan	: peristiwa nuklida radioaktif memancarkan sinar radioaktif hingga berubah menjadi inti (nuklida) yang lebih stabil.
Reaksi penembakan (transmutasi)	: penembakan inti atom suatu unsur menjadi inti atom unsur lain.

Reaksi fisi	: reaksi pembelahan suatu inti menjadi dua nuklida baru yang massanya hampir sama.
Reaksi fusi	: reaksi penggabungan beberapa inti ringan menjadi inti yang lebih berat yang disertai pemancaran energi.
Waktu paruh	: waktu yang diperlukan oleh suatu nuklida radioaktif untuk meluruh menjadi separuhnya.
Perunut	: penelusuran jejak unsur radioaktif dengan detektor.
Gugus fungsi	: atom atau gugus yang dapat membedakan suatu golongan dari golongan lain dalam senyawa karbon.
Alkohol	: golongan senyawa karbon yang mengandung gugus fungsi —OH dengan rumus umum R — OH.
Alkohol sekunder	: alkohol yang gugus — OH-nya terikat pada atom C sekunder.
Alkohol tersier	: alkohol yang gugus — OH-nya terikat pada atom C tersier.
Isomer	: senyawa dengan rumus molekul sama tetapi rumus struktur berbeda.
Isomer rangka	: Isomer yang disebabkan perbedaan cara berikatan arau rangka rantai karbon.
Isomer posisi	: isomer yang disebabkan perbedaan posisi atau letak gugus fungsi.
Isomer fungsi	: isomer yang disebabkan perbedaan gugus fungsi yang terdapat pada senyawa karbon.
Polialkohol atau alkohol polivalen	: alkohol yang memiliki lebih dari satu gugus — OH.
Eter	: golongan senyawa karbon yang mengandung fungsi —O— dengan rumus umum R — OR.
Alkanal (aldehid)	: golongan senyawa karbon yang mengandung gugus fungsi dengan rumus umum $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \\ \text{H} \end{array}$ dengan rumus umum $\text{R—C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—} \\ \text{H} \end{array}$
Formalin	: larutan yang mengandung 37% atau 40% formaldehid.
Alkanon atau keton	: golongan senyawa karbon yang mengandung gugus fungsi $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \end{array}$ dengan rumus umum $\text{R—C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—} \\ \text{R} \end{array}$
Asam karboksilat atau alkanoat	: golongan senyawa karbon yang mengandung gugus $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \\ \text{OH} \end{array}$ dengan rumus umum $\text{R—C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—} \\ \text{OH} \end{array}$
Ester (alkoli alkana)	: golongan senyawa karbon yang mengandung gugus fungsi $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \\ \text{OR} \end{array}$ dengan rumus umum $\text{R—C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—} \\ \text{OR} \end{array}$
Haloalkana (alkil halida)	: golongan senyawa karbon turunan alkana yang mengandung gugus fungsi halogen (F, Cl, Br, I)
Senyawa aromatik	: senyawa-senyawa benzena dan turunannya
Orto	: posisi substituen dalam benzena yang terdisubstitusi pada nomor 1 dan 2.
Meta	: posisi substituen dalam benzena yang terelsubstitusi pada nomor 1 dan 3.
Para	: posisi substituen dalam benzena yang terdisubstitusi pada nomor 1 dan 4
Ikatan phi (π)	: ikatan kovalen yang terbentuk dari tumpang tindih sisi dengan sisi.
Ikatan sigma (σ)	: ikatan kovalen yang terbentuk dari tumpang tindih antara ujung dengan ujung.
Elektron terdelokalisasi	: posisi elektron-elektron p yang tidak tertentu antara dua atom karbon.
Halogenerasi	: reaksi suatu zat dengan hlogen.
Nitrasi	: reaksi suatu zat dengan asam nitrat

Sulfonasi	: reaksi suatu zat dengan asam sulfat
Alkilasi	: reaksi suatu zat dengan gugus alkil pada suatu senyawa
Polimer	: Suatu mikromolekul yang tersusun dari molekul-molekul sederhana.
Monomer	: Molekul-molekul sederhana penyusun polimer dari monomer-monomernya
Polimerisasi	: Reaksi pembentukan polimer dari monomer-monomernya.
Polimerisasi adisi	: Pembentukan polimer dari monomer-monomer berdasar reaksi adisi.
Polimerisasi kondensasi	: Pembentukan polimer dari monomer-monomer yang disertai pelepasan molekul kecil (misalnya air).
Homopolimer	: Polimer yang tersusun dari monomer -monomer yang sam (sejenis).
Kopolimer	: Polimer yang tersusun dari monomer-monomer yang berbeda.
Polimer alam	: Polimer yang terbentuk secara alami.
Polimer sintetis	: Polimer yang dibuat dipabrik sebagai tiruan.
Polimer termoplas	: Polimer yang melunak bila dipanaskan.
Polimer termoseting	: Polimer yang tidak melunak bila dipanaskan.
Karbohidrat	: suatu polihidroksi alhedid atau polihidroksi keton.
Monosakarida	: Karbohidrat yang paling sederhana.
Disakarida	: karbohidrat yang etsusun dari dua unit monosakarida.
Polisakarida	: karbohidrat yang tersusun dari banyak monosakarida.
Aldosa	: polihidroksi alhedid/karbohidrat yang mengandung gugus alhedid.
Ketoga	: polihidroksiketon/karbohidrat yang mengandung gugus keton.
Mutarotasi	: perubahan sudut putar bidangpolarisasi cahaya.
Inversi	: perubahan arah putar bidang polarisasi cahaya.
Ikatan glikosida	: ikatan yang menghubungkan unit-unit monosakarida dalam disokarida dan polisakarida.
Amilosa	: polisakarida rantai lurus.
Amilopektin	: polisakarida rantai bercabang.
Asam amino	: golongan senyawa karbon yang mengandung gugus $-\text{COOH}$ dan $-\text{NH}_2$.
Ion zwiter	: ion yang bermuatan ganda, positif dan negatif.
Asam amino esensial	: asam amino yang tidak dapat disintesis dalam tubuh.
Titik isoelektrik	: pH pada saat asam amino tidak bermuatan.
Protein	: polimer alam yang etsusun dari asam-asam amino.
Struktur primer	: urutan asam amino dalam rantai polipeptida yang menyusun protein.
Struktur sekunder	: bentuk dari rantai polipeptida dalam protein.
Struktur tersier	: bentuk tiga dimensi dari suatu protein.
Denaturasi	: perubahan struktur protwein/koagulasi protein.
Protein sederhana	: protein yang hanya terdiri atas asam amino dan tidak ada gugus kimia lain.
Protein terkonjugasi	: protein yang selain tersusun dari asam-asam amino juga terdapat gugus kimia lain.
Enzim	: protein yang berungsi sebagai biokatalisator.
Protein transpor	: protein yang berfungsi memindahkan molekul atau ion spesifik.
Protein cadangan	: protein yang berfungsi sebagai cadangan makanan.
Protein pembangun	: protein yang berfungsi sebagai zat pembentuk struktur.
Antibodi	: protein yang berfungsi melindungi organisme dari serangan penyakit.
Protein pengatur	: protein yang berfungsi mengatur aktifitas sel.
Protein kontraktil	: protein yang berfungsi memberi kemampuan pada sel dan organisme untuk berubah bergerak.
Protein globular	: protein yang memiliki rantai polipetida berlipat rapat menjadi bentuk bulat padat.
Protein serabut	: protein yang memiliki bentuk serabut.



