

# KIMIA

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
2022

SMA/MA KELAS XII

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi  
Republik Indonesia**

Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

**Kimia untuk SMA/MA Kelas XII**

**Penulis**

Galuh Yuliani  
Hanhan Dianhar  
Aang Suhendar

**Penelaah**

Sjaeful Anwar  
Tutik Dwi Wahyuningsih

**Penyelia/Penyelaras**

Supriyatno  
Lenny Puspita Ekawaty  
Anggraeni Dian Permatasari  
Galuh Ayu Mungkashi

**Kontributor**

Jaenudin  
Istiqomah

**Ilustrator**

Felia Febriany Gunawan

**Editor**

Nurul Fajria Purbarani

**Desainer**

Muhammad Azis

**Penerbit**

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

**Dikeluarkan oleh:**

Pusat Perbukuan  
Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan  
<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan Pertama, 2022

ISBN 978-602-427-922-6 (no.jil.lengkap)

ISBN 978-602-427-968-4 (jil.2)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 11pt, Google Inc.

xiv, 210 hlm.: 17,6 x 25 cm.

# Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik.

Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 262/M/2022 Tentang Perubahan atas Keputusan Mendikbudristek No. 56/M/2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran, serta Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Desember 2022  
Kepala Pusat,

Supriyatno  
NIP 196804051988121001

# Prakata

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas karunia-Nya, rangkaian kegiatan penyusunan buku siswa Kimia Kelas XII ini dapat dilakukan sesuai waktu yang telah ditentukan. Buku ini telah melalui serangkaian seleksi baik terkait konten maupun keterkaitannya dengan Capaian Pembelajaran.

Setiap bab dalam buku ini berisi capaian pembelajaran, materi inti, contoh soal, soal latihan, hingga ringkasan materi yang dapat membantu peserta didik untuk memahami hal-hal penting yang sedang dipelajari. Buku ini juga memuat materi pengayaan untuk mendukung peserta didik dengan minat belajar Kimia yang tinggi sehingga dapat mempelajari materi Kimia secara lebih mendalam. Tidak hanya itu, buku ini dirancang untuk mendukung model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik untuk menumbuhkan kemandirian dan keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Berbagai perkembangan ilmu Kimia terkini tersaji dalam beberapa bagian untuk menumbuhkan minat peserta didik melanjutkan ke jenjang pendidikan berikutnya. Kaitan materi Kimia dengan keseharian peserta didik, perkembangan teknologi, lingkungan dan hidup bermasyarakat juga banyak disajikan agar peserta didik memiliki pemikiran kritis dan terbuka, sekaligus memperkuat profil pelajar Pancasila, yaitu objektif, bernalar kritis, kreatif, mandiri, inovatif, bergotong royong dan berkebinekaan global.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku teks ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia.

Jakarta, Desember 2022

Tim Penulis

# Daftar Isi

Kata Pengantar.....	iii
Prakata.....	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel.....	x
Petunjuk Penggunaan Buku.....	xi
<b>Bab I LARUTAN DAN KOLOID.....</b>	<b>1</b>
<b>A. Sifat dan Konsep Asam Basa.....</b>	<b>6</b>
1. Asam Basa Arrhenius.....	9
2. Asam Basa Brønsted-Lowry.....	10
3. Asam-Basa Lewis.....	11
<b>B. Kekuatan dan pH Asam Basa.....</b>	<b>12</b>
1. Kekuatan asam dan basa.....	13
2. pH asam dan basa.....	14
3. pH Asam Kuat dan Basa Kuat.....	17
<b>C. Keseimbangan dalam Larutan.....</b>	<b>18</b>
1. Asam lemah dan basa lemah.....	19
2. Hidrolisis garam .....	22
3. Larutan Penyangga.....	25
4. Stoikiometri larutan .....	27
5. Titrasi Asam Basa.....	31
6. Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan.....	35
<b>D. Sifat Koligatif Larutan.....</b>	<b>38</b>
1. Penurunan Tekanan Uap Larutan ( $\Delta P$ ).....	41
2. Penurunan Titik Beku Larutan ( $\Delta T_f$ ).....	45

3. Kenaikan Titik Didih Larutan ( $\Delta T_b$ ).....	48
4. Tekanan Osmosis Larutan ( $\pi$ ).....	50
<b>E. Koloid.....</b>	<b>52</b>
1. Jenis-jenis koloid.....	54
2. Sifat-sifat koloid.....	55
3. Cara pembuatan koloid.....	58
<b>Bab II ELEKTROKIMIA.....</b>	<b>65</b>
<b>A. Elektrolit.....</b>	<b>66</b>
1. Elektrolit Kuat, Elektrolit Lemah dan Non-elektrolit.....	69
<b>B. Reaksi redoks.....</b>	<b>72</b>
1. Oksidasi dan Reduksi.....	74
<b>C. Sel elektrokimia.....</b>	<b>76</b>
1. SEL VOLTA.....	78
2. Sel elektrolisis.....	84
3. Perbandingan sel volta dan sel elektrolisis.....	87
<b>D. Potensial elektrode standar.....</b>	<b>88</b>
1. Mengukur potensial elektrode.....	88
2. Potensial elektrode acuan standar.....	90
3. Penggunaan data potensial elektrode standar.....	94
<b>E. Aplikasi elektrokimia.....</b>	<b>100</b>
1. Pelapisan logam.....	100
2. Mobil listrik.....	101
<b>Bab III GUGUS FUNGSI DALAM SENYAWA KARBON.....</b>	<b>109</b>
A. Senyawa Organik Tersusun atas Rantai Karbon.....	110
B. Gugus Fungsi sebagai Pusat Aktif pada Senyawa Organik.....	111

C. Tata Nama Senyawa Organik.....	112
D. Reaksi-Reaksi Spesifik pada Gugus Fungsi.....	122
E. Beberapa Senyawa Organik Penting dan Manfaatnya.....	135
<b>Bab IV MAKROMOLEKUL ORGANIK.....</b>	<b>145</b>
<b>A. Pengertian dan Struktur Polimer.....</b>	<b>148</b>
<b>B. Reaksi Polimerisasi.....</b>	<b>151</b>
1. Polimerisasi adisi.....	152
2. Polimerisasi kondensasi.....	153
<b>C. Jenis-jenis Polimer.....</b>	<b>154</b>
<b>D. Hubungan Struktur dan Sifat Polimer.....</b>	<b>155</b>
<b>E. Plastik.....</b>	<b>157</b>
1. Contoh-contoh plastik.....	158
2. Degradasi plastik.....	163
<b>F. Polimer Alam.....</b>	<b>167</b>
<b>G. Biopolimer Organik.....</b>	<b>167</b>
Glosarium .....	190
Daftar Pustaka.....	193
Daftar Kredit Gambar.....	195
Indeks.....	196
Biodata Pelaku Perbukuan.....	202

# Daftar Gambar

Gambar 1.1	Seorang warga sedang menyetrum ikan (KKP, 2016)	3
Gambar 1.2	Proses hidrasi ion $\text{Na}^+$ dan $\text{Cl}^-$ (Chang hal. 123)	5
Gambar 1.3	Seorang petani sedang menaburkan dolomit di kebun	6
Gambar 1.4	Beberapa zat dan produk yang bersifat asam dan basa	7
Gambar 1.5	Struktur beberapa asam okso	14
Gambar 1.6	pH meter dan indikator universal	17
Gambar 1.7	Trayek pH dan warna beberapa indikator (Anne Helmenstine, 2020)	32
Gambar 1.8	Set alat titrasi asam basa	33
Gambar 1.9	kurva titrasi HCl oleh NaOH	34
Gambar 1.10	Hubungan konsentrasi dengan larutan	40
Gambar 1.11	Proses penguapan air murni dengan larutan	42
Gambar 1.12	Plot grafik antara $X_{\text{pelarut}}$ dengan $P_{\text{larutan}}$	44
Gambar 1.13	Menaburkan garam pada salju di jalan	45
Gambar 1.14	Kondisi partikel saat membeku	47
Gambar 1.15	Proses mendidih pada air murni dan larutan	49
Gambar 1.16	Diagram fasa air dan larutan	50
Gambar 1.17	Tekanan osmosis dilakukan untuk menghentikan proses osmosi	51
Gambar 2.1	Eksperimen daya hantar listrik pada laboratorium virtual kemdikbud	68
Gambar 2.2	Klasifikasi zat berdasarkan kemampuan hantaran listrik	69
Gambar 2.3	Senyawa ionik NaCl sebagai elektrolit kuat	70
Gambar 2.4	Representasi submikroskopik dari larutan	72
Gambar 2.5	Reaksi lempengan seng dengan larutan tembaga(II) sulfat	76
Gambar 2.6	Berbagai Jenis Baterai	78
Gambar 2.7	Sel Volta Zn-Cu	79
Gambar 2.8	Sel Volta Ag-Cr	83
Gambar 2.9	Diagram sel elektrolisis	84
Gambar 2.10	Elektrolisis air	86
Gambar 2.11	Tinggi A, B dan C relatif terhadap tiang	91
Gambar 2.12	Penentuan potensial elektrode Zn menggunakan elektrode standar hidrogen	92
Gambar 2.13	Diagram pemurnian campuran tembaga untuk memperoleh tembaga murni	100
Gambar 2.14	Contoh disain baterai mobil listrik	101
Gambar 2.15	Cara kerja baterai Li-ion saat pemakaian dan pengisian daya	103

Gambar 3.1	Hasil reaksi larutan Fehling dengan propanal (kiri) dan aseton (kanan).	115
Gambar 3.2	Struktur asam askorbat (a), glukosa (b), dan vanilin (c).	117
Gambar 3.3	Aleksander Mikhaylovich Zaytsev	125
Gambar 3.4	Esterifikasi asam propanoat dengan etanol menghasilkan etil propanoat.	130
Gambar 3.5	Reaksi transesterifikasi.	131
Gambar 3.6	Reaksi saponifikasi (penyabunan).	133
Gambar 3.7	Reaksi saponifikasi terhadap trigliserida	133
Gambar 4.1	Pematangan buah alpukat menggunakan gas etena dari apel	147
Gambar 4.2	Ilustrasi polimer sebagai untaian kalung mutiara dan butiran mutiara sebagai unit-unit monomer	149
Gambar 4.3	Struktur molekul dari: (a) monomer etena, (b) polimer polietena dan (c) polietena menggunakan unit ulangnya	149
Gambar 4.4	Contoh reaksi polimerisasi adisi	152
Gambar 4.5	Reaksi pembentukan polietilen tereftalat (PET)	153
Gambar 4.6	Monomer tetrafluoroetena dan polimer Teflon™	154
Gambar 4.7	Polimer anorganik polisiloksan	155
Gambar 4.8	Jenis-jenis polimer berdasarkan sumbernya	155
Gambar 4.9	Polimer rantai lurus (a), bercabang (b), dan berikatan silang(c)	156
Gambar 4.10	Struktur stirena dan polistirena	159
Gambar 4.11	Struktur monomer vinil klorida dan polimer PVC serta contoh benda-benda yang terbuat dari PVC	159
Gambar 4.12	Contoh struktur polyester dan produknya	160
Gambar 4.13	Contoh struktur karet stirena-butadiena (SBR) dan produknya	161
Gambar 4.14	Struktur dan contoh dari (a) polietilena dan (b) politetrafluoroetilena	162
Gambar 4.15	Contoh benda dari plastik dengan keterangan labelnya	163
Gambar 4.16	Contoh plastik: (a) tidak dapat terdegradasi, (b) biodegradable	165
Gambar 4.17	Selulosa sebagai polimer alam	167
Gambar 4.18	Struktur molekul glukosa rantai lurus (kiri) dan cincin (kanan) serta penampakan fisiknya (tengah)	168
Gambar 4.19	Contoh karbohidrat: pati (seperti pada kentang) dan selulosa (seperti pada batang tanaman)	169
Gambar 4.20	Ikatan antar monomer pada karbohidrat sederhana (atas) dan contoh ikatan glikosidik pada sukrosa (bawah)	170
Gambar 4.21	Struktur asam amino	172
Gambar 4.22	Monomer nukleotida penyusun polimer DNA	175
Gambar 4.23	Hasil Uji Molisch.	178
Gambar 4.24	Hasil Uji Benedict	179
Gambar 4.25	Hasil Uji Bial	181
Gambar 4.26	Hasil Uji Seliwanoff	182
Gambar 4.27	Hasil Uji Iodin	183

# Daftar Tabel

No.	Nama Tabel	Halaman
1.	<b>Tabel 1.1</b> Perbandingan asam dan basa	7
2.	<b>Tabel 1.2</b> Nilai $K_a$ dan $K_b$ beberapa senyawa asam dan basa lemah pada 25 °C.	20
3.	<b>Tabel 1.3</b> Data $K_{sp}$ beberapa senyawa kimia	36
4.	<b>Tabel 1.4</b> Perbedaan larutan, koloid, dan suspensi	53
5.	<b>Tabel 1.5</b> Jenis-jenis koloid	54
6.	<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan sel volta dan sel elektrolisis	87
7.	<b>Tabel 2.2</b> Potensial elektrode standar	94
8.	<b>Tabel 3.1</b> Titik didih beberapa senyawa organik	113
9.	<b>Tabel 3.2</b> Gugus fungsi dalam senyawa organik	116
10.	<b>Tabel 3.3</b> Prioritas Gugus Fungsi dalam Penamaan Senyawa Organik	120
11.	<b>Tabel 3.4.</b> Senyawa ester beraroma buah	131
12.	<b>Tabel 4.1</b> Contoh polimer beserta struktur dan kegunaannya	151
13.	<b>Tabel 4.2</b> Berbagai uji karbohidrat	177

# Petunjuk Penggunaan Buku

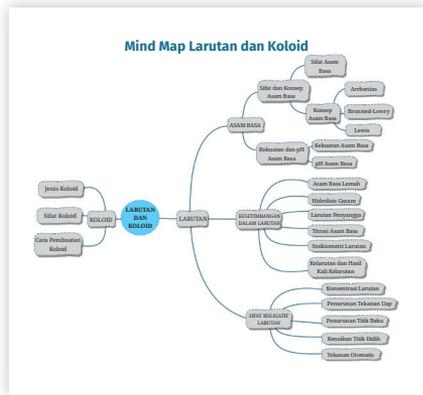
Ilmu kimia merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang realtif lebih abstrak dibandingkan dengan fisika dan biologi sehingga dalam menjelaskan konsep-konsep kimia perlu ada representasi untuk menjelaskan hal-hal abstrak.

Buku ini dirancang dengan berbagai aktivitas yang dapat mengembangkan keterampilan abad 21 yaitu berpikir kritis dan pemecahan masalah, komunikasi, kreatif, dan kolaborasi dalam penyajiannya, buku ini mencoba menampilkan fenomena faktual dalam kehidupan sehari-hari agar materi yang diajarkan menjadi kontekstual. Buku ini terdiri dari empat bab dengan bagian-bagian sebagai berikut.

## 1. Cover Bab

Pada bagian cover bab ini, terdapat beberapa komponen yaitu gambar yang berhubungan dengan bab yang sedang dijelaskan dan tujuan pembelajaran.



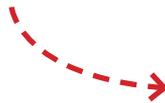


## 2. Peta Konsep

Pada bagian ini ditampilkan konsep-konsep yang penting yang dibahas.

## 3. Pengantar Bab

Pada bagian ini ditampilkan beberapa gambar dan teks mengenai fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari agar materi pembelajaran bersifat kontekstual.



Dari Aktivitas 1.1 di atas, kalian telah mengingat kembali mengenai larutan dan perbedaannya dengan campuran lain. Larutan dapat dibagi menjadi beberapa golongan. Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan dibagi menjadi dua kelompok yaitu larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit. Larutan elektrolit merupakan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik sedangkan larutan nonelektrolit tidak dapat menghantarkan arus listrik. Sifat larutan ini digunakan dengan kurang bijak oleh sebagian orang seperti terlihat pada Gambar 1.1. Menurut kalian, apakah menangkap ikan dengan setrum selaras dengan sikap peduli terhadap lingkungan?



Gambar 1.1 Seorang warga sedang menyetrum ikan (KKP, 2016)  
Sumber: new.kkp.go.id (2016)

Kegiatan yang ditampilkan dalam gambar 1.1 menunjukkan bahwa air sungai dapat bersifat elektrolit karena dapat menghantarkan arus listrik sehingga bisa menyetrum ikan. Larutan elektrolit dapat

### Aktivitas 1.2

Untuk menguji kemampuan beberapa bahan alam dalam mengidentifikasi asam basa, coba lakukan kegiatan berikut ini.

- Buatlah kelompok terdiri dari 4-5 orang
- Cari literatur mengenai bahan alam apa saja yang dapat dijadikan indikator asam basa
- Buatlah minimal 5 indikator asam-basa dari bahan alam yang paling mudah kalian temukan
- Ujilah asam cuka (mewakili asam) dan antasida (mewakili basa) dengan masing-masing indikator yang telah disiapkan
- Buat tabel dan catat setiap perubahan warna dalam tabel tersebut
- Ujilah minimal 4 zat lain yang mudah kalian temukan, misalnya air keran, air jeruk, pemutih pakaian, dan lain-lain.

## 4. Aktivitas

Pada bagian ini disediakan kegiatan yang melibatkan peserta didik secara aktif untuk lebih mendapatkan pengalaman nyata mengenai materi yang sedang disajikan.

## 5. Ayo Berlatih

Pada bagian ini disediakan soal-soal untuk menjadi latihan dan uji pemahaman masing-masing sub atau sub-sub bab.

### 3. Cara pembuatan koloid

Koloid dapat dibuat menggunakan dua metode utama yaitu dispersi dan kondensasi. Metode dispersi dilakukan dengan memperkecil partikel besar menjadi partikel berukuran koloid, sedangkan metode kondensasi dilakukan dengan menggumpalkan partikel larutan agar membentuk partikel berukuran koloid.

#### Aktivitas 1.16

Carilah berbagai sumber mengenai cara pembuatan koloid baik metode dispersi maupun kondensasi yang lebih detail secara berkelompok.

#### Proyek

Buatlah produk yang merupakan koloid dalam kehidupan sehari-hari dengan mengikuti langkah-langkah berikut ini!

1. Buatlah kelompok beranggotakan 4-5 orang
2. Pilihlah salah satu produk di bawah ini untuk dilakukan dalam proyek
  - a. Es krim
  - b. Agar-agar atau puding
  - c. Kue bolu atau brownies
  - d. Yoghurt
  - e. Selai
  - f. Pasta gigi
  - g. Sabun

#### Ayo Berlatih

1. Tentukan apakah zat berikut merupakan asam atau basa berdasarkan konsep Arrhenius!
  - a. HF
  - b.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
  - c.  $\text{H}_2\text{CO}_3$
  - d.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
2. Tentukanlah asam, basa, asam konjugasi, dan basa konjugasi dari reaksi-reaksi berikut!
  - a.  $\text{HI} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{I}^-$
  - b.  $\text{HSO}_4^- + \text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_3^-$
3. Pada pembentukan  $\text{HCO}_3^-$  dari  $\text{OH}^-$  dan  $\text{CO}_2$ , tentukan asam Lewis dan basa Lewisnya. Gambarkan melalui struktur Lewis!

## 6. Proyek

Berisi kegiatan pembuatan produk atau pemecahan masalah aktual.

3. Catatlah setiap alat dan bahan yang digunakan, proses pembuatan, dan harga bahan yang digunakan.
4. Buatlah video pembuatan setiap produk dari mulai pengenalan bahan dan jumlah bahan yang digunakan hingga produk tersebut dihasilkan.
5. Masukkan setiap produk ke dalam kemasan yang sangat menarik dan buatlah nama produk tersebut.
6. Hitunglah jumlah kemasan yang dihasilkan dari bahan-bahan awal dan tentukan perkiraan harga jual yang layak agar menghasilkan keuntungan.
7. Buatlah laporan pelaksanaan dari proyek yang telah dilakukan.
8. Diskusikan setiap tahap proyek dengan guru kalian dan hubungkan pula dengan konsep yang telah kalian pelajari!  
Selamat berkarya!

#### Inti Sari

Larutan dan koloid merupakan jenis campuran yang memiliki sifat seperti yang telah dipelajari. Meskipun begitu, larutan memiliki jumlah bahasan yang lebih luas. Konsep larutan yang dibahas adalah asam basa, hidrolisis garam, larutan penyangga, titrasi asam basa, stoikiometri larutan, kelarutan dan hasil kali kelarutan, serta sifat koligatif larutan. Konsep koloid yang dibahas adalah jenis, sifat, dan cara pembuatan koloid.

## 7. Intisari

Bagian ini berisi ringkasan materi pada bab yang sedang dibahas.

## 8. Ayo Refleksi

Pada bagian ini peserta didik diajak untuk mengevaluasi secara personal mengenai pembelajaran yang telah dilakukan

**Ayo Refleksi**

Bilah formulir evaluasi diri pada tabel berikut dengan cara memberi tanda centang pada kolom yang kalian pilih.

No.	Pertanyaan	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1.	Apakah kalian melakukan setiap aktivitas yang disediakan?		
2.	Apakah kalian mengerjakan setiap latihan soal yang ada?		
3.	Apakah kalian memahami setiap bagian?		
4.	Apakah kalian bekerjasama dengan teman-teman dalam setiap aktivitas kelompok?		
5.	Apakah kalian merasa senang dalam setiap aktivitas?		
6.	Tuliskan pendapat kalian mengenai Bab ini:		

Bab 1 LARUTAN DAN KOLOID

## Ayo Cek Pemahaman

### Pilihan Ganda

- Jika diketahui larutan asam asetat yang memiliki konsentrasi 0,01 M hanya terionisasi sebanyak 4%, maka pH larutan tersebut adalah sebesar ...  
A. 0,6  
B. 1,4  
C. 2  
D. 3,4  
E. 4
- Sebanyak 15,6 g M(OH), tepat bereaksi dengan 29,4 g asam H<sub>2</sub>A. Massa molar asam H<sub>2</sub>A adalah ... g/mol. (Ar M = 27, H = 1, O = 16)  
A. 210  
B. 156  
C. 147  
D. 98  
E. 29,5
- Reaksi berikut yang menunjukkan reaksi netralisasi asam basa adalah ...  
A.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$   
B.  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$   
C.  $\text{Ca}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2(\text{g})$   
D.  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$   
E.  $2\text{NO}_2(\text{g}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NaNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

## 9. Ayo Cek Pemahaman

Bagian ini berisi gabungan latihan soal dari seluruh bab.

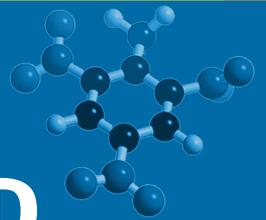
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022  
Kimia untuk SMA/MA Kelas XII  
Penulis : Galuh Yuliani, dkk  
ISBN : 978-602-427-968-4 (jil.2)



Bab

I

# LARUTAN DAN KOLOID

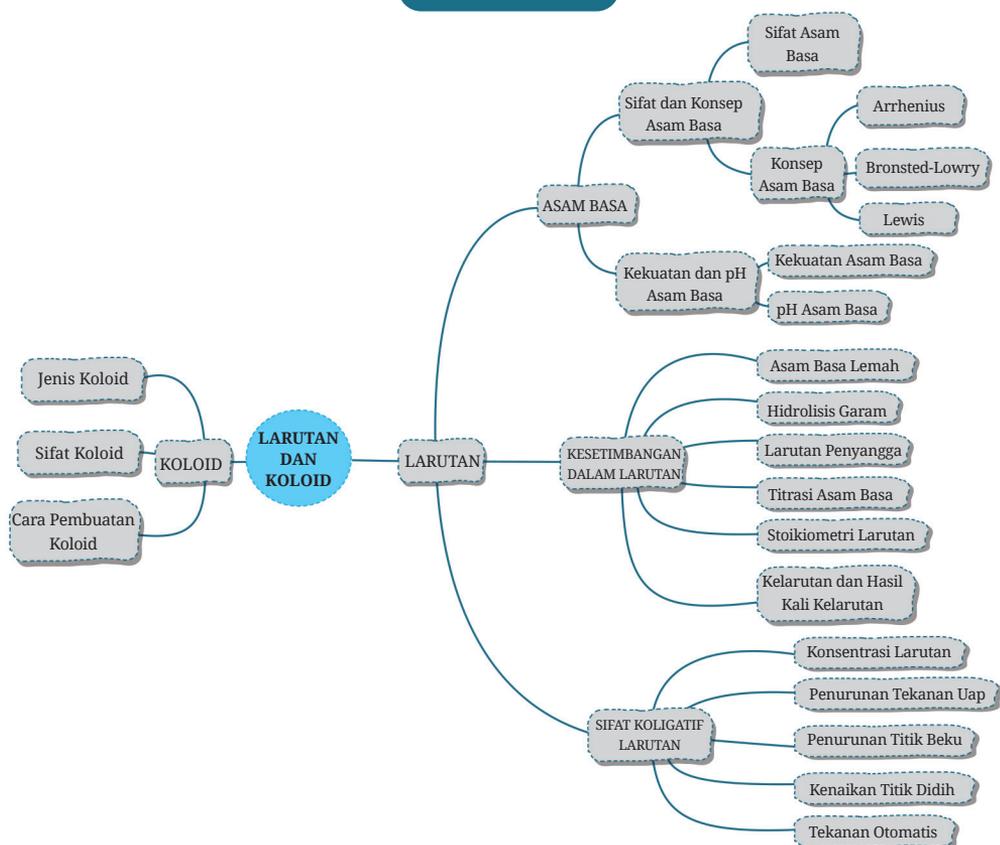


---

Setelah mempelajari bab ini, kalian akan mampu menguasai materi larutan asam basa, kesetimbangan dalam larutan, sifat koligatif larutan, dan koloid melalui berbagai aktivitas individu dan kelompok.

---

## Mind Map



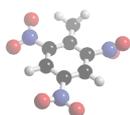
Kalian pasti pernah mendengar kata larutan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam mata pelajaran baik IPA maupun Kimia, materi tentang larutan pernah dipelajari. Apakah kalian masih ingat? Untuk mengingat kembali mengenai hal tersebut, coba lakukan aktivitas berikut ini.



### Aktivitas 1.1

Campurkan air dengan gula pasir, garam dapur, kapur tulis yang telah dihaluskan, dan susu bubuk ke dalam empat gelas yang berbeda. Amatilah kondisi campuran tersebut, seperti warna dan kejernihan setiap campuran.

Tuliskan hasil pengamatan kalian. Diskusikan bersama teman kalian. Sampaikan perbedaan kondisi campuran tersebut di depan kelas dan hubungkan dengan pengertian larutan.



Dari Aktivitas 1.1 di atas, kalian telah mengingat kembali mengenai larutan dan perbedaannya dengan campuran lain. Larutan dapat dibagi menjadi beberapa golongan. Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan dibagi menjadi dua kelompok yaitu larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit. Larutan elektrolit merupakan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik sedangkan larutan nonelektrolit tidak dapat menghantarkan arus listrik. Sifat larutan ini digunakan dengan kurang bijak oleh sebagian orang seperti terlihat pada Gambar 1.1. Menurut kalian, apakah menangkap ikan dengan setrum selaras dengan sikap peduli terhadap lingkungan?



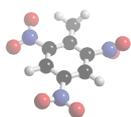
**Gambar 1.1** Seorang warga sedang menyetrum ikan (KKP, 2016)  
Sumber: news.kkp.go.id (2016)

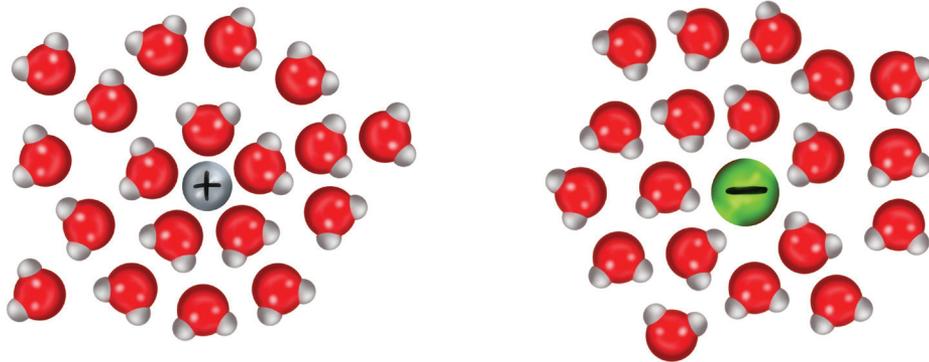
Kegiatan yang ditampilkan dalam gambar 1.1 menunjukkan bahwa air sungai dapat bersifat elektrolit karena dapat menghantarkan arus listrik sehingga bisa menyetrum ikan. Larutan elektrolit dapat



menghantarkan arus listrik disebabkan oleh adanya ion-ion yang bergerak bebas di dalam larutan. Ion-ion tersebut dapat dihasilkan dari proses disosiasi ataupun ionisasi zat terlarut oleh air sebagai pelarut. Apabila zat terlarut mengalami penguraian sempurna, maka larutan tersebut disebut sebagai larutan elektrolit kuat. Sedangkan, apabila zat terlarut pada larutan tersebut hanya sebagian yang terurai menjadi ion-ionnya, maka larutan tersebut disebut larutan elektrolit lemah. Dengan menggunakan elektrolit tester, larutan elektrolit kuat biasanya ditandai dengan nyala lampu yang terang sedangkan larutan elektrolit lemah ditandai dengan nyala lampu yang redup atau tidak menyala. Pembahasan lebih lanjut mengenai larutan elektrolit akan kalian dapatkan pada bab berikutnya.

Air merupakan pelarut yang sangat efektif untuk melarutkan senyawa ionik. Meskipun merupakan molekul elektrik netral, air memiliki domain/kutub positif (atom H) dan domain/kutub negatif (atom O). Ketika senyawa ionik seperti natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) dilarutkan dalam air, gaya elektrostatik antara kation dan anion akan terganggu. Ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  dipisahkan satu sama lain dengan proses hidrasi yaitu proses tersebarnya molekul air di sekitar ion secara spesifik. Setiap ion  $\text{Na}^+$  (kation) dikelilingi oleh sejumlah molekul air yang mengarahkan kutub negatifnya (atom O dari  $\text{H}_2\text{O}$ ) ke arah kation  $\text{Na}^+$ . Demikian pula setiap ion  $\text{Cl}^-$  (anion) dikelilingi oleh molekul air dengan kutub positifnya (atom H dari  $\text{H}_2\text{O}$ ) berorientasi ke arah  $\text{Cl}^-$  (Gambar 1.2). Hidrasi membantu menstabilkan ion dalam larutan dan mencegah kation bergabung kembali dengan anion.



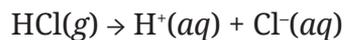


Keterangan :

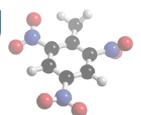
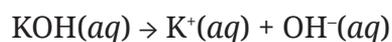
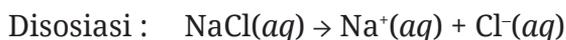


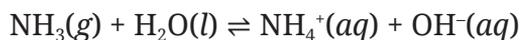
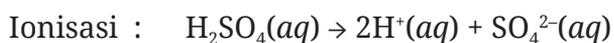
**Gambar 1.2** Proses hidrasi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  (Chang hal. 123)

Larutan asam, basa, dan garam merupakan larutan elektrolit. Beberapa larutan asam, seperti asam klorida ( $\text{HCl}$ ), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) merupakan larutan elektrolit kuat. Asam-asam ini terionisasi sepenuhnya dalam air seperti terlihat pada persamaan reaksi ionisasi  $\text{HCl}$  berikut ini.



Penguraian suatu senyawa menjadi ion-ionnya dapat dikategorikan menjadi dua jenis penguraian yaitu disosiasi dan ionisasi. Disosiasi adalah proses pemisahan kation dan anion dari senyawa ionik sedangkan ionisasi adalah proses pembentukan ion-ion dari senyawa kovalen. Contoh dari proses disosiasi dan ionisasi zat terlarut dapat dilihat melalui beberapa persamaan reaksi berikut ini.





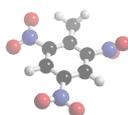
Pada berbagai persamaan reaksi di atas, ada reaksi-reaksi yang menggunakan tanda panah searah dan ada juga reaksi-reaksi yang menggunakan tanda panah kesetimbangan. Tanda panah searah menunjukkan bahwa proses disosiasi/ionisasi terjadi secara sempurna sedangkan tanda panah kesetimbangan menunjukkan bahwa proses ionisasi terjadi hanya sebagian. Konsep kesetimbangan yang telah kalian pelajari di kelas XI akan sangat berguna dalam mempelajari bab ini.

Beberapa proses terpenting dalam sistem kimia dan biologi adalah reaksi asam basa dalam pelarut air. Oleh karena itu, pada bagian ini akan dibahas hal-hal yang berkaitan dengan asam basa.

## A. Sifat dan Konsep Asam Basa

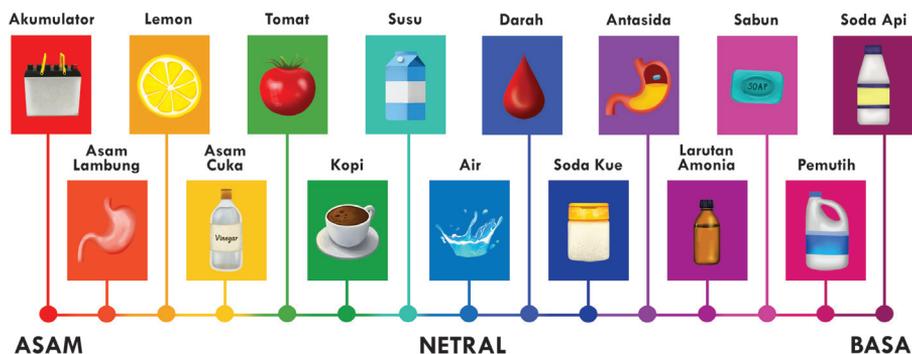


**Gambar 1.3** Seorang petani sedang menaburkan dolomit di kebun  
Sumber: ISTIMEWA/tabloidsinartani.com (2019)



Perhatikan Gambar 1.3 di atas. Apakah kalian tahu tujuan petani menaburkan dolomit tersebut? Diskusikan dengan teman kalian.

Dalam kehidupan sehari-hari, kalian pasti sangat sering berhubungan dengan produk yang bersifat asam maupun basa misalnya seperti yang terlihat pada Gambar 1.4 di bawah ini.



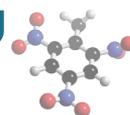
**Gambar 1.4** Beberapa zat dan produk yang bersifat asam dan basa

Pada saat kelas X atau SMP, kalian pernah mempelajari mengenai sifat asam dan basa. Sifat asam atau basa dari suatu zat dapat diidentifikasi melalui berbagai cara seperti tertera pada Tabel 1.1 berikut.

**Tabel 1.1** Perbandingan asam dan basa

Asam	Basa
Rasa masam	Rasa pahit
Bersifat korosif (merusak logam)	Bersifat kaustik (licin di kulit)
Mengubah warna lakmus biru menjadi merah	Mengubah warna lakmus merah menjadi biru
pH larutan < 7	pH larutan > 7

Selain berdasarkan sifat di atas, ada beberapa metode atau cara yang bisa kalian lakukan secara mandiri salah satunya adalah



menggunakan indikator asam basa. Indikator asam basa adalah zat yang memiliki penampakan berbeda ketika diberikan suasana asam atau basa. Indikator asam basa dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya yaitu indikator alami dan indikator buatan. Banyak bahan alami yang dapat kita gunakan untuk mengetahui sifat asam atau basa dari suatu zat. Lakukan aktivitas berikut untuk menguji sifat asam dan basa dari benda-benda di sekitar kalian.

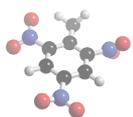


## Aktivitas 1.2

Untuk menguji kemampuan beberapa bahan alam dalam mengidentifikasi asam basa, coba lakukan kegiatan berikut ini.

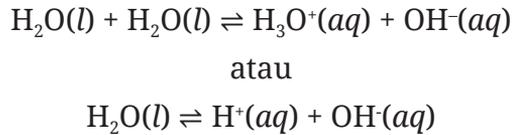
- Buatlah kelompok terdiri dari 4-5 orang
- Cari literatur mengenai bahan alam apa saja yang dapat dijadikan indikator asam basa
- Buatlah minimal 5 indikator asam-basa dari bahan alam yang paling mudah kalian temukan
- Ujilah asam cuka (mewakili asam) dan antasida (mewakili basa) dengan masing-masing indikator yang telah disiapkan
- Buat tabel dan catat setiap perubahan warna dalam tabel tersebut
- Ujilah minimal 4 zat lain yang mudah kalian temukan, misalnya air keran, air jeruk, pemutih pakaian, dan lain-lain.