Indeks Subjek dan Indeks Pengarang

A

Air lunak 85
Air sadah 85
Alkali 39, 40, 42, 45, 58, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 84, 86, 87, 88, 90, 93, 97, 98, 100, 101, 102, 105, 110, 144, 168, 184, 200, 242,
Alkali Tanah 43, 58, 86, 93, 96, 98, 99, 102, 103, 106, 109, 113, 114, 144, 168, 184
Alkanon 149, 167, 168, 184, 257
Alkena 66, 149, 156, 165, 180, 191, 193, 204
Alotropi 104, 105, 113
Aluminium 45, 47, 50, 60, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 93, 94, 99, 100, 111, 113, 114, 116, 120, 128, 145
Amfoter 74, 75, 81, 83, 112, 145, 238, 250, 258
Amonia 102, 103, 113
Anion 41, 77, 89, 238, 253
Anoda 29, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 90, 91, 92, 94, 97, 108

B

Baja 46, 50, 94, 96, 97, 98, 111
Basa 29, 30, 31, 39, 49, 54, 65, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 81, 82, 83, 89, 102, 108, 112, 115, 143, 171, 184, 185, 212, 237, 238, 239, 240, 247, 248, 250, 260
Baterai 31, 32, 38, 39, 40, 42, 43, 52, 79, 101
Bauksit 59
Bauksit 93, 100, 113, 114, 116
Bernard Courtois 68
Besi 48, 59, 60, 70, 81, 87, 93, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 113, 114, 116

C

Cincin benzena 197, 242
Clorida 220

D

Dacron 211, 218, 222
Deret radioaktif 117

Detron 120
Diatomik 63, 112, 114
Distilasi 168

E

Elektroda 29, 35, 37, 40, 42, 44, 45, 47, 48, 49, 52, 53, 80, 89, 101, 113, 131
Elektron 34, 36, 38, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 87, 88, 89, 90, 116,
Endapan 91, 93, 164
Ernest Rutherford 119
Etanol 3, 4, 25, 101, 149, 150, 151, 152, 158, 162, 173, 175, 176, 177, 180, 182, 229

F

Faraday 29, 43, 44, 52, 110, 191
Fehling 149, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 184, 187, 188, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235,
Fisis 1, 60, 61, 63, 68, 72, 78, 87, 88, 171, 162, 164, 167, 174
Formaldehid 165, 170, 215
Formalin 165

Frederick Joliot 128

G

Garam 5, 10, 18, 23, 36, 39, 58, 69, 70, 71, 72, 80, 81, 88, 90, 91, 96, 97, 100, 101, 107
Gaya Pereduksi 61
Gaya Van der Waals 74
Gelas kimia 10, 18, 66, 152, 171, 237, 228
Grafit 53, 91, 98, 99, 106, 109

H

Halida 60, 61, 62, 111, 142, 149, 166, 172, 187
Halogen 58, 59, 60, 61, 63, 70, 83, 87, 107, 108, 111, 166, 172, 173, 178, 183, 187, 193, 194
Heksana 189, 200, 217
Helium 57, 119
Hematit 57, 59, 93, 97, 110, 111
Hidrolisis 151, 166, 169, 221, 222, 223, 224
Homopolimer 205, 214, 217, 218

I

Inert 100
 Intan 98, 99, 106, 109
 Iodida 60, 157
 Ion Kompleks 87, 247
 Irene Curie 134
 Isotop 113, 126, 133, 136

J

Jembatan garam 36, 39
 Jenuh 4, 5, 6, 7, 8, 11, 25, 169, 214, 240, 241

K

Kaca arloji 66, 70, 75, 228
 Kalium 57, 64, 66, 67, 71, 96, 97, 101, 108, 112,
 Kalsium 57, 66, 68, 69, 70, 80, 109, 188, 243
 Karat 49, 55, 83, 92, 96, 97, 109
 Karet 159, 167, 201, 203, 204, 205, 206, 210,
 211, 212, 215, 216, 217, 218
 Kation 71, 72, 87, 232, 247
 Katode 27, 34, 37, 38, 39, 44, 45, 46, 47, 48, 49,
 53, 88, 89, 90, 91, 92, 95
 Klorin 58, 59, 77, 83, 84, 196,
 Korosi 27, 91, 212
 Kriolit 57, 108, 109, 110, 111
 kulit elektron 73

L

Lakmus 79, 152, 199, 228
 Larutan fehling 159, 162, 163, 222, 223, 224,
 225, 226, 228, 229
 Litium 64, 65, 67, 108
 Logam 27, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 42, 44, 45, 58,
 60, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77,
 83, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96, 97, 98

M

Magnesium 47, 49, 66, 68, 70, 73, 75, 76, 77,
 80, 91, 96, 97, 125
 Mangan 57, 59, 85
 Marie Sklodowska Curie 116
 Metana 142, 144, 159, 160, 173, 175, 178
 Metanol 25, 99, 142, 149, 151, 159, 160, 167,
 169, 176
 Molalitas 1, 18
 Mutarotasi 222, 244

N

Natrium 46, 53, 64, 65, 66, 67, 71, 73, 74, 75,
 76, 77, 81, 88, 89, 96, 97, 108, 112, 144
 Neutron 116, 117, 118, 119, 125, 126, 127, 135
 Nikel 54, 57, 85, 96
 Nilon 66 203, 204, 211, 213
 Nitrogen 57, 67, 69, 100, 110, 125
 Nomor Atom 58, 59, 63, 68, 71, 76, 79, 88, 111,
 117, 118, 134, 135, 136, 145

Nomor massa 117, 134, 135
 Nonlogam 67, 68, 73, 75, 77, 87, 109, 110

O

Oksidasi 72, 76, 77, 83, 87, 93, 95, 96, 101, 104,
 105, 108, 222, 247
 Oksigen 7, 87, 92, 99, 101, 102, 104, 105, 106,
 Orbital 74, 85, 86, 88, 185, 186, 188

P

Paul Ulrich Villard 115
 Peluruhan 13, 121, 126, 127, 128, 134, 135, 136
 Pemutih 83, 84, 85, 99, 110
 Perak 27, 44, 45, 49, 51, 54, 68, 95, 96, 112,
 151, 159, 226, 227
 Periode 58, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 85,
 86, 87, 88, 109, 112
 Polimer 106, 198, 201, 202, 203, 204, 205, 206,
 207, 209, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217,
 218, 219, 225, 229, 239, 244,

R

Radioaktif 58, 113, 116, 117, 118, 119, 120,
 121, 122, 123, 125, 126, 129, 131, 132, 133,
 134, 135, 136
 Reaksi Fusi 132
 Reaksi inti 113, 130, 132
 Redoks 27, 29, 30, 47, 48
 Reduksi 30, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 43, 45, 47,
 59, 61, 62, 63, 65, 69, 76, 93, 95, 96, 102

S

Sel Daniel 32
 Sel down 88
 Senyawa 143, 144, 145, 147, 153, 156, 157, 160
 Silikon 57, 73, 74, 76, 94, 102, 106, 109
 Stronsium 57, 68, 69, 70, 71, 72, 109

T

Tanur 93, 94, 97, 102, 103, 109
 Titrasi 84, 110
 Triton 116, 136

U

Uranium 123, 124, 125, 132

V

Valensi 65, 68, 74, 75, 185, 197
 Vanadium 85

W

Waktu paruh 58, 121, 122, 123, 124, 125, 126,
 127, 128
 Wilhelm Konrad Rontgen 115

Z

Zeolit 81, 92

Lampiran

Tabel Unsur-Unsur Kimia

Unsur-unsur Kimia

Nilai dalam kurung kurawal menunjukkan massa dari jenis atom unsur bersangkutan yang sudah lama dikenal. Nomor massa dari unsur-unsur disusun sesuai isotop alami yang terdapat paling banyak di alam.

Unsur	Simbol atom	Nomor atom	Massa atom (sma; dibulatkan)	Nomor massa isotop alami	Bilangan oksidasi (yang sering muncul)	Elektro negatifitas
Aktinum	Ac	89	227	227; 228	+3	1,1
Aluminium	Al	13	27	27	+3	1,5
Amerisium	Am	95	[234]		+3	1,3
Antinom	Ab	51	122	121; 123	+3; +5; -3	1,9
Argentum (perak)	Ag	47	108	107; 109	+1	1,9
Argon	Ar	18	40	40; 36; 38;	±0	
Arsen	As	33	75	75	+3; +5; -3	2,0
Astatin	At	85	[210]	215; 216; 218	-1	2,2
Aurum (emas)	Au	79	197	197	+1; +3	2,4
Barium	Ba	56	137	138; 137; 136; 135; 134; 130; 132	+2	0,9
Barkelium	Bk	97	[247]		+3	1,3
Berilium	Be	4	9	9	+2	1,5
Bismut	Bi	83	209	209	+3; -3	1,9
Boron	B	5	11	11; 10	+3	2,0
Brom	Br	35	80	79; 81	+1; +5; -1	2,8
Disproium	Dy	66	162,5	164; 162; 163; 161; 160; 158; 156		
Einsteinium	Es	99	[252]			1,3
Erbium	Er	68	167	166; 168; 167; 170; 164; 162; 153; 151	+3	1,2
Eropium	Eu	63	152			
Fermium	Fm	100	[257]			1,3
Ferrum (besi)	Fe	26	56	56; 54; 57; 58	+2; +3 +6	1,8
Fluor	F	9	19	19	-1	4,0
Fosfor	P	15	31	31	+3; +5; -3	2,1
Fransium	Fr	87	[223]	223	+1	0,7
Gadolinium	Gd	64	157	158; 160; 156; 157; 155; 154; 152	+3	1,1
Galium	Ga	31	70	69; 71	+3	1,6
Germanium	Ge	32	72,5	74; 72; 70; 73 76	+4	1,8
Hafnium	Hf	72	178,5	180; 178; 177; 179; 176; 174	+4	1,3
Helium	He	2	4	4; 3	±0	
Hidrogen	H	1	1	1; 2	+1; -1	2,1
Holmium	Ho	67	165	165	+3	1,2
Indium	In	49	115	115; 113	+3	1,7
Iod	I	53	127	127	+1; +5; +7; -1	2,5