Konsep mengenai asam-basa berkembang sesuai dengan penemuan dan konsep terbaru yang menyertainya. Pada bagian ini akan dibahas tiga konsep asam basa yaitu menurut Arrhenius, Bronsted-Lowry, dan Lewis.

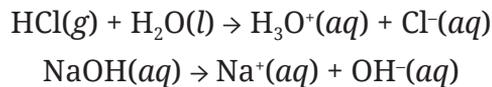


## 1. Asam Basa Arrhenius

Konsep asam basa Arrhenius meninjau konsep larutan dalam pelarut air. Air sendiri dapat mengalami swaionisasi sesuai persamaan reaksi berikut:

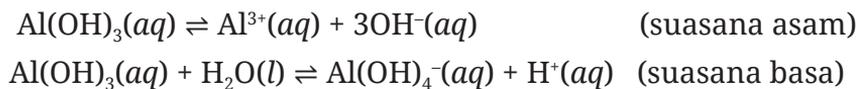


Dari persamaan tersebut, air akan selalu memiliki jumlah  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sama. Apabila suatu zat terlarut menambah jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  atau  $\text{H}^+$  dalam air, maka larutan tersebut disebut larutan asam sedangkan apabila menambah konsentrasi  $\text{OH}^-$ , maka larutan tersebut disebut larutan basa.

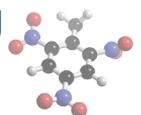


Dari persamaan reaksi di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa HCl merupakan asam karena menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam air dan NaOH termasuk basa karena menghasilkan  $\text{OH}^-$ .

Selain memiliki sifat asam dan basa, dalam konsep Arrhenius ada juga zat yang bersifat amfoter, yaitu zat yang dapat bereaksi dengan asam dan basa. Contoh zat yang bersifat amfoter adalah  $\text{Be}(\text{OH})_2$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Perhatikan reaksi berikut ini.



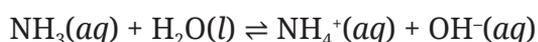
Reaksi pertama menunjukkan bahwa  $\text{Al}(\text{OH})_3$  bertindak sebagai basa, sedangkan reaksi kedua menunjukkan bahwa  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang bertindak sebagai asam. Kedua sifat ini dapat muncul tergantung pada kondisi yang berbeda.



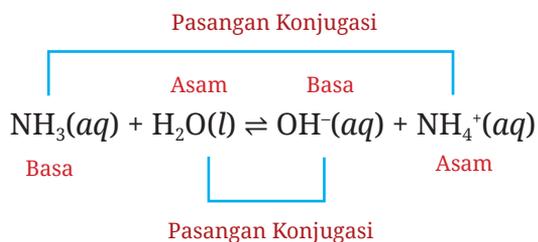
## 2. Asam Basa Brønsted-Lowry

Definisi Arrhenius terbatas untuk larutan dengan pelarut air. Definisi yang lebih luas diusulkan oleh ahli kimia Denmark bernama Johannes Brønsted dan Thomas Lowry pada tahun 1932. Menurut konsep ini, asam adalah donor proton ( $H^+$ ), sedangkan basa adalah akseptor proton ( $H^+$ ). Konsep Brønsted-Lowry tidak memerlukan larutan asam dan basa dalam air. Meskipun demikian, konsep asam basa Arrhenius tidak bertentangan dengan konsep asam basa Brønsted-Lowry.

Perhatikan contoh reaksi berikut ini.

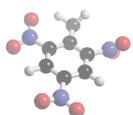


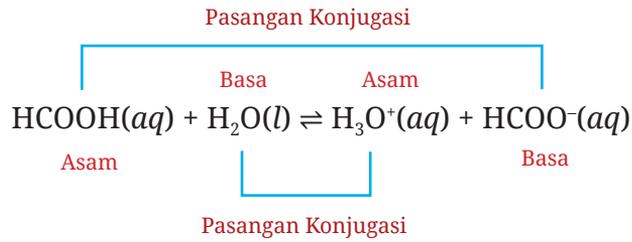
Ditinjau dari konsep Brønsted-Lowry,  $NH_3$  bertindak sebagai basa karena  $NH_3$  menerima proton dari  $H_2O$  sehingga membentuk ion  $NH_4^+$ , sedangkan  $H_2O$  sebagai pendonor proton akan bertindak sebagai asam seperti terlihat di bawah ini.



Spesi-spesi (molekul atau ion) yang memiliki selisih satu proton disebut sebagai pasangan asam basa terkonjugasi. Dari reaksi di atas,  $NH_3$  dan  $NH_4^+$  adalah pasangan asam basa terkonjugasi karena molekul  $NH_3$  memiliki selisih satu proton daripada  $NH_4^+$ . Selain itu, molekul  $H_2O$  memiliki selisih satu proton dengan  $OH^-$  sehingga keduanya juga disebut pasangan asam basa terkonjugasi. Perhatikan bahwa spesi yang bersifat asam dari pasangan tersebut selalu memiliki satu  $H^+$  lebih banyak daripada basanya.

Beberapa spesi dapat bersifat asam atau basa tergantung pada zat lain yang dicampur dengannya. Misalnya, pada reaksi di bawah ini air ( $H_2O$ ) berperilaku sebagai basa karena menerima proton dari molekul  $HCOOH$ .



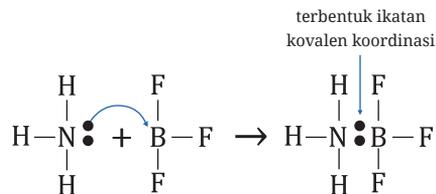


Suatu spesi yang dapat bertindak sebagai donor dan akseptor proton disebut spesi amfiprotik.

### 3. Asam-Basa Lewis

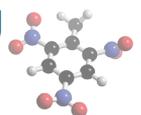
Kedua konsep asam-basa sebelumnya, menekankan adanya ion yang terlibat baik  $\text{H}^+$  maupun  $\text{OH}^-$  serta donor-akseptor proton. Akan tetapi, ada banyak reaksi yang tidak melibatkan kedua hal tersebut.

Untuk menjelaskan fenomena tersebut, G.N. Lewis mengajukan teori mengenai asam basa. Dalam teorinya, Lewis mengatakan bahwa asam adalah spesi yang menerima pasangan elektron bebas untuk membentuk ikatan kovalen koordinasi sedangkan basa adalah spesi yang memberikan pasangan elektron bebas agar ikatan kovalen koordinasi terbentuk.

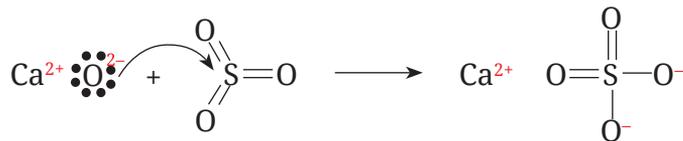


Pada contoh reaksi di atas,  $\text{NH}_3$  bertindak sebagai basa Lewis karena menjadi sumber pasangan elektron ikatan kovalen koordinasi, sedangkan  $\text{BF}_3$  bertindak sebagai asam Lewis karena menerima pasangan elektron.

Dari konsep asam basa Lewis ini, suatu senyawa oksida dapat ditentukan pula sifat asam atau basanya. Umumnya, oksida logam bertindak sebagai basa sedangkan oksida nonlogam bertindak sebagai asam. Misalnya, reaksi antara  $\text{SO}_3$  dengan  $\text{CaO}$ . Senyawa  $\text{SO}_3$  merupakan



oksida asam karena bertindak sebagai penerima pasangan elektron, sedangkan CaO bersifat basa karena bertindak sebagai pemberi pasangan elektron.

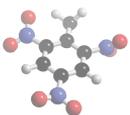


### Ayo Berlatih

1. Tentukan apakah zat berikut merupakan asam atau basa berdasarkan konsep Arrhenius!
  - a. HF
  - b.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
  - c.  $\text{H}_2\text{CO}_3$
  - d.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
2. Tentukanlah asam, basa, asam konjugasi, dan basa konjugasi dari reaksi-reaksi berikut!
  - a.  $\text{HI} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_4\text{PO}_4^+ + \text{I}^-$
  - b.  $\text{HSO}_4^- + \text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_3^-$
3. Pada pembentukan  $\text{HCO}_3^-$  dari  $\text{OH}^-$  dan  $\text{CO}_2$ , tentukan asam Lewis dan basa Lewisnya. Gambarkan melalui struktur Lewis!

## B. Kekuatan dan pH Asam Basa

Dalam mempelajari asam basa, kita perlu mengetahui kekuatan dan pH asam basa. Kedua konsep tersebut akan membantu kita untuk memilih asam atau basa mana yang sesuai untuk keperluan tertentu.



## 1. Kekuatan asam dan basa

Kekuatan asam dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti sifat asam pelarut, temperatur, dan struktur molekulnya. Ketika membandingkan kekuatan dua senyawa asam, kita dapat menggunakan pelarut, temperatur dan konsentrasi yang sama sehingga kita hanya fokus pada pengaruh struktur asam.

Dilihat dari strukturnya, kekuatan asam dapat dilihat dari kemudahannya untuk terionisasi. Kita ambil contoh umum untuk asam sebagai HA dan reaksi ionisasinya dapat kita lihat di bawah ini.

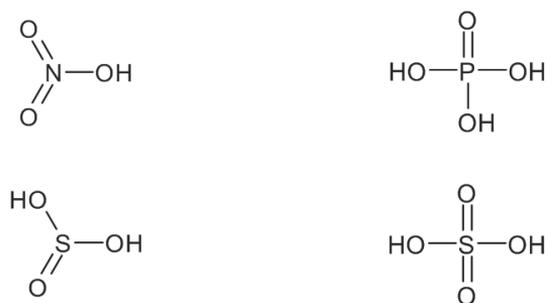


Terdapat dua faktor yang mempengaruhi kemudahan ionisasi pada asam. Salah satunya adalah kekuatan ikatan H–A. Semakin kuat ikatannya, semakin sulit molekul HA untuk terurai dan kekuatan asamnya menjadi lebih lemah. Faktor lainnya adalah polaritas dari ikatan H–A. Perbedaan elektronegativitas antara H dan A akan menghasilkan ikatan polar. Jika ikatan sangat polar, HA akan semakin mudah terurai menjadi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{A}^-$ . Jadi, tingkat kepolaran yang tinggi menandakan asam yang lebih kuat.

Untuk asam halida, faktor kekuatan ikatan adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap kekuatan asamnya. Apabila diurutkan kekuatan ikatan  $\text{H-F} > \text{H-Cl} > \text{H-Br} > \text{H-I}$ , sehingga urutan kekuatan asam untuk asam halida menjadi  $\text{H-F} < \text{H-Cl} < \text{H-Br} < \text{H-I}$ . Dari hasil eksperimen diketahui bahwa asam fluorida (HF) merupakan asam lemah, sedangkan asam halida lain merupakan asam kuat.

Selain asam halida, terdapat jenis asam lain yaitu asam okso yang mengandung oksigen dalam senyawanya. Beberapa contoh asam okso disajikan pada Gambar 1.5. Untuk asam okso, kekuatan asam lebih ditentukan oleh keelektronegatifan dan banyaknya atom oksigen yang terikat dengan atom pusat.





**Gambar 1.5** Struktur beberapa asam okso

Pada Gambar 1.5 atom pusat N, S, dan P dapat dilambangkan sebagai X. Semakin banyak oksigen yang terikat pada atom pusat X seperti pada asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan asam sulfit (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), maka semakin kovalen ikatan X–O dan semakin polar ikatan O–H. Hal ini menyebabkan H<sup>+</sup> lebih mudah lepas dan membuat zat tersebut semakin asam. Akan tetapi, apabila jumlah O yang diikat oleh atom pusat X adalah sama, maka penentu kekuatan asam kembali kepada elektronegativitas atom pusat. Oleh karena itu, asam posfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) memiliki keasaman yang lebih lemah dibandingkan dengan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).



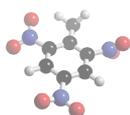
### Ayo Berlatih

Bandingkan keasaman dari senyawa-senyawa berikut ini!

- HClO<sub>3</sub> dan HBrO<sub>3</sub>
- HClO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub>

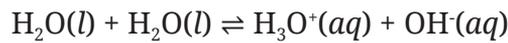
## 2. pH asam dan basa

Dalam menentukan asam atau basa, di awal bab ini kalian sudah mengingat mengenai pH. Untuk memahami konsep pH secara utuh, kita perlu mempelajari terlebih dahulu mengenai swaionisasi air.

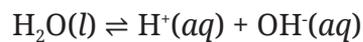


Pernahkah kalian membayangkan berapa banyak molekul dalam segelas air? Apabila satu tetes air diasumsikan sama dengan 1/20 ml. Coba kalian hitung dalam setetes air tersebut berapa banyak molekul air?

Lihat kembali persamaan reaksi swaionisasi air yang telah dituliskan pada konsep Arrhenius.



atau



Dari hasil pengukuran pH, Air murni merupakan senyawa yang bersifat netral. Hal ini disebabkan karena konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sama. Pada kondisi asam, konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih besar daripada konsentrasi  $\text{OH}^-$ , sedangkan pada kondisi basa konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih kecil daripada konsentrasi  $\text{OH}^-$ .

Pada air murni dengan temperatur  $25^\circ\text{C}$ , konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  adalah  $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ . Dengan menggunakan konsep tetapan kesetimbangan, dapat dituliskan persamaan berikut.

$$K_c = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Pada reaksi swaionisasi air koefisien  $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{OH}^-$ , maka  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ , sehingga

$$K_c = [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = [\text{OH}^-]^2$$

$$K_c = [1 \times 10^{-7}]^2 = [1 \times 10^{-7}]^2$$

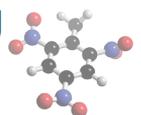
$$K_c = 1 \times 10^{-14}$$

Dari persamaan di atas, diketahui bahwa pada temperatur  $25^\circ\text{C}$  nilai tetapan kesetimbangan swaionisasi air adalah  $1 \times 10^{-14} \text{ M}$ . Tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) untuk proses ini kemudian disebut dengan  $K_w$ .

Untuk mencari nilai  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  atau  $[\text{OH}^-]$  pada kondisi tidak netral, kalian dapat gunakan

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} \quad \text{dan} \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

Untuk perhitungan praktis,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  dapat pula diganti dengan  $[\text{H}^+]$ .





## Contoh

Diketahui konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  pada salah satu cairan pembersih adalah 0,0025 M. Hitunglah konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan tersebut!

Jawab:

Untuk memudahkan proses perhitungan, maka konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  yang berupa desimal dapat dinyatakan dalam bentuk  $2,5 \times 10^{-3}$  M.

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2,5 \times 10^{-3}} = 0,4 \times 10^{-11} = 4 \times 10^{-12} \text{ M}$$

Konsentrasi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  di dalam larutan sangat kecil sehingga kurang praktis digunakan untuk menentukan kondisi keasaman dari suatu larutan. Seorang ilmuwan bernama Soren P. L. Sorensen (1909) mengajukan suatu cara penentuan keasaman yang kemudian disebut pH yang merupakan negatif logaritma dari konsentrasi ion hidrogen dalam larutan (mol/l).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ atau } \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut, pada temperatur  $25^\circ\text{C}$  kita dapat simpulkan bahwa

Larutan netral,  $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7}$ ,  $\text{pH} = 7$ ;

Larutan asam,  $[\text{H}^+] > 1 \times 10^{-7}$ ,  $\text{pH} < 7$ ;

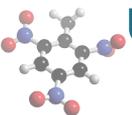
Larutan basa,  $[\text{H}^+] < 1 \times 10^{-7}$ ,  $\text{pH} > 7$ .

Dengan melihat kecenderungan dari informasi sebelumnya, kita dapat simpulkan bahwa pH meningkat seiring menurunnya  $[\text{H}^+]$ . Sebaliknya, apabila  $[\text{H}^+]$  meningkat, maka pH akan semakin menurun.

Apabila informasi yang kalian miliki adalah pH dan ingin mengetahui nilai  $[\text{H}^+]$ , maka dapat menggunakan antilog

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ dan } [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

Alat untuk mengukur pH di laboratorium adalah pH meter. Selain itu, indikator universal dapat memprediksi pH berdasarkan



perbandingan warna indikator yang telah dicelupkan ke dalam larutan dengan warna standar seperti tertera pada Gambar 1.6 berikut ini.

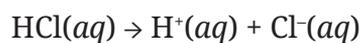


**Gambar 1.6** pH meter dan indikator universal  
Sumber: N Rotteveel/Getty Images–Canva for education (2022)

### 3. pH Asam Kuat dan Basa Kuat

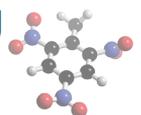
Di dalam larutan, asam dan basa kuat akan terurai sempurna. Oleh karena itu, menentukan pH asam dan basa kuat relatif sederhana.

Perhatikan contoh berikut ini.



Apabila konsentrasi HCl adalah 0,1 M, dengan menggunakan perbandingan koefisien, maka  $[\text{H}^+]$  dari larutan HCl tersebut adalah 0,1 M atau dapat ditulis  $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-1}$  M.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 1 \times 10^{-1} = 1$$



HCl memiliki valensi (jumlah  $H^+$ ) sama dengan 1, sehingga  $[H^+] = [HCl]$ . Untuk asam bervalensi lebih dari satu, maka dapat disederhanakan menjadi:

$$[H^+] = [\text{asam}] \times \text{valensi}$$

Untuk basa kuat, hal tersebut berlaku juga, sehingga untuk mencari  $[OH^-]$  dari basa kuat dapat dituliskan sebagai

$$[OH^-] = [\text{basa}] \times \text{valensi}$$

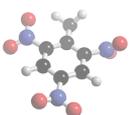


### Ayo Berlatih

1. Tentukanlah pH dari:
  - a. HBr 0,01 M
  - b.  $H_2SO_4$  0,1 M
  - c. 22,4 ml gas HCl (STP) yang dialirkan ke dalam 1 l air
  - d. 5,6 gram KOH ( $Ar\ K = 39, O = 16, H = 1$ ) yang dilarutkan ke dalam air sehingga volumenya menjadi 2 l.
  - e. 1,71 gram  $Ba(OH)_2$  ( $Ar\ Ba = 137, O = 16, H = 1$ ) yang dilarutkan ke dalam air sehingga volumenya menjadi 500 ml.
2. Berapa pH dari larutan HCl 10 M dan  $10^{-8}$  M?

## C. Kestimbangan dalam Larutan

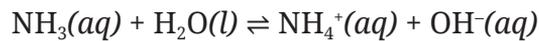
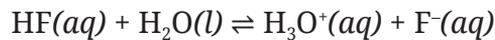
Tidak semua zat terlarut dapat terurai dengan sempurna di dalam larutannya. Asam lemah dan basa lemah serta garam yang sulit larut dalam air mengalami penguraian sebagian. Di dalam larutan tersebut terdapat kestimbangan antara senyawa dengan ion-ion hasil penguraiannya. Berikut ini kestimbangan yang terdapat di dalam larutan.



## 1. Asam lemah dan basa lemah

Asam lemah dan basa lemah sebenarnya sangat erat dengan kehidupan kita sehari-hari. Pernahkah kalian menggunakan asam cuka ketika makan mie bakso? Asam cuka adalah salah satu contoh asam lemah yang sering kita temui. Selain itu, salah satu bahan pengawet yaitu asam benzoat juga sering digunakan dalam berbagai produk makanan dan minuman. Oleh karena itu, pembahasan mengenai asam lemah dan basa lemah dapat dianggap sebagai usaha untuk mencoba memahami keseharian kita.

Asam lemah maupun basa lemah di dalam larutannya hanya terurai sebagian menjadi ion-ionnya. Penguraian tersebut dapat dituliskan melalui contoh sebagai berikut.



Persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi pertama adalah  $K_c = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}][\text{H}_2\text{O}]}$ , ingat bahwa  $[\text{H}_2\text{O}]$  tetap sehingga  $K_c \times [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$ .

Untuk senyawa asam,  $K_c \times [\text{H}_2\text{O}]$  diganti dengan tetapan baru yang dikenal dengan  $K_a$ .

Dengan melihat persamaan reaksi ionisasi HF di atas, maka dapat dilihat bahwa  $[\text{H}^+]$  akan sama dengan  $[\text{F}^-]$  karena koefisien kedua ion tersebut sama sehingga persamaan tetapan kesetimbangan di atas dapat diubah menjadi

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{HF}]}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = K_a \cdot [\text{HF}]$$

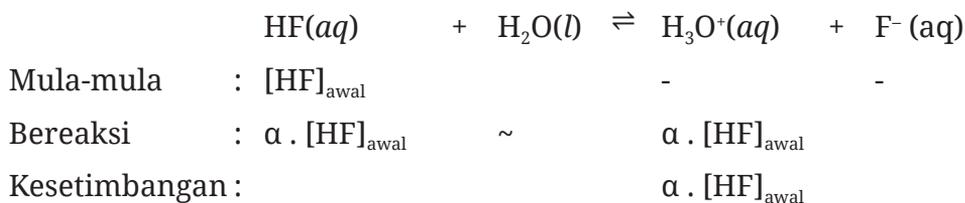
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{HF}]}$$

Apabila digeneralisasi kepada asam-asam lemah lain, maka untuk mencari  $[\text{H}^+]$  suatu asam lemah dapat menggunakan persamaan

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{asam lemah}]}$$



Metode lain untuk menentukan  $[H^+]$  dari asam lemah adalah dengan menggunakan derajat ionisasi melalui langkah berikut. Derajat ionisasi ( $\alpha$ ) adalah perbandingan jumlah zat yang mengalami penguraian dengan jumlah zat awal.



Dengan memperhatikan langkah pada metode tersebut maka dapat disimpulkan bahwa

$$[H^+] = \alpha \cdot [\text{asam lemah}]_{\text{awal}}$$



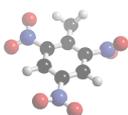
### Aktivitas 1.3

Coba kalian lakukan penurunan rumus mencari  $[OH^-]$  dari basa lemah dengan melihat penjelasan untuk asam lemah di atas.

Pada asam dan basa lemah, nilai tetapan kesetimbangan dan nilai derajat ionisasi dapat menentukan kekuatan asam dan basanya. Pada senyawa asam lemah semakin besar nilai  $K_a$  dan  $\alpha$  maka semakin kuat sifat asamnya, sedangkan pada basa lemah semakin besar nilai  $K_b$  dan  $\alpha$  maka semakin kuat sifat basanya. Tabel 1.2 di bawah ini menunjukkan nilai  $K_a$  dan  $K_b$  dari beberapa senyawa.

**Tabel 1.2** Nilai  $K_a$  dan  $K_b$  beberapa senyawa asam dan basa lemah pada 25 °C.

Senyawa	$K_a$	Senyawa	$K_b$
Asam fluorida, HF	$6,6 \times 10^{-4}$	Amonia, $\text{NH}_3$	$1,8 \times 10^{-5}$
Asam asetat, $\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,8 \times 10^{-5}$	Metilamina, $\text{CH}_3\text{NH}_2$	$4,4 \times 10^{-4}$

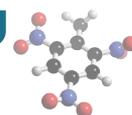


Senyawa	$K_a$	Senyawa	$K_b$
Asam format, HCOOH	$1,7 \times 10^{-4}$	Anilina, $C_6H_5NH_2$	$3,8 \times 10^{-10}$
Asam benzoat, $C_6H_5COOH$	$6,5 \times 10^{-5}$	Etilamina, $C_2H_5NH_2$	$5,6 \times 10^{-4}$
Asam sianida, HCN	$4,9 \times 10^{-10}$	Piridin, $C_5H_5N$	$1,7 \times 10^{-9}$
Asam nitrit, $HNO_2$	$4,5 \times 10^{-4}$	Hidroksilamin, $HONH_2$	$1,1 \times 10^{-8}$
Fenol, $C_6H_5OH$	$1,3 \times 10^{-10}$	Hidrazin, $N_2H_4$	$1,3 \times 10^{-6}$



### Ayo Berlatih

- Tentukanlah pH dari:
  - Larutan HF 0,15 M
  - 0,77 mol hidrazin dalam 250 ml air
  - 0,976 gram asam benzoat yang dilarutkan ke dalam 500 ml air.
  - 13,7 ml gas amonia (diukur pada suhu  $27^\circ C$  dan 1 atm) yang dialirkan ke dalam satu liter air. ( $R = 0,082 \text{ l.atm/mol.K}$ )
- Dengan menggunakan Tabel 1.2, urutkanlah asam-asam lemah tersebut dari asam terkuat menuju asam terlemah.
- Dengan menggunakan Tabel 1.2 juga, urutkanlah basa lemah berdasarkan kenaikan kekuatannya!
- Asam cuka makan yang dijual di pasar memiliki kadar asam asetat,  $CH_3COOH$ , sebanyak 25%. Apabila massa jenis cuka tersebut dianggap 1,2 g/ml, maka hitung pH larutan asam cuka tersebut!



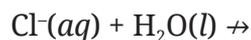
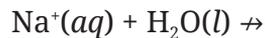
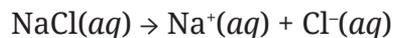
## 2. Hidrolisis garam

Dalam kehidupan sehari-hari kalian pasti mengenal garam. Garam yang paling banyak dikenal adalah garam dapur atau garam meja sebagai bumbu utama dalam berbagai masakan yang memiliki rumus kimia NaCl. Apakah kalian mengetahui contoh garam yang lain?

Garam merupakan gabungan ion dari sisa asam dan sisa basa. Berdasarkan komponen ion-ion penyusunnya, garam dapat dibedakan menjadi empat kelompok yaitu

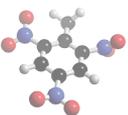
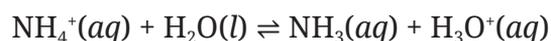
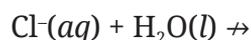
- Garam dari ion sisa asam kuat dan basa kuat
- Garam dari ion sisa asam lemah dan basa kuat
- Garam dari ion sisa asam kuat dan basa lemah
- Garam dari ion sisa asam lemah dan basa lemah

Garam yang mudah larut dalam air akan terurai menjadi ion-ion yang bergerak bebas seperti tertulis dalam contoh reaksi berikut ini



Karena kedua ion di atas merupakan ion sisa basa kuat ( $\text{Na}^+$ ) dan ion sisa asam kuat ( $\text{Cl}^-$ ), maka keduanya tidak dapat bereaksi dengan air membentuk basa atau asamnya kembali.

Berbeda dengan garam yang memiliki komponen ion sisa asam atau basa lemah. Ion sisa ini akan beraksi dengan air membentuk asam dan basanya kembali. Coba kalian perhatikan contoh garam amonium klorida berikut.

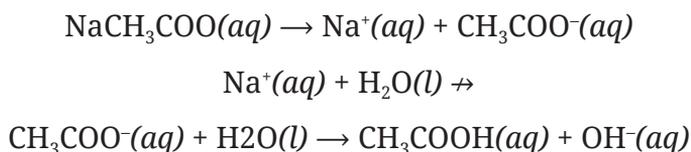


Tetapan kesetimbangan untuk reaksi di atas adalah

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$
 dengan  $K_a = \frac{K_w}{K_b}$

Kation amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), yang merupakan ion sisa basa lemah, bereaksi kembali dengan air menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan penanda sifat asam. Dengan demikian dapat dilihat dari contoh tersebut bahwa garam yang memiliki ion sisa basa lemah akan menyebabkan munculnya sifat asam pada larutan.

Contoh lain dapat dilihat pada larutan garam natrium asetat di bawah ini.



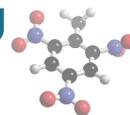
Tetapan kesetimbangan dari reaksi tersebut adalah

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$
 dengan  $K_b = \frac{K_w}{K_a}$

Dapat dilihat dari reaksi di atas bahwa keberadaan anion asetat ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ), yang merupakan ion sisa asam lemah akan membuat larutan bersifat basa.

Reaksi antara ion sisa asam lemah atau ion sisa basa lemah dengan air disebut reaksi hidrolisis. Apabila salah satu ion pada garam yang mengalami hidrolisis, peristiwa ini disebut hidrolisis sebagian. Akan tetapi, jika kedua ion penyusun garam dapat mengalami hidrolisis, maka peristiwa ini disebut hidrolisis total.

Berdasarkan reaksi hidrolisis yang terjadi, garam akan memiliki sifat netral, asam, atau basa. Sifat netral terjadi apabila pada senyawa garam hanya mengandung ion sisa asam kuat dan basa kuat. Sifat asam terjadi apabila salah satu komponen ion pada garam adalah ion sisa basa lemah sedangkan sifat basa terjadi apabila hanya salah satu komponen ion pada garam adalah sisa asam lemah.



Untuk garam yang terdiri dari ion sisa asam lemah dan basa lemah, sifat asam dan basa ditentukan oleh nilai  $K_a$  atau  $K_b$ . Apabila nilai  $K_a$  yang lebih besar, maka larutan garam tersebut akan bersifat asam. Sebaliknya, apabila nilai  $K_b$  yang lebih besar, maka larutan garam tersebut akan bersifat basa.

Untuk menentukan pH dari suatu garam dapat digunakan persamaan tetapan kesetimbangan di atas. Persamaan tersebut dapat ditulis ulang menjadi persamaan-persamaan sebagai berikut.

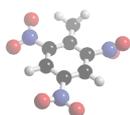
$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \times [\text{kation}]} \quad \text{atau} \quad [\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \times K_a}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \times [\text{anion}]} \quad \text{atau} \quad [\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \times K_b}$$



### Ayo Berlatih

1. Tentukan jenis hidrolisis dan sifat dari masing-masing garam berikut!
  - a. KF
  - b.  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$
  - c.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
  - d.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
  - e. NaBr
  
2. Tentukanlah pH dari masing-masing larutan garam berikut!
  - a.  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  ( $K_a \text{CH}_3\text{COOH} = 1 \times 10^{-5}$ )
  - b.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ( $K_b \text{NH}_3 = 1 \times 10^{-5}$ )
  - c.  $\text{NH}_4\text{F}$  ( $K_a \text{HF} = 6 \times 10^{-4}$ ,  $K_b \text{NH}_3 = 1,8 \times 10^{-5}$ )



### 3. Larutan Penyangga

Pernahkah kalian mendengar istilah asidosis dan alkaliosis? Jika belum pernah, coba lakukan aktivitas berikut.



#### Aktivitas 1.4

Cari satu teman untuk berbagi tugas mencari artikel atau sumber mengenai asidosis dan alkaliosis.

Bandingkan informasi dari berbagai sumber dan kemudian simpulkan apa yang dimaksud asidosis dan alkaliosis.

Pernahkah kalian memikirkan ketika memakan makanan yang rasanya asam, seperti rujak cuka, apakah darah kita akan menjadi asam?

Terdapat beberapa larutan penyangga dalam makhluk hidup yang membuat pH cairan tubuh relatif tetap. Penyangga yang ada dalam tubuh manusia terdapat dalam darah dan cairan intrasel. Keberadaan penyangga ini memungkinkan manusia mempertahankan pH darah dan pH di dalam sel. Selain terdapat dalam tubuh makhluk hidup, penyangga juga terdapat dalam air laut.

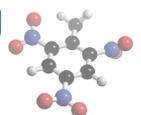


#### Aktivitas 1.5

Cari informasi dari berbagai literatur mengenai komponen penyangga yang terdapat dalam darah manusia, dalam cairan intrasel, dan air laut.

Mengapa pH dalam darah manusia perlu dijaga?

Komponen utama dari suatu larutan penyangga adalah asam lemah dengan basa konjugasinya atau basa lemah dengan asam konjugasinya. Dengan komposisi tersebut, kehadiran sedikit asam kuat maupun basa kuat tidak menyebabkan perubahan pH.



Komponen-komponen yang dapat membentuk penyangga adalah

- ☑ Asam lemah dengan garamnya. Contoh: HCN dengan NaCN,  $\text{NH}_3$  dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .
- ☑ Garam dengan garam lain yang memiliki hubungan konjugasi. Contoh:  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  dengan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .
- ☑ Asam lemah berlebih dengan basa kuat. Contoh: 100 ml HF 0,1 M dengan 50 mL NaOH 0,1 M.
- ☑ Basa lemah berlebih dengan asam kuat. Contoh: 50 ml  $\text{NH}_3$  0,2 M dengan 50 mL HCl 0,1 M.

Penentuan pH suatu penyangga adalah dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{asam lemah}]}{[\text{basa konjugasi}]}$$
$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{basa lemah}]}{[\text{asam konjugasi}]}$$



### Ayo Berlatih

1. Tentukanlah apakah campuran larutan berikut dapat membentuk larutan penyangga?
  - a. 50 ml  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,1 M dengan 50 ml  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M
  - b. 50 ml NaOH 0,1 M dengan 50 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 M
  - c. 50 ml HCl 0,1 M dengan 100 ml  $\text{NH}_3$  0,1 M
  - d. 50 ml  $\text{HNO}_2$  0,1 M dengan 10 ml  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  0,1 M
2. Tentukan pH dari campuran antara 20 ml HBr 0,1 M dengan 30 ml  $\text{NH}_3$  0,1 M ( $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ )!



#### 4. Stoikiometri larutan

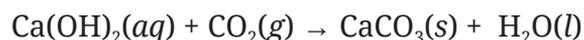
Pada saat kelas XI kalian telah mempelajari perhitungan dalam kimia yang disebut stoikiometri. Stoikiometri tersebut didasari oleh konsep mol dan disesuaikan berdasarkan persamaan reaksi yang terjadi. Pada kelas XII ini, kalian akan fokus pada reaksi-reaksi yang terjadi di dalam larutan.

Dalam larutan, terdapat beberapa reaksi yang mungkin terjadi. Reaksi-reaksi tersebut diantaranya adalah:

Reaksi pengendapan

Reaksi pengendapan terjadi jika salah satu produk reaksi tidak larut di dalam air. Contoh zat yang tidak larut di dalam air, yaitu  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{BaCO}_3$ .

Untuk menghasilkan endapan  $\text{CaCO}_3$  kalian dapat mencoba meniupkan udara pernafasan ke dalam larutan kalsium hidroksida,  $\text{Ca(OH)}_2$ , atau biasa disebut pula air kapur. Larutan kalsium hidroksida yang semula jernih akan menjadi keruh setelah ditiup dan membentuk endapan putih setelah didiamkan selama beberapa saat. Endapan putih tersebut merupakan endapan kalsium karbonat. Persamaan reaksi yang terjadi adalah:

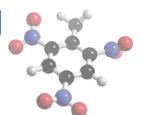
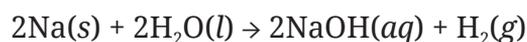


Pembahasan reaksi ini akan dibahas pada subbab berikutnya yaitu kelarutan dan hasil kali kelarutan.

Reaksi pembentukan gas

Ada beberapa reaksi dalam larutan yang dapat menghasilkan gas. Misalnya, reaksi antara natrium (logam alkali) dengan air membentuk gas hidrogen.

Persamaan reaksinya:



Gas hidrogen dapat pula dihasilkan dari reaksi antara logam dengan asam. Persamaan reaksi umum untuk reaksi logam dengan asam adalah sebagai berikut.



Huruf n pada reaksi tersebut menyatakan valensi dari logam tersebut. Misalnya n akan bernilai satu untuk logam golongan alkali dan bernilai dua untuk logam alkali tanah.

Pada kenyataannya, tidak semua logam mudah bereaksi dengan asam. Ada beberapa logam yang sulit untuk bereaksi terutama dengan asam encer. Kereaktifan logam dengan asam ini disusun berdasarkan deret kereaktifan logam seperti berikut ini.

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb

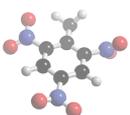
(H<sup>+</sup>) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

Berdasarkan deret kereaktifan logam tersebut, terdapat logam-logam yang berada di sebelah kiri ion H<sup>+</sup> logam-logam inilah yang mudah bereaksi dengan asam encer dan kemudian disebut logam aktif. Logam-logam yang berada di sebelah kanan H<sup>+</sup> merupakan logam-logam yang relatif sulit bereaksi dengan asam encer yang kemudian dapat disebut logam inert. Bahkan, beberapa logam sering kita sebut sebagai logam mulia seperti perak, Ag, dan emas, Au.

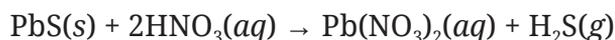
Selain itu, reaksi yang dapat menghasilkan gas adalah reaksi senyawa karbonat dengan asam menghasilkan gas CO<sub>2</sub>. Untuk reaksi ini, kalian dapat melakukan percobaan sederhana yaitu dengan mencampurkan soda kue dan asam cuka. Persamaan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Reaksi ini akan lebih menarik apabila gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan digunakan untuk meniup balon. Gas CO<sub>2</sub> inilah yang menjadi penyebab kue mengembang pada saat dipanggang.