Unsur	Simbol atom	Nomor atom	Massa atom (sma; dibulatkan)	Nomor massa isotop alami	Bilangan oksidasi (yang sering muncul)	Elektro negatifitas
Iridium	Ir	77	192	193; 191	+3; +4	2,2
Iterbium	Yb	70	173	174; 172; 173; 171; 176; 170; 168	+3	1,1
Itrium	Y	39	89	89	+3	1,3
Kadmium	Cd	48	112,5	114; 112; 111; 110; 113; 116; 106; 108	+2	1,7
Kalifronium	Cf	98	[125]		+3	1,3
Kalium	K	19	39	39; 41; 40	+1	0,8
Kalsium	Ca	20	40	40; 44; 42; 48; 43; 46	+2	1,0
Karbon	C	6	12	12; 13	+2; +4; -2	8,5
Klor	Cl	17	35,5	35; 37	+1; +3; +5; +7; -1	3,0
Kobalt	Co	27	59	59	+2; ; +3	1,8
Kripton	Kr	36	84	84; 86; 83; 82; 80; 78	±0	
Krom	Cr	24	52	52; 53; 50; 54	+2; +3; +6	1,6
Kurium	Cm	96	[247]		+3	1,3
Lantanum	La	57	139	139; 138	+3	1,1
Litium	Li	3	7	7; 6	+1	1,0
Lutesium	Lu	71	175	175; 176	+3	1,2
Magnesium	Mg	12	24	24; 26; 25;	+2	1,2
Mangan	Mn	25	55	55	+2; +4; +6; +7	1,5
Molibdenum	Mo	42	96	98; 96; 95; 92; 100; 97; 94	+6	1,8
Natrium	Na	11	23	23	+1	0,9
Neodimium	Nd	60	144	142; 144; 146; 143; 145; 148; 148; 150	+3	1,2
Neon	Ne	10	20	20; 22; 21	±0	
Neptunium	Np	93	[237]	237	+5	1,3
Nikel	Ni	28	59	58; 60; 62; 61; 64	+2	1,8
Niobium	Nb	41	93	93	+5	1,6
Nitrogen	N	7	14	14; 15		
Oksigen	O	8	16	16; 18; 17	-2	3,5
Osmium	Os	76	190	192; 190; 189; 188; 187; 186; 184	+4; +8	2,2
Paladium	Pd	46	106	106; 108; 105; 110; 104; 102;	+2; +4	2,2
Platina	Pt	78	195	195; 194; 196; 198; 192; 190;	+2; +4	2,2
Plutonium	Pu	94	[244]	239	+4	1,3
Polonium	Po	84	[209]	209; 210; 211; 212; 214; 215; 216; 218	+4; -2	2,0
Praseodimium	Pr	59	141	141	+3	1,1
Prometium	Pm	61	[145]	147	+3	1,2
Protaktinium	Pa	91	231	231; 234	+5	1,5
Radium	Ra	88	226	223; 224; 226; 228	+2	0,9
Radon	Rn	86	[222]	218; 219; 220; 222	±0	
Raksa (Hidrogirum)	Hg	80	200,5	202; 200; 199; 201; 198; 204; 196	+1; +2	1,9

Unsur	Simbol atom	Nomor atom	Massa atom (sma; dibulatkan)	Nomor massa isotop alami	Bilangan oksidasi (yang sering muncul)	Elektro negatifitas
Renium	Re	75	186	187; 185	+7	1,9
Rodium	Rh	45	103	103		
Rubidium	Rb	37	85,5	85; 87	+1	0,8
Rutenium	Ru	44	101	102; 104; 101; 99; 100	+4; +8	2,2
Saesium	Cs	55	133	133	+1	0,7
Samarium	Sm	62	150	152; 154; 147; 149; 148; 150; 144	+3	1,2
Selenium	Se	34	79	80; 78; 82; 76; 77; 74	+4; +6; -2	2,4
Seng	Zn	30	65	64; 66; 68; 67; 70	+2	1,6
Serium	Ce	58	140	140; 142; 138; 136	+3	1,1
Silisium	Si	14	28	28; 29; 30	+4; -4	1,8
Skandium	Sc	21	45	45	+3	1,3
Strontium	Sr	38	87,5	88; 86; 87; 84	+2	1,0
Sulfur	S	16	32	32; 34; 33; 36	+4; +6; -2	2,4
Talium	Tl	81	204	205; 203	+3	1,8
Tantal	Ta	73	181	181; 180	+5	1,5
Taknesium	Tc	43	[98]		+7	1,9
Telurium	Te	52	127,5	130; 128; 126; 125; 124; 122; 123; 120; 63; 65	+4; +6; -2	2,1
Tembaga	Cu	29	63,5	63; 65	+1; +2	1,9
Terbium	Tb	65	159	159	+3	1,2
Timah	Sn	50	119	120; 118; 116; 119; 117	+2; +4	1,8
Timbal	Pb	82	207	208; 206; 207; 204	+2; +4	1,8
Titan	Ti	22	48	48; 46; 47; 49; 50	+4	1,5
Torium	Th	90	232	227; 228; 230; 231; 234; 168	+4	1,3
Tulium	Tm	69	169	169	+3	1,2
Uranium	U	92	238	238; 234; 235	+4; +5; +6	1,7
Vanadium	V	23	51	51; 50	+6	1,6
Wolfram	W	74	184	184; 186; 182; 183; 180	+6	1,7
Xenon	Xe	54	131	132; 129; 131; 134; 136; 130; 128; 124; 126; 124; 122; 112; 114; 115	±0	
Zirkonium	Zr	40	91	90; 94; 92; 91; 96	+4	1,4

Sumber: Tabel Referensi Lengkap

Jari-Jari Atom dan Ion dari Beberapa Unsur

Simbol atom	Jari-jari atom (10^{-12} m)	Jari-jari ion (10^{-12} m)
Al	143	50 (+3)
Ba	217	135 (+2)
Be	112	31 (+2)
Br	114	195 (-1)
Cs	262	169 (+1)
Ca	197	97 (+2)
Cl	99	181 (-1)
Fe	124	64 (-1)
F	64	136 (-1)
I	133	216 (-1)
K	231	133 (+1)
Cu	128	72 (+2)
Li	152	60 (+1)
Mg	160	65 (+2)
Na	186	95 (+1)
P	110	212 (-3)
Rb	244	148 (+1)
O	66	140 (-2)
S	104	184 (-2)
Se	117	198 (-2)
Ag	144	126 (+1)
Si	117	41 (+4)
N	70	171 (-3)
Sr	215	113 (+2)
Te	137	221 (-2)
Zn	133	74 (+2)

Sumber: Tabel Referensi Lengkap



Tabel Sifat-Sifat Zat Padat, Zat Cair dan Gas (Kimia)

Sifat-Sifat Zat (Kimia)

Zat/Bahan	Koefisien Muai Linear α dalam $\frac{1}{K}$	Titik Lebur v_s dalam $^{\circ}C$ (pada 101,3 kPa)	Titik Didih v_v dalam $^{\circ}C$ (pada 101,3 kPa)	Kapasitas kalor jenis c dalam $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Kalor lebur khusus q_s dalam $\frac{kJ}{kg \cdot K}$
Aluminium	0,000 023	660	2.450	0,90	397
Beton	0,000 012			0,92	
Bismut	0,000 014	271	1.560	0,12	52,2
Timah Hitam	0,000 029	327	1.740	0,13	26
Berlian	0,000 001	> 3.550	4.830	0,50	
Kaca Biasa	0,000 010			0,17	
Emas	0,000 014	1.063	2.970	0,13	65
Grafit	0,000 002	3.730	4.830	0,71	
Kayu (pohon Eik)	0,000 008			2,39	
Konstantan	0,000 015			0,41	
Tembaga	0,000 016	1.083	2.600	0,39	205
Magnesium	0,000 026	650	1.110	1,02	382
Batu bata	0,000 005			0,86	
Platina	0,000 009	1.770	3.825	0,13	113
Porselen	0,000 004			= 0,84	
Kaca kristal	< 0,000 001	1.700		0,73	
Perak	0,000 020	961	2.212	0,23	104
Baja	0,000 013	= 1.500		= 0,47	
Wolfram	0,000 004	3.350	5.700	0,13	192
Seng	0,000 036	419	906	0,39	111
Timah	0,000 027	232	2.350	0,23	59

Sumber: Tabel Referensi Lengkap

Sifat-Sifat Zat Cair (Kimia)

Zat/Bahan	Koefisien muai volume γ dalam $\frac{1}{K}$	Titik lebur v_s dalam $^{\circ}C$ (pada 101,3 kPa)	Titik didih v_v dalam $^{\circ}C$ (pada 101,3 kPa)	Kapasitas kalor jenis c dalam $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Kalor laten lebur q_s dalam $\frac{kJ}{kg}$	Kalor laten uap khusus q_v dalam $\frac{kJ}{kg}$ (pada 101,3 kPa)
Bensol	0,0011	5,49	80,1	1,70	127	394
Dietileter	0,0016	-116,3	34,5	2,35	98	384
Etanol	0,0011	-114,2	78,4	2,42	108	842
Gliserin	0,0005	18	290	2,39	188	853
Metanol	0,0011	-97,7	64,7	2,49	69	1102
Petroleum	0,0009			2,00		
Air raksa	0,0011	-39	357	0,14	11	285
Triklorometan	0,00128	-63,5	61,2	0,95	75	245
Air	0,00018	0	100	4,186	334	2260

Sumber: Tabel Referensi Lengkap

Sifat-Sifat Gas (Kimia)

Zat/Bahan	Titik lebur v_s dalam °C (pada 101,3 kPa) (*pada 2,6 MPa)	Titik didih v_v dalam °C (pada 101,3 kPa)	Kapasitas kalor jenis pada volum konstan dalam $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	Kapasitas kalor jenis pada tekanan konstan dalam $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	Kalor laten uap dalam q_v dalam $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Amoniak	-78	-33	1,56	2,05	1370
Helium	-270*	-269	3,22	5,23	25
Karbon dioksida	-57	-79	0,65	0,85	574
Udara	-213	-193	0,72	1,01	190
Oksigen	-219	-183	0,65	0,92	213
Nitrogen	-210	-195,8	0,75	1,04	198
Air	-259,3	-252,8	10,13	14,28	455

Sumber: Tabel Referensi Lengkap



Tabel Sifat-Sifat Kimia Asam-Basa

Indikator Asam-Basa

Indikator	Nilai pH-batasan perubahan warna	Warna indikator	
		Nilai pH bawah	Nilai pH atas
Timol biru	1,0 ... 2,8	merah	kuning
Metil kuning	2,4 ... 4,0	merah	kuning
Metil jingga	3,0 ... 4,4	merah	jingga kekuningan
Metil merah	4,4 ... 6,2	merah muda	kuning
Lakmus	5,0 ... 8,0	merah	kuning
Brom timol biru	6,0 ... 7,6	kuning	biru
	8,0 ... 9,6	kuning	biru
Phenolphthalein	8,3 ... 10,0	tak berwarna	merah
Thymolphthalein	9,3 ... 10,5	tak berwarna	biru
Alizarin	10,1 ... 12	kuning	coklat jingga

Sumber: Tabel Referensi Lengkap

Nilai pH Larutan

Nilai pH	0 1 2	3 4 5 6	7	8 9 10	11 12 13 14
Sifat larutan	asam kuat	asam lemah	netral	basa lemah	basa kuat
Konsentrasi Ion Hidrogen dan Ion Hidroksida	$[H_3O^+] > [OH^-]$		$[H_3O^+] = [OH^-]$	$(H_3O^+) < [OH^-]$	