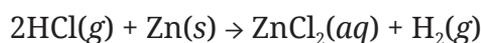
Gas lain yang dapat dihasilkan adalah gas H<sub>2</sub>S dan SO<sub>2</sub>. Gas H<sub>2</sub>S dapat dihasilkan dari reaksi antara garam sulfida dengan asam. Gas SO<sub>2</sub> dapat terbentuk dari reaksi garam sulfit dengan asam. Persamaan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Tentukan volume gas hidrogen pada kondisi standar yang dihasilkan dari reaksi antara 25 ml HCl 0,1 M dengan 6,5 g logam Zn.

### Penyelesaian:

Tulis persamaan reaksi yang sudah setara:



Tentukan masing-masing mol zat yang bereaksi.

$$n \text{H}_2 = \frac{1}{2} \cdot n \text{HCl} = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,25 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,25 \text{ mmol}$$

$$n \text{Zn} = \frac{6,5 \text{ g}}{65 \text{ g/mol}} = 0,1 \text{ mol}$$

pereaksi pembatas pada reaksi tersebut adalah HCl.

Dengan menggunakan perbandingan koefisien, maka dapat dihitung mol hidrogen.

$$n \text{H}_2 = \frac{1}{2} \times n \text{HCl} = \frac{1}{2} \times 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,25 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,25 \text{ mmol}$$

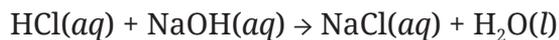
$$V \text{H}_2 = n \text{H}_2 \times V_m = 1,25 \text{ mmol} \times 22,4 \text{ l/mol} = 28 \text{ ml?}$$

### ☑ Reaksi netralisasi asam basa

Reaksi netralisasi terjadi jika larutan asam dan basa dicampurkan. Reaksi ini akan menghasilkan garam dan atau air. Secara molekuler, pada reaksi tersebut terjadi penetralan ion H<sup>+</sup> oleh OH<sup>-</sup> atau



sebaliknya. Bukti terjadinya reaksi penetralan ini ditunjukkan oleh nilai pH mendekati 7 ( $\text{pH} \approx 7$ ). Contoh persamaan reaksi penetralan:



Dalam proses pengerjaannya, perhitungan kimia dalam larutan mirip dengan stoikiometri yang telah dipelajari sebelumnya. Tahapan perhitungannya adalah:

- ✓ Menuliskan persamaan reaksi setara.
- ✓ Mengubah besaran yang diketahui ke dalam mol.
- ✓ Menggunakan perbandingan koefisien dari persamaan reaksi yang sudah setara untuk menentukan besaran yang tidak diketahui dalam mol.
- ✓ Mengubah mol ke dalam besaran yang diinginkan.

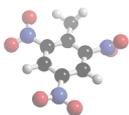
Pencampuran larutan yang mengandung asam basa memungkinkan adanya perubahan pH larutan. Jika jumlah mol asam dan basa dalam campuran sama, maka terjadi penetralan sempurna sehingga pH larutan sama dengan 7. Akan tetapi, jika jumlah mol salah satu pereaksi berlebih, maka sisa pereaksi akan menentukan pH larutan hasil pencampuran.



### Ayo Berlatih

Sebanyak 100 ml larutan  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0,1 M direaksikan dengan 100 ml HCl 0,1 M. Tentukan:

- a. Persamaan reaksi yang setara
- b. Massa  $\text{CaCl}_2$  yang terbentuk
- c. pH larutan awal dan setelah pencampuran



## 5. Titrasi Asam Basa

Titrasi adalah suatu metode penentuan konsentrasi zat di dalam larutan. Titrasi dilakukan dengan cara mereaksikan suatu larutan dengan larutan lain yang telah diketahui konsentrasinya. Reaksi dilakukan tetes demi tetes hingga titik ekuivalen tercapai.

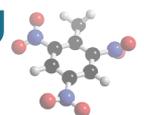
Titrasi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis bergantung pada reaksinya. Jika di dalamnya terjadi reaksi asam basa, maka proses itu disebut titrasi asam basa. Titrasi lainnya yaitu titrasi permanganometri yang melibatkan permanganat, titrasi argentometri yang melibatkan perak, dan titrasi iodometri yang melibatkan ion iodida. Pada penjelasan berikut hanya akan dibahas mengenai titrasi asam basa.

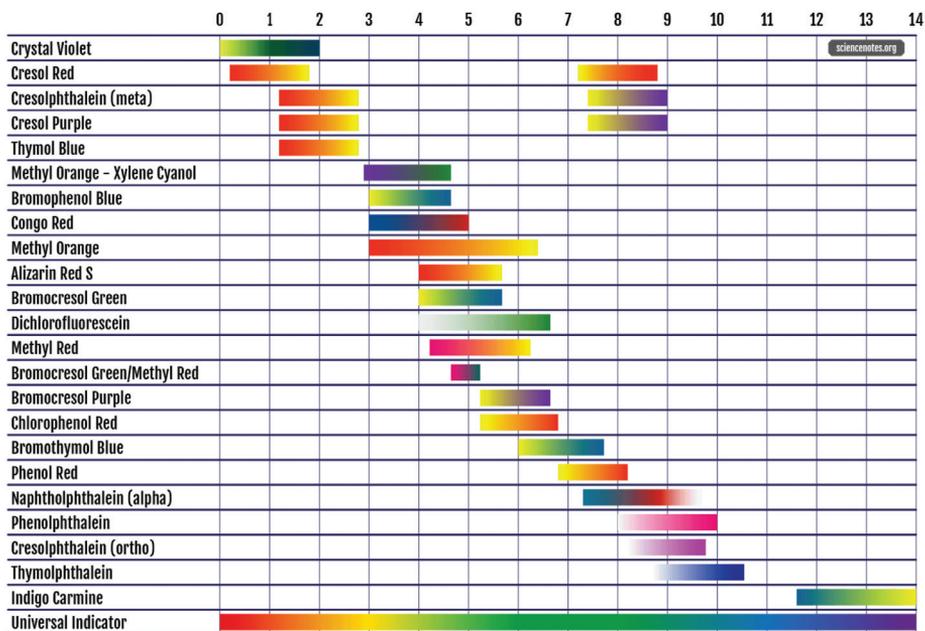
### a. Indikator asam basa

Titrasi asam basa sering melibatkan zat-zat yang tidak berwarna sehingga sulit diketahui ketika tercapai titik ekuivalen misalnya titrasi yang menggunakan larutan HCl dan larutan NaOH. Kedua larutan tersebut merupakan larutan tidak berwarna, bahkan larutan NaCl sebagai produknya juga tidak berwarna.

Untuk menandai titik ekuivalen pada titrasi telah tercapai, maka dapat digunakan indikator. Indikator ini harus berubah warna pada saat titik ekuivalen tercapai.

Beberapa indikator memiliki trayek perubahan warna cukup akurat akibat perubahan pH larutan, seperti indikator fenolftalein (PP), alizarin kuning (AK), metil merah (MM), metil jingga (MJ), dan brom timol biru (BTB). Gambar 1.7 memperlihatkan beberapa trayek pH dan perubahan warna yang terjadi dari beberapa indikator.



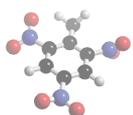


Gambar 1.7 Trayek pH dan warna beberapa indikator (Anne Helmenstine, 2020)

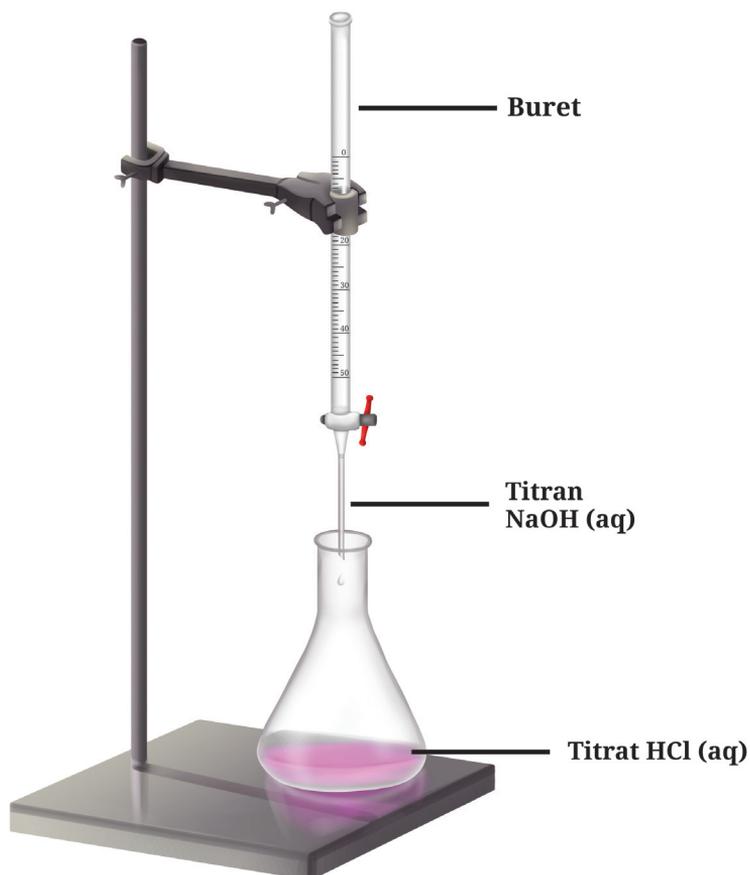
Indikator asam basa biasanya merupakan asam lemah dari molekul organik dengan rumus  $\text{HIn}$ . Ketika ion  $\text{H}^+$  ditambahkan pada molekul  $\text{HIn}$  akan terbentuk warna tertentu yang berbeda dengan ketika ion  $\text{H}^+$  terlepas dari molekul  $\text{HIn}$  menjadi  $\text{In}^-$ . Indikator PP dalam bentuk  $\text{HIn}$  (asam) merupakan larutan tak berwarna sedangkan dalam bentuk  $\text{In}^-$  (basa), indikator PP memiliki warna merah jambu.

b. Proses titrasi asam basa

Pada proses titrasi, ada beberapa istilah yang perlu diketahui yaitu titran/titer dan titrat. Titran atau titer adalah larutan yang menitrasi sedangkan titrat adalah larutan yang dititrasi. Titrat dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, sedangkan titran dimasukkan ke dalam buret. Titran dituangkan tetes demi tetes ke dalam larutan titrat hingga tercapai titik ekuivalen (lihat Gambar 1.8). Alat yang



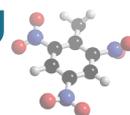
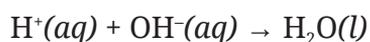
diperlukan untuk titrasi, di antaranya adalah labu erlenmeyer, statif, buret, dan pipet volume.



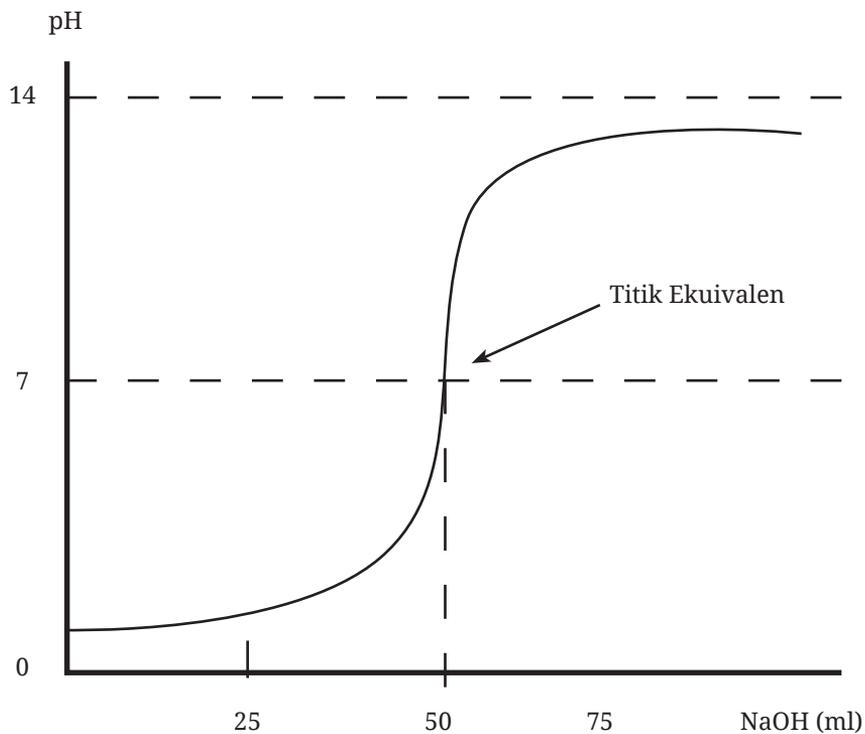
**Gambar 1.8** Set alat titrasi asam basa

Pengamatan warna larutan pada titrasi asam basa menggunakan indikator asam basa akan selalu mengandung risiko kesalahan karena keterbatasan mata dalam proses pengamatan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka lebih baik digunakan indikator dengan trayek pH yang mendekati titik ekivalennya.

Titrasi asam basa pada dasarnya adalah reaksi penetralan. Persamaan ion bersih reaksi penetralan tersebut adalah



Berikut akan diperlihatkan kurva titrasi asam kuat oleh basa kuat, misalnya 50 ml larutan HCl 0,1 M oleh NaOH 0,1 M. Larutan NaOH sebagai titran ditambahkan tetes demi tetes ke dalam larutan HCl hingga terjadi perubahan warna indikator. Setiap penambahan titran dengan volume tertentu, pH larutan dihitung kemudian dibuat kurva seperti terlibat pada Gambar 1.9 berikut.

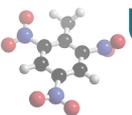


**Gambar 1.9** kurva titrasi HCl oleh NaOH



### Aktivitas 1.6

Cari kurva titrasi asam lemah oleh basa kuat, asam kuat oleh basa lemah, dan asam lemah oleh basa lemah dari berbagai sumber. Perhatikan titik ekuivalen masing-masing titrasi tersebut dan buat kesimpulan dari hasil pengamatan kalian.



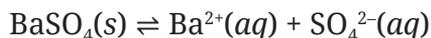
Kalian dapat melakukan perhitungan secara mandiri terkait titik ekuivalen dari campuran-campuran tersebut.

---

## 6. Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menggunakan garam dapur yang sangat larut dalam air. Akan tetapi, ada garam-garam lain yang hanya sedikit larut di dalam air. Jumlah maksimal zat terlarut yang dapat larut dalam pelarut dan suhu tertentu disebut dengan kelarutan (*solubility*) yang kemudian dilambangkan dengan *s*. Larutan yang mengandung jumlah zat terlarut sama dengan nilai *s* disebut larutan jenuh. Kelarutan, *s*, dinyatakan dalam mol/l.

Garam-garam yang kurang larut, di dalam larutan jenuhnya membentuk keadaan setimbang antara garam yang tidak larut dengan ion-ionnya yang terlarut. Salah satu garam yang sulit larut dalam air adalah  $\text{BaSO}_4$ .



Tetapan kesetimbangan untuk reaksi tersebut adalah

$$K = \frac{[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{BaSO}_4]}$$

Pada reaksi di atas,  $\text{BaSO}_4$  memiliki fasa padat sehingga konsentrasi  $\text{BaSO}_4$  dianggap tetap. Persamaan kesetimbangan di atas menjadi

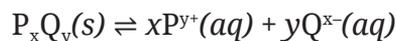
$$K [\text{BaSO}_4] = [\text{Ba}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

$$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

Lambang *sp* pada  $K_{sp}$  berasal dari kata *solubility product* yang berarti kelarutan produk. Dengan kata lain, hanya produk yang larut di dalam air. Persamaan  $K_{sp}$  menyatakan perkalian konsentrasi ion-ion garam dalam larutan jenuhnya. Seperti tetapan kesetimbangan lainnya,  $K_{sp}$  dipengaruhi pula oleh suhu. Selain garam, senyawa yang sukar larut adalah beberapa senyawa basa seperti  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ , dan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Kedua golongan senyawa tersebut merupakan senyawa ionik.

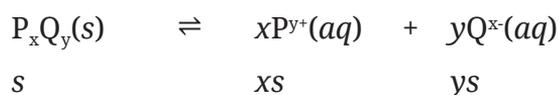


Secara umum, kesetimbangan yang terjadi dalam larutan jenuh senyawa ionik yang sulit larut dalam air dituliskan dalam persamaan berikut ini.



$$K_{sp} = [P^{y+}]^x [Q^{x-}]^y$$

Karena kesetimbangan terjadi pada larutan jenuh, maka terdapat hubungan antara  $K_{sp}$  dengan  $s$ .



$$K_{sp} = [xs]^x [ys]^y$$

Nilai  $K_{sp}$  hanya bergantung pada temperatur, sama seperti tetapan kesetimbangan lainnya. Tabel 1.3 menunjukkan nilai  $K_{sp}$  beberapa senyawa ionik pada 25°C.

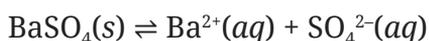
**Tabel 1.3** Data  $K_{sp}$  beberapa senyawa kimia

Zat terlarut	Reaksi keseimbangan kelarutan	$K_{sp}$
Aluminium hidroksida	$Al(OH)_3(s) \rightleftharpoons Al^{3+}(aq) + 3OH^-(aq)$	$1,3 \times 10^{-33}$
Barium karbonat	$BaCO_3(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$	$5,1 \times 10^{-9}$
Barium sulfat	$BaCO_4(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$	$1,1 \times 10^{-10}$
Besi(III) hidroksida	$Fe(OH)_3(s) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + 3OH^-(aq)$	$4 \times 10^{-38}$
Kalsium fluorida	$CaF_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2F^-(aq)$	$5,3 \times 10^{-9}$
Kalsium karbonat	$CaCO_3(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$	$2,8 \times 10^{-9}$
Kalsium sulfat	$CaSO_4(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$	$9,1 \times 10^{-6}$
Magnesium fluorida	$MgF_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2F^-(aq)$	$3,7 \times 10^{-8}$
Magnesium fosfat	$Mg_3(PO_4)_2(s) \rightleftharpoons 3Mg^{2+}(aq) + 2PO_4^{3-}(aq)$	$1 \times 10^{-25}$
Magnesium hidroksida	$Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$	$1,8 \times 10^{-11}$
Magnesium karbonat	$MgCO_3(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$	$3,5 \times 10^{-8}$
Perak bromida	$AgBr(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Br^-(aq)$	$5,0 \times 10^{-13}$
Perak iodida	$AgI(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + I^-(aq)$	$8,5 \times 10^{-17}$
Perak karbonat	$Ag_2CO_3(s) \rightleftharpoons 2Ag^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$	$8,5 \times 10^{-12}$
Perak klorida	$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$	$1,8 \times 10^{-10}$
Raksa(I) klorida	$Hg_2Cl_2(s) \rightleftharpoons Hg_2^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$	$1,3 \times 10^{-18}$
Timbal(II) iodida	$PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$	$7,1 \times 10^{-9}$
Timbal(II) kromat	$PbCrO_4(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + CrO_4^{2-}(aq)$	$2,8 \times 10^{-13}$



Untuk senyawa-senyawa ionik yang sulit larut dalam air, keberadaan ion senama/sejenis akan mempengaruhi kelarutannya. Coba kalian prediksi apa yang akan terjadi ketika kalian memasukkan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ke dalam larutan  $\text{BaSO}_4$ ?

Ingat kembali persamaan reaksi kesetimbangan  $\text{BaSO}_4$ .



Senyawa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  merupakan garam yang mudah larut dalam air.



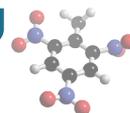
Larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  memiliki ion senama dengan larutan jenuh  $\text{BaSO}_4$  yaitu ion sulfat,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Dengan adanya penambahan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , jumlah ion sulfat pada larutan jenuh  $\text{BaSO}_4$  akan semakin banyak. Berdasarkan asas Le Chatelier, penambahan ion sulfat pada kesetimbangan di atas akan menggeser kesetimbangan ke arah kiri sehingga mengurangi jumlah  $\text{BaSO}_4$  yang larut. Dari penjelasan tersebut, keberadaan ion senama akan semakin mengurangi kelarutan senyawa ionik yang sukar larut dalam air. Penambahan ion senama pada larutan jenuh akan menyebabkan terbentuknya endapan.

Seperti dijelaskan pada sub bab sebelumnya, ada reaksi-reaksi yang dapat menghasilkan endapan. Untuk meramalkan apakah dua senyawa yang awalnya mudah larut dalam air dapat membentuk endapan ketika direaksikan, maka perlu dilihat apakah hasil kali konsentrasi ion-ion ( $Q_{sp}$ ) yang direaksikan melampaui nilai  $K_{sp}$  atau tidak.

Cara menghitung  $Q_{sp}$  mirip dengan menghitung  $K_{sp}$  yaitu dengan mengalikan konsentrasi ion-ion penyusun senyawa sulit larut dalam air.

$$Q_{sp} = [P^{y+}] \times [Q^{x-}]^y$$

Apabila dua senyawa yang mengandung ion  $P^{y+}$  dan  $Q^{x-}$  dicampurkan membentuk senyawa  $P_xQ_y$  yang sulit larut dalam air, maka akan ada tiga kemungkinan yaitu:



- Jika nilai  $Q_{sp} > K_{sp}$ , campuran akan menghasilkan endapan;
- Jika nilai  $Q_{sp} < K_{sp}$ , campuran tidak akan menghasilkan endapan;
- Jika nilai  $Q_{sp} = K_{sp}$ , campuran akan menghasilkan larutan jenuh.

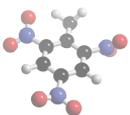


### Ayo Berlatih

1. Tuliskan hubungan kelarutan dengan tetapan hasil kali kelarutan untuk senyawa:
  - a. AgCl
  - b. PbI<sub>2</sub>
  - c. Cr(OH)<sub>3</sub>
  - d. Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>
2. Apabila kelarutan CaSO<sub>4</sub> dalam air pada suhu 25°C adalah 0,67 g/l, maka berapakah  $K_{sp}$  CaSO<sub>4</sub> pada suhu tersebut?
3. Hitunglah kelarutan AgBr dalam larutan NaBr 0,01 M! Diketahui  $K_{sp}$  AgBr =  $5 \times 10^{-13}$ .
4. Sebanyak 200 ml larutan BaCl<sub>2</sub> 0,004 M ditambahkan pada 300 ml larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,001 M. Perkirakan apakah campuran kedua larutan ini akan menghasilkan endapan BaSO<sub>4</sub>! (Diketahui  $K_{sp}$  BaSO<sub>4</sub> =  $1,5 \times 10^{-9}$ )

## D. Sifat Koligatif Larutan

Larutan memiliki beberapa sifat berbeda jika dibandingkan dengan zat terlarut maupun pelarutnya. Untuk melihat perbedaan tersebut, coba lakukan aktivitas berikut.





## Aktivitas 1.7

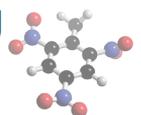
Perhatikan data berikut ini kemudian diskusi bersama rekan kalian mengenai fenomena berikut ini!

Zat	Titik Beku (°C)	Titik Didih (°C)
Air	0	100
Larutan gula 0,2 M	-0,372	100,104
Larutan urea 0,2 M	-0,372	100,104
Larutan garam dapur 0,2 M	-0,744	100,208
Larutan gula 0,4 M	-0,744	100,208

Faktor apa yang mempengaruhi terjadinya fenomena tersebut?  
Apakah jenis zat terlarut berpengaruh terhadap perubahan tersebut?

Beberapa sifat yang muncul tersebut diakibatkan oleh interaksi baru yang terbentuk antara pelarut-terlarut yang “mengganggu” interaksi sebelumnya. Sifat-sifat yang muncul ketika larutan terbentuk disebut sifat koligatif larutan. Sifat ini tidak bergantung kepada jenis zat terlarut, tetapi hanya bergantung kepada jumlahnya.

Untuk dapat memahami sifat koligatif larutan, kalian perlu mengingat kembali berbagai jenis konsentrasi diantaranya persen massa, molaritas, molalitas, dan fraksi mol. Penjelasan tersebut dapat diunduh pada tautan berikut ini <http://bitly.ws/uDYk> atau melalui pindai qrcode berikut.



# Konsentrasi Larutan

Disusun oleh

Aang Suhendar, S. Pd., M.Si.

## Persentase (%)

$$\% w/w = \frac{w_t}{w_{lar}} \times 100\%$$

$$\% v/v = \frac{V_t}{V_{lar}} \times 100\%$$

$$\% w/v = \frac{w_t(g)}{V_{lar}(mL)} \times 100\%$$

satuan pembilang dan penyebut harus sama

## Bagian per juta (bpj) / Part per million (ppm)

$$bpj = ppm = \frac{w_t}{w_{lar}} \times 10^6$$

$$bpj = ppm = \frac{w_t(mg)}{w_{lar}(kg)}$$

## Molaritas (M)

$$M = \frac{n_t(mol)}{V_{lar}(L)}$$

$$M = \frac{w_t(g)}{Mr_t(\frac{g}{mol})} \times \frac{1000(\frac{mL}{L})}{V_{lar}(mL)}$$

$$M = \frac{\%_t \cdot \rho \cdot 10}{Mr_t}$$

## Molalitas (m)

$$m = \frac{n_t(mol)}{w_p(kg)}$$

$$m = \frac{w_t(g)}{Mr_t(\frac{g}{mol})} \times \frac{1000(\frac{g}{kg})}{w_p(g)}$$

$$m = \frac{\%_t(g)}{Mr_t(\frac{g}{mol})} \times \frac{1000(\frac{g}{kg})}{\%_p(g)}$$

## Fraksi Mol (X)

$$X_t = \frac{n_t}{n_{lar}} \quad \text{atau} \quad X_t = \frac{n_t}{n_t + n_p}$$

$$X_t + X_p = 1$$

$$\% w/w = \frac{Mr \cdot X_t}{Mr \cdot X_t + Mr \cdot X_p} \cdot 100\%$$

## Keterangan:

$w_t$  = massa zat terlarut

$w_p$  = massa pelarut

$w_{lar}$  = massa larutan

$V_t$  = volume zat terlarut

$V_{lar}$  = volume larutan

$\rho$  = massa jenis larutan

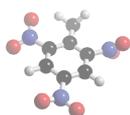
$n_t$  = mol zat terlarut

$n_{lar}$  = mol larutan

$Mr$  = massa molar

Gambar 1.10 Hubungan konsentrasi dengan larutan

Terdapat empat jenis sifat koligatif larutan yaitu penurunan tekanan uap, penurunan titik beku, kenaikan titik didih, dan tekanan osmosis.



Untuk melibatkan pengaruh jumlah zat terlarut terhadap sifat koligatif larutan, seorang ilmuwan bernama Jacobus Henricus Van't Hoff memberikan satu faktor pengali terhadap jumlah zat terlarut yang kemudian disebut dengan faktor Van't Hoff. Rumusan Van't Hoff terhadap faktor tersebut adalah:

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

dimana  $i$  menunjukkan faktor van't Hoff,  $c$  = jumlah ion, dan  $\alpha$  = derajat ionisasi.



### Ayo Diskusi!

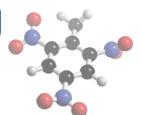
Coba kalian tentukan bagaimana nilai faktor van't Hoff,  $i$ , untuk zat terlarut nonelektrolit, elektrolit kuat, dan elektrolit lemah.

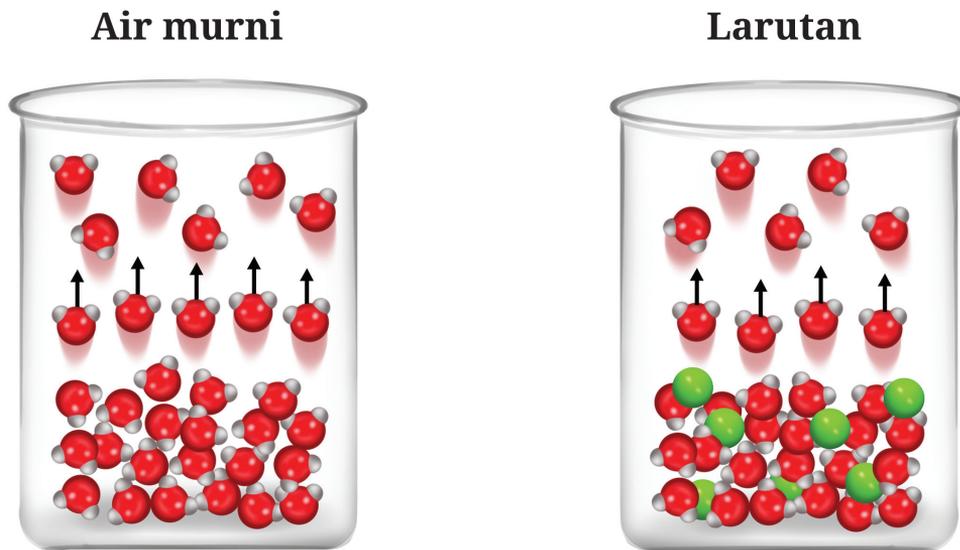
## 1. Penurunan Tekanan Uap Larutan ( $\Delta P$ )

Menguap adalah proses terjadinya perubahan fasa cair membentuk fasa gas. Suatu zat dikatakan mudah menguap jika gaya antarmolekul pada fasa cairnya lemah.

Molekul-molekul pada fasa gas menyebabkan tekanan yang disebut tekanan uap. Salah satu faktor yang mempengaruhi tekanan uap adalah temperatur. Semakin tinggi temperatur zat cair, semakin besar tekanan uapnya. Contohnya adalah tekanan uap air meningkat seiring peningkatan temperatur.

Apakah kalian pernah mengamati apa yang terjadi dengan tekanan uap jika ke dalam suatu pelarut (misalnya air) ditambahkan zat yang tidak mudah menguap (misalnya gula pasir)?





**Gambar 1.11** Proses penguapan air murni dengan larutan

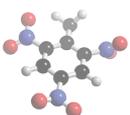
Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 1.11 tersebut, keberadaan zat terlarut nonvolatil (tidak mudah menguap) dapat menurunkan tekanan uap. Tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarut murninya. Coba kalian lakukan aktivitas berikut ini.



### Aktivitas 1.8

Cari referensi faktor-faktor apa saja yang menyebabkan tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarut murninya? Hubungkan dengan gaya antarmolekul zat terlarut-air dan air-air.

Selain itu, untuk memahami bagaimana pelarutan zat non volatil berpengaruh terhadap tekanan uap, maka lakukanlah aktivitas berikut.





## Aktivitas 1.9

### Pengaruh Zat Nonvolatil pada Pelarut

#### Tujuan

Menjelaskan sifat larutan zat yang tidak mudah menguap.

#### Alat

1. Gelas kimia
2. Kotak kaca dengan penutup

#### Bahan

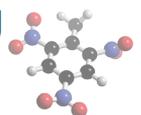
1. Aquades
2. Larutan gula 50% w/w

#### Langkah Kerja

1. Siapkan dua gelas kimia. Gelas pertama diisi aquades, gelas kedua diisi larutan gula dengan volume yang sama.
2. Simpan gelas kimia tersebut dalam kotak kaca dan tutup rapat, kemudian biarkan selama satu hari.
3. Amati fenomena yang terjadi dalam kedua cairan itu.

#### Pertanyaan

1. Fenomena apa yang kalian temukan pada kedua wadah itu?
2. Mengapa air murni pindah ke dalam gelas kimia yang berisi larutan gula?
3. Apakah kesimpulan dari percobaan ini? Diskusikan dengan teman sekelompok kalian.



Francois M. Raoult telah mengkaji larutan yang di dalamnya terdapat zat terlarut non volatil sehingga ditemukan Hukum Raoult. Hukum tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut.

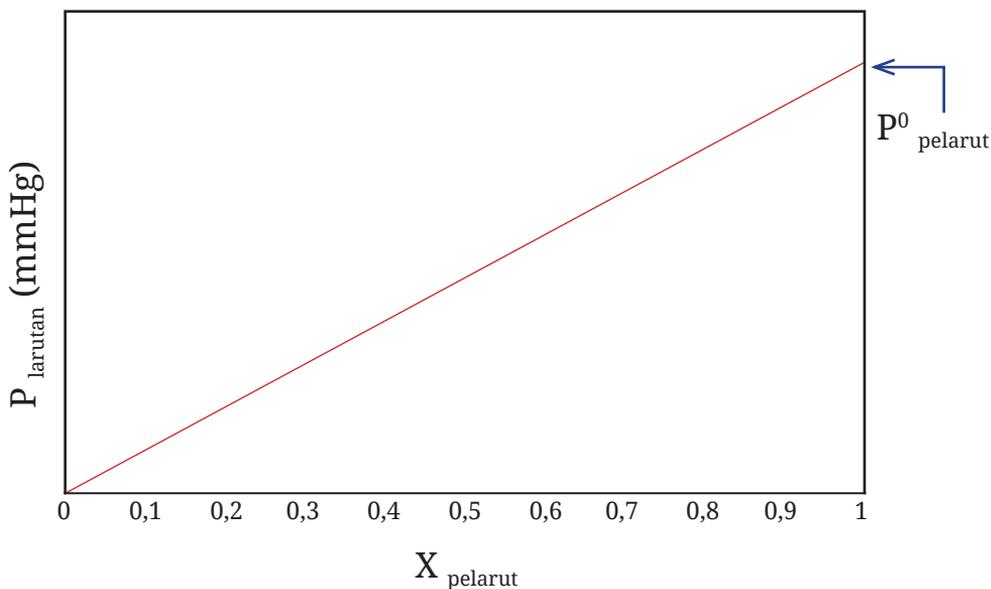
$$P_{\text{larutan}} = X_{\text{pelarut}} \cdot P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

$$P_{\text{larutan}} = \frac{n_{\text{pelarut}}}{n_{\text{pelarut}} + n_{\text{terlarut}} \cdot i} \cdot P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

Keterangan:

- $P_{\text{larutan}}$  = tekanan uap larutan
- $X_{\text{pelarut}}$  = fraksi mol pelarut
- $P^{\circ}_{\text{pelarut}}$  = tekanan uap pelarut murni
- $n_{\text{pelarut}}$  = mol pelarut
- $n_{\text{terlarut}}$  = mol zat terlarut
- $i$  = faktor Van't Hoff

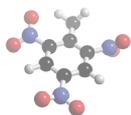
Jika  $P_{\text{larutan}}$  dan  $X_{\text{pelarut}}$  diekstrapolasi, maka akan dihasilkan garis linear dengan gradien menunjukkan  $P^{\circ}_{\text{pelarut}}$  (Gambar 1.12)



**Gambar 1.12** Plot grafik antara  $X_{\text{pelarut}}$  dengan  $P_{\text{larutan}}$

Penurunan tekanan uap larutan dapat dihitung dengan rumus

$$\Delta P = P^{\circ}_{\text{pelarut}} - P_{\text{larutan}}$$



Kalian juga dapat menentukan  $\Delta P$  dengan menggunakan hukum Raoult.

Karena  $X_{\text{pelarut}} + X_{\text{terlarut}} = 1$ , maka  $X_{\text{pelarut}} = 1 - X_{\text{terlarut}}$

$$P_{\text{larutan}} = (1 - X_{\text{terlarut}}) \cdot P_{\text{pelarut}}^0$$

$$P_{\text{larutan}} = P_{\text{pelarut}}^0 - X_{\text{terlarut}} \cdot P_{\text{pelarut}}^0$$

Lakukan penataulangan,

$$P_{\text{pelarut}}^0 - P_{\text{larutan}} = X_{\text{terlarut}} \cdot P_{\text{pelarut}}^0$$

Sehingga,

$$\Delta P = X_{\text{terlarut}} \cdot P_{\text{pelarut}}^0$$

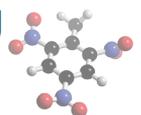
$$\Delta P = \frac{n_{\text{terlarut}} \cdot i}{n_{\text{pelarut}} + n_{\text{terlarut}} \cdot i} \cdot P_{\text{pelarut}}^0$$

## 2. Penurunan Titik Beku Larutan ( $\Delta T_f$ )

Pada musim dingin di negara empat musim, ada beberapa aktivitas yang umum dilakukan seperti terlihat pada Gambar 1.13 berikut. Apakah kalian tahu mengapa aktivitas tersebut dilakukan? Silakan diskusikan bersama rekan di kelas.



**Gambar 1.13** Menaburkan garam pada salju di jalan  
Sumber: Milan Krausa/Getty Images/Canva for Education (2022)



Sebelum kita membahas penurunan titik beku larutan, silakan kalian lakukan aktivitas berikut.