Sumber: Tabel Referensi Lengkap



Tabel Konstanta Keasaman dan Kebasaan

Konstanta Keasaman (K_a) dan Konstanta Kebasaan (K_b) pada 22°C

Konsentrasi Asam	K_a (mol.L ⁻¹)	pKa	Rumus Asam	Rumus basa yang sesuai	pKb	K_b (mol.L ⁻¹)	Konsentrasi Basa
$1,0 \times 10^{11}$		-11	HI	I ⁻	25	10×10^{-25}	
$1,0 \times 10^{10}$		-10	HClO ₄	ClO ₄ ⁻	24	10×10^{-24}	
$1,0 \times 10^9$		-9	HBr	Br ⁻	23	10×10^{-23}	
$1,0 \times 10^7$		-7	HCl	Cl ⁻	21	10×10^{-21}	
$1,0 \times 10^3$		-3	H ₂ SO ₄	HSO ₄ ⁻	17	10×10^{-17}	
	1,5,5	-1,74	H ₃ O ⁺	H ₂ O	15,74	$1,8 \times 10^{-26}$	
$2,1 \times 10^1$		-1,32	HNO ₃	NO ₃ ⁻	15,32	$4,8 \times 10^{-16}$	
$6,6 \times 10^{-1}$		0,18	[(NH ₂) ₂ CO(NH ₃)] ⁺	CO(NH ₂) ₂	13,82	$1,9 \times 10^{-14}$	
$5,6 \times 10^{-2}$		1,25	HOOC-COOH	HOOC-COO ⁻	12,75	$1,77 \times 10^{-13}$	
$1,5 \times 10^{-2}$		1,81	H ₂ SO ₃	HSO ₃ ⁻	12,19	$6,5 \times 10^{-13}$	
$1,2 \times 10^{-2}$		1,92	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	12,08	$8,3 \times 10^{-13}$	
$7,5 \times 10^{-3}$		2,12	H ₂ PO ₄ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	11,88	$1,3 \times 10^{-12}$	
$6,0 \times 10^{-3}$		2,22	[Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺	[Fe(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺	11,78	$1,7 \times 10^{-12}$	
$7,2 \times 10^{-4}$		3,14	HF	F ⁻	10,86	$1,4 \times 10^{-11}$	
$4,5 \times 10^{-4}$		3,35	HNO ₂	NO ₂ ⁻	10,65	$2,2 \times 10^{-11}$	
$1,8 \times 10^{-4}$		3,75	HCOOH	HCOO ⁻	10,25	$5,6 \times 10^{-11}$	
$2,6 \times 10^{-5}$		4,58	C ₆ H ₅ NH ₃ ⁺	C ₆ H ₅ NH ₂	9,42	$3,8 \times 10^{-10}$	
$1,8 \times 10^{-5}$		4,75	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	9,25	$5,6 \times 10^{-10}$	
$1,4 \times 10^{-5}$		4,85	[Al(H ₂ O) ₆] ³⁺	[Al(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺	9,15	$7,1 \times 10^{-10}$	
$3,0 \times 10^{-7}$		6,52	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	7,48	$3,3 \times 10^{-8}$	
$1,2 \times 10^{-7}$		6,92	H ₂ S	HS ⁻	7,08	$8,3 \times 10^{-8}$	
$9,1 \times 10^{-8}$		7,04	HSO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	9,96	$1,1 \times 10^{-7}$	
$6,2 \times 10^{-8}$		7,20	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	6,80	$1,6 \times 10^{-7}$	
$5,6 \times 10^{-10}$		9,25	NHO ₄ ⁻	NH ₃	4,75	$1,8 \times 10^{-5}$	
$4,0 \times 10^{-10}$		9,40	HCN	CH ⁻	4,60	$2,5 \times 10^{-5}$	
$2,5 \times 10^{-10}$		9,60	[Zn(H ₂ O) ₆] ²⁺	[Zn(OH)(H ₂ O) ₅] ⁺	4,40	$4,0 \times 10^{-5}$	
$1,3 \times 10^{-10}$		9,89	C ₆ H ₅ OH	C ₆ H ₅ O ⁻	4,11	$7,8 \times 10^{-5}$	
$4,0 \times 10^{-11}$		10,40	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	3,60	$2,5 \times 10^{-4}$	
$4,4 \times 10^{-13}$		12,36	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	1,64	$2,3 \times 10^{-2}$	
$1,0 \times 10^{-13}$		13,00	HS ⁻	S ²⁻	1,00	$1,0 \times 10^{-1}$	
	1,8 × 10 ⁻¹⁶	15,74	H ₂ O	OH ⁻	-1,74	55,5	
$1,0 \times 10^{-23}$		23	NH ₃	NH ₂ ⁻	-9	$1,0 \times 10^9$	
$1,0 \times 10^{-24}$		24	OH ⁻	O ²⁻	-10	$1,0 \times 10^{10}$	

Sumber: Tabel Referensi Lengkap



Tabel Besaran Standar Molar

Energi Ikatan (*D*) pada 25°C dan Panjang Ikatan

Ikatan	Energi Ikatan	Panjang Ikatan (10^{-12} m)
H-H	436	74
F-F	159	142
Cl-Cl	242	199
Br-Br	193	228
I-I	151	267
C-C	348	154
C=C	614	134
C≡C	839	120
N≡N	945	110
O=O	498	121
H-F	567	92
H-Cl	431	128
H-Br	366	141
H-I	298	160
H-O	463	97
H-S	367	134
H-N	391	101
H-Si	318	148
Si-Si	176	232
S-S	255	205
C-H	413	108
C-F	489	136
C-Cl	339	177
C-Br	285	194
C-I	218	214
C-N	305	147
C≡N	891	116
C-O	358	143
C=O	745	122
C=S	536	189

Sumber: Tabel Referensi Lengkap

Tetapan Hasil Kali Kelarutan (Ksp)

Nama zat	Rumus Kimia	Hasil kali kelarutan		Eksponen hasil kelarutan (pK_{sp})
		Nilai bilangan	Satuan	
Aluminium hidroksida	$Al(OH)_3$	$1,0 \times 10^{-33}$	$mol^4 \times L^{-4}$	33,0
Barium fosfat	$Ba_3(PO_4)_2$	$6,0 \times 10^{-38}$	$mol^5 \times L^{-5}$	37,2
Barium hidroksida	$Ba(OH)_2$	$4,3 \times 10^{-3}$	$mol^3 \times L^{-5}$	2,4
Barium karbonat	$BaCO_3$	$8,1 \times 10^{-9}$	$mol^2 \times L^{-2}$	8,1
Barium sulfat	$BaSO_4$	$1,0 \times 10^{-10}$	$mol^2 \times L^{-2}$	10,0
Besi(II) fosfat	$Fe_3(PO_4)_2$	$1,0 \times 10^{-36}$	$mol^5 \times L^{-5}$	36,0
Besi(II) hidroksida	$Fe(OH)_2$	$4,8 \times 10^{-16}$	$mol^3 \times L^{-3}$	15,3
Besi(II) sulfida	FeS	$5,0 \times 10^{-18}$	$mol^2 \times L^{-2}$	17,3
Besi(III) fosfat	$FePO_4$	$4,0 \times 10^{-27}$	$mol^2 \times L^{-2}$	26,4
Besi(III) hidroksida	$Fe(OH)_3$	$3,8 \times 10^{-38}$	$mol^4 \times L^{-4}$	37,4
Bismut(III) sulfida	Bi_2S_3	$1,6 \times 10^{-72}$	$mol^5 \times L^{-5}$	71,8
Kadmium hidroksida	$Cd(OH)_2$	$1,2 \times 10^{-14}$	$mol^3 \times L^{-3}$	13,9
Kadmium karbonat	$CdCO_3$	$2,5 \times 10^{-14}$	$mol^2 \times L^{-2}$	13,6
Kadmium sulfida	CdS	$1,0 \times 10^{-29}$	$mol^2 \times L^{-2}$	29,0
Kalsium fosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	$1,0 \times 10^{-25}$	$mol^5 \times L^{-5}$	25,0
Kalsium hidroksida	$Ca(OH)_2$	$5,0 \times 10^{-6}$	$mol^3 \times L^{-3}$	5,3
Kalsium karbonat	$CaCO_3$	$4,8 \times 10^{-9}$	$mol^2 \times L^{-2}$	8,3
Kalsium oksalat	$Ca(COO)_2$	$2,6 \times 10^{-9}$	$mol^2 \times L^{-2}$	8,6
Kalsium sulfat	$CaSO_4$	$6,1 \times 10^{-5}$	$mol^2 \times L^{-2}$	4,2
Magnesium fosfat	$Mg_3(PO_4)_2$	$6,0 \times 10^{-23}$	$mol^5 \times L^{-5}$	22,2
Magnesium hidroksida	$Mg(OH)_2$	$2,6 \times 10^{-12}$	$mol^3 \times L^{-3}$	11,6
Magnesium karbonat	$MgCO_3$	$2,6 \times 10^{-5}$	$mol^2 \times L^{-2}$	4,6
Mangan hidroksida	$Mn(OH)_2$	$4,0 \times 10^{-14}$	$mol^3 \times L^{-3}$	13,4
Nikel sulfida	NiS	$1,0 \times 10^{-26}$	$mol^2 \times L^{-2}$	26,0
Nikel(II) hidroksida	$Ni(OH)_2$	$1,6 \times 10^{-14}$	$mol^3 \times L^{-3}$	13,8
Perak bromida	$AgBr$	$6,3 \times 10^{-13}$	$mol^2 \times L^{-2}$	12,2
Perak fosfat	Ag_3PO_4	$1,8 \times 10^{-18}$	$mol^4 \times L^{-4}$	17,7
Perak hidroksida	$AgOH$	$1,5 \times 10^{-8}$	$mol^2 \times L^{-2}$	7,8
Perak iodida	AgI	$1,5 \times 10^{-16}$	$mol^2 \times L^{-2}$	15,8
Perak karbonat	Ag_2CO_3	$6,2 \times 10^{-12}$	$mol^3 \times L^{-3}$	11,2
Perak klorida	$AgCl$	$1,6 \times 10^{-10}$	$mol^2 \times L^{-2}$	9,8
Perak kromat	Ag_2CrO_4	$4,0 \times 10^{-12}$	$mol^3 \times L^{-3}$	11,4
Perak sulfida	Ag_2S	$1,6 \times 10^{-49}$	$mol^2 \times L^{-3}$	48,8
Raksa(I) klorida (kalmel)	Hg_2Cl_2	$2,0 \times 10^{-18}$	$mol^3 \times L^{-3}$	17,7
Raksa (II) sulfida (hitam)	HgS	$1,0 \times 10^{-52}$	$mol^2 \times L^{-2}$	52,0
Seng karbonat	$ZnCO_3$	$6,0 \times 10^{-11}$	$mol^2 \times L^{-2}$	10,2
Tembaga(I) klorida	$CuCl$	$1,0 \times 10^{-6}$	$mol^2 \times L^{-2}$	6,0
Tembaga(II) hidroksida	$Cu(OH)_2$	$5,6 \times 10^{-20}$	$mol^3 \times L^{-3}$	19,3
Tembaga(II) sulfida	CuS	$8,0 \times 10^{-45}$	$mol^2 \times L^{-2}$	44,1

Nama zat	Rumus Kimia	Hasil kali kelarutan		Eksponen hasil kelarutan (pK_{sp})
		Nilai bilangan	Satuan	
Timbal hidroksida	$Pb(OH)_2$	$2,8 \times 10^{-16}$	$mol^3 \times L^{-3}$	15,55
Timbal(II) iodida	PbI_2	$8,7 \times 10^{-9}$	$mol^3 \times L^{-3}$	8,1
Timbal(II) karbonat	$PbCO_3$	$3,3 \times 10^{-14}$	$mol^2 \times L^{-2}$	13,5
Timbal(II) klorida	$PbCl_2$	$2,0 \times 10^{-5}$	$mol^3 \times L^{-3}$	4,7
Timbal(II) sulfat	$PbSO_4$	$1,5 \times 10^{-8}$	$mol^2 \times L^{-2}$	7,8
Timbal(II) sulfida	PbS	$3,4 \times 10^{-28}$	$mol^2 \times L^{-2}$	27,5