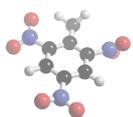
### Aktivitas 1.10

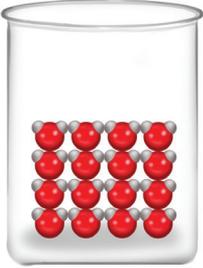
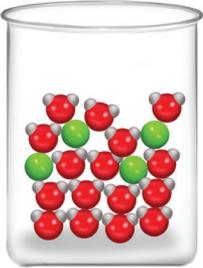
Pernahkah kalian meminum teh manis yang telah dibekukan? Apakah rasa manis ada pada bongkahan es? Ataukah hanya di sebagian tempat?

Apabila belum pernah, coba kalian buktikan melalui aktivitas ini.

- Buatlah kelompok beranggotakan 4-5 orang
- Buatlah larutan teh manis kemudian bekukan dalam mesin pendingin
- Setelah beku, ambil dan minum kemudian jawab pertanyaan di atas.

Membeku adalah proses perubahan wujud cair menjadi padat dengan cara memaksimalkan interaksi antarmolekul. Akibatnya, partikel-partikel suatu zat saling mendekat satu sama lain. Zat terlarut yang dapat mengganggu proses pembekuan adalah zat terlarut yang tidak larut dalam fasa padat pelarut. Keberadaan zat terlarut ini akan mengganggu sehingga memerlukan temperatur lebih rendah agar pelarut dapat membeku. Inilah penyebab terjadinya penurunan titik beku.



Titik beku	Air	Larutan
25°C		
0°C		

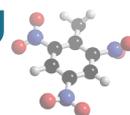
Gambar 1.14 Kondisi partikel saat membeku

Secara kuantitatif, penurunan titik beku berbanding lurus dengan molalitas larutan,

$$\Delta T_f \approx m$$

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

$K_f$  adalah tetapan penurunan titik beku molal dan nilainya tergantung pada jenis pelarut, dimana  $m$  adalah konsentrasi molal, dan  $i$  adalah faktor Van't Hoff.





## Aktivitas 1.11

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh zat terlarut terhadap titik beku larutan, silakan kalian kunjungi tautan berikut ini.

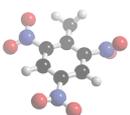
<https://s.id/tflar>

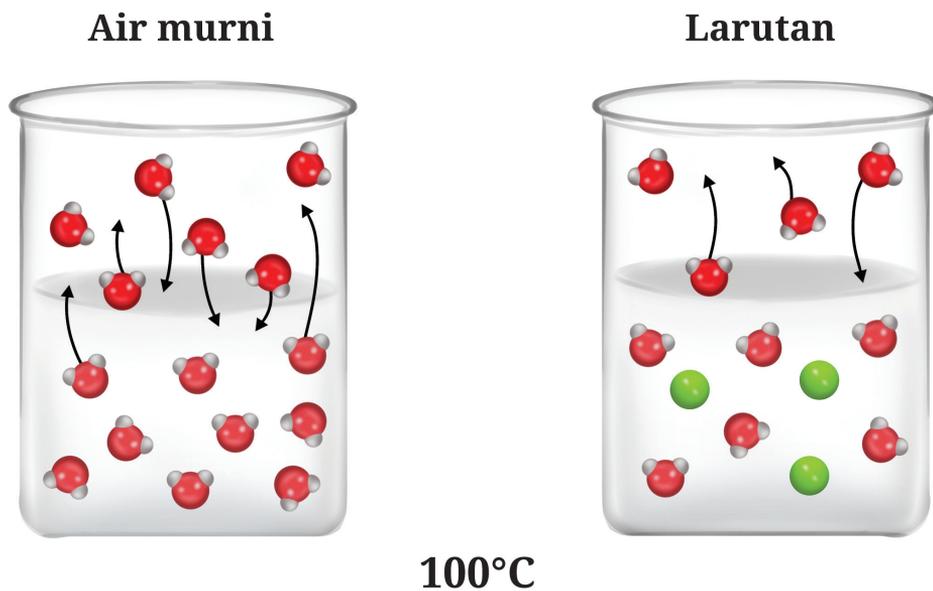


### 3. Kenaikan Titik Didih Larutan ( $\Delta T_b$ )

Kenaikan titik didih larutan ini sangat berhubungan dengan penurunan tekanan uap. Hal ini terjadi karena kemiripan proses. Mendidih terjadi ketika tekanan uap larutan sama dengan tekanan atmosfer. Dengan adanya zat terlarut non volatil, proses mendidih sama terganggunya seperti proses penguapan. Partikel-partikel pelarut harus memutuskan interaksi pelarut-pelarut dan pelarut-terlarut agar dapat mendidih dan menguap. Dengan demikian, proses mendidih menjadi lebih sulit dan membutuhkan temperatur lebih tinggi agar dapat mendidih. Fenomena inilah yang kemudian disebut sebagai kenaikan titik didih.

Perhatikan Gambar 1.15 untuk ilustrasi perbedaan antara titik didih air murni dengan larutan pada saat mendidih.





**Gambar 1.15** Proses mendidih pada air murni dan larutan

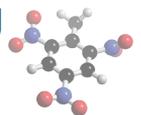
Seperti penurunan titik beku larutan, kenaikan titik didih larutan ( $\Delta T_b$ ) juga berbanding lurus dengan molalitas larutan.

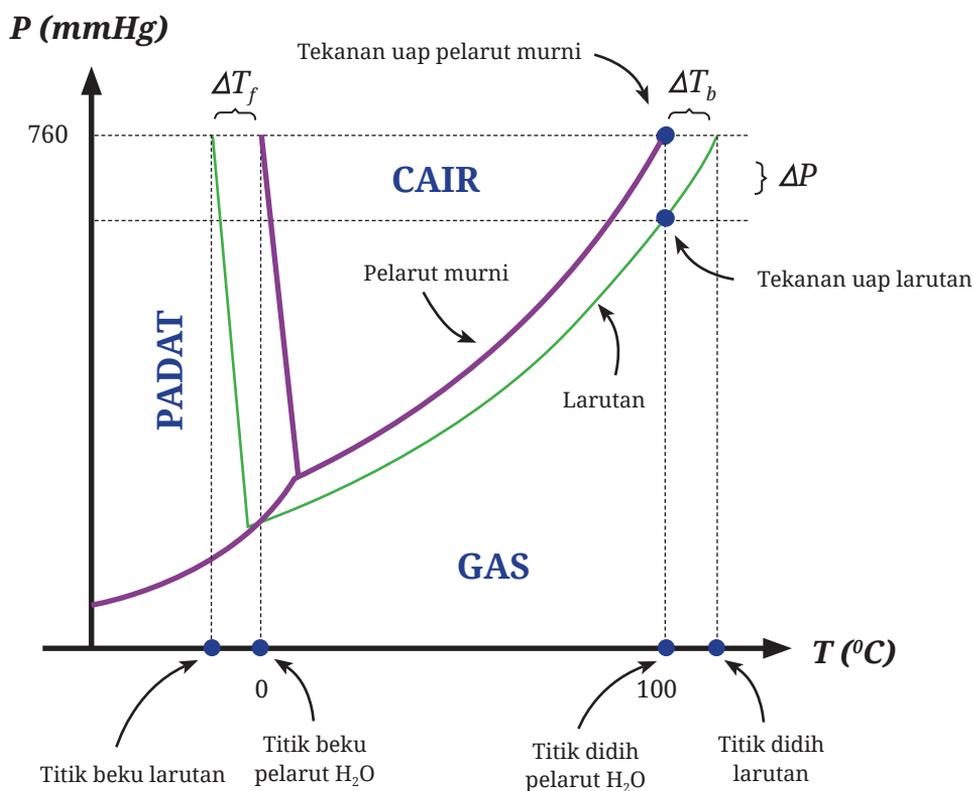
$$\Delta T_b \approx m$$

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

$K_b$  adalah tetapan kenaikan titik didih molal dan nilainya tergantung pada jenis pelarut,  $m$  adalah konsentrasi molal, dan  $i$  adalah faktor van't Hoff.

Hubungan antara tekanan uap, titik beku, dan titik didih dari pelarut dan larutan dapat dilihat dalam diagram fasa. Gambar 1.16 menunjukkan diagram fasa air dan larutan.





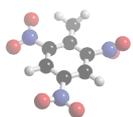
**Diagram P — T Larutan**

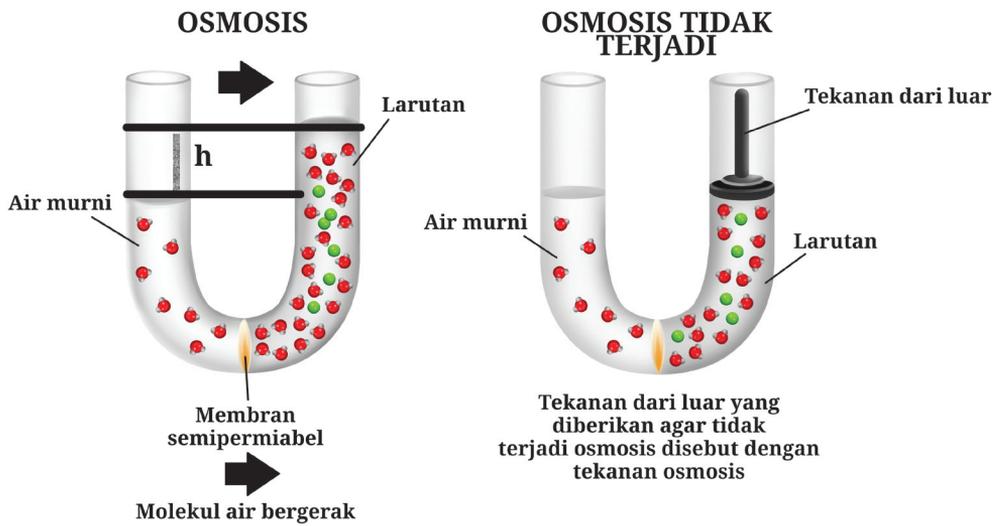
**Gambar 1.16** Diagram fasa air dan larutan

#### 4. Tekanan Osmosis Larutan ( $\pi$ )

Kalian mungkin penasaran mengapa air dari dalam tanah dapat sampai di daun pohon tertinggi sekalipun? Padahal, kita tahu bahwa air mengalir sesuai gravitasi dari tempat tinggi menuju tempat yang rendah. Untuk menjawab hal tersebut coba kalian lakukan aktivitas 1.12 terlebih dahulu agar kalian temukan jawabannya dengan kemampuan kalian.

Gambar 1.17 berikut ini menunjukkan ilustrasi terjadinya proses osmosis dan bagaimana tekanan osmosis bekerja.





**Gambar 1.17** Tekanan osmosis dilakukan untuk menghentikan proses osmosi

### **Aktivitas 1.12**

Untuk mengetahui besarnya tekanan osmosis yang diberikan oleh suatu zat terlarut, kalian dapat mengunjungi tautan berikut ini.

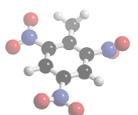
<https://s.id/tolar>



Tekanan osmosis berbanding lurus dengan molaritas larutan dan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Persamaan matematis untuk tekanan osmosis adalah seperti berikut ini.

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

dengan  $M$  adalah konsentrasi molar,  $R$  tetapan (0,082 l.atm/mol.K),  $T$  adalah temperatur larutan dalam Kelvin, dan  $i$  adalah faktor Van't Hoff.



Konsep tekanan osmosis ini dalam praktiknya digunakan untuk mendapatkan air tawar dari air laut yang disebut proses *reverse osmosis*. Proses ini digunakan di rumah untuk memurnikan air sumur dari ion logam. Selain itu, pembuatan larutan infus juga sangat berhubungan dengan tekanan osmosis.



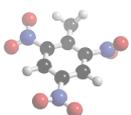
### Ayo Berlatih

Suatu larutan oralit dibuat dari campuran 34,2 gram sukrosa ( $M_r = 342$ ) dan 11,7 gram garam dapur ( $M_r = 58,5$ ) dalam 1 l (liter) larutan. Tentukan:

- Tekanan uap larutan pada 25 °C jika diketahui tekanan uap air = 23,76 mmHg
- Titik didih larutan oralit tersebut ( $K_f = 1,86$  °C/m)
- Titik beku larutan oralit tersebut ( $K_b = 0,52$  °C/m)
- Tekanan osmotik larutan oralit tersebut pada 25 °C ( $R = 0,082$  l.atm/mol.K)

## E. Koloid

Koloid merupakan salah satu campuran heterogen dengan karakteristik unik. Bahkan, karakter koloid tersebut menjadi dasar untuk membuat produk modern yang kemudian disebut nanomaterial. Koloid memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dengan campuran lain seperti tertera pada Tabel 1.4 berikut ini.



**Tabel 1.4** Perbedaan larutan, koloid, dan suspensi

Aspek	Larutan	Koloid	Suspensi
Ukuran partikel	< 1 nm	1–100 nm	>100 nm
Homogenitas	Homogen	Heterogen	Heterogen
Kestabilan	Stabil	Stabil	Tidak stabil
Jumlah fasa	1	2	2
Penyaringan	Tidak dapat disaring	Dapat disaring dengan penyaring ultra	Dapat disaring
Kondisi	Jernih	Keruh	Keruh
Komponen	Pelarut dan zat terlarut	Medium pendispersi dan zat terdispersi	Medium pendispersi dan zat terdispersi

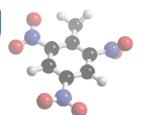
Untuk membuktikan beberapa perbedaan yang disebutkan pada Tabel 1.4 di atas, coba kalian lakukan aktivitas berikut!



### Aktivitas 1.13

Ikuti langkah-langkah berikut ini!

1. Siapkan 3 buah gelas transparan berukuran sama, beri label berbeda untuk setiap gelas
2. Masukkan air jernih ke dalam setiap gelas hingga memenuhi sekitar  $\frac{3}{4}$  isi gelas
3. Ke dalam gelas pertama masukkan satu sendok teh garam dapur



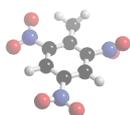
4. Ke dalam gelas kedua masukkan satu sendok teh pasir bubuk
5. Ke dalam gelas ketiga masukkan satu sendok teh tepung terigu
6. Aduk masing-masing campuran selama 2 menit
7. Perhatikan kondisi campuran setiap 1 menit setelah diaduk seperti warna, kejernihan, dan homogenitas campuran.
8. Simpan wadah ini untuk melakukan aktivitas berikutnya.
9. Diskusikan hasil dengan rekan kalian mengenai hasil pengamatan kalian.

## 1. Jenis-jenis koloid

Koloid dibedakan menjadi beberapa jenis tergantung pada wujud zat terdispersi dan medium pendispersi seperti tertera pada Tabel 1.5 berikut ini.

**Tabel 1.5** Jenis-jenis koloid

Zat terdispersi	Medium pendispersi	Jenis	Contoh
Padat	Gas	Aerosol padat	Asap, debu atmosfer
Cair	Gas	Aerosol cair	Awan, <i>spray</i>
Gas	Padat	Buih padat	Batu apung, spons
Gas	Cair	Buih cair	Buih sabun, krim kocok
Cair	Padat	Emulsi padat	Jeli, mutiara
Cair	Cair	Emulsi Cair	Santan, susu
Padat	Padat	Sol padat	Kaca berwarna, intan
Padat	Cair	Sol cair	sol emas, tinta



Selain berdasarkan wujud komponennya, koloid juga dapat dibedakan jenisnya berdasarkan interaksi antara zat terdispersi dan medium pendispersinya. Terdapat dua jenis koloid yaitu koloid liofil dan liofob.

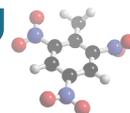
Koloid liofil merupakan koloid yang zat terdispersinya menarik medium pendispersinya. Hal ini disebabkan oleh kuatnya gaya tarik antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersinya. Koloid liofob merupakan koloid yang fase terdispersinya tidak menarik medium pendispersinya. Pada koloid dengan medium pendispersi air maka koloid liofil disebut hidrofil, sedangkan koloid liofob disebut hidrofob.

Beberapa contoh koloid hidrofil adalah sabun, detergen, agar-agar, kanji, dan gelatin sedangkan contoh koloid hidrofob adalah sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , sol belerang, sol-sol logam, dan sol-sol sulfida.

Jenis koloid liofil dan liofob ini dalam kehidupan sehari-hari dapat kalian jumpai pada sabun cuci piring. Sabun memiliki dua bagian yaitu bagian hidrofil yang dapat berinteraksi kuat dengan air dan bagian hidrofob yang dapat berinteraksi dengan senyawa-senyawa nonpolar seperti minyak. Dengan cara kerja seperti itulah sabun dapat mengangkat minyak pada permukaan-permukaan benda yang dicuci dan kemudian saat dibasuh dengan air, kotoran akan ikut terbang.

## 2. Sifat-sifat koloid

Koloid memiliki sifat khas yang berbeda dari campuran lainnya. Akan tetapi, perlu diingat bahwa tidak semua jenis koloid dapat dibuktikan memiliki seluruh sifat yang disebutkan berikut ini.





## Aktivitas 1.14

Aktivitas ini adalah lanjutan dari aktivitas koloid 1.13.

Sorotlah masing-masing dari tiga gelas yang berisi campuran tadi dengan senter. Perhatikan cahaya senter tersebut. Apakah perbedaan antara cahaya senter pada campuran pertama, kedua, dan ketiga. Diskusikan bersama rekan-rekan kalian.

a. Gerak Brown

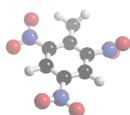
Gerak Brown adalah gerak acak dan terus menerus yang dialami partikel koloid karena adanya tumbukan zat terdispersi dengan medium pendispersi yang berbeda ukuran. Gerak ini ditemukan oleh Robert Brown dan hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop ultra.

b. Efek Tyndall

Pernahkah kalian bertanya mengapa langit berwarna biru saat siang hari dan saat sore menjadi berwarna jingga? Hal ini disebabkan oleh adanya efek Tyndall yang diambil dari nama penemunya yaitu John Tyndall. Efek Tyndall adalah gejala penghamburan berkas sinar (cahaya) oleh partikel-partikel koloid yang disebabkan karena ukuran molekul koloid yang cukup besar.

c. Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan partikel, ion, atau senyawa lain pada permukaan partikel koloid yang disebabkan oleh luasnya permukaan partikel. Muatan koloid dihasilkan sebagai akibat dari sifat adsorpsi ini. Misalnya, koloid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  bermuatan positif karena permukaannya menyerap ion  $\text{H}^+$ , sedangkan koloid  $\text{As}_2\text{S}_3$  bermuatan negatif karena permukaannya menyerap ion  $\text{S}^{2-}$ . Dalam



kehidupan sehari-hari, sifat ini digunakan dalam pemutihan gula dan norit untuk mengobati sakit perut.

d. Koagulasi

Koagulasi adalah peristiwa penggumpalan partikel koloid akibat terbentuk agregat. Koagulasi dapat terjadi karena proses fisis seperti pemanasan, pendinginan dan pengadukan atau secara kimia seperti penambahan elektrolit, pencampuran koloid yang berbeda muatan. Contoh peristiwa koagulasi adalah penjernihan air dengan bantuan tawas. Untuk mencegah proses koagulasi koloid dalam suatu produk, para produsen sering menggunakan koloid pelindung. Contoh koloid pelindung adalah penambahan gelatin pada es krim agar es krim tetap lembut.

e. Dialisis

Dialisis adalah pemisahan koloid dari ion-ion pengganggu. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan cairan bercampur koloid melalui selaput semipermeabel yang berfungsi sebagai penyaring. Selaput ini hanya dapat dilewati cairan tetapi tidak dapat dilewati partikel koloid. Contoh proses dialisis adalah proses cuci darah untuk pasien gagal ginjal.

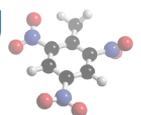
f. Elektroforesis

Elektroforesis adalah peristiwa pemisahan partikel koloid yang bermuatan dengan menggunakan arus listrik. Proses ini biasanya dilakukan untuk memisahkan protein dan untuk menyaring debu pada cerobong pabrik.



Tuliskan contoh-contoh lain dari jenis dan sifat koloid yang kalian temukan dalam kehidupan sehari-hari!

---



### 3. Cara pembuatan koloid

Koloid dapat dibuat menggunakan dua metode utama yaitu dispersi dan kondensasi. Metode dispersi dilakukan dengan memperkecil partikel besar menjadi partikel berukuran koloid, sedangkan metode kondensasi dilakukan dengan menggumpalkan partikel larutan agar membentuk partikel berukuran koloid.



#### Aktivitas 1.16

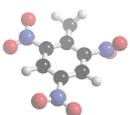
Carilah berbagai sumber mengenai cara pembuatan koloid baik metode dispersi maupun kondensasi yang lebih detail secara berkelompok.



#### Proyek

Buatlah produk yang merupakan koloid dalam kehidupan sehari-hari dengan mengikuti langkah-langkah berikut ini!

1. Buatlah kelompok beranggotakan 4-5 orang
2. Pilihlah salah satu produk di bawah ini untuk dilakukan dalam proyek
  - a. Es krim
  - b. Agar-agar atau puding
  - c. Kue bolu atau brownies
  - d. Yoghurt
  - e. Selai
  - f. Pasta gigi
  - g. Sabun



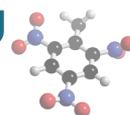
3. Catatlah setiap alat dan bahan yang digunakan, proses pembuatan, dan harga bahan yang digunakan.
4. Buatlah video pembuatan setiap produk dari mulai pengenalan bahan dan jumlah bahan yang digunakan hingga produk tersebut dihasilkan.
5. Masukkan setiap produk ke dalam kemasan yang sangat menarik dan buatlah nama produk tersebut.
6. Hitunglah jumlah kemasan yang dihasilkan dari bahan-bahan awal dan tentukan perkiraan harga jual yang layak agar menghasilkan keuntungan.
7. Buatlah laporan pelaksanaan dari proyek yang telah dilakukan.
8. Diskusikan setiap tahap proyek dengan guru kalian dan hubungkan pula dengan konsep yang telah kalian pelajari!

Selamat berkarya!



## Inti Sari

Larutan dan koloid merupakan jenis campuran yang memiliki sifat seperti yang telah dipelajari. Meskipun begitu, larutan memiliki jumlah bahasan yang lebih luas. Konsep larutan yang dibahas adalah asam basa, hidrolisis garam, larutan penyangga, titrasi asam basa, stoikiometri larutan, kelarutan dan hasil kali kelarutan, serta sifat koligatif larutan. Konsep koloid yang dibahas adalah jenis, sifat, dan cara pembuatan koloid.



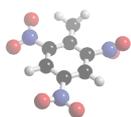
Asam dan basa memiliki sifat khas masing masing dan pengertiannya dapat ditinjau dari konsep Arrhenius, Bronsted-Lowry, dan Lewis. Kekuatan asam dapat ditentukan dari keelektronegatifan dan polaritas ikatan. pH asam basa menjadi solusi untuk menyebutkan konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  yang sangat kecil. Nilai pH dapat dihitung dari minus logaritma konsentrasi  $H^+$ .

Asam dan basa dapat bereaksi membentuk garam. Sifat garam ditentukan oleh asam dan basa penyusunnya. Garam dapat mengalami hidrolisis apabila ada komponen ion yang berasal dari asam atau basa lemah.

Larutan penyangga adalah larutan yang dapat mempertahankan pH. Komponen penyangga dapat ditemukan di dalam tubuh makhluk hidup baik di dalam darah maupun dalam cairan intrasel. Selain pada tubuh makhluk hidup, penyangga juga dapat ditemukan di dalam air laut.

Stoikiometri pada larutan tidak jauh berbeda dengan stoikiometri reaksi lainnya. Prinsipnya adalah penyetaraan reaksi dan konsep mol. Perbedaan utamanya adalah pada stoikiometri larutan ada penentuan pH larutan. Titrasi asam basa dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi zat asam atau basa yang belum diketahui dengan menggunakan zat lain yang konsentrasinya telah diketahui. Dari hasil titrasi maka dapat dibuat kurva titrasi. Setiap titrasi memiliki titik ekuivalen dan titik akhir titrasi yang berbeda.

Zat terlarut yang ada dalam larutan tidak semuanya mudah larut dalam air. Zat terlarut ini mengalami kesetimbangan antara bagian yang tidak larut dengan ion-ionnya yang mudah larut. Untuk senyawa-senyawa yang sulit larut ini ada konsep khusus yaitu kelarutan dan hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ).



Larutan memiliki sifat yang berbeda dari pelarut dan zat terlarutnya yang disebut sifat koligatif larutan. Sifat ini hanya bergantung pada jumlah zat terlarut. Terdapat empat sifat yaitu penurunan tekanan uap, penurunan titik beku, kenaikan titik didih, dan tekanan osmosis.

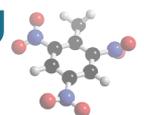
Koloid banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Koloid dibagi menjadi delapan jenis berdasarkan wujud zat terdispersi dan mediumnya. Koloid memiliki sifat khas seperti adsorpsi, efek Tyndall, gerak Brown, dan elektroforesis. Koloid dapat dibuat dengan cara dispersi maupun kondensasi.



### Ayo Refleksi

Isilah formulir evaluasi diri pada tabel berikut dengan cara memberi tanda centang pada kolom yang kalian pilih.

No.	Pertanyaan	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1.	Apakah kalian melakukan setiap aktivitas yang disediakan?		
2.	Apakah kalian mengerjakan setiap latihan soal yang ada?		
3.	Apakah kalian memahami setiap bagian?		
4.	Apakah kalian bekerjasama dengan teman-teman dalam setiap aktivitas kelompok?		
5.	Apakah kalian merasa senang dalam setiap aktivitas?		
6.	Tuliskan pendapat kalian mengenai Bab ini:		

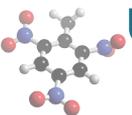




## Ayo Cek Pemahaman

### Pilihan Ganda

1. Jika diketahui larutan asam asetat yang memiliki konsentrasi 0,01 M hanya terionisasi sebanyak 4%, maka pH larutan tersebut adalah sebesar ....
  - A. 0,6
  - B. 1,4
  - C. 2
  - D. 3,4
  - E. 4
  
2. Sebanyak 15,6 g  $M(OH)_3$  tepat bereaksi dengan 29,4 g asam  $H_2A$ . Massa molar asam  $H_2A$  adalah ... g/mol. ( $Ar M = 27, H = 1, O = 16$ )
  - A. 210
  - B. 156
  - C. 147
  - D. 98
  - E. 29,5
  
3. Reaksi berikut yang menunjukkan reaksi netralisasi asam basa adalah ....
  - A.  $H_2SO_4(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
  - B.  $NH_3(g) + H_2O(l) \rightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$
  - C.  $Ca(s) + 2H_2O(aq) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + 2H_2(g)$
  - D.  $SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$
  - E.  $2NO_2(g) + 2NaOH(aq) \rightarrow 2NaNO_3(aq) + H_2O(l)$



4. Sebanyak 50 ml larutan KOH 0,2 M ditambahkan ke dalam 40 ml larutan HCOOH 0,5 M ( $K_a = 2 \times 10^{-4}$ ). Besarnya pH larutan setelah dicampur adalah .... ( $\log 2 = 0,3$ )
- 10,3
  - 9,7
  - 7
  - 4,3
  - 3,7
5. Apabila larutan asam kuat ditambahkan suatu larutan basa kuat maka hal berikut yang *tidak* terjadi adalah ....
- reaksi netralisasi
  - penambahan molekul air
  - berkurangnya ion  $H^+$
  - bertambahnya ion  $OH^-$
  - penurunan pH larutan

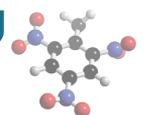
6. Diketahui hasil kali kelarutan  $Ag_2CrO_4$  dan  $AgCl$  adalah....

$$K_{sp} Ag_2CrO_4 = 2,5 \times 10^{-12}$$

$$K_{sp} AgCl = 1,0 \times 10^{-10}$$

Jika ke dalam larutan yang mengandung jumlah mol  $CrO_4^{2-}$  dan  $Cl^-$  yang sama ditambahkan larutan perak nitrat, maka pernyataan yang benar adalah ....

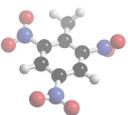
- $AgCl$  dan  $Ag_2CrO_4$  mengendap secara bersamaan
- $Ag_2CrO_4$  mengendap pertama karena  $K_{sp}$  lebih kecil
- $Ag_2CrO_4$  mengendap pertama karena kelarutan lebih kecil
- $AgCl$  mengendap pertama karena kelarutan lebih kecil
- Tidak terbentuk endapan



7. Hal-hal berikut ini yang *bukan* merupakan aplikasi sifat adsorpsi koloid adalah....
- proses penjernihan air dengan tawas
  - proses penggumpalan karet
  - penggunaan norit (obat sakit perut)
  - pemutihan gula pasir
  - penggunaan sabun pada proses mencuci pakaian

### Uraian

- Pada reaksi-reaksi berikut ini, berilah tanda setiap spesi sesuai dengan sifatnya.
  - $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{ClO}^- \rightleftharpoons \text{HC}_2\text{O}_4^- + \text{HClO}$
  - $\text{HPO}_4^{2-} + \text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{PO}_4^-$
  - $\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{OH}^-$
  - $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^-$
  - $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HPO}_4^{2-}$
  - $\text{HCN} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CN}^- + \text{HCO}_3^-$
- Seorang siswa melakukan titrasi 20 ml larutan HCl 0,1 M dengan larutan NaOH 0,1 M. Bantulah siswa tersebut untuk:
  - menghitung pH awal HCl dan pH setelah ditambah NaOH sebanyak 5,0 ml; 8,0 ml; 9,5 ml; 10,0 ml; dan 15,0 ml.
  - membuat grafik hubungan pH dengan volume NaOH.
  - menentukan indikator yang cocok untuk penentuan titik akhir titrasi?
- Hitunglah pH pada titik ekuivalen untuk titrasi-titrasi berikut ini:
  - Natrium asetat 0,104 g ( $K_b = 5,6 \times 10^{-10}$ ) dalam 25 ml air oleh HCl 0,9996 M.
  - 50 ml HClO 0,0426 M ( $K_a = 3,5 \times 10^{-8}$ ) oleh NaOH 0,1028 M.
  - HI 0,205 M sebanyak 50 ml oleh larutan KOH dengan konsentrasi 0,356 M.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022  
Kimia untuk SMA/MA Kelas XII  
Penulis : Galuh Yuliani, dkk  
ISBN : 978-602-427-968-4 (jil.2)



Bab

II

# ELEKTROKIMIA

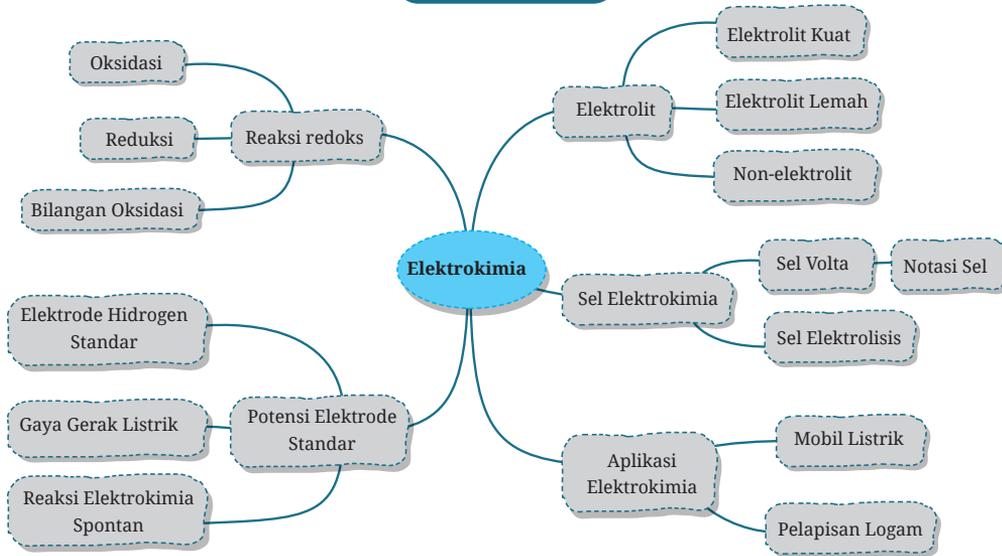


---

Pada bab elektrokimia, kalian akan mengidentifikasi reaksi redoks dan membedakan antara elektrolit kuat, lemah, dan nonelektrolit. Kalian akan mampu merancang sel volta dan sel elektrolisis, menggambarkan komponen dari tiap sel, dan menuliskan reaksi kimia yang terjadi. Kalian juga akan mampu membandingkan reaktivitas logam berdasarkan potensial elektrode standar dan memprediksi reaksi elektrokimia spontan. Selain itu, kalian juga akan memahami aplikasi sel elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari.

---

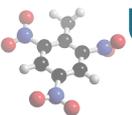
## Mind Map



Mobil listrik memiliki popularitas tinggi saat ini. Dengan karakteristik bebas kebisingan, bebas polusi dan memiliki performa tinggi, mobil ini disebut-sebut sebagai mobil masa depan. Bagaimana mobil listrik dapat beroperasi? Apa sumber energinya? Pada bab elektrokimia, kalian akan memperoleh jawabannya.

### A. Elektrolit

Pernahkah kalian mengalami kesemutan, kram otot, pusing bahkan kejang-kejang? Berhati-hatilah, kemungkinan kalian mengalami gangguan kekurangan atau kelebihan elektrolit tubuh. Elektrolit merupakan zat penting yang membantu tubuh dalam mengoptimalkan fungsi otak, meningkatkan fungsi saraf dan otot, bahkan membantu memperbaiki jaringan tubuh yang rusak. Ketidakseimbangan elektrolit dapat menimbulkan komplikasi serius pada tubuh kita, karenanya menjaga keseimbangan elektrolit tubuh sangat penting untuk dilakukan. Beberapa elektrolit vital dalam tubuh antara lain



kalsium, natrium, magnesium dan kalium. Tubuh kita mendapatkan asupan elektrolit esensial dari minuman dan makanan. Tanpa kita sadari, berbagai asupan elektrolit esensial telah tersedia di alam dari minuman dan makanan yang biasa kita konsumsi sehari-hari sebagai anugerah dan nikmat yang tidak terhingga dari Tuhan YME. Apa saja contohnya? Air minum yang biasa kita peroleh dari sumber-sumber mata air alami bukanlah air murni yang hanya terdiri atas molekul-molekul  $H_2O$  saja, tetapi air minum tersebut kaya akan mineral serta ion-ion esensial yang diperlukan tubuh. Beberapa jenis makanan juga kaya akan ion-ion elektrolit antara lain kacang-kacangan, kerang, telur, coklat, dan alpukat.

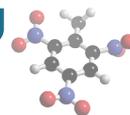


Pada mata pelajaran fisika, kalian sudah belajar tentang benda-benda yang bersifat konduktor, yaitu benda yang dapat berperan sebagai penghantar listrik. Kalian tentu masih ingat bahwa logam-logam umumnya merupakan penghantar listrik yang baik. Itulah sebabnya, beberapa peralatan elektronik seperti kabel-kabel listrik misalnya, terbuat dari logam. Seperti halnya logam, beberapa senyawa kimia dapat menghantarkan

listrik saat dilelehkan atau terlarut dalam air. Senyawa kimia ini dinamakan elektrolit. Saat ditambahkan ke dalam air, zat yang bersifat elektrolit dapat meningkatkan konduktivitas air.

Apa sebenarnya elektrolit?

Elektrolit adalah zat yang mengandung ion-ion bebas, sehingga menghasilkan media yang dapat menghantarkan listrik. Namun, hantaran listrik dari elektrolit-elektrolit tidak selalu sama. Mari kita dalam kemampuan hantaran listrik larutan elektrolit dengan melakukan aktivitas berikut.



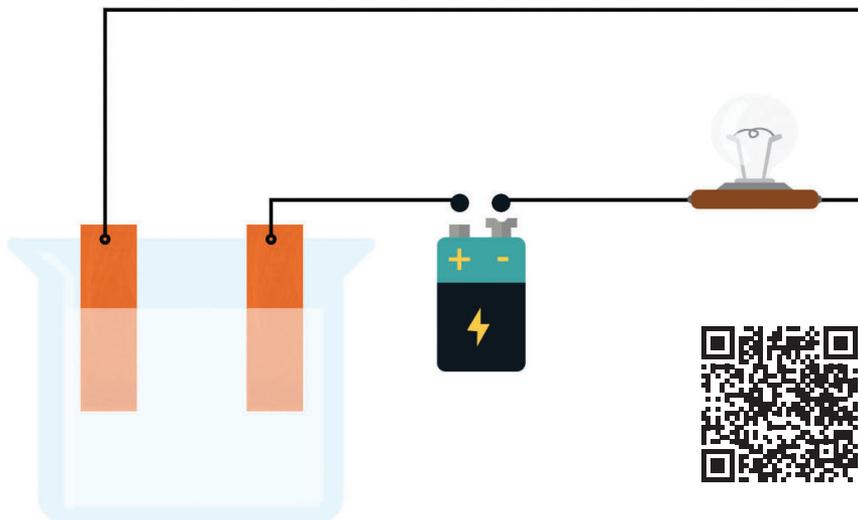


## Aktivitas 2.1

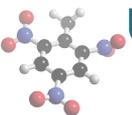
### MENGUJI LARUTAN ELEKTROLIT DAN NON-ELEKTROLIT

Secara berkelompok, gunakan laman laboratorium maya pada link: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/Home/ContentList> untuk melakukan aktivitas berikut. Pada bagian menu, pilih “Daya Hantar Listrik dan Reaksi Redoks” (Gambar 2.1). Pada laboratorium maya, terdapat set alat pengujian sifat elektrolit dari larutan. Larutan uji disimpan di dalam gelas kimia. Ke dalam larutan uji, dicelupkan dua buah elektrode yang dihubungkan dengan sirkuit eksternal yang terhubung dengan lampu *Light Emitting Diode* (LED).

Lakukan pengujian untuk beberapa jenis larutan yang tersedia pada daftar di samping kanan. Melalui pengamatan terhadap larutan dan nyala lampu, tetapkan apakah larutan uji tersebut elektrolit atau non elektrolit, kemudian beri alasan penetapan tersebut. Kalian disarankan membuat gambaran molekul/ion di level submikroskopik pada larutan uji yang dipilih.



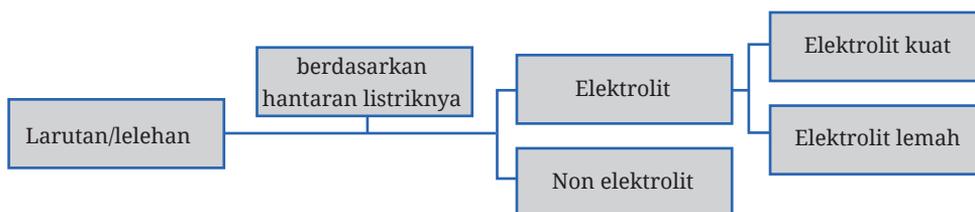
**Gambar 2.1** Eksperimen daya hantar listrik pada laboratorium virtual kemdikbud  
Sumber: Kemendikbudristek/vlab.belajar.kemdikbud.go.id (2022)



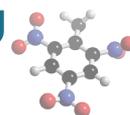
Dengan menggunakan set alat ini, kalian juga dapat membedakan elektrolit kuat dan lemah. Bagaimana caranya? Diskusikan dengan teman kalian. Setelah menguji beberapa larutan, kelompokkan larutan uji ke dalam non-elektrolit, elektrolit lemah dan elektrolit kuat. Buatlah tabel pengamatan yang sesuai. Siswa diharapkan dapat bekerjasama dengan baik dan saling membantu antar tiap-tiap anggota kelompok. Diskusikan bersama anggota kelompok dengan tetap menjunjung tinggi nilai kesopanan, sikap saling harga-menghargai, dan sikap kejujuran.

## 1. Elektrolit Kuat, Elektrolit Lemah dan Non-elektrolit

Berdasarkan kemampuan hantaran listriknya, kita mengenal zat yang bersifat elektrolit kuat, elektrolit lemah dan non-elektrolit (Gambar 2.2). Umumnya, senyawa yang berperan sebagai elektrolit adalah senyawa ionik atau senyawa polar seperti asam, basa dan garam. Garam sebagai senyawa anorganik yang berbentuk padatan memiliki struktur yang demikian teratur dengan pengaturan posisi ion-ion yang tetap, sehingga tidak menghantarkan listrik. Namun, saat senyawa ionik dilelehkan atau dilarutkan dalam air, ion-ionnya dapat bergerak bebas. Dengan demikian, lelehan garam atau larutan garam dapat menghantarkan listrik dan bersifat elektrolit. Contoh dari elektrolit adalah larutan asam klorida, asam sulfat, natrium hidroksida, dan natrium klorida.



**Gambar 2.2** Klasifikasi zat berdasarkan kemampuan hantaran listrik

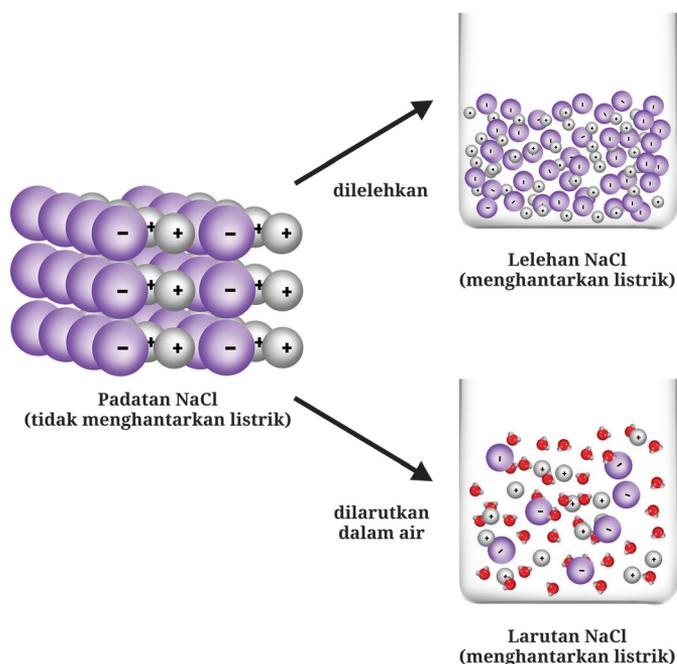


### a. Elektrolit kuat

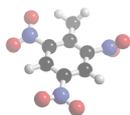
Suatu zat disebut elektrolit kuat apabila dapat terurai sempurna menjadi ion-ion nya saat dilarutkan dalam air.



Pada reaksi di atas, ikatan pada AB putus, sehingga AB terurai menjadi ion-ion komponennya. Pada elektrolit kuat, derajat ionisasinya besar, sehingga zat akan terdisosiasi sempurna. Reaksi kimia yang terjadi pada pelarutan elektrolit kuat menghasilkan larutan dengan konsentrasi ion yang tinggi. Contoh larutan yang merupakan elektrolit kuat adalah larutan natrium klorida dan kalium nitrat. Gambaran submikroskopik dari larutan NaCl sebagai elektrolit kuat disajikan pada Gambar 2.3.

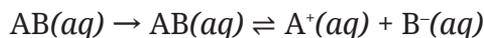


**Gambar 2.3** Senyawa ionik NaCl sebagai elektrolit kuat



### b. Elektrolit lemah

Pada elektrolit lemah, tidak semua zat terdisosiasi menjadi ion-ion saat dilarutkan dalam air. Derajat ionisasi dari elektrolit lemah kecil, karenanya konsentrasi ion yang dihasilkan rendah.

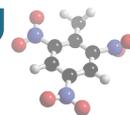
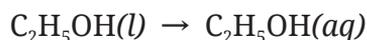


Perhatikan tanda panah dua arah dari reaksi di atas. Tanda panah dua arah menandakan reaksi tidak berlangsung sempurna, artinya sebagian molekul tidak terurai menjadi ion-ion nya. Pada reaksi tersebut, senyawa AB masih ada setelah reaksi bersama dengan ion-ion yang dihasilkan oleh reaksi tersebut. Contoh elektrolit lemah adalah larutan asam cuka.



### c. Non elektrolit

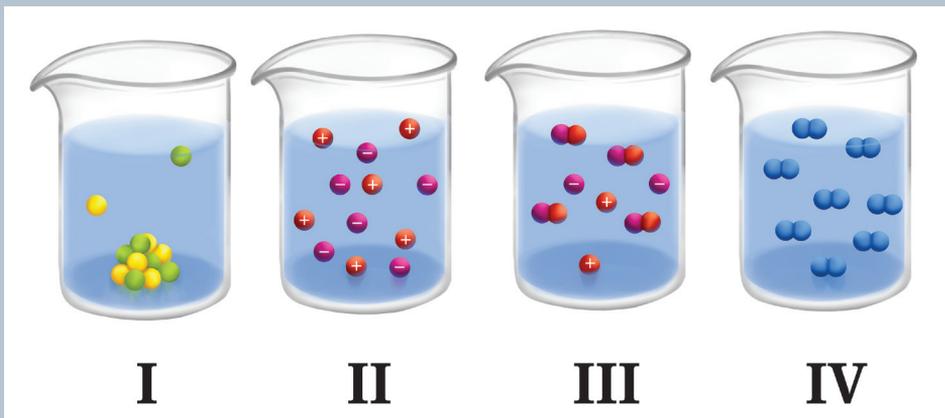
Non elektrolit adalah senyawa kimia yang tidak menghantarkan listrik dalam kondisi lelehan maupun terlarut dalam air. Zat yang bersifat non elektrolit tidak akan meningkatkan konduktivitas air saat dilarutkan. Saat dilarutkan, senyawa non elektrolit akan dilingkupi oleh molekul-molekul air yang membuat senyawa tersebut dapat larut baik di dalam air. Proses pelarutan senyawa non elektrolit tidak menyebabkan pemutusan ikatan, sehingga tidak dihasilkan ion-ion bebas. Proses pelarutan ini termasuk ke dalam perubahan fisika. Senyawa yang termasuk non elektrolit adalah sukrosa, etanol dan urea. Contoh reaksi pelarutan molekul non elektrolit ditunjukkan sebagai berikut.





## Ayo Berpikir Kritis

Jawablah pertanyaan berikut secara mandiri. Perhatikan gambaran submikroskopik dari beberapa sistem larutan pada Gambar 2.4. Manakah larutan yang dapat menghantarkan listrik? Beri penjelasan.

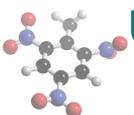


Gambar 2.4 Representasi submikroskopik dari larutan

## B. Reaksi Redoks

Kalian sudah mempelajari berbagai jenis reaksi kimia, seperti misalnya reaksi asam basa. Setiap reaksi kimia memiliki ciri tersendiri. Misalnya, reaksi asam basa dapat kalian kenali dari adanya peningkatan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  atau  $\text{OH}^-$  dalam larutan. Bagaimana dengan reaksi perkaratan besi? Jenis reaksi apakah itu? Apakah ciri reaksi tersebut?

Pada bab ini, kita akan mempelajari jenis reaksi kimia yang ditandai adanya pertukaran elektron antara spesi yang bereaksi dan perubahan bilangan oksidasi. Reaksi ini dinamakan reaksi redoks. Pada reaksi redoks terdapat perubahan bilangan oksidasi dari spesi-spesi yang bereaksi. Sebelum membahas reaksi redoks, kalian harus memahami



konsep bilangan oksidasi terlebih dahulu dan harus menguasai cara penentuan bilangan oksidasi suatu unsur. Apabila kalian masih belum menguasai cara penentuan bilangan oksidasi unsur, cermatilah contoh berikut.



### Contoh Soal

Tentukan bilangan oksidasi dari tiap-tiap unsur pada molekul berikut:

- $\text{CO}_2$
- $\text{KMnO}_4$

#### Jawaban:

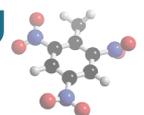
- Pada molekul  $\text{CO}_2$ , tiap-tiap atom oksigen memiliki bilangan oksidasi  $-2$ . Artinya, muatan dari kedua atom oksigen yang terikat pada karbon adalah  $-4$ . Molekul  $\text{CO}_2$  bersifat netral, sehingga atom karbon harus memiliki bilangan oksidasi  $+4$ .
- Molekul  $\text{KMnO}_4$  bersifat netral, artinya jumlah keseluruhan bilangan oksidasi unsur-unsur dalam molekul tersebut sama dengan nol. Kalium memiliki bilangan oksidasi  $+1$ , oksigen memiliki bilangan oksidasi  $-2$ , sehingga total bilangan oksidasi unsur kalium dan oksigen adalah  $-7$  ( $1 + (-2 \times 4) = -7$ ). Artinya, untuk mendapatkan molekul netral, bilangan oksidasi dari Mn harus sama dengan  $+7$ .



### Ayo Berlatih

Kerjakan tugas berikut secara mandiri.

Tentukan bilangan oksidasi untuk unsur-unsur dalam senyawa berikut:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{MgCO}_3$ .

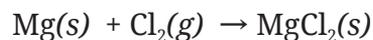


## 1. Oksidasi dan Reduksi

Kalian telah mengetahui cara penentuan bilangan oksidasi dari unsur-unsur dalam suatu molekul. Pada reaksi kimia, kalian akan melihat bahwa pada reaksi redoks selalu terdapat spesi yang mengalami kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi. Dari data kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi, kalian dapat mengetahui apakah suatu unsur mengalami oksidasi atau reduksi.

Contoh:

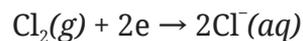
Perhatikan reaksi berikut.



Magnesium, sebagai pereaksi, memiliki bilangan oksidasi nol. Namun, atom magnesium pada produk magnesium klorida memiliki bilangan oksidasi +2. Artinya, magnesium kehilangan dua buah elektron atau mengalami **oksidasi**. Proses ini dapat ditulis secara terpisah sebagai **setengah reaksi**. Setengah reaksi yang melibatkan magnesium ditulis sebagai berikut:



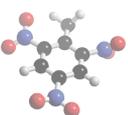
Molekul klorin ( $\text{Cl}_2$ ), sebagai pereaksi, memiliki bilangan oksidasi nol. Namun, atom klorin pada produk magnesium klorida memiliki bilangan oksidasi -1. Tiap-tiap atom klorin dari molekul klorin menarik satu buah elektron, karenanya mengalami **reduksi**. Setengah reaksi yang melibatkan klorin, dapat dituliskan sebagai berikut.



**Setengah reaksi** dituliskan untuk memisahkan bagian reaksi reduksi dan oksidasi dari reaksi redoks keseluruhan. Setengah reaksi diperoleh dengan memperhatikan perubahan keadaan oksidasi dari tiap-tiap zat yang terlibat dalam reaksi redoks.

Kalian dapat mengingat reaksi redoks dengan cara berikut:

- Oksidasi adalah reaksi hilangnya elektron, sedangkan reduksi adalah reaksi pengambilan elektron.



- Unsur yang mengalami oksidasi disebut sebagai agen pereduksi
- Unsur yang mengalami reduksi disebut sebagai agen pengoksidasi
- Reaksi redoks adalah reaksi yang melibatkan oksidasi dan reduksi, ditandai dengan berubahnya bilangan oksidasi dari unsur-unsur yang terlibat.

Oksidasi adalah hilangnya elektron dari suatu molekul, atom atau ion, sehingga mengalami kenaikan bilangan oksidasi.

Reduksi adalah pengambilan elektron oleh suatu molekul, atom atau ion, sehingga mengalami penurunan bilangan oksidasi.



## Aktivitas 2.2

### MENGIDENTIFIKASI REAKSI REDOKS

Guru kalian akan mendemonstrasikan satu reaksi redoks antara padatan seng dengan larutan tembaga sulfat.

#### Bahan yang dibutuhkan

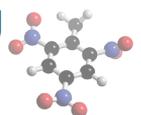
1. Seng berbentuk granul atau lempengan kecil
2. Larutan tembaga (II) sulfat berwarna biru sebanyak 15 ml
3. Gelas Kimia

#### Cara Kerja

Tambahkan seng ke dalam larutan tembaga sulfat yang berada dalam gelas kimia dan amati yang terjadi. Lakukan pengamatan yang teliti terhadap granul seng dan amati pula perubahan warna dari larutan!

#### Tugas

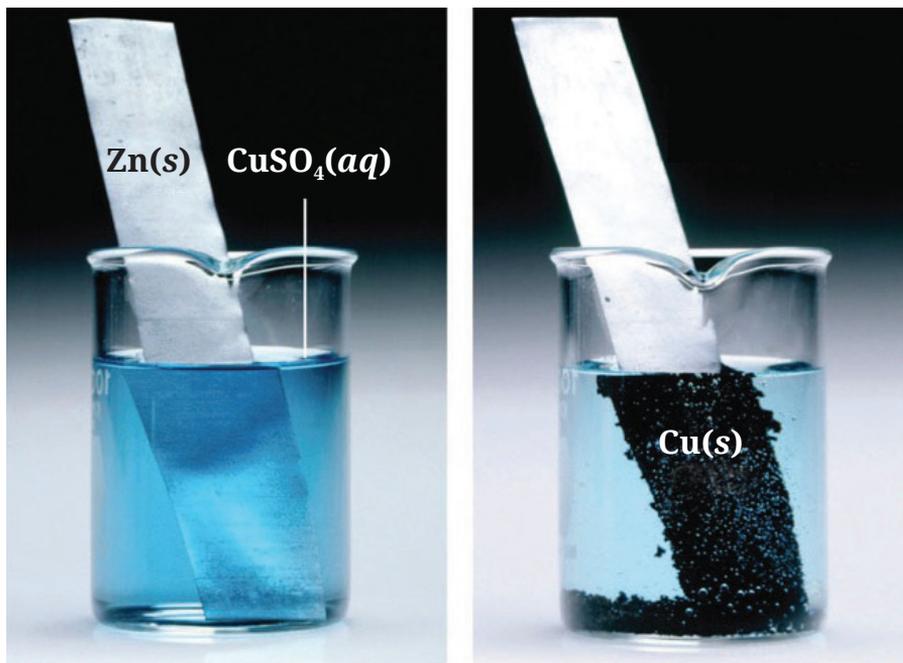
Buatlah laporan hasil pengamatan berdasarkan demonstrasi di atas. Untuk membantu kalian menuliskan laporan, jawablah pertanyaan berikut.



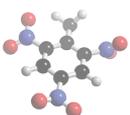
- Jelaskan apa yang terjadi di dalam gelas kimia. Penjelasan dapat berupa gambaran submikroskopik dari molekul atau ion sebelum dan setelah reaksi
- Tuliskan setengah reaksi untuk setiap reaktan yang terlibat
- Tuliskan reaksi redoks keseluruhan
- Buatlah kesimpulan untuk percobaan di atas.

### C. Sel elektrokimia

Pada aktivitas yang telah dilakukan sebelumnya, kalian telah mereaksikan granula seng dengan larutan tembaga(II) sulfat. Kalian juga telah berhasil menuliskan reaksi yang berlangsung. Sekarang, mari kita cermati Gambar 2.5 yang memperlihatkan lempengan seng yang dicelupkan dalam larutan tembaga sulfat. Apa yang terjadi?

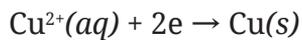


**Gambar 2.5** Reaksi lempengan seng dengan larutan tembaga (II) sulfat  
Sumber: fotografer/chemdemos.uoregon.edu (2012) oleh Randy Sullivan

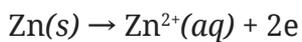


Ion-ion  $\text{Cu}^{2+}$  dari larutan tembaga(II) sulfat mengalami reduksi menjadi logam tembaga. Logam tembaga yang dihasilkan kemudian terdeposisi pada permukaan lempengan seng. Atom-atom Zn pada logam Zn mengalami oksidasi menjadi ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang kemudian terlarut dalam larutan.

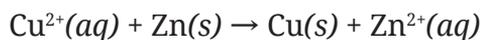
### Setengah reaksi reduksi



### Setengah reaksi oksidasi



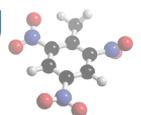
### Reaksi redoks keseluruhan



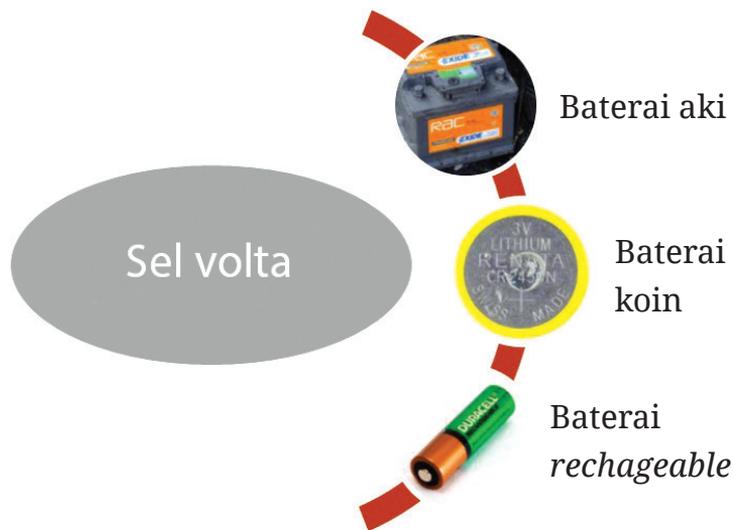
Apabila kalian amati dengan teliti, kalian tentu menyadari adanya panas yang dihasilkan dari reaksi tersebut. Dapatkah kita mengkonversi panas yang dihasilkan dari reaksi menjadi energi listrik? Dapatkah reaksi kimia yang melibatkan pertukaran elektron dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik? Jawabannya adalah Ya, dan reaksi ini dinamakan reaksi elektrokimia.

Reaksi elektrokimia adalah reaksi kimia yang menghasilkan perbedaan tegangan, sehingga dapat menghasilkan aliran listrik. Jenis sel elektrokimia ini dinamakan sel Volta. Namun, saat suatu reaksi kimia berlangsung dengan bantuan aliran listrik dari luar, reaksi ini juga dinamakan sebagai reaksi elektrokimia, yaitu sel elektrolisis. Kedua jenis reaksi elektrokimia ini akan dibahas kemudian. Jadi, reaksi elektrokimia dapat didefinisikan sebagai reaksi kimia yang berlangsung akibat adanya voltase (energi listrik dari) luar, atau reaksi kimia yang menghasilkan voltase (energi listrik).

Elektrokimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari tentang perpindahan elektron yang terjadi pada media pengantar listrik (elektrode). Pada bab ini, kalian akan mempelajari jenis-jenis reaksi



elektrokimia dan bagaimana reaksi ini dapat dimanfaatkan dalam kehidupan, misalnya sebagai baterai (Gambar 2.6).



**Gambar 2.6** Berbagai Jenis Baterai  
Sumber: Galuh Yuliani/Kemendikbudristek (2022)

## 1. SEL VOLTA

Sebelum kalian mempelajari tentang sel Volta, mari kita melakukan aktivitas eksperimen terlebih dahulu.



### Aktivitas 2.3

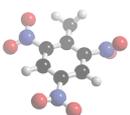
#### EKSPERIMEN MERANCANG SEL Zn-Cu

##### Tujuan:

- (1) Merancang sel elektrokimia Zn-Cu
- (2) Menyelidiki reaksi yang berlangsung pada sel Zn-Cu

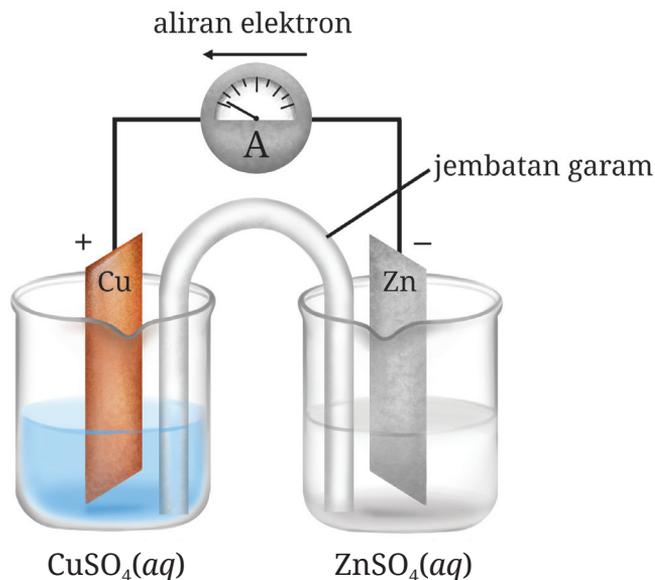
##### Alat dan bahan:

Plat seng, plat tembaga, larutan seng sulfat (1 M), larutan tembaga sulfat (1 M), dua buah gelas kimia 250 ml, tabung U, larutan garam natrium sulfat, wool katun, ammeter dan kabel penghubung.



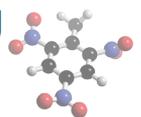
**Metode:**

- (1) Timbang kedua plat dalam keadaan bersih dan kering. Catat pengamatan kalian.



**Gambar 2.7** Sel Volta Zn-Cu

- (2) Masukkan 200 ml larutan seng sulfat ke dalam gelas kimia dan celupkan plat seng ke dalamnya.
- (3) Masukkan 200 ml larutan tembaga sulfat ke dalam gelas kimia lain, dan celupkan plat tembaga ke dalamnya.
- (4) Penuhi tabung U dengan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan sekat kedua ujung tabung menggunakan wool katun. Penyumbatan dengan wool katun ini akan menjaga larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tetap didalam saat tabung U dibalikkan.
- (5) Hubungkan plat seng dan tembaga dengan ammeter dan amati angka yang ditunjukkan pada ammeter. Adakah bacaan angka yang ditampilkan pada ammeter?
- (6) Tempatkan tabung U secara terbalik pada kedua gelas kimia, sehingga tiap ujung tabung menyentuh larutan dalam kedua gelas



kimia (Gambar 2.7). Adakah angka yang tampil pada ammeter? ke arah mana arus mengalir?

- (7) Lepaskan ammeter kemudian hubungkan plat seng dan tembaga secara langsung. Tinggalkan selama 24 jam. Setelah ditinggalkan seharian, cuci kedua plat dan keringkan. Setelah kering, timbang kedua plat dan catat hasilnya. Apa pengamatan kalian?

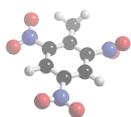
## Tugas

Untuk setiap tahap percobaan, lakukan pengamatan yang teliti dan catat pengamatan kalian. Jawab seluruh pertanyaan yang diberikan pada setiap tahap pekerjaan dengan baik. Diskusikan hasil pengamatan dan jawaban setiap pertanyaan di kelas.

### a. Sel volta Zn-Cu

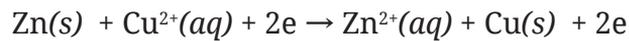
Pada eksperimen yang telah dilakukan, kalian telah merancang satu sel volta seng-tembaga. Sel elektrokimia ini dibuat dengan menghubungkan setengah sel seng dan setengah sel tembaga. Setengah sel elektrokimia adalah struktur yang terdiri dari elektrode konduktif yang dikelilingi oleh elektrolit konduktif. Contohnya, setengah sel seng terdiri atas plat logam seng (sebagai elektrode konduktif) yang dicelupkan dalam larutan seng sulfat (sebagai elektrolit konduktif). Bagaimana penjelasan dari hasil observasi eksperimen yang telah dilakukan?

Plat tembaga	Plat seng
Plat tembaga mengalami kenaikan massa. Ini berarti bahwa ion-ion $\text{Cu}^{2+}$ dari larutan tembaga sulfat terdeposisi pada plat tembaga.	Plat seng mengalami penurunan massa. Artinya, sebagian padatan Zn terlarut menjadi ion-ion $\text{Zn}^{2+}$ .

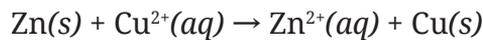


Reaksi: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$ (Reduksi)	Reaksi: $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}$ (Oksidasi)
Tempat berlangsungnya reaksi reduksi disebut katode	Tempat berlangsungnya reaksi oksidasi disebut anode.
Notasi: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}$ .	Notasi: $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

Kedua setengah reaksi ini dapat digabungkan untuk menghasilkan reaksi:



dengan menghilangkan elektron pada kedua sisi, dihasilkan persamaan reaksi total berikut:



### b. Notasi sel standar

Rancangan sel volta dapat dituliskan dengan lebih sederhana menggunakan notasi sel standar. Notasi sel standar untuk sel Zn-Cu:



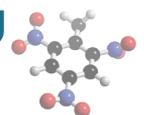
dimana,

tanda | adalah batas fasa antara padatan dan larutan

tanda || adalah jembatan garam

Pada notasi yang digunakan, setengah reaksi oksidasi pada anode dituliskan di sebelah kiri, sedangkan setengah reaksi reduksi pada katode dituliskan di sebelah kanan. Pada sel elektrokimia Zn-Cu, arus elektron mengalir melalui sirkuit eksternal dari elektrode seng dimana elektron dihasilkan menuju ke elektrode tembaga.

Pada sel seng-tembaga, terdapat larutan elektrolit yang berperan menghantarkan listrik. Larutan elektrolit yang digunakan adalah



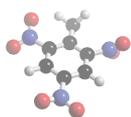
larutan seng sulfat dan larutan tembaga sulfat. Kedua larutan ini mengandung ion-ion bebas dan berperan sebagai penghantar listrik.

Jembatan garam berupa tabung U memiliki peran penting dalam sel elektrokimia ini. Pada setengah sel  $\text{Zn}(s)/\text{Zn}^{2+}(aq)$ , dihasilkan penumpukan muatan positif karena berlangsungnya reaksi oksidasi (menghasilkan  $\text{Zn}^{2+}$ ). Penumpukan muatan positif dalam larutan menyebabkan ketidakseimbangan muatan yang akan menyebabkan aliran elektron melalui sirkuit luar terhenti. Dengan adanya jembatan garam, ion-ion  $\text{SO}_4^{2-}$  (dari jembatan garam yang diisi larutan garam  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) akan mengalir ke sisi anode yang memiliki terlalu banyak ion-ion positif dan menetralkannya. Dengan demikian, jembatan garam berperan sebagai medium transfer yang menyuplai ion-ion yang dibutuhkan tanpa adanya pencampuran medium.

Hal yang menarik dari sel volta seng-tembaga adalah berlangsungnya reaksi kimia pada kedua elektrode yang menyebabkan adanya aliran elektron ke sirkuit luar. Artinya, pada sel elektrokimia ini, energi kimia dikonversi menjadi energi listrik. Sel volta seringkali disebut sebagai sel galvanik, sesuai dengan nama penemunya yaitu Luigi Galvani dan Alessandro Giuseppe Volta. Sel volta menghasilkan listrik dari reaksi kimia yang berlangsung pada dua plat logam yang memiliki perbedaan potensial reaksi. Apa yang dimaksud dengan perbedaan potensial reaksi? Konsep potensial reaksi akan dibahas pada Bagian D.

### c. Kegunaan dari sel volta

Prinsip kerja dari sel volta diaplikasikan untuk membuat baterai listrik. Pada beragam teknologi, baterai digunakan sebagai alat untuk menyimpan energi kimia yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik. Baterai telah banyak dikembangkan dari satu jenis atau beberapa jenis sel volta atau sel bahan bakar. Aplikasi baterai pada kehidupan sehari-hari amat luas, misalnya pada lampu senter, peralatan listrik rumah tangga, kamera digital, alat bantu dengar, dan jam digital.

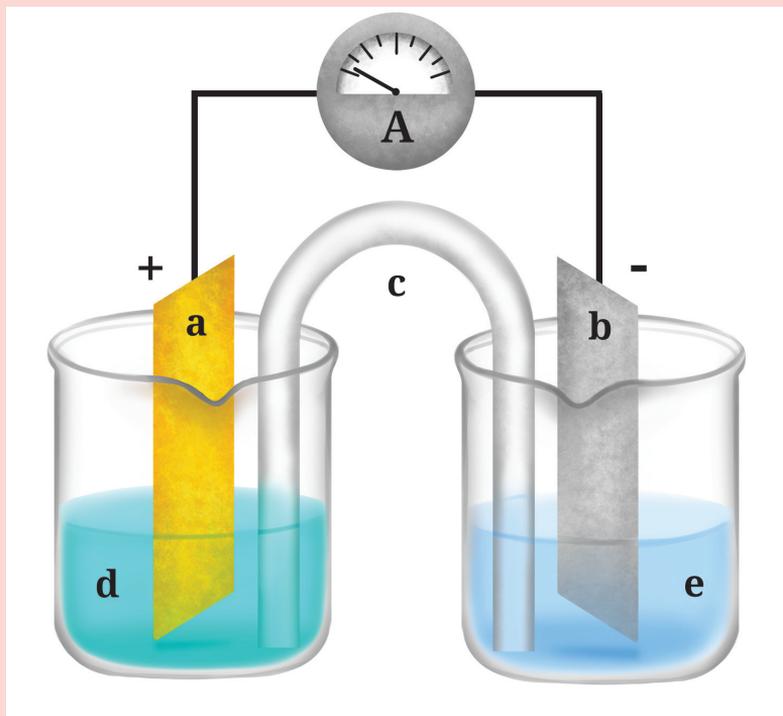




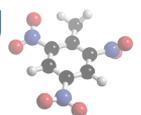
## Ayo Berlatih

Suatu sel volta terdiri dari: setengah sel elektrode Cr dengan larutan elektrolit  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  dan setengah sel elektrode Ag dengan larutan elektrolit  $\text{AgNO}_3$ . Sel volta dilengkapi dengan jembatan garam  $\text{KNO}_3$ . Dari pengukuran, diketahui bahwa elektrode Cr bermuatan negatif relatif terhadap elektrode Ag.

Lengkapi diagram sel volta pada Gambar 2.8. Ganti huruf a, b, c, d dan e dengan komponen-komponen elektrode, elektrolit dan jembatan garam yang sesuai. Kemudian, tuliskan reaksi pada masing-masing setengah sel dan reaksi keseluruhan. Lengkapi pula Gambar 2.8 dengan arah aliran elektron selama reaksi berlangsung.



Gambar 2.8 Sel Volta Ag-Cr



## 2. Sel elektrolisis

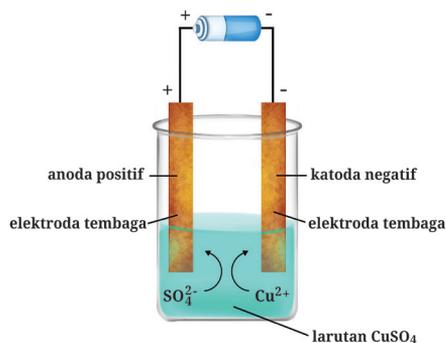
Pada bagian sebelumnya, kalian sudah mempelajari reaksi kimia yang melibatkan transfer elektron dan dimanfaatkan untuk menghasilkan arus listrik. Pada bagian ini, kita akan melihat apakah proses sebaliknya, dimana listrik yang dialirkan dari luar dapat dimanfaatkan untuk menjalankan reaksi kimia.

Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang menggunakan listrik untuk menjalankan reaksi kimia yang tidak spontan. Sel ini diaktivasi dengan mengaplikasikan potensial listrik ke sisi anode dan katode untuk ‘memaksa’ terjadinya reaksi kimia pada ion-ion yang terdapat dalam larutan elektrolit. Elektrolisis digunakan di berbagai industri manufaktur sebagai metode untuk memisahkan unsur-unsur dari suatu senyawa dengan cara melewatkan aliran listrik kepadanya.

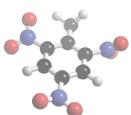
### Aktivitas 2.4

#### DEMONSTRASI ELEKTROLISIS LARUTAN TEMBAGA SULFAT

Guru kalian akan mendemonstrasikan elektrolisis larutan tembaga sulfat. Lakukan pengamatan demonstrasi secara berkelompok. Dua elektrode tembaga ditempatkan dalam larutan tembaga sulfat yang berwarna biru dan dihubungkan dengan sumber arus listrik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Diagram sel elektrolisis



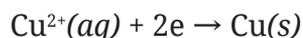
Jawablah pertanyaan berikut:

- Apa yang teramati di katode?
- Apa yang teramati di anode?
- Apa yang teramati pada larutan elektrolit?

Tuliskan reaksi yang terjadi di anode dan katode. Diskusikan jawaban kalian secara berkelompok, kemudian presentasikan di kelas.

### a. Elektrolisis larutan tembaga sulfat

Perhatikan kembali Gambar 2.9, pada katode yang bermuatan negatif, ion-ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang bermuatan positif akan mendekat. Ion-ion ini menarik elektron dan mengalami reduksi untuk menghasilkan logam tembaga. Logam tembaga kemudian terdeposisi pada katode Cu, sehingga katode ini mengalami penebalan. Setengah reaksi reduksi yang berlangsung pada sisi katode adalah:



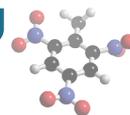
Pada anode yang bermuatan positif, logam tembaga teroksidasi membentuk ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Pada sisi ini, tembaga pada elektrode terlihat melarut. Setengah reaksi yang berlangsung pada sisi anode adalah:

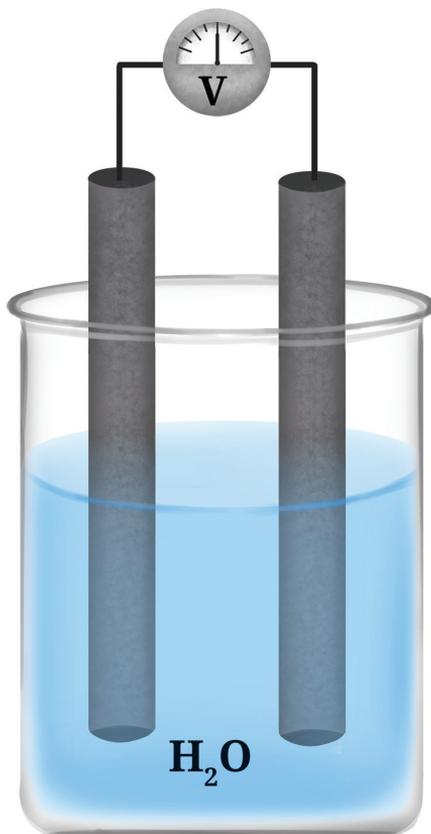


Jumlah tembaga yang terdeposisi pada katode mendekati jumlah tembaga yang larut pada anode, sehingga jumlah ion  $\text{Cu}^{2+}$  dalam larutan akan tetap dan warna larutan tidak berubah. Pada sel elektrolisis ini, sejumlah arus listrik digunakan untuk memecah  $\text{CuSO}_4$  menjadi logam Cu.

### b. Elektrolisis air

Air dapat mengalami elektrolisis untuk membentuk gas hidrogen dan gas oksigen, sesuai reaksi berikut:





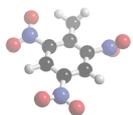
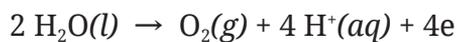
**Gambar 2.10** Elektrolisis air

Reaksi ini sangat penting karena menunjukkan bahwa gas hidrogen sebagai sumber energi masa depan dapat diperoleh dari air. Sel elektrolisis untuk reaksi ini terdiri dari dua elektrode (biasanya logam platina) yang dicelupkan dalam elektrolit dan dihubungkan dengan sumber listrik (Gambar 2.10).

Setengah reaksi reduksi yang berlangsung di katode adalah:



Setengah reaksi oksidasi yang berlangsung di anode adalah:





### MOBIL DENGAN BAHAN BAKAR AIR

**Sumber:** <https://www.motor1.com/news/855/japanese-company-creates-car-that-can-run-on-water/>



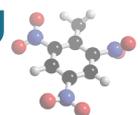
Sebuah perusahaan Jepang mengklaim telah berhasil menemukan suatu sistem sel bahan bakar yang menggunakan air untuk memperoleh gas hidrogen. Sebuah mobil mini berhasil dioperasikan menggunakan dua sistem sel, yaitu sel bahan bakar 120W dan 300W. Mobil mini ini mampu berjalan pada kecepatan 80 km/jam hanya menggunakan 1 L air, baik dari air laut, sungai maupun air hujan. Namun, artikel tersebut juga membahas berbagai fakta-fakta saintifik yang mengindikasikan berbagai masalah terkait mobil tersebut. Bacalah dengan teliti dan diskusikan masalah-masalah yang dibahas terkait penemuan mobil dengan bahan bakar air ini.

### 3. Perbandingan sel volta dan sel elektrolisis

Kalian telah mengetahui tentang sel volta dan sel elektrolisis. Ada beberapa perbedaan dari kedua sel elektrokimia ini dan perbedaan-perbedaan tersebut ditabulasikan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Perbandingan sel volta dan sel elektrolisis

Karakteristik	Sel volta	Sel elektrolisis
Logam yang digunakan sebagai elektrode	Digunakan dua buah logam yang memiliki perbedaan potensial reaksi	Digunakan logam yang sama sebagai katode dan anode
Muatan dari anode	negatif	positif
Muatan dari katode	positif	negatif



Larutan elektrolit	Larutan elektrolit berada dalam wadah terpisah yang dihubungkan oleh jembatan garam	Katode dan anode berada dalam elektrolit yang sama
Perubahan energi	Energi potensial kimia dari reaksi kimia dikonversi menjadi energi listrik	Aliran sumber listrik eksternal menyebabkan reaksi kimia berlangsung
Aplikasi	Baterai kering, aki mobil	elektrolisis air, pemisahan komponen menjadi senyawanya.



## Ayo Berpikir Kritis

Elektrolisis natrium klorida merupakan salah satu proses industri penting untuk menghasilkan produk-produk zat kimia komersial, seperti gas klorin dan logam natrium. Seorang ilmuwan kimia ingin mendapatkan logam natrium murni melalui proses elektrolisis natrium klorida. Berikut metode-metode yang diusulkan:

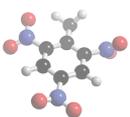
1. Elektrolisis larutan natrium klorida encer
2. Elektrolisis larutan natrium klorida pekat
3. Elektrolisis lelehan natrium klorida

Berikan analisis kalian terhadap ketiga metode tersebut. Manakah yang dapat kalian pilih?

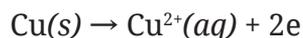
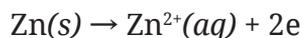
## D. Potensial elektrode standar

### 1. Mengukur potensial elektrode

Apabila sebuah voltmeter dihubungkan dengan sirkuit dari suatu sel elektrokimia, maka voltmeter akan menunjukkan angka tertentu. Angka yang ditampilkan ini menunjukkan perbedaan potensial antara dua buah setengah sel.

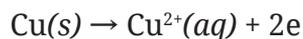
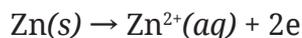


Setiap logam memiliki kereaktifan yang berbeda-beda. Ketika logam bereaksi, elektron dilepaskan dan ion positif dihasilkan. Beberapa logam bereaksi lebih mudah dibandingkan logam lainnya. Mari kita cermati dua reaksi berikut:



Apabila dibandingkan, seng bersifat lebih reaktif dari tembaga, karenanya seng lebih cenderung melepaskan elektron dan membentuk ion  $\text{Zn}^{2+}$  dalam larutan.

Mari kita tinjau kembali sel elektrokimia Zn-Cu yang telah dibahas sebelumnya (lihat Bagian C.1). Sel elektrokimia ini terbuat dari dua setengah sel, dimana reaksi yang berlangsung adalah:



Pada elektrode seng, logam seng kehilangan elektron dan membentuk ion  $\text{Zn}^{2+}$ . Elektron akan berkumpul pada logam seng, sedangkan ion  $\text{Zn}^{2+}$  akan berpindah ke dalam larutan.

Bagaimana dengan elektrode tembaga?

Situasi yang berbeda terjadi pada sisi elektrode tembaga. Tembaga kurang reaktif dibandingkan seng, sehingga lebih cenderung tetap sebagai logam tembaga dan bukan sebagai ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Pada elektrode tembaga, ion-ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang akan mengalami reduksi membentuk  $\text{Cu}(s)$ .

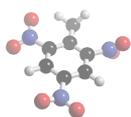
Apabila kita bandingkan kondisi di tiap-tiap setengah sel, terdapat perbedaan potensial diantara keduanya. Elektrode Zn lebih negatif dibandingkan elektrode Cu. Perbedaan potensial inilah yang menyebabkan elektron mengalir dari elektrode yang lebih negatif ke elektrode yang kurang negatif. Dengan demikian, terjadi aliran arus listrik yang terekam sebagai tegangan pada alat voltmeter.



Meskipun perbedaan potensial antara dua elektrode dapat terekam pada voltmeter, potensial elektrode dari satu logam tertentu tidak dapat ditentukan secara pasti. Padahal nilai potensial elektrode dari masing-masing elektrode dapat digunakan untuk menghitung perbedaan potensial antara dua elektrode. Dari kesulitan inilah, kemudian diperkenalkan nilai potensial elektrode standar, dimana potensial elektrode suatu logam dibandingkan secara relatif terhadap satu standar yang sama. Untuk keperluan ini, kita memerlukan **elektrode acuan standar**.

## 2. Potensial elektrode acuan standar

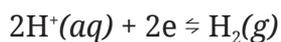
Konsep potensial elektrode standar dapat kalian pahami menggunakan analogi berikut. Pada suatu hari kalian pergi berenang dengan teman sekelas. Kalian melihat tiga orang sedang berdiri di kolam renang, sehingga hanya sebagian badan mereka yang terlihat. Kalian ingin membandingkan tinggi badan mereka. Maka, kalian dapat membandingkan tinggi badan mereka berdasarkan sebagian badan yang terlihat. Kalian dapat menentukan tinggi ketiga orang tersebut relatif terhadap tiang yang ada di sisi kolam renang. A memiliki tinggi 10 cm di bawah tiang, B memiliki tinggi 5 cm di bawah tiang, sedangkan C memiliki tinggi 5 cm di atas tiang. Meskipun kalian tidak memiliki tinggi absolut dari masing-masing orang, namun tinggi relatif yang diukur dapat menjadi acuan untuk mengurutkan tinggi dari ketiganya. Kita dapat simpulkan bahwa C paling tinggi, lebih tinggi 10 cm dari B dan 15 cm dari A. B memiliki tinggi diantara A dan C, tinggi B adalah 5 cm di atas A dan 10 cm di bawah C. A paling pendek diantara ketiganya (Lihat Gambar 2.11). Tiang berperan sebagai standar acuan untuk menentukan tinggi ketiganya.



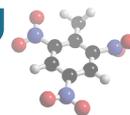


Gambar 2.11 Tinggi A, B dan C relatif terhadap tiang

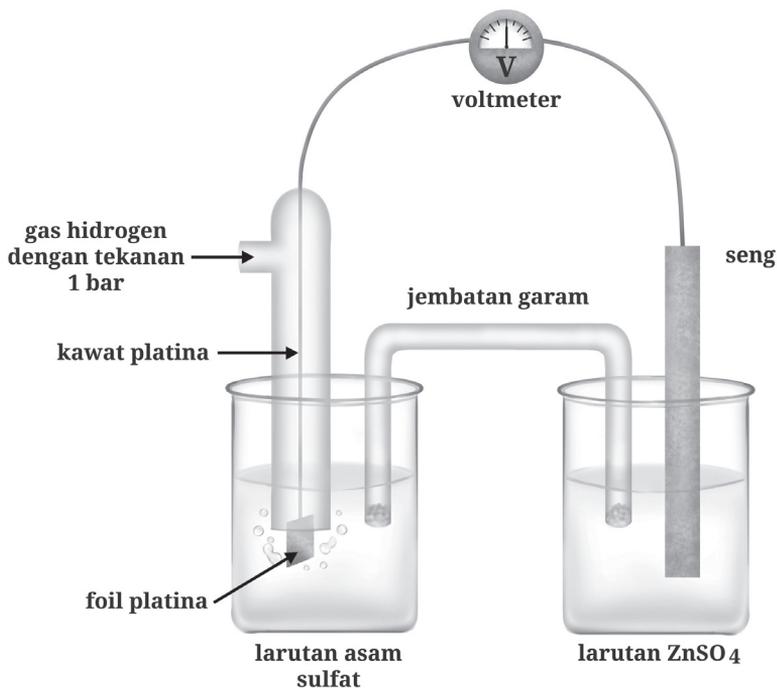
Dengan konsep yang sama, kita dapat membandingkan potensial elektrode satu logam terhadap logam lainnya. Elektrode acuan yang digunakan adalah **elektrode hidrogen standar**. Elektrode hidrogen standar adalah elektrode redoks yang menjadi dasar skala potensial oksidasi-reduksi. Potensial elektrode standar bagi elektrode hidrogen dianggap sama dengan nol pada semua suhu dan dijadikan acuan untuk perbandingan dengan elektrode lainnya. Reaksi redoks dari elektrode hidrogen adalah sebagai berikut. Pengukuran potensial elektrode standar dilakukan pada kondisi tekanan 1 atm, suhu 298 K dan konsentrasi 1 M.



Pada aplikasinya, elektrode hidrogen harus dirangkaikan dengan sistem elektrode yang akan dicari nilai potensial elektrodanya. Misalnya, untuk menentukan potensial elektrode dari seng, kalian harus menghubungkan setengah sel seng dengan elektrode hidrogen, seperti pada Gambar 2.12. Saat setengah sel Zn dihubungkan dengan elektrode hidrogen, Zn cenderung membentuk ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan melepaskan elektron. Elektrode Zn akan bermuatan lebih negatif karena elektron

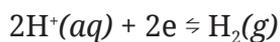
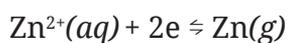


yang dilepaskan saat Zn teroksidasi menyebabkan akumulasi elektron pada elektrode Zn.



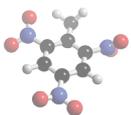
**Gambar 2.12** Penentuan potensial elektrode Zn menggunakan elektrode standar hidrogen

Kesetimbangan reaksi Zn dan gas hidrogen dapat dituliskan sebagai berikut.

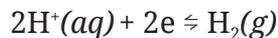
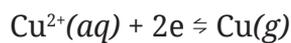


Kesetimbangan reaksi pada elektrode Zn mengarah ke kiri yaitu pada pembentukan ion  $\text{Zn}^{2+}$ , sedangkan kesetimbangan reaksi pada elektrode hidrogen mengarah ke kanan, yaitu pada pembentukan gas hidrogen. Voltmeter mengukur perbedaan potensial antara kedua elektrode tersebut, dan menghasilkan nilai 0,76 V. Zn merupakan elektrode yang bermuatan lebih negatif, karena banyaknya elektron yang terakumulasi.

Bagaimana saat setengah sel Zn diganti dengan tembaga (Cu)?



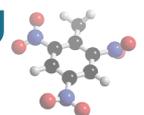
Tembaga memiliki kecenderungan yang lebih kecil untuk menghasilkan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dibandingkan dengan hidrogen. Dengan demikian elektrode hidrogen yang akan mengalami oksidasi dan melepaskan elektron. Hidrogen akan lebih bermuatan negatif dibandingkan dengan Cu.



Voltmeter akan menunjukkan nilai perbedaan potensial sebesar 0,34 V dan Cu berperan sebagai elektrode yang positif karena memiliki elektron yang lebih sedikit. Nilai-nilai voltase yang ditunjukkan pada rangkaian setengah sel Zn dan Cu saat dihubungkan dengan elektrode standar hidrogen adalah **potensial elektrode standar** bagi Zn dan Cu. Perlu dipahami bahwa nilai potensial elektrode standar ini bukanlah nilai absolut, namun merupakan nilai relatif terhadap elektrode hidrogen standar yang dianggap sama dengan nol.

Berdasarkan kesepakatan konvensi, elektrode hidrogen ditulis di sebelah kiri dari sel, sedangkan tanda voltase yang diperoleh pada voltmeter merupakan tanda bagi elektrode logam tersebut. Dengan demikian, potensial elektrode Zn adalah  $-0,76$  V, sedangkan potensial elektrode Cu adalah  $+0,34$  V. Dapat disimpulkan bahwa logam dengan nilai potensial elektrode standar negatif adalah logam yang mudah membentuk ion. Semakin negatif nilai potensial elektrodanya, semakin mudah logam tersebut membentuk ion. Sebaliknya, apabila logam memiliki nilai potensial elektrode positif, maka logam tersebut tidak mudah membentuk ion. Potensial elektrode standar untuk berbagai logam sudah diukur menggunakan cara ini dan hasilnya dapat kalian lihat pada Tabel 2.2.

Dapat kalian amati bahwa logam-logam di bagian atas memiliki nilai potensial elektrode standar negatif. Hal ini berarti bahwa logam-logam ini mudah membentuk ion dan melepaskan elektron. Artinya, logam-logam ini mudah teroksidasi dan merupakan agen pereduksi yang baik.



Logam-logam di bagian bawah memiliki nilai potensial elektrode positif, berarti logam-logam ini bersifat penerima elektron. Logam-logam ini mudah mengalami reduksi dan merupakan agen pengoksidasi yang baik. Dapat kita simpulkan bahwa pada Tabel 2.2, semakin ke atas maka kemampuan mereduksi logam akan meningkat, sedangkan dari atas ke bawah kemampuan mengoksidasi akan meningkat.

**Tabel 2.2** Potensial elektrode standar

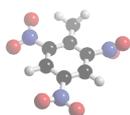
Reaksi Reduksi Logam					E° (volt)
K <sup>+</sup>	+	e <sup>-</sup>	→	K	-2,92
Ba <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Ba	-2,90
Ca <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Ca	-2,87
Na <sup>+</sup>	+	e <sup>-</sup>	→	Na	-2,71
Mg <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Mg	-2,37
Al <sup>3+</sup>	+	3 e <sup>-</sup>	→	Al	-1,66
Mn <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Mn	-1,18
2 H <sub>2</sub> O	+	2 e <sup>-</sup>	→	H <sub>2</sub> + 2 OH <sup>-</sup>	-0,83
Zn <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Zn	-0,76
Cr <sup>3+</sup>	+	3 e <sup>-</sup>	→	Cr	-0,71
Fe <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Fe	-0,44
Cd <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Cd	-0,40
Co <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Co	-0,28
Ni <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Ni	-0,25
Sn <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Sn	-0,14
Pb <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Pb	-0,13
2 H <sup>+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	H <sub>2</sub>	0,00
Sn <sup>4+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Sn <sup>2+</sup>	+0,13
Bi <sup>3+</sup>	+	3 e <sup>-</sup>	→	Bi	+0,30
Cu <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Cu	+0,34
Ag <sup>+</sup>	+	e <sup>-</sup>	→	Ag	+0,80
Pt <sup>2+</sup>	+	2 e <sup>-</sup>	→	Pt	+1,20
Au <sup>3+</sup>	+	3 e <sup>-</sup>	→	Au	+1,50

### 3. Penggunaan data potensial elektrode standar

#### a. Menghitung potensial sel elektrokimia

Data potensial elektrode standar dapat dimanfaatkan untuk menghitung gaya gerak listrik (GGL) dari sel elektrokimia. Untuk menghitung GGL dari suatu sel elektrokimia, kalian dapat menggunakan beberapa persamaan berikut.

$$E^{\circ}_{(\text{sel})} = E^{\circ}_{(\text{kanan})} - E^{\circ}_{(\text{kiri})}$$



Istilah 'kanan' berarti elektrode yang di sebelah kanan pada notasi sel standar (lihat kembali subbab sel volta Zn-Cu), sedangkan 'kiri' merujuk pada setengah reaksi yang dituliskan di sebelah kiri notasi sel standar. Persamaan di atas dapat juga dituliskan sebagai berikut.

$$E^{\circ}_{(sel)} = E^{\circ}_{(setengah\ reaksi\ reduksi)} - E^{\circ}_{(setengah\ reaksi\ oksidasi)}$$

$$E^{\circ}_{(sel)} = E^{\circ}_{(agen\ pengoksidasi)} - E^{\circ}_{(agen\ pereduksi)}$$

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

Dengan demikian, untuk sel Zn-Cu, GGL dapat dihitung sebagai berikut.

$$E^{\circ}_{(sel)} = 0,34 - (-0,76)$$

$$E^{\circ}_{(sel)} = 1,10\ V$$



### Contoh Soal

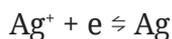
Pada reaksi elektrokimia di bawah ini:



Tuliskan notasi sel standar dan hitunglah potensial sel dari sel elektrokimia tersebut.

### Jawaban

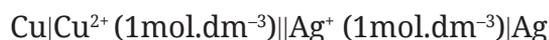
**Langkah 1:** tuliskan persamaan setengah reaksi yang terlibat menggunakan data potensial elektrode standar.



**Langkah 2:** tentukan reaksi yang berlangsung di katode dan anode

Kedua potensial elektrode memiliki nilai positif, namun perak memiliki nilai lebih besar. Artinya, perak tidak mudah mengion dibandingkan dengan tembaga. Dengan demikian, tembaga akan mengalami reaksi oksidasi membentuk ion tembaga, sedangkan perak mengalami reaksi reduksi. Tembaga adalah anode dan perak adalah katode.

**Langkah 3:** tuliskan notasi standar sel.



**Langkah 4:** hitung potensial sel

$$E^o_{(sel)} = E^o_{(katoda)} - E^o_{(anoda)}$$

$$E^o_{(sel)} = +0,8 - (+0,34)$$

$$E^o_{(sel)} = +0,46 \text{ V}$$

### SOAL LATIHAN

Hitunglah potensial sel dan tuliskan notasi sel standar dari sel elektrokimia dengan reaksi total sebagai berikut.



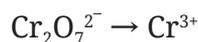
#### b. Menyetarakan reaksi redoks

Konsep setengah reaksi dapat digunakan untuk menyetarakan persamaan reaksi redoks seperti pada contoh berikut.

Misalnya untuk reaksi berikut yang berlangsung pada media asam.

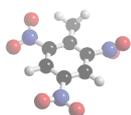


**Langkah 1:** tuliskan setengah reaksi oksidasi



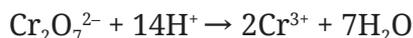
**Langkah 2:** setarakan jumlah atom di kedua sisi.

Kalian harus mengalikan sisi kanan dengan 2, sehingga jumlah atom Cr setara. Untuk menyetarakan jumlah atom oksigen, tambahkan molekul air ke sisi kanan.





Sekarang jumlah atom oksigen sudah setara, namun jumlah atom hidrogen belum setara. Kalian harus menambahkan ion hidrogen ke sisi kiri.

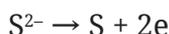


**Langkah 3:** Setelah semua atom setara, periksa kesetaraan muatan.

Muatan di sisi kiri adalah  $(-2 + 14) = +12$ , namun muatan di sisi kanan adalah  $+6$ . Untuk menyetarakan, enam elektron ditambahkan ke sisi kiri.

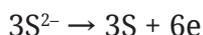


**Langkah 4:** Lakukan langkah 1-3 untuk setengah reaksi reduksi.

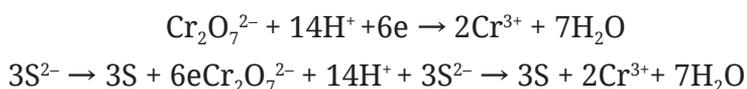


**Langkah 5:** Kalikan setengah reaksi yang setara dengan angka tertentu, sehingga jumlah elektron pada setengah reaksi oksidasi sama dengan setengah reaksi reduksi.

Kalian dapat mengalikan setengah reaksi reduksi dengan 3, sehingga jumlah elektronnya sama dengan setengah reaksi oksidasi.



**Langkah 6:** Jumlahkan kedua setengah reaksi untuk mendapatkan reaksi total.



Langkah 7: Periksa kembali kesetaraan reaksi.

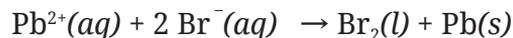
---

### c. Memprediksi reaksi-reaksi elektrokimia spontan

Selain untuk menghitung potensial sel, data potensial elektrode standar dapat digunakan untuk memprediksi apakah suatu reaksi elektrokimia akan berlangsung spontan atau tidak spontan.



Perhatikan reaksi berikut.



Setengah reaksi yang terlibat berikut nilai potensial elektrode standarnya adalah sebagai berikut.

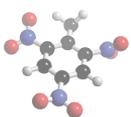


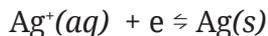
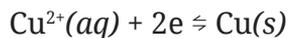
Perhatikan nilai potensial elektrode untuk setengah reaksi Pb, tanda negatif menandakan bahwa timbal mudah kehilangan elektron untuk membentuk ion timbal. Artinya, timbal mudah mengalami oksidasi. Maka, reaksi ini akan cenderung berlangsung dari kanan ke kiri. Namun pada reaksi total, terlihat bahwa reaksi sebaliknya yang terjadi, dimana ion  $\text{Pb}^{2+}$  direduksi menjadi Pb. Dapat kita simpulkan bahwa setengah reaksi ini tidak spontan. Di sisi lain, potensial elektrode bromin yang bernilai positif menandakan bahwa bromin mudah tereduksi, artinya reaksi cenderung berlangsung dari kiri ke kanan. Kembali kita amati bahwa pada reaksi total posisi bromin terbalik, sehingga reaksi ini juga tidak spontan. Kalian dapat menyimpulkan bahwa reaksi elektrokimia tersebut tidak spontan.

Cara lain untuk memprediksi apakah suatu reaksi akan berlangsung spontan atau tidak spontan adalah dengan menghitung potensial sel dan melihat nilainya. Apabila potensial sel berharga positif, maka reaksi adalah spontan. Sebaliknya, apabila potensial sel bernilai negatif, maka reaksi tersebut tidak spontan.



Menggunakan Tabel 2.2, tentukanlah reaksi mana yang akan berlangsung di katode dan anode pada sel volta Cu-Ag. Diketahui reaksi setengah sel berikut:





### Petunjuk

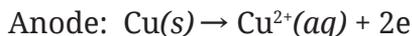
Katode adalah tempat berlangsungnya reaksi reduksi, sedangkan anode adalah tempat berlangsungnya reaksi oksidasi. Untuk menentukan reaksi yang terjadi pada elektrode Cu dan Ag, ikuti langkah berikut.

Langkah 1: Tentukan potensial elektrode bagi masing-masing logam.

Pada Tabel 2.2 dapat kalian cermati bahwa potensial elektrode untuk tembaga adalah +0,34 V, sedangkan perak adalah +0,80 V.

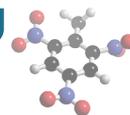
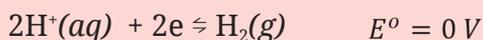
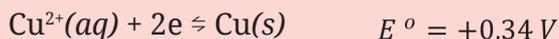
Langkah 2: Gunakan data potensial elektrode untuk menentukan logam mana yang akan mengalami oksidasi dan reduksi.

Kedua logam memiliki nilai potensial elektrode positif, namun perak memiliki nilai potensial elektrode yang lebih besar. Ini berarti bahwa perak lebih sulit menjadi ion dibandingkan dengan tembaga, karena cenderung mengalami reduksi. Dengan demikian, tembaga akan mengalami oksidasi untuk membentuk ion dan melepaskan elektron. Tembaga merupakan setengah reaksi oksidasi terjadi di anode, sedangkan perak adalah setengah reaksi reduksi terjadi di katode. Jadi, reaksi yang terjadi:



### Ayo Berlatih

Prediksikan apakah logam tembaga akan bereaksi dengan asam sulfat encer. Gunakan persamaan reaksi berikut.

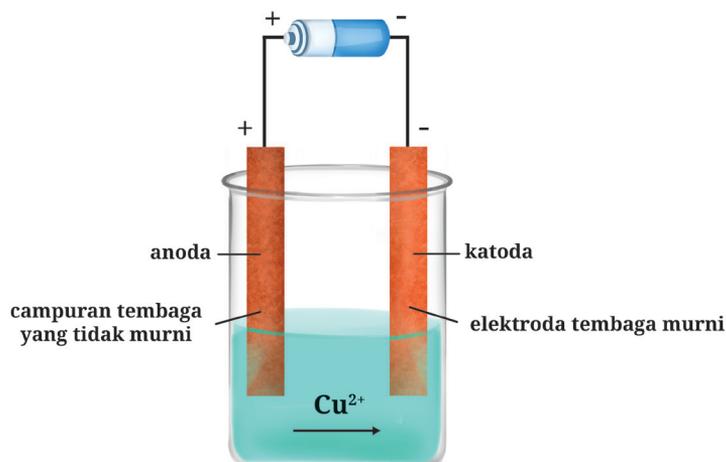


## E. Aplikasi elektrokimia

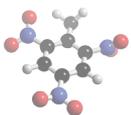
Elektrokimia merupakan salah satu cabang ilmu kimia yang memiliki aplikasi yang luas, terutama di sektor industri. Berikut adalah contoh aplikasi elektrokimia dalam keseharian.

### 1. Pelapisan logam

Pelapisan logam, atau dikenal pula dengan istilah *electroplating*, adalah proses penggunaan arus listrik untuk melapisi objek yang bersifat konduktif terhadap listrik dengan lapisan tipis logam. Aplikasi ini banyak dimanfaatkan untuk melapisi suatu bahan agar menghasilkan karakteristik bahan yang lebih baik dari semula (misalnya menjadi tahan lama, tahan terhadap abrasi, anti-korosi, atau untuk meningkatkan estetika benda). Teknik ini juga seringkali digunakan untuk mendapatkan logam murni dari campuran logam, misalnya pada pemurnian tembaga. Tembaga adalah salah satu logam yang banyak dimanfaatkan pada industri kelistrikan, yaitu sebagai bahan kabel listrik. Satu masalah yang seringkali dihadapi adalah rendahnya kemurnian tembaga saat ditambang. Padahal untuk menjadi penghantar arus listrik yang baik, tembaga harus murni. Teknik *electroplating* digunakan untuk mendapatkan tembaga murni dari campuran tembaga, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.

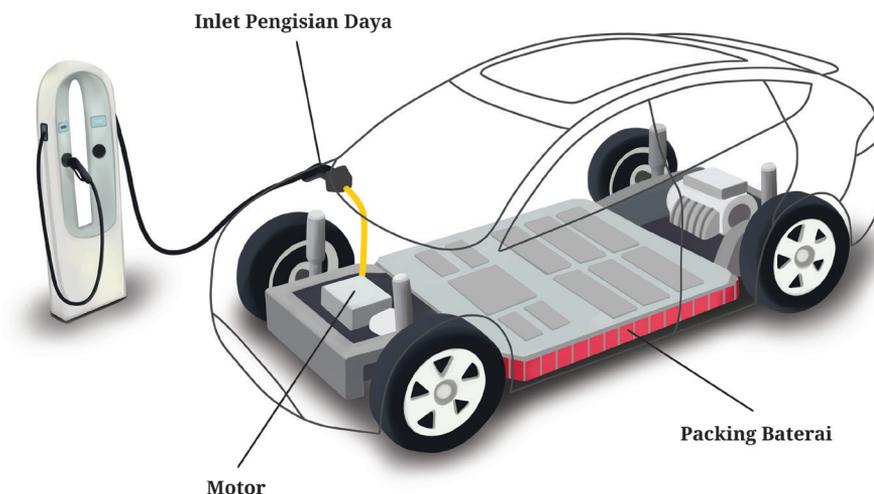


Gambar 2.13 Diagram pemurnian campuran tembaga untuk memperoleh tembaga murni



## 2. Mobil listrik

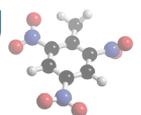
Komponen paling penting dari mobil listrik adalah baterai yang digunakannya. Baterai yang dipakai pada mobil listrik adalah baterai dengan daya yang dapat diisi ulang (Gambar 2.14). Baterai ini mengadopsi sel elektrokimia yang dapat mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik, dan sebaliknya. Kinerja baterai sangat bergantung pada material penyusunnya.



Gambar 2.14 Contoh disain baterai mobil listrik

Baterai pada mobil listrik dirancang untuk memberikan daya yang cukup untuk menunjang keseluruhan operasi mobil, seperti *starter*, pencahayaan dan ignisi. Baterai ini harus mampu bekerja pada jangka waktu yang cukup lama, memiliki kapasitas daya besar, dan ringan.

Salah satu baterai yang banyak digunakan pada mobil listrik modern adalah litium-ion (Li-ion) dan polimer litium. Jenis baterai lainnya adalah nikel-kadmium, timbal-asam, dan nikel-hidrida logam. Besaran energi listrik yang tersimpan dalam baterai mobil listrik diukur dalam satuan ampere-jam atau coulomb, dengan total energinya dinyatakan sebagai kilowatt-jam (kWh). Apabila harga bahan bakar minyak (BBM) dibandingkan dengan konsumsi listrik dari mobil listrik, kisaran



harga energi listrik yang terpakai masih lebih murah dibandingkan dengan konsumsi BBM dari mobil konvensional. Artinya, selain ramah lingkungan karena tiadanya emisi buangan karbon, mobil listrik memiliki efisiensi energi yang tinggi.

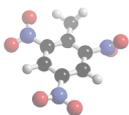
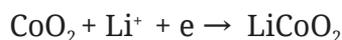
#### a. Baterai Litium-ion

Baterai Li-ion awalnya dikembangkan untuk digunakan pada laptop dan barang elektronik lainnya. Baterai ini memiliki densitas energi besar dan waktu operasional panjang. Baterai Li-ion yang digunakan umumnya terdiri atas beberapa sel individu yang dihubungkan satu sama lain. Setiap sel individu terdiri atas katode, anode dan larutan elektrolit.

Seperti halnya baterai alkaline biasa, baterai Li-ion menghasilkan listrik dari pergerakan ion-ion nya. Litium merupakan unsur yang sangat reaktif. **Bisakah kalian mengecek kembali nilai potensial elektrode dari Litium untuk mengkonfirmasi ini?** Baterai ini tidak menggunakan unsur litium sebagai elektrode karena sangat reaktif, sehingga digunakan bentuk oksida logamnya, misalnya  $\text{LiCoO}_2$ . Oksida logam inilah yang akan menyuplai ion litium. Oksida logam litium digunakan sebagai katode dan karbon-litium digunakan sebagai anode. Karbon merupakan material yang dapat memerangkap ion litium, atau disebut sebagai interkalasi. Interkalasi adalah penyisipan sesuatu molekul pada molekul lainnya yang lebih besar secara reversibel.

#### Reaksi pada katode

Pada katode, terjadi reaksi reduksi. Oksida logam litium bereaksi dengan ion-ion litium untuk membentuk  $\text{LiCoO}_2$ . Setengah reaksi yang terjadi pada katode:



### Reaksi pada anode

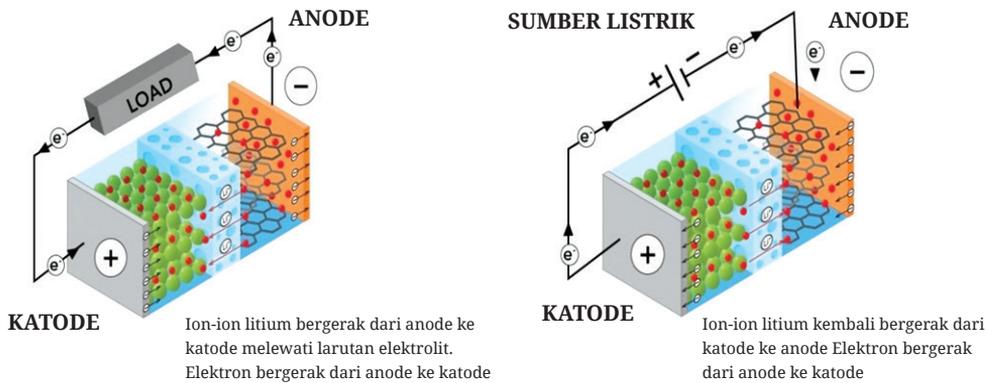
Pada anode, terjadi reaksi oksidasi. Litium yang mengalami interkalasi pada karbon sebagai senyawa  $\text{LiC}_6$  terurai kembali menjadi grafit ( $\text{C}_6$ ) dan ion litium. Setengah reaksi pada anode:



### Reaksi keseluruhan adalah:

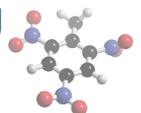


Reaksi ke arah kanan terjadi saat penggunaan baterai, sedangkan reaksi ke arah kiri terjadi saat pengisian daya (Gambar 2.15).



**Gambar 2.15** Cara kerja baterai Li-ion saat pemakaian dan pengisian daya  
© 2019 Let's Talk Science based on an image by ser\_igor via iStockphoto)

Pada baterai Li-ion, ion-ion litium terikat pada bahan anode. Ketika dioperasikan, ion-ion litium akan teroksidasi, dilepaskan dari anode yang bermuatan negatif dan melepaskan elektron. Ion litium yang dilepaskan akan masuk ke larutan elektrolit dan mengalami interkalasi pada katode yang bermuatan positif. Setelah daya baterai habis, baterai Li-ion harus diisi ulang. Pada kondisi ini, ion-ion litium terikat pada katode. Baterai dapat diisi daya dengan cara mengalirkan listrik sehingga elektron mengalir ke katode, menyebabkan ion-ion litium bergerak kembali dari katode ke anode.





## Aktivitas 2.5

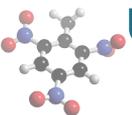
### FENOMENA MOBIL LISTRIK (PROBLEM BASED LEARNING)

Kalian akan bermain peran sebagai seorang ahli lingkungan junior yang bekerja pada suatu lembaga organisasi lingkungan hidup. Kalian memiliki misi untuk meningkatkan kualitas lingkungan dengan cara mengurangi emisi kendaraan bermotor. Kalian ditugasi untuk membuat laporan kajian oleh atasan berisi analisis keunggulan dan kelemahan dari mobil listrik sebagai alternatif dari mobil dengan bahan bakar bensin. Kalian diminta mengkaji fenomena mobil listrik dari berbagai sisi, yaitu sisi sains kimia (elektrokimia), teknologi, ekonomi, lingkungan dan masyarakat. Gunakan semua sumber bacaan, baik dari buku teks maupun dari sumber eksternal, yang dapat kalian temukan. Apabila kalian menggunakan sumber *online*, pastikan kalian menggunakan sumber bacaan pada situs-situs terpercaya. Buatlah laporan kajian ini secara berkelompok.



### Inti Sari

Pada bab elektrokimia, kalian telah mempelajari tentang konsep elektrolit, reaksi redoks, sel elektrokimia dan aplikasinya dalam keseharian. Reaksi elektrokimia adalah reaksi yang menghasilkan arus listrik atau reaksi yang membutuhkan arus listrik agar dapat berlangsung. Pada sel volta, reaksi kimia menghasilkan arus listrik melalui sirkuit luar yang dapat dimanfaatkan, misalnya pada sel Zn-Cu.



Pada sel volta, terdapat dua elektrode yang dipisahkan pada dua gelas kimia berisi larutan elektrolit. Kedua elektrode ini dihubungkan dengan jembatan garam. Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang menggunakan arus listrik untuk menjalankan reaksi tidak spontan. Contoh sel elektrolisis adalah pada pembuatan ion tembaga dan ion sulfat dari padatan tembaga sulfat. Tiap-tiap logam memiliki potensial reaksi yang berbeda. Potensial reaksi logam pada dasarnya adalah kemampuan logam tersebut untuk membentuk ion.

Potensial reaksi dinyatakan sebagai potensial elektrode standar dimana semakin negatif nilainya maka semakin besar kecenderungan logam untuk teroksidasi. Semakin positif nilai potensial elektrode standar, maka semakin besar kecenderungan logam tersebut untuk mengalami reduksi. Sel elektrokimia banyak dimanfaatkan dalam industri, diantaranya pada pelapisan logam dan baterai.

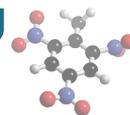


## Ayo Cek Pemahaman

### Bagian I. Pilihan Berganda

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat

1. Manakah dari reaksi berikut yang dikategorikan sebagai reaksi redoks?
  - A.  $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$
  - B.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
  - C.  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$
  - D.  $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
  - E.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$



2. Untuk persamaan reaksi berikut:

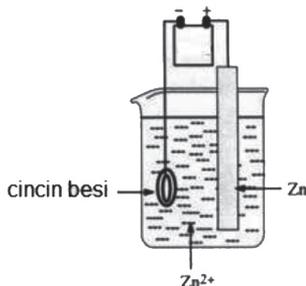


Manakah yang merupakan setengah reaksi reduksi?

- A.  $\text{Cr}(s) + 3e \rightarrow \text{Cr}^{3+}(aq)$
  - B.  $\text{Cr}(s) \rightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + 3e$
  - C.  $\text{Pb}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Pb}(s) + 2e$
  - D.  $\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e \rightarrow \text{Pb}(s)$
  - E.  $\text{Cr}(s) + 2e \rightarrow \text{Pb}^{2+}(aq)$
3. Katode dan anode adalah komponen penting dalam sel elektrokimia. Manakah pernyataan yang benar tentang katode?
- A. Katode adalah tempat berlangsungnya reaksi oksidasi
  - B. Elektron bergerak menuju ke arah katode
  - C. Katode selalu memiliki tanda negatif
  - D. Katode terbuat dari material non-konduktif
  - E. Katode merupakan elektrode yang dapat menghasilkan arus listrik
4. Konduktivitas dari larutan elektrolit disebabkan oleh...
- A. Aliran bebas elektron
  - B. Pergerakan ion-ion
  - C. Adanya senyawa terlarut
  - D. Pelarut yang bersifat polar
  - E. Adanya air dalam larutan



5. Suatu cincin besi dilapisi dengan logam Zn menggunakan sel alat seperti pada gambar. Manakah pernyataan yang benar?

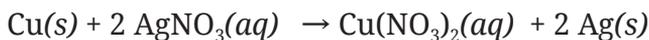


- A. Sel di samping adalah sel volta, dimana reaksi berlangsung spontan
- B. Sel di samping adalah sel volta, dimana reaksi berlangsung tidak spontan
- C. Sel di samping adalah sel elektrolisis, dimana reaksi berlangsung spontan
- D. Sel di samping adalah sel elektrolisis, dimana reaksi berlangsung tidak spontan
- E. Sel di samping bukan sel volta maupun elektrolisis.

## Bagian II Essay

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan benar

1. Reaksi berikut berlangsung pada suatu sel elektrokimia:



- Gambarkan rancangan sel elektrokimia yang dihasilkan
  - Tuliskan setengah reaksi yang terjadi
  - Logam mana yang berperan sebagai anode? Mengapa?
  - Tentukan potensial sel standar bagi sel elektrokimia tersebut.
2. Diantara unsur-unsur berikut, manakah yang memiliki kecenderungan untuk teroksidasi: Zn, Li dan S. Jelaskan jawabanmu.
3. Diantara logam-logam berikut: Al, Na, Cu dan Ag. Logam manakah yang tidak dapat diperoleh melalui elektrolisis dari larutan garamnya? Jelaskan alasanmu!





## Ayo Refleksi

Setelah mempelajari Bab 2 tentang elektrokimia pilihlah respon yang paling sesuai untuk pertanyaan berikut.

No.	Pertanyaan	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1	Apakah kalian memahami reaksi redoks dan karakteristiknya?		
2	Apakah kalian memahami jenis sel elektrokimia dan rancangannya?		
3	Apakah kalian memahami peran elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari?		
4	Apakah kalian tertarik mendalami aplikasi elektrokimia di bidang industri dan teknologi?		



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022  
Kimia untuk SMA/MA Kelas XII  
Penulis : Galuh Yuliani, dkk  
ISBN : 978-602-427-968-4 (jil.2)



Bab



## GUGUS FUNGSI DALAM SENYAWA KARBON



---

Setelah mempelajari bab ini, kalian akan mampu memahami pentingnya senyawa organik, mampu menjelaskan sifat fisika dan kimia, reaksi, dan kegunaan senyawa organik, serta mampu menerapkan tata nama senyawa organik.

---

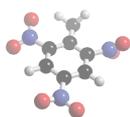
## Mind Map



Kalian pasti pernah mengonsumsi obat-obatan saat sakit. Dokter akan membuat resep obat untuk meredakan gejala penyakit yang diderita pasien. Apakah kalian pernah mengecek kemasan obat yang kita konsumsi? Senyawa apa yang terdapat dalam obat yang dikonsumsi? Dari mana senyawa-senyawa obat tersebut diperoleh?

Jika kita perhatikan, kemasan obat menampilkan informasi mengenai senyawa yang terdapat dalam obat tersebut berikut khasiat dan efek sampingnya. Misalnya, senyawa yang terkandung dalam obat pereda nyeri berbeda dengan obat antibiotik. Begitu pula senyawa dalam obat anti-alergi berbeda dengan obat pereda demam.

Tahukah kalian bahwa senyawa dalam obat-obatan yang kita konsumsi adalah senyawa karbon? Selain digunakan sebagai senyawa obat, apakah



ada kegunaan lain dari senyawa-senyawa karbon? Pada bab ini, kita akan mempelajari karakteristik senyawa karbon yang ada di sekitar kita.



### Aktivitas 3.1

Senyawa aktif yang dapat dimanfaatkan untuk mengobati penyakit dapat diperoleh dengan beberapa cara. Untuk mengetahui hal tersebut, mari kita simak artikel berikut!

"<https://www.republika.co.id/berita/r97b7d383/pemerintah-dorong-industri-farmasi-optimalkan-produksi-obat-di-dalam-negeri>"



## A. Senyawa Organik Tersusun atas Rantai Karbon

Pada Bab 4 Buku Kimia kelas XI, kalian telah mempelajari struktur dan sifat senyawa hidrokarbon. Hidrokarbon merupakan senyawa karbon paling sederhana karena hanya tersusun dari atom hidrogen dan karbon. Senyawa tersebut umumnya ditemukan sebagai komponen minyak bumi dan terbentuk dari material penyusun makhluk hidup yang telah melewati proses termal dan fisik di bawah permukaan bumi. Oleh sebab itu, hidrokarbon digolongkan pula sebagai senyawa organik.

Secara umum, senyawa yang berasal dari makhluk hidup digolongkan sebagai **senyawa organik**. Saat ini telah dikenal lebih dari 9 juta senyawa kimia dan 80% di antaranya adalah senyawa organik.

Akan tetapi, apakah senyawa organik hanya tersusun dari karbon dan hidrogen? Unsur apa saja yang terdapat dalam senyawa organik? Mari kita diskusikan secara berkelompok!





## Aktivitas 3.2

Diskusikanlah hal-hal berikut ini dalam kelompok!

- Senyawa apa saja yang menyusun tubuh makhluk hidup?
- Manakah yang merupakan senyawa organik dan manakah yang bukan merupakan senyawa organik?
- Unsur apa saja yang menyusun senyawa organik dalam tubuh makhluk hidup?
- Catat hasil diskusi tersebut kemudian diskusikan dengan gurumu!



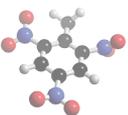
## Ayo Berlatih

Kerjakan soal-soal berikut ini

- Apa yang dimaksud dengan senyawa organik?
- Gambarkan struktur senyawa organik penyusun tubuh makhluk hidup!

## B. Gugus Fungsi sebagai Pusat Aktif pada Senyawa Organik

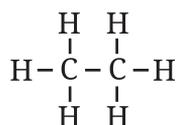
Karbon dan hidrogen adalah penyusun utama senyawa organik. Namun demikian, beberapa kelompok senyawa organik mengandung atom elektronegatif seperti oksigen, nitrogen, belerang, fosfor, halogen, bahkan logam. Atom-atom tersebut biasanya terikat langsung pada atom karbon. Hal ini menyebabkan adanya perubahan kepolaran dari atom karbon yang mengikat atom elektronegatif tersebut. Perubahan kepolaran ini mengakibatkan karakteristik ikatan di sekitar atom karbon tersebut berubah jika dibandingkan saat atom karbon tersebut masih berikatan dengan hidrogen. Untuk dapat memahami hal tersebut, mari kita ingat kembali materi terkait ikatan kimia yang telah kalian pelajari di kelas XI!



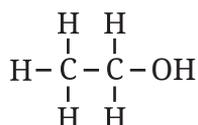


### Aktivitas 3.3

Berikut adalah struktur etana dan etanol, diskusikanlah hal-hal berikut dalam kelompok!



Etana



Etanol

Senyawa mana yang lebih polar?

Apa yang menyebabkan senyawa tersebut bersifat lebih polar?

Senyawa mana yang memiliki titik didih lebih tinggi?

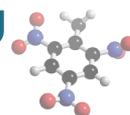
Apa yang menyebabkan senyawa tersebut memiliki titik didih lebih tinggi?

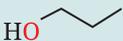
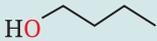
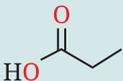
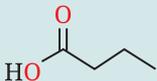
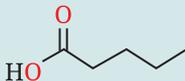
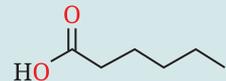
Catat hasil diskusi tersebut kemudian diskusikan dengan gurumu!

Sifat fisika dan kimia suatu senyawa berubah akibat adanya atom karbon yang mengikat atom elektronegatif, jika dibandingkan dengan hidrokarbon yang bersesuaian. Mari kita perhatikan Tabel 3.1! Tabel 3.1 memperlihatkan data titik didih beberapa senyawa organik dengan jumlah atom karbon yang sama. Secara umum, senyawa-senyawa pada kelompok yang sama memiliki titik didih meningkat seiring dengan penambahan jumlah karbon.

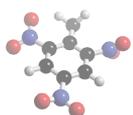
**Tabel 3.1** Titik didih beberapa senyawa organik

Alkana				
Titik Didih (°C)	-42	-1	36	69



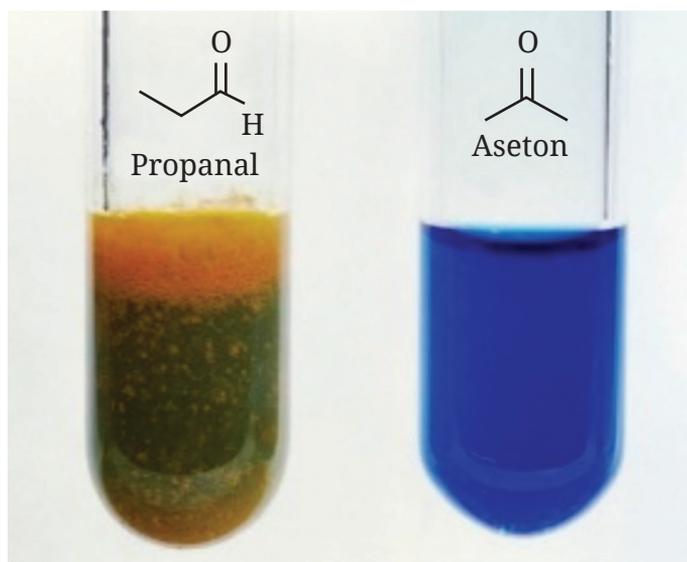
Alkohol				
Titik Didih (°C)	97	118	138	157
Asam karboksilat				
Titik Didih (°C)	141	164	186	205
Eter				
Titik Didih (°C)	-24	35	90	

Pentana yang memiliki 5 atom karbon memiliki titik didih lebih tinggi dibanding propana yang memiliki 3 atom karbon. Begitu pula heksanol (alkohol dengan 6 karbon) memiliki titik didih lebih tinggi dari butanol (alkohol dengan 4 karbon). Akan tetapi, jika kita bandingkan beberapa kelompok senyawa dengan jumlah karbon sama, keberadaan atom oksigen dalam senyawa meningkatkan titik didih senyawa tersebut. Sebagai contoh, pada kelompok senyawa dengan empat karbon, 1-butanol, asam butanoat, dan dietil eter memiliki titik didih lebih tinggi dibandingkan dengan butana. Hal ini disebabkan adanya interaksi antar molekul yang lebih kuat akibat adanya gugus fungsi dalam senyawa, misalnya ikatan hidrogen pada 1-butanol dan asam butanoat serta interaksi dipol-dipol pada dietil eter. Kedua interaksi tersebut jauh lebih kuat dibandingkan gaya dispersi London yang terdapat pada butana. Interaksi yang lebih kuat tersebut menyebabkan senyawa yang memiliki gugus fungsi memiliki titik didih lebih tinggi dibandingkan alkana yang bersesuaian. Coba kalian jelaskan mengapa heksana memiliki titik didih lebih rendah dibandingkan heksanol!

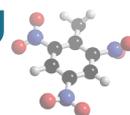


Senyawa dengan gugus fungsi berbeda menunjukkan sifat kimia dan kereaktifan yang berbeda pula. Propanal dan aseton memiliki rumus molekul sama, yaitu  $C_3H_6O$ . Akan tetapi keduanya memiliki gugus fungsi berbeda. Propanal memiliki gugus aldehida sedangkan aseton memiliki gugus keton. Kedua senyawa tersebut menunjukkan kereaktifan berbeda terhadap pereaksi Fehling yang mengandung kompleks ion  $Cu^{2+}$ . Propanal mampu mereduksi  $Cu^{2+}$  menjadi  $Cu^+$ , ditandai dengan terbentuknya endapan merah bata, tembaga(I) oksida ( $Cu_2O$ ) sedangkan aseton tidak bereaksi, ditandai dengan larutan yang tetap berwarna biru, seperti nampak pada Gambar 3.1.

Struktur molekul propanal dan aseton menunjukkan bahwa kedua senyawa tersebut memiliki cara penyusunan atom yang berbeda. Ikatan ganda (ikatan rangkap dua) karbon-oksigen pada propanal terletak pada ujung rantai dan mengikat atom hidrogen, sedangkan ikatan ganda karbon-oksigen pada aseton berada di tengah dan tidak mengikat atom hidrogen. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan cara mengatur atom-atom dalam molekul (isomer) menentukan kereaktifan senyawa tersebut dalam reaksi.

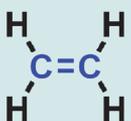
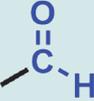
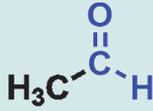
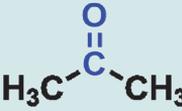


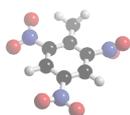
**Gambar 3.1** Hasil reaksi larutan Fehling dengan propanal (kiri) dan aseton (kanan).



Uraian di atas menunjukkan bahwa sifat fisika dan kimia senyawa organik dipengaruhi susunan atom-atom di dalam molekul. Atom atau kelompok atom tersebut dinamakan **Gugus Fungsi**. Saat ini dikenal lebih dari 20 gugus fungsi dalam molekul organik akan tetapi 12 gugus fungsi diantaranya banyak ditemukan di alam ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Gugus fungsi dalam senyawa organik

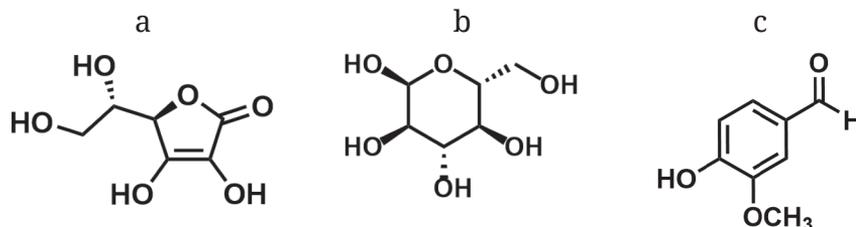
No.	Gugus	Nama Gugus (Rumus Umum)	Contoh dan Nama Senyawa
1.		Alkena ( $C_nH_{2n}$ )	 Etena
2.		Alkuna ( $C_nH_{2n-2}$ )	 Etuna
3.		Alkil Halida ( $C_nH_{2n+1}X$ )	 Metil klorida
4.		Alkohol ( $C_nH_{2n+2}O$ )	 Etanol
5.		Eter ( $C_nH_{2n+2}O$ )	 Dietil eter
6.		Aldehida ( $C_nH_{2n}O$ )	 Asetaldehida
7.		Keton ( $C_nH_{2n}O$ )	 Aseton



8.		Asam Karboksilat ( $C_nH_{2n}O_2$ )	
9.		Ester ( $C_nH_{2n}O_2$ )	
10.		Amina ( $C_nH_{2n+3}N$ )	
11.		Amida ( $C_nH_{2n}NO_2$ )	
12.		Tiol ( $C_nH_{2n+2}S$ )	

Mari kita perhatikan lingkungan sekitar!

Senyawa organik dapat ditemui dengan mudah di sekitar kita. Vitamin C atau asam askorbat adalah molekul organik yang kalian kenal baik. Vitamin C memiliki gugus ester dalam senyawanya. Selain itu, pakaian yang kalian kenakan berasal dari bahan katun yang tersusun dari polimer glukosa. Glukosa memiliki gugus fungsi alkohol dalam senyawanya. Tidak hanya itu, vanilin yang berasal dari tumbuhan *Vanilla planifolia* adalah senyawa yang dikenal memiliki gugus aldehida. Struktur asam askorbat, glukosa, dan vanilin ditunjukkan pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Struktur asam askorbat (a), glukosa (b), dan vanilin (c).





### Aktivitas 3.4

Coba kalian cari kemasan obat, produk kosmetik, atau perlengkapan mandi yang terdapat di rumah masing-masing kemudian amati label komposisinya!

Tuliskan senyawa yang tercantum dalam label komposisi produk tersebut kemudian carilah struktur molekul senyawa tersebut melalui internet!

Perhatikan struktur senyawa tersebut! Apakah senyawa tersebut merupakan senyawa organik?

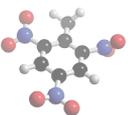
Gambarkan struktur senyawa organik tersebut dengan jelas!

Lingkari gugus fungsi dalam senyawa tersebut kemudian tuliskan nama gugus fungsi tersebut!

Catat hasil penelusuran kalian dan diskusikan dalam kelas!

Gugus fungsi dalam struktur senyawa organik dimanfaatkan oleh ahli kimia untuk menentukan struktur molekul senyawa organik secara keseluruhan. Hal ini dimungkinkan karena gugus fungsi dapat dikenali melalui beberapa reaksi spesifik yang dapat dilakukan terhadap gugus fungsi tersebut. Contohnya adalah propanal yang mengandung gugus aldehida dapat dibedakan dari aseton yang memiliki gugus keton melalui reaksi dengan reagen Fehling. Reaksi-reaksi yang dapat dilakukan terhadap gugus fungsi akan kita pelajari pada sub bab D.

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, ilmuwan mulai meninggalkan metode identifikasi secara kimia (menggunakan berbagai reagen uji) karena memerlukan sampel dalam jumlah banyak, prosedur yang panjang, serta kemungkinan kesalahan interpretasi yang tinggi. Saat ini, peneliti menentukan struktur molekul organik melalui



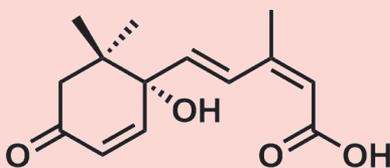
metode analisis instrumentasi. Metode ini akurat, memerlukan sampel dalam jumlah sedikit, dapat dilakukan dengan waktu yang singkat, serta relatif mudah dilakukan. Kalian akan mengenal beberapa metode analisis ini dalam pembelajaran kimia lebih lanjut.



### Ayo Berlatih

Berikut adalah beberapa struktur senyawa yang ditemukan dari tumbuhan. Lingkari gugus fungsi dalam senyawa tersebut kemudian tuliskan namanya!

- a. Asam Absisat, hormon pertumbuhan tanaman

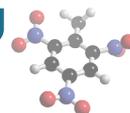


- b.  $\alpha$ -Mangostin, senyawa dari kulit buah manggis (*G. mangostana*)

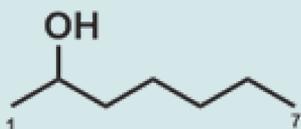


## C. Tata Nama Senyawa Organik

Pada Bab 4 Buku Kimia Kelas XI, kalian telah mempelajari cara memberi nama hidrokarbon berdasarkan aturan yang ditetapkan oleh IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Penamaan senyawa organik secara umum mengikuti cara penamaan hidrokarbon, seperti yang telah kalian pelajari pada Sub bab 3.C.



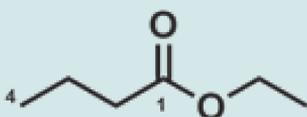




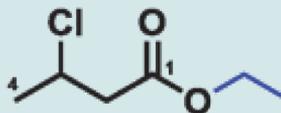
1. Terdapat 7 karbon pada rantai utama. Rantai utama diberi nama **heptan**.
2. Terdapat gugus -OH (alkohol) dan ditempatkan pada karbon **nomor 2**. Senyawa ini akan berakhiran **-ol** (Tabel 3.2 nomor 6)
3. Nama senyawa tersebut adalah **2-heptanol**.



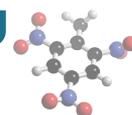
1. Terdapat 7 karbon pada rantai utama. Rantai utama diberi nama **heptan**.
2. Terdapat gugus -OH (alkohol) dan keton (C=O) dalam senyawa sehingga gugus keton (C=O) menjadi prioritas dan ditempatkan pada karbon **nomor 2**. Senyawa ini akan berakhiran **-on** (tabel 3.2 nomor 5)
3. Gugus -OH (alkohol) ditempatkan sebagai **cabang** pada karbon **nomor 6**. Sehingga senyawa tersebut akan memiliki **cabang** -hidroksi.
4. Nama senyawa tersebut adalah **6-hidroksi-2-heptanon**.



1. Terdapat 4 karbon pada rantai utama. Rantai utama diberi nama **butan**.
2. Terdapat gugus -COO- (ester) dan ditempatkan pada karbon **nomor 1**. Senyawa ini akan diberi nama **alkil -oat** (Tabel 3.2 nomor 2).
3. Terdapat 2 karbon pada rantai cabang dan diberi nama etil.
4. Nama senyawa tersebut adalah **etil butanoat**.

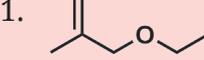
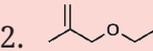


1. Terdapat 4 karbon pada rantai utama. Rantai utama diberi nama **butan**.
2. Terdapat gugus -COO- (ester) dan kloro (-Cl) dalam senyawa sehingga gugus ester (-COO-) menjadi prioritas dan ditempatkan pada karbon **nomor 1**. Senyawa ini akan diberi nama **alkil -oat** (Tabel 3.2 nomor 2)
3. Gugus -Cl (kloro) ditempatkan sebagai **cabang** pada karbon **nomor 3**. Sehingga senyawa tersebut akan memiliki **cabang** -kloro.
4. Terdapat 2 karbon pada rantai cabang dan diberi nama etil.
5. Nama senyawa tersebut adalah **etil 3-klorobutanoat**.





## Ayo Berlatih

- Tentukan nama senyawa berikut berdasarkan aturan IUPAC!
  1. 
  2. 
- Periksa, apakah nama senyawa berikut sudah benar menurut aturan IUPAC?
  1. 3,4-dimetoksi-2,5-dimetilheksana
  2. 3-etil-6-hidroksi-4-metiloktanal

## D. Reaksi-Reaksi Spesifik pada Gugus Fungsi

Seperti telah dijelaskan pada Sub bab 3.B, gugus fungsi merupakan sekelompok atom yang menentukan kereaktifan senyawa organik. Reaksi yang terjadi pada gugus fungsi tertentu akan berbeda dengan reaksi yang terjadi pada gugus fungsi yang lain. Mari kita lakukan percobaan berikut!



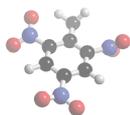
## Aktivitas 3.5

Mari kita lakukan percobaan berikut!

Tujuan Percobaan: Mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa organik

Alat dan Bahan:

1. Alkohol medis
2. Cairan penghapus cat kuku



3. Larutan gula pasir 5%
4. Cuka makan 5%
5. Glukotest/larutan Fehling/Benedict
6. Kertas lakmus merah dan biru
7. Tabung reaksi
8. Penangas air

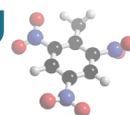
Cara kerja:

1. Masukkan 5-10 tetes alkohol medis ke dalam tabung reaksi!
2. Celupkan glukotest pada larutan tersebut! Jika kalian menggunakan larutan Fehling/Benedict, tambahkan 3 tetes ke dalam labu reaksi kemudian hangatkan dalam penangas air. Amati dan catat perubahan yang terjadi!
3. Ulangi langkah 1-2 untuk menguji cairan penghapus cat kuku, larutan gula pasir 5%, dan cuka makan 5%!
4. Diskusikan hasil pengamatan kalian dalam kelompok dan presentasikan di depan kelas!
5. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada percobaan ini, gugus fungsi apa saja yang terdapat pada setiap senyawa yang diuji? Pereaksi manakah yang dapat membedakan gugus fungsi tersebut dengan gugus fungsi yang lain?

---

Kalian telah melakukan percobaan untuk membuktikan bahwa setiap gugus fungsi menunjukkan sifat kimia yang khas. Sifat tersebut dapat ditunjukkan melalui reaksi spesifik yang dapat dilakukan terhadap gugus fungsi. Untuk itu, mari kita pelajari reaksi-reaksi yang khas pada setiap gugus fungsi!

Seperti halnya reaksi pada senyawa hidrokarbon, reaksi-reaksi pada senyawa organik meliputi reaksi substitusi, eliminasi, dan redoks.



Akan tetapi, terdapat beberapa reaksi yang diberi nama khusus sesuai dengan produk yang diperoleh atau pereaksi yang digunakan dalam reaksi tersebut. Mari kita pelajari reaksi-reaksi berikut!

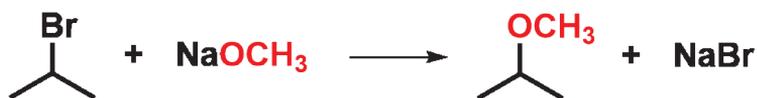
- Reaksi Substitusi

Reaksi substitusi dilakukan untuk mengganti suatu gugus dengan gugus lain. Reaksi ini biasa dilakukan terhadap alkil halida dan alkohol. Alkil halida dapat mengalami substitusi (penggantian gugus halida oleh gugus lain) dengan beragam reagen, baik anion maupun senyawa netral sehingga alkil halida dapat digunakan untuk memperoleh senyawa lain yang lebih beragam. Beberapa reaksi substitusi yang dapat dilakukan terhadap alkil halida ditunjukkan pada beberapa reaksi berikut.

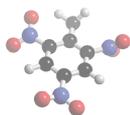
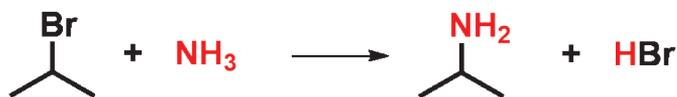
1. Alkil halida dapat diubah menjadi alkohol saat direaksikan dengan  $\text{OH}^-$ .



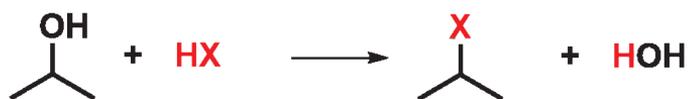
2. Alkil halida dapat diubah menjadi eter jika direaksikan dengan garam alkoksida.



3. Alkil halida dapat diubah menjadi amina jika direaksikan dengan  $\text{NH}_3$ .



4. Alkohol dapat diubah menjadi alkil halida jika direaksikan dengan HX.

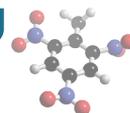


- Reaksi Eliminasi

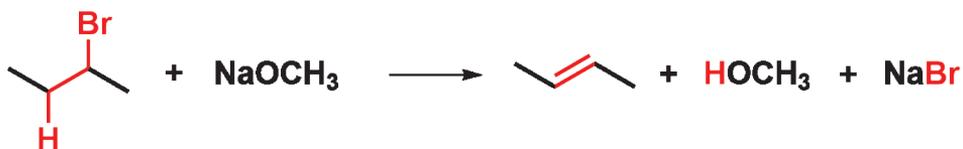
Reaksi eliminasi ditandai dengan pembentukan ikatan rangkap dalam molekul. Eliminasi dapat terjadi jika alkil halida direaksikan dengan basa kuat sedangkan eliminasi alkohol dilakukan dengan adanya asam kuat. Produk yang terbentuk pada reaksi eliminasi adalah alkena yang mengikat gugus alkil lebih banyak (alkena yang lebih tersubstitusi). Hal ini sesuai dengan aturan Zaytsev yang dikemukakan oleh Aleksander Mikhaylovich Zaytsev (1841-1910, Gambar 3.3).



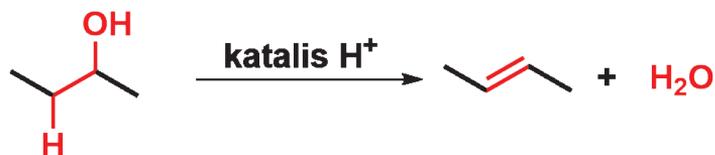
**Gambar 3.3** Aleksander Mikhaylovich Zaytsev  
Sumber: Unknown Author/commons.wikimedia.com (2018)



5. Eliminasi alkil halida menjadi alkena.



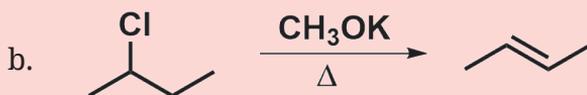
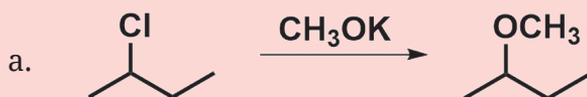
6. Eliminasi alkohol menjadi alkena.



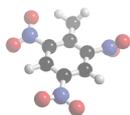
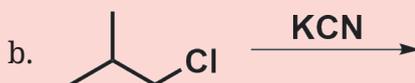
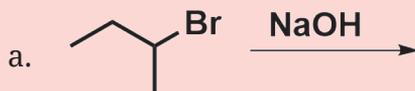
### Ayo Berlatih

Kerjakan soal-soal berikut ini

1. Tunjukkan reaksi mana yang merupakan reaksi substitusi dan mana yang merupakan reaksi eliminasi terhadap alkil halida!



2. Gambarkan struktur molekul organik yang terbentuk dari reaksi berikut!



- Reaksi Adisi

Reaksi adisi dapat dilakukan untuk mengubah ikatan rangkap dalam molekul organik menjadi ikatan tunggal. Reaksi adisi biasanya terjadi pada senyawa-senyawa yang memiliki ikatan rangkap seperti alkena, alkuna, aldehida, keton, serta turunan asam karboksilat.

7. Adisi hidrogen terhadap alkena.



8. Adisi HX terhadap alkena.

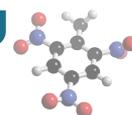


9. Adisi air (hidrasi) terhadap alkena.

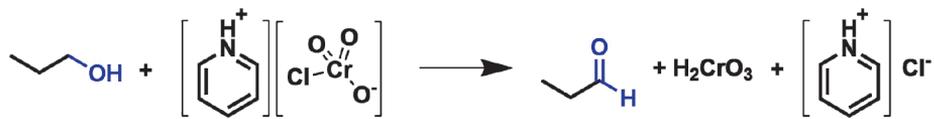


- Reaksi Reduksi/Oksidasi

Oksidasi dilakukan terhadap suatu gugus fungsi untuk mengubahnya menjadi gugus fungsi lain dengan tingkat oksidasi lebih tinggi. Oksidasi **alkohol primer** akan menghasilkan **aldehida**, dan jika dilakukan oksidasi tuntas maka akan diperoleh **asam karboksilat**. Oksidasi **alkohol sekunder** akan menghasilkan **keton**. Sedangkan **alkohol tersier tidak dapat teroksidasi**.

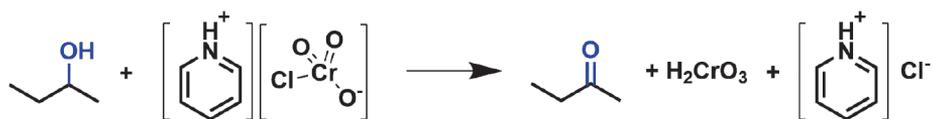


a. Oksidasi alkohol oleh PCC (piridinium kloro kromat)



Alkohol Primer

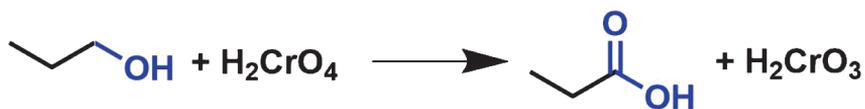
Aldehida



Alkohol Sekunder

Keton

b. Oksidasi alkohol oleh asam kromat ( $\text{HCrO}_4$ ) dan Kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ )



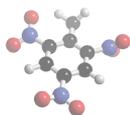
Alkohol Primer

Asam Karboksilat



Alkohol Sekunder

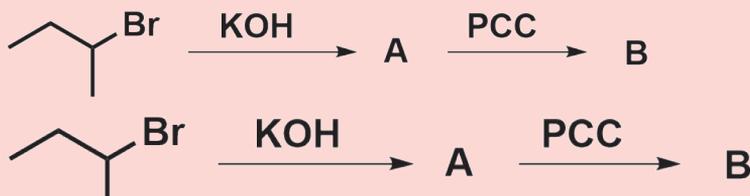
Keton





## Ayo Berlatih

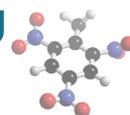
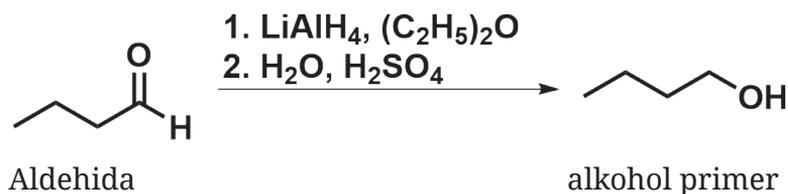
Gambarkan struktur molekul **A**, **B**, **C**, dan **D** yang terbentuk pada reaksi berikut!

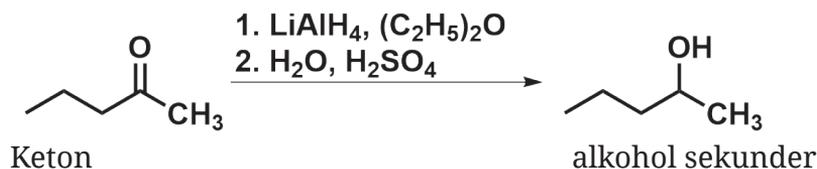


Aldehida atau keton dapat direduksi baik dengan litium aluminium hidrida ( $\text{LiAlH}_4$ ) maupun natrium borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ). Reduksi **aldehida** akan menghasilkan **alkohol primer** sedangkan reduksi **keton** akan menghasilkan **alkohol sekunder**.

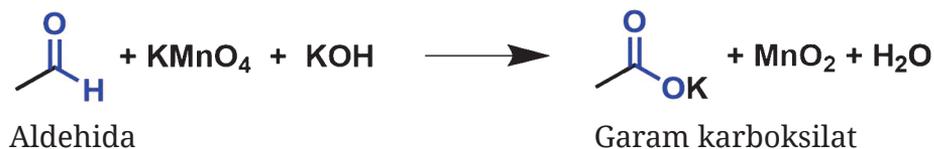
Aldehida dapat mengalami oksidasi sedangkan keton tidak. Oleh karena itu reaksi ini dapat dimanfaatkan untuk membedakan senyawa yang memiliki gugus fungsi aldehida dengan keton. Aldehida dapat dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  membentuk asam karboksilat dan endapan coklat  $\text{MnO}_2$  dan dioksidasi oleh reagen Tollens (kompleks  $\text{Ag}^+$ ) menghasilkan cermin perak ( $\text{Ag}$ ).

### c. Reduksi aldehida/keton membentuk alkohol

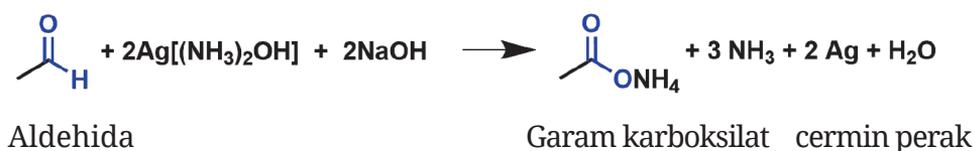




d. Oksidasi aldehida oleh  $\text{KMnO}_4$

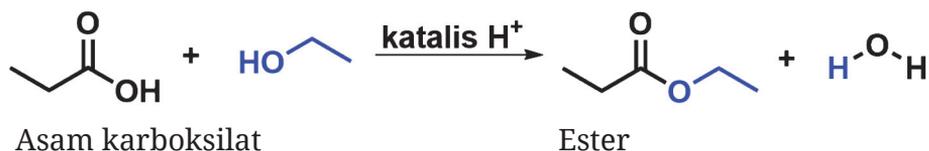


e. Oksidasi aldehida oleh pereaksi Tollens



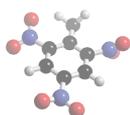
- Reaksi Esterifikasi dan Trans-esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi yang dapat dilakukan untuk memperoleh ester melalui reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol dengan katalis asam, seperti ditunjukkan Gambar 3.5.



**Gambar 3.4** Esterifikasi asam propanoat dengan etanol menghasilkan etil propanoat.

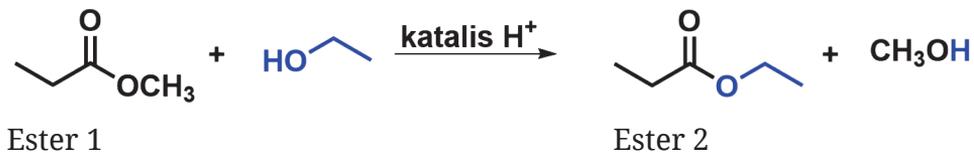
Ester sering digunakan sebagai penambah aroma buah pada makanan. Berikut adalah beberapa ester beraroma buah yang mudah ditemui di sekitar kita.



**Tabel 3.4.** Senyawa ester beraroma buah

Aroma	Ester	Aroma	Ester
Pisang	isopentil asetat	Nanas	etil butirrat
Rum	isobutil propionat	Jeruk	oktil asetat
Pear	propil asetat	Apel	metil butirrat

Ester dapat dibuat menjadi ester lain jika direaksikan dengan alkohol pada suasana asam. Reaksi ini disebut **transesterifikasi** seperti ditunjukkan Gambar 3.6.



**Gambar 3.5** Reaksi transesterifikasi.

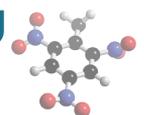
## Aktivitas 3.6

### Praktikum

#### Reaksi Penyabunan

##### Alat dan Bahan:

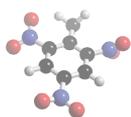
1. Minyak nabati: minyak kelapa (VCO), minyak sawit, minyak zaitun, minyak jagung, minyak kedelai.
2. NaOH/KOH.
3. Air suling.
4. Minyak esensial/pewangi/parfum.
5. Pewarna makanan.
6. Zat aditif.
7. Masker.
8. Kacamata (goggle).



9. Sarung tangan karet.
10. Neraca.
11. Sendok plastik-polipropilen.
12. Gelas plastic.
13. Wadah plastik.
14. Kain – Untuk menutup cetakan setelah diisi sabun.
15. Plastik tipis – Untuk melapisi cetakan.
16. Cetakan atau loyang panjang.
17. Pengaduk kayu atau blender.
18. Kain.

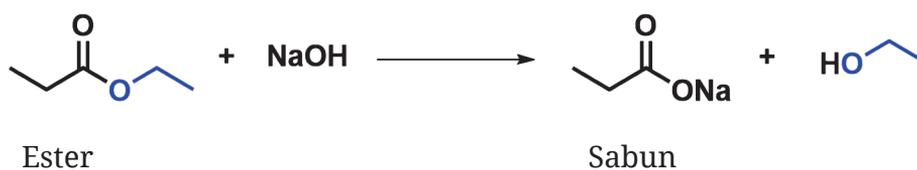
**Cara kerja :**

1. Siapkan cetakan yang telah dilapisi plastik tipis.
2. Timbang 250 g minyak sawit, 140 g minyak kelapa, 100 g minyak jagung kemudian campurkan dalam satu wadah.
3. Timbang 75,5 g NaOH kemudian masukkan ke dalam 210 g air perlahan-lahan sambil diaduk.
4. Masukkan larutan NaOH tersebut ke dalam campuran minyak nabati diikuti pengadukan dengan cepat hingga semua tercampur rata. Pengadukan dapat dibantu dengan menggunakan blender. Pengadukan cepat dihentikan jika campuran sudah mengental.
5. Tambahkan 10 ml pewangi atau parfum aduk perlahan hingga merata kemudian tambahkan beberapa tetes pewarna hingga diperoleh intensitas warna yang sesuai.
6. Tuang hasil sabun ini ke dalam cetakan kemudian tutup dengan kain untuk insulasi.
7. Simpan sabun dalam cetakan tadi selama satu hingga dua hari.
8. Keluarkan sabun dari cetakan, potong sesuai selera. Simpan sekurang-kurangnya 3 minggu sebelum dipakai.



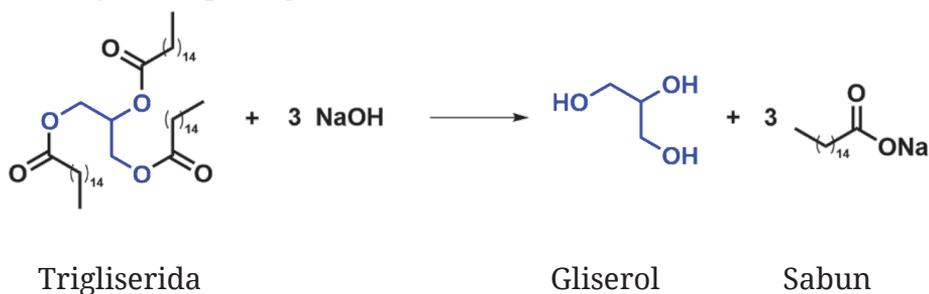
- Reaksi Saponifikasi/Penyabunan

Jika ester yang digunakan pada reaksi tersebut memiliki struktur hidrokarbon rantai panjang dengan basa kuat (seperti KOH atau NaOH) maka produk yang terbentuk sabun (garam dari asam karboksilat) dan gliserol. Oleh karena itu, proses ini disebut reaksi **saponifikasi** (reaksi penyabunan) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7.

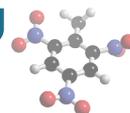


Gambar 3.6 Reaksi saponifikasi (penyabunan).

Di industri, reaksi penyabunan biasa dilakukan untuk memperoleh sabun padat dari trigliserida (minyak atau lemak). Reaksi ini menghasilkan produk samping, yaitu gliserol, yang dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan di bidang industri kosmetik dan makanan. Reaksi pembuatan sabun dari trigliserida ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.7 Reaksi saponifikasi terhadap trigliserida





## Aktivitas 3.7

### Praktikum

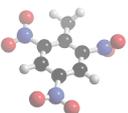
#### Reaksi Esterifikasi: Pembuatan Minyak Wintergreen

Minyak *wintergreen* (metil salisilat) merupakan senyawa penting yang diperoleh dari *Gandaria*, *Gaultheria punctata* (Famili Ericaceae). Senyawa ini memiliki khasiat sebagai pereda nyeri (minyak angin, balsam dan koyo), perasa pada minuman Root Beer, bahkan parfum. Senyawa ini dapat disintesis secara sederhana melalui konversi asam asetil salisilat (Aspirin®) dengan metanol dalam suasana sedikit asam. Reaksi ini dapat berlangsung dengan metanol pada suasana asam sesuai persamaan reaksi:



#### Alat dan Bahan:

1. Tablet Aspirin komersial.
2. Metanol.
3. Akuades.
4. Diklorometana.
5.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
6. Larutan jenuh  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
7. Lumpang dan alu.
8. Kertas saring.
9. Corong.
10. Corong pisah.
11. Spatula.



12. Labu erlenmeyer 50 ml.
13. Termometer.
14. Penangas air.
15. Pemanas.
16. Kaki tiga.
17. Klem dan statif.

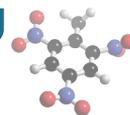
#### **Cara kerja :**

1. Gerus dan hancurkan tablet Aspirin® komersial sehingga diperoleh padatan yang mengandung sekitar 1,5 gram asam asetilsalisilat (catat massa tablet Aspirin® yang digerus).
2. Larutkan dengan 10 ml metanol kemudian saring.
3. Bilas padatan yang tertinggal di kertas saring dengan 10 ml metanol. Pindahkan larutan ke dalam labu erlenmeyer 50 ml kemudian tambahkan 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> perlahan-lahan.
4. Hangatkan larutan pada suhu 60°C selama 90 menit.
5. Setelah selesai, dinginkan campuran reaksi kemudian pindahkan ke dalam corong pisah.
6. Tambahkan 5 ml larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> jenuh perlahan-lahan kemudian tambahkan kembali beberapa tetes hingga gelembung gas tidak terbentuk lagi.
7. Lakukan ekstraksi 2 kali dengan diklorometana.
8. Gabungkan semua fasa organik kemudian tambahkan 1 spatula Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat dan aduk.
9. Dekantasi atau saring padatan yang terdapat dalam larutan kemudian uapkan pelarut di atas penangas air.

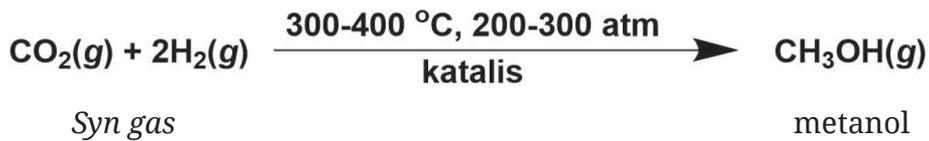
### **E. Beberapa Senyawa Organik Penting dan Manfaatnya**

#### **a. Alkohol dan Eter**

Metanol dan etanol adalah alkohol penting dalam industri. Keduanya digunakan sebagai pelarut dalam berbagai proses industri. Metanol

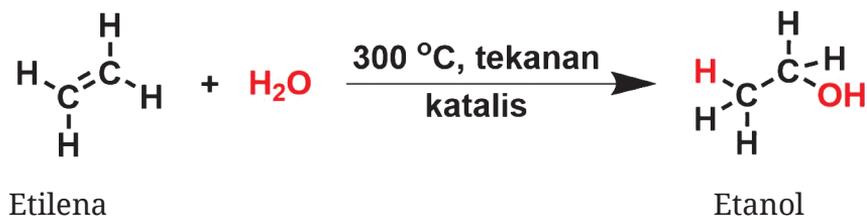


komersial diperoleh dari reaksi antara karbon monoksida dan gas  $H_2$  (*syn gas*) pada suhu dan tekanan tinggi.

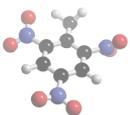


Campuran karbon monoksida dan hidrogen yang diperlukan dalam produksi metanol dapat dihasilkan melalui pembakaran parsial batu bara dengan adanya air. Perbandingan karbon monoksida terhadap hidrogen yang benar dapat diperoleh dengan mengatur jumlah air yang ditambahkan ke dalam proses ini.

Etanol diperoleh dari hasil fermentasi karbohidrat oleh bakteri. Fermentasi menghasilkan etanol 12-15% karena konsentrasi etanol yang lebih tinggi akan membunuh bakteri. Konsentrasi etanol dapat ditingkatkan hingga 95% melalui distilasi. Etanol digunakan juga sebagai aditif bahan bakar kendaraan. Saat ini, etanol dihasilkan dari fermentasi jagung dan biji-bijian sehingga akan terjadi kompetisi dengan kebutuhan pangan. Fermentasi etanol memerlukan biaya tinggi sehingga etanol untuk kebutuhan industri lebih umum disintesis melalui adisi katalitik air terhadap etilena ( $C_2H_4$ ).



Metanol lebih toksik dari etanol. Metanol dapat menyebabkan kebutaan jika dikonsumsi dalam jumlah besar. Oleh karena itu, metanol biasanya ditambahkan ke dalam etanol yang akan



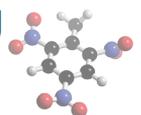
digunakan dalam proses industri sehingga tidak layak konsumsi. Dewasa ini cukup marak terjadi jual beli minuman yang ditambah alkohol industri. Hal ini berbahaya karena dapat menimbulkan gangguan kesehatan, bahkan kematian.

Fenol dan gliserol adalah alkohol yang juga berguna di kehidupan sekitar kita. Fenol merupakan alkohol aromatik yang diperoleh dari oksidasi benzena. Fenol merupakan bahan baku dalam produksi banyak bahan dan senyawa yang berguna seperti plastik, deterjen, herbisida, berbagai obat, dan kosmetik. Fenol secara langsung dapat digunakan sebagai antiseptik dan desinfektan karena kemampuannya untuk membunuh bakteri.

Gliserol (1,2,3-propanatriol) dihasilkan sebagai produk samping pada produksi sabun. Setiap ton sabun menghasilkan 25 kg gliserol. Gliserol ditambahkan ke dalam produk kosmetika sebagai agen pelembab. Selain itu, gliserol diaplikasikan pula sebagai plasticizer, zat antibeku, serta pelumas yang larut air.

b. Aldehida dan Keton

Formaldehida, asetaldehida, dan aseton adalah beberapa aldehida atau keton sederhana dan banyak dimanfaatkan dalam proses industri. Dalam bidang kesehatan, formaldehida digunakan sebagai desinfektan dan larutan antiseptik karena kemampuannya untuk membunuh mikroorganisme penyebab infeksi. Formaldehida pun digunakan dalam pembuatan tinta, resin, plastik, material artifisial, hingga beberapa bagian pada kendaraan bermotor. Asetaldehida dikenal sebagai bahan baku pembuatan asam asetat, desinfektan, parfum, dan obat-obatan. Selain itu, aseton adalah keton paling sederhana dan banyak digunakan sebagai pelarut dalam pembuatan tinta, cat, dan zat warna lain serta digunakan pula dalam pemrosesan tekstil. Aldehida dan keton aromatik,



seperti benzaldehida, vanilin, dan asetofenon, pun digunakan dalam pembuatan banyak senyawa aktif.

c. Asam Karboksilat dan Turunannya

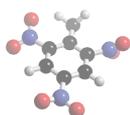
Asam karboksilat sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari. Asam asetat dan asam sitrat banyak digunakan sebagai penyedap makanan. Asam akrilat, asam tereftalat, dan asam adipat dimanfaatkan dalam industri pembuatan polimer. Beberapa turunan asam karboksilat pun memiliki kegunaan penting, misalnya ester, dimanfaatkan sebagai aditif makanan dan parfum.



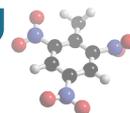
### Inti Sari

Senyawa organik banyak ditemukan dari makhluk hidup. Senyawa organik tersusun atas rantai karbon dan mengikat atom lain seperti hidrogen, oksigen, nitrogen, halogen, dan belerang. Senyawa organik banyak ditemukan di sekitar kita dan dimanfaatkan dalam bidang kesehatan, obat dan kosmetika, aditif pada makanan, serta material fungsional (lapisan anti lengket dan lapisan anti peluru).

Susunan atom-atom yang terdapat dalam senyawa organik sangat menentukan sifat fisika maupun kimia dari senyawa tersebut. Sekelompok atom yang mempengaruhi sifat-sifat senyawa organik dinamakan Gugus Fungsi. Terdapat beberapa gugus fungsi yang umum dalam senyawa organik, yaitu gugus fungsi yang mengandung ikatan rangkap karbon-karbon (alkena dan alkuna), gugus fungsi yang mengandung oksigen (alkohol, eter, aldehida, keton, asam karboksilat, dan ester), gugus fungsi yang mengandung nitrogen (amina dan amida), serta gugus fungsi yang mengandung belerang (tiol).



Penamaan senyawa organik ditentukan berdasarkan aturan IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa menentukan rantai induk senyawa organik serta gugus samping yang terikat pada rantai tersebut. Nama senyawa organik disusun secara berurutan mulai dari posisi cabang, nama cabang, serta nama rantai utama. Gugus fungsi bertindak pula sebagai pusat reaksi dalam senyawa organik. Secara umum, reaksi yang dapat dilakukan pada senyawa organik meliputi reaksi substitusi (penggantian), eliminasi (penghilangan), adisi (penambahan), reduksi, dan oksidasi. Selain itu, terdapat pula reaksi yang diberi nama sesuai dengan produk yang akan diperoleh, misalnya reaksi esterifikasi yang merupakan reaksi pembentukan ester dari alkohol dan asam karboksilat serta reaksi penyabunan yang dikenal sebagai reaksi pembentukan sabun (garam dari asam karboksilat) dari ester atau trigliserida.





## Ayo Refleksi

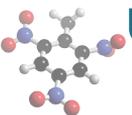
Isilah formulir evaluasi diri pada tabel berikut dengan cara memberi tanda centang (✓) pada kolom yang kalian pilih.

No.	Pertanyaan	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1.	Apakah kalian melakukan setiap aktivitas yang disediakan?		
2.	Apakah kalian mengerjakan setiap latihan soal yang ada?		
3.	Apakah kalian memahami setiap bagian?		
4.	Apakah kalian bekerjasama dengan teman-teman dalam setiap aktivitas kelompok?		
5.	Apakah kalian merasa senang dalam setiap aktivitas?		

Tuliskan pendapat kalian mengenai Bab ini:

---

---

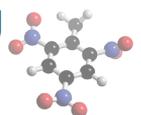




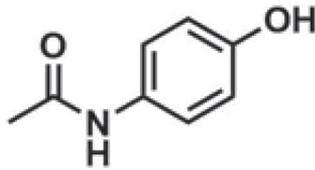
## Ayo Cek Pemahaman

### Pilihan Ganda

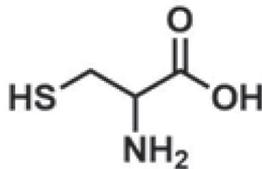
1. Berikut adalah pernyataan yang berkaitan dengan senyawa organik, *kecuali...*
  - A. Memiliki rantai utama terdiri atas atom karbon
  - B. Dapat ditemukan dari sumber mineral dan batuan
  - C. Strukturnya mengandung atom H dan O
  - D. Dapat diekstrak dari tumbuhan dan hewan
  - E. Dapat dibakar menghasilkan karbondioksida
2. Bahan berikut tersusun atas senyawa organik, yaitu...
  - A. Plastik
  - B. Kuningan
  - C. Emas
  - D. Kriolit
  - E. Air
3. Senyawa 2-propanol dan 2-propanon memiliki 3 atom karbon dalam molekulnya. Senyawa 2-propanol memiliki titik didih pada suhu  $83^{\circ}\text{C}$  sedangkan 2-propanon mendidih pada  $56^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan oleh...
  - A. 2-propanol merupakan senyawa yang lebih polar dibanding 2-propanon
  - B. 2-propanol memiliki tekanan uap lebih kecil dari 2-propanon
  - C. 2-propanol memiliki massa molekul lebih besar dari 2-propanon
  - D. 2-propanol memiliki ikatan antarmolekul lebih kuat dibanding 2-propanon
  - E. 2-propanol memiliki gugus alkohol sedangkan 2-propanon memiliki gugus keton



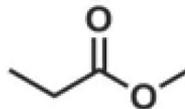
4. Berikut adalah struktur parasetamol, senyawa yang terdapat dalam tablet anti-radang. Gugus fungsi yang terdapat dalam parasetamol adalah...



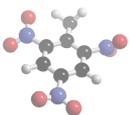
- A. Aldehida  
B. Amida  
C. Alkena  
D. Keton  
E. Asam karboksilat
5. Berikut adalah struktur asam amino sistein yang menyusun protein dalam tubuh manusia. Gugus fungsi berikut terdapat dalam sistein, yaitu...



- A. Keton  
B. Alkohol  
C. Amina  
D. Alkena  
E. Eter
6. Perhatikan struktur senyawa berikut! Nama yang tepat untuk senyawa tersebut berdasarkan aturan IUPAC adalah...



- A. 1-propanon  
B. Metil propanoat  
C. Etil metil keton  
D. 1-metoksipropanon  
E. 3-butanon



7. Beta klorohidrin adalah senyawa penting dalam pembuatan beberapa senyawa obat. Nama IUPAC untuk beta klorohidrin adalah...



- A. 1-hidroksi-2-kloroetana  
B. Asam etanoat  
C. 2-kloroetanol  
D. Kloroetanal  
E. 1-kloro etil alkohol
8. Perhatikan reaksi berikut!



Reaksi tersebut menunjukkan...

- A. Reaksi eliminasi  
B. Reaksi eliminasi  
C. Reaksi adisi  
D. Reaksi oksidasi  
E. Reaksi reduksi
9. Produk yang terbentuk dari reaksi berikut adalah...

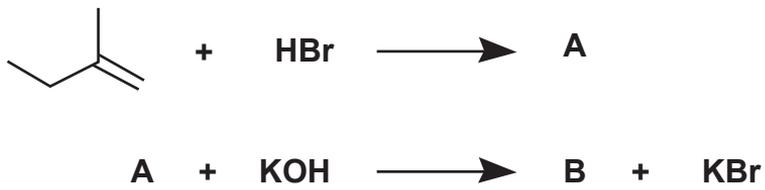


- A. 1-bromopropana  
B. 2-bromopropana  
C. 2-bromopropena  
D. 1,2-dibromopropana  
E. 1,2-dibromopropena
10. Senyawa yang dihasilkan jika 1-butanol direaksikan dengan piridinium klorokromat adalah...
- A. Asam butanoat  
B. Butanon  
C. Butanal  
D. 1-klorobutana  
E. Butena

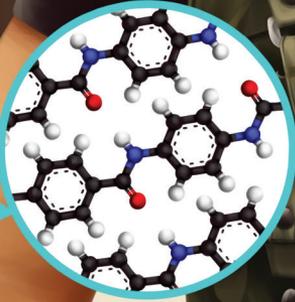
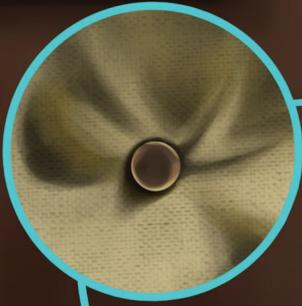


## Uraian

- Gambarkan struktur senyawa berikut!
  - 4,6-dimetil-2-heptanon
  - asam 2-etil-4-hidroksipentanoat
  - 1,3-dikloro-4-metilheptanol
- Gambarkan struktur senyawa **A** dan **B** yang dihasilkan dari reaksi berikut!



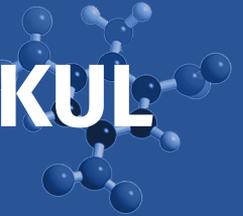
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022  
Kimia untuk SMA/MA Kelas XII  
Penulis : Galuh Yuliani, dkk  
ISBN : 978-602-427-968-4 (jil.2)



Bab

**IV**

# MAKROMOLEKUL ORGANIK

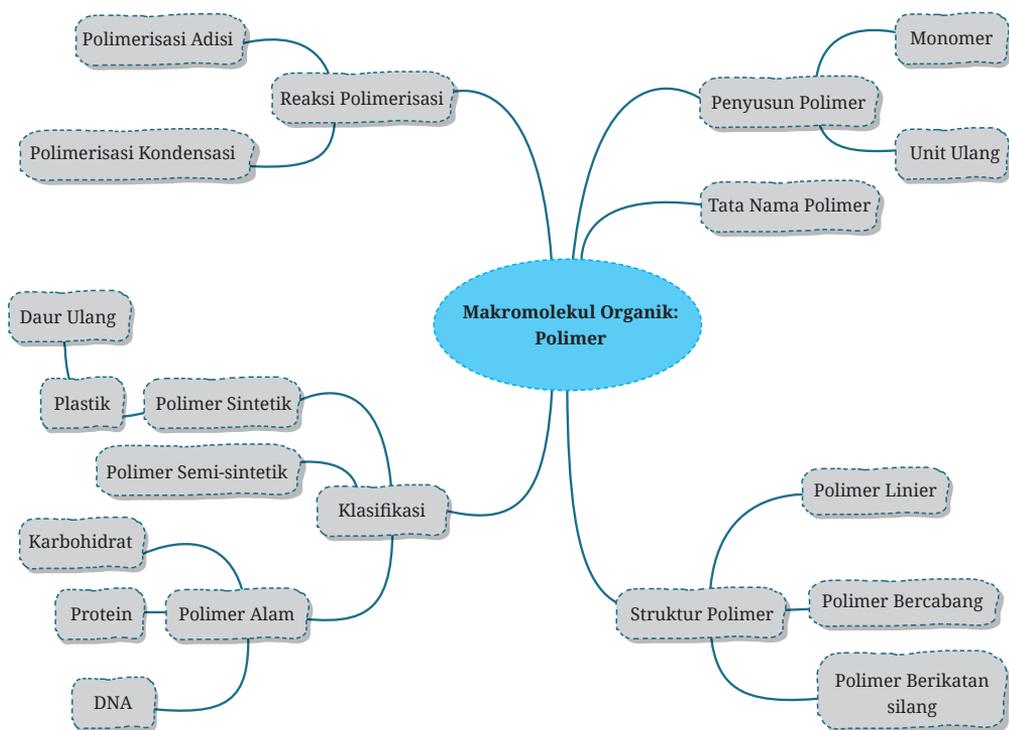


---

Setelah mempelajari bab ini, kalian akan mampu mengidentifikasi struktur polimer, menyebutkan jenis-jenis polimer, membedakan reaksi polimerisasi dan mendiskusikan kegunaan polimer dalam kehidupan sehari-hari. Kalian juga akan mampu menganalisis berbagai polimer yang ada pada sistem makhluk hidup maupun lingkungan sekitar.

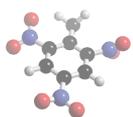
---

## Mind Map



Rompi anti peluru Kevlar®, kain anti kusut polyester, pipa anti korosi polivinil klorida dan wajan anti lengket Teflon™ adalah benda-benda dengan kegunaan dan karakteristik unggul dibandingkan benda sejenis yang dibuat dari bahan lain. Apa kesamaan dari keempat material ini? Pada bab Makromolekul Organik, kalian akan mengetahui jawabannya.

Tahukah kalian? Apabila alpukat yang masih mentah dimasukkan ke dalam wadah karton bersamaan dengan buah apel dan menutupnya selama 1-2 hari, maka alpukat akan mengalami pematangan dengan cepat. Mengapa demikian? Pada suhu kamar dan kondisi tertutup, buah apel akan mengalami proses pematangan cepat dan menghasilkan gas etena (Gambar 4.1). Akumulasi gas etena yang berperan sebagai agen pematangan akan mempercepat pematangan buah alpukat.

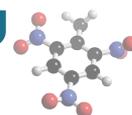




**Gambar 4.1** Pematangan buah alpukat menggunakan gas etena dari apel

Gas etena yang tidak berwarna dan tidak berbau, ternyata merupakan bahan baku dari botol plastik yang kalian gunakan untuk minum. Namun, mengapa keduanya memiliki karakteristik yang amat berbeda? Mari kita pelajari alasannya.

Sebelum mencapai bab ini, kalian baru mempelajari molekul-molekul organik yang berukuran relatif kecil. Misalnya etena, etanol, benzena atau asam propanoat. Gas etena berwujud gas sedangkan botol plastik terbuat dari polietena yang berwujud padatan. Polietena merupakan molekul organik berukuran sangat besar. Ternyata, selain polietena ada banyak molekul organik berukuran sangat besar yang digunakan dalam keseharian ataupun yang ditemukan dalam tubuh kita.

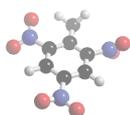


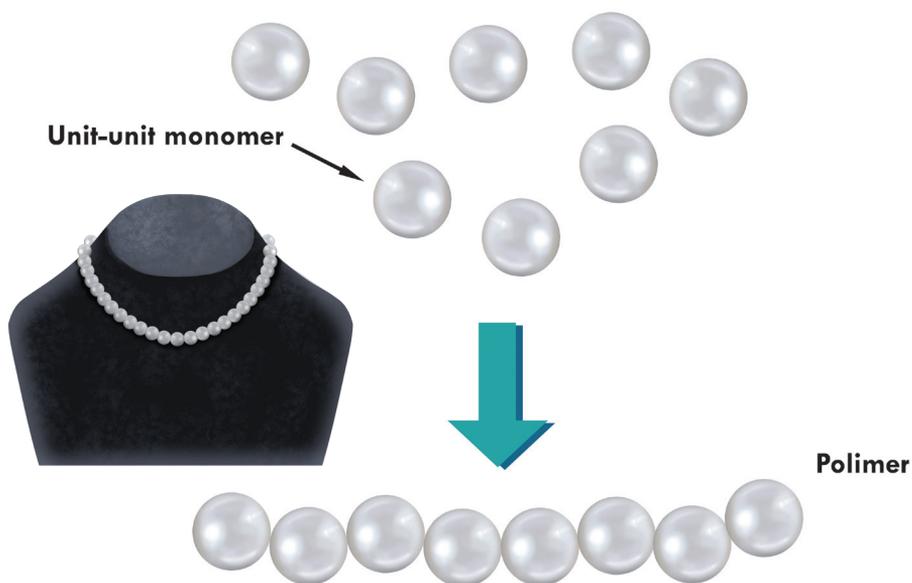
Pada bab ini, kita akan membahas kelompok molekul besar yang disebut makromolekul. Kalian akan mempelajari lebih jauh mengenai struktur dan sifat dari berbagai makromolekul, serta mempelajari proses pembentukannya. Apa saja contoh makromolekul? Makromolekul mencakup kelompok molekul berukuran besar yang banyak ditemui pada sistem makhluk hidup dan di sekitar kita. Makromolekul pada makhluk hidup antara lain protein, asam nukleat, karbohidrat dan lipida. Contoh makromolekul di sekeliling kita antara lain plastik, karet dan intan. Kelompok makromolekul penting yang akan kita bahas pada bab ini adalah polimer.

## A. Pengertian dan Struktur Polimer

Molekul-molekul kecil dapat bergabung satu sama lain melalui ikatan kovalen membentuk molekul yang berukuran besar. Bagian-bagian molekul kecil ini dinamakan ‘mer’. Poli berarti banyak, sedangkan mer berarti bagian. Dengan demikian, polimer merupakan hasil penggabungan dari bagian-bagian kecil yang amat banyak.

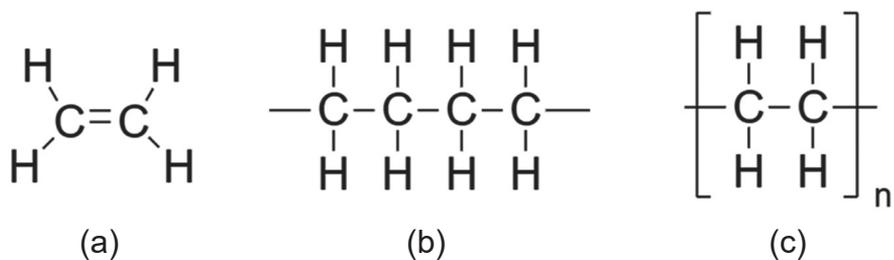
Untuk menggambarkan polimer, coba bayangkan untaian kalung mutiara. Setiap butir mutiara merepresentasikan monomer (satu molekul kecil), sedangkan untaian kalung mutiara merepresentasikan polimer (Gambar 4.2). Polimer dapat tersusun atas satu jenis monomer saja, namun sebagian polimer tersusun atas kombinasi dua atau lebih monomer yang berbeda.





**Gambar 4.2** Ilustrasi polimer sebagai untaian kalung mutiara dan butiran mutiara sebagai unit-unit monomer

Pada bab sebelumnya, kalian sudah mempelajari struktur dari senyawa hidrokarbon golongan alkena. Satu contoh molekul sederhana golongan alkena adalah etena. Rumus struktur dari etena ditunjukkan pada Gambar 4.3 (a).



**Gambar 4.3** Struktur molekul dari: (a) monomer etena, (b) polimer polietena dan (c) polietena menggunakan unit ulangnya

Apabila molekul-molekul etena yang sangat banyak saling berikatan, maka dihasilkan polimer bernama polietena (atau polietilena) (lihat Gambar 4.3 (b)). Etena disebut sebagai monomer dan molekul panjang



yang dihasilkan dari penggabungan molekul-molekul etena ini disebut polimer. Polietilena (PE) adalah plastik berharga murah yang banyak digunakan untuk membuat kantong plastik dan botol plastik.

Satu molekul polimer dapat tersusun dari ribuan monomer, karenanya tidak mungkin kita menggambarkan keseluruhan struktur dari polimer. Sebagai penggantinya, kita dapat menggambarkan struktur polimer sebagai struktur sederhana yang direpresentasikan pada Gambar 4.3 (c). Struktur unit ulang monomer dituliskan di dalam tanda kurung dan huruf 'n' merepresentasikan banyaknya jumlah molekul monomer yang bergabung menjadi polimer. Lambang 'n' juga menandakan bahwa ada banyak sekali molekul monomer yang tergabung dalam polimer tersebut. Namun, perhatikan dengan lebih teliti! Struktur dari unit ulang tidak betul-betul identik dengan struktur monomer etena. ***Apa bedanya? Diskusikan dengan teman kalian. Setelah berdiskusi, catatlah kesimpulanmu di bawah ini.***

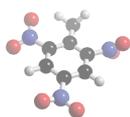
*Lengkapi pernyataan berikut:*

*Monomer adalah* \_\_\_\_\_

*Unit ulang adalah* \_\_\_\_\_

*Polimer adalah* \_\_\_\_\_

Penamaan polimer berdasarkan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) dapat didasarkan pada sumber monomernya. Nama polimer diawali dengan 'poli' yang berarti banyak, diikuti nama monomernya. Selain penamaan secara IUPAC, penamaan trivial (umum) dan penamaan menggunakan nama dagang lebih banyak digunakan pada polimer. Polietena, misalnya, yang dibuat dari monomer etena, lebih sering disebut polietilena (nama trivial), bukan polietena. Selain itu, polimer yang dibuat dari kloroetena, lebih sering disebut polivinil klorida (PVC) bukan polikloroetena. Demikian pula dengan polimer



yang terbuat dari propena, seringkali disebut polipropilena. Beberapa polimer juga dikenal dengan nama dagangnya antara lain teflon, dakron dan nilon.



## Ayo Berlatih

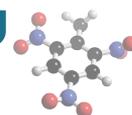
Setelah mengetahui struktur umum dari polimer, lengkapilah Tabel 4.1 menggunakan berbagai sumber informasi.

**Tabel 4.1** Contoh polimer beserta struktur dan kegunaannya

Nama polimer	Struktur monomer	Struktur unit ulang	Struktur polimer	Kegunaan
polietilena (PE)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{cccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   &   &   \\ \cdots-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\cdots \\   &   &   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	kantong plastik, wadah makanan, mainan
polistirena (PS)	...	...	...	wadah Styrofoam, insulasi
polivinil klorida (PVC