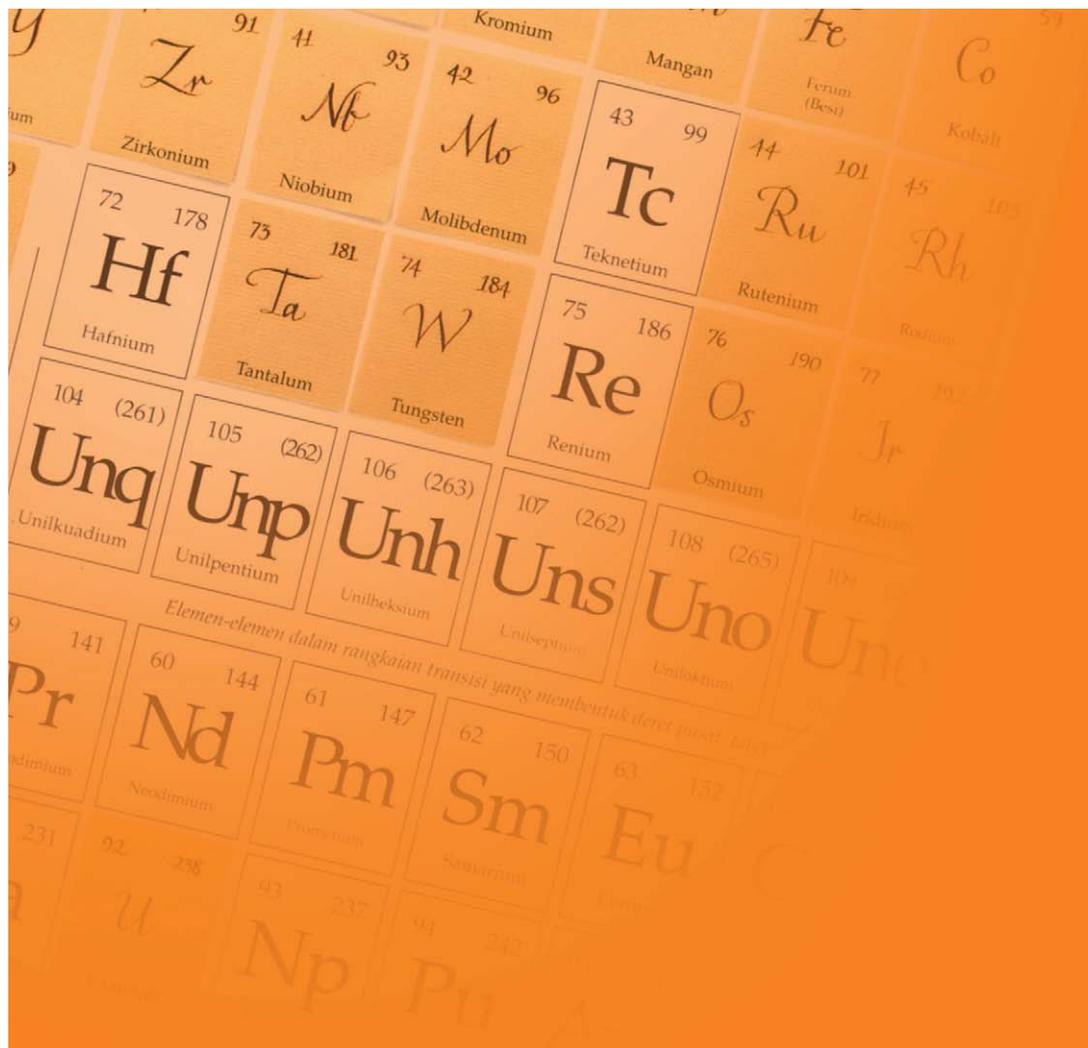
Sumber: Tabel Referensi Lengkap

Deret Potensial Elektrode Unsur-unsur Logam

Potensial elektrode standar (E°) diukur pada 25°C dan 101,3 kPa (1 atm)

Oksidator	$+ ze^-$	\rightleftharpoons	Reduktor	Pasangan redoks	Potensial elektrode standar (E°) dalam volt
$Li^+ (aq)$	$+ e^-$	\rightleftharpoons	$Li (s)$	Li^+/Li	-3,04
$K^+ (aq)$	$+ e^-$	\rightleftharpoons	$K (s)$	K^+/K	-2,92
$Ba^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Ba (s)$	Ba^{2+}/Ba	-2,90
$Ca^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Ca (s)$	Ca^{2+}/Ca	-2,87
$Na^+ (aq)$	$+ e^-$	\rightleftharpoons	$Na (s)$	Na^+/Na	-2,71
$Mg^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Mg (s)$	Mg^{2+}/Mg	-2,36
$Be^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Be (s)$	Be^{2+}/Be	-1,85
$Al^{3+} (aq)$	$+ 3e^-$	\rightleftharpoons	$Al (s)$	Al^{3+}/Al	-1,66
$Ti^{3+} (aq)$	$+ 3e^-$	\rightleftharpoons	$Ti (s)$	Ti^{3+}/Ti	-1,21
$Mn^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Mn (s)$	Mn^{2+}/Mn	-1,18
$V^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$V (s)$	V^{2+}/V	-1,17
$Zn^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Zn (s)$	Zn^{2+}/Zn	-0,76
$Cr^{3+} (aq)$	$+ 3e^-$	\rightleftharpoons	$Cr (s)$	Cr^{3+}/Cr	-0,74
$Fe^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Fe (s)$	Fe^{2+}/Fe	-0,41
$Cd^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Cd (s)$	Cd^{2+}/Cd	-0,40
$Co^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Co (s)$	Co^{2+}/Co	-0,28
$Ni^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Ni (s)$	Ni^{2+}/Ni	-0,23
$Sn^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Sn (s)$	Sn^{2+}/Sn	-0,14
$Pb^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Pb (s)$	Pb^{2+}/Pb	-0,13
$Fe^{3+} (aq)$	$+ 3e^-$	\rightleftharpoons	$Fe (s)$	Fe^{3+}/Fe	-0,02
$2H_3O^+ (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$H_2 (g) + 2H_2O (l)$	$2H_3O^+/H_2$	-3,04
$Cu^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Cu (s)$	Cu^{2+}/Cu	0,00 (pH = 0)
$Cu^+ (aq)$	$+ e^-$	\rightleftharpoons	$Cu (s)$	Cu^+/Cu	+0,52
$Hg_2^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$2Hg (l)$	Hg_2^{2+}/Hg	+0,79
$Ag^+ (aq)$	$+ e^-$	\rightleftharpoons	$Ag (s)$	Ag^+/Ag	+0,80
$Hg^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Hg (l)$	Hg^{2+}/Hg	+0,85
$Pt^{2+} (aq)$	$+ 2e^-$	\rightleftharpoons	$Pt (s)$	Pt^{2+}/Pt	+1,20
$Au^{3+} (aq)$	$+ 3e^-$	\rightleftharpoons	$Au (s)$	Au^{3+}/Au	+1,50
$Au^+ (aq)$	$+ e^-$	\rightleftharpoons	$Au (s)$	Au^+/Au	+1,70

Sumber: Tabel Referensi Lengkap



ISBN 978-979-068-179-8 (no jld lengkap)
ISBN 978-979-068-184-2

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp14.851,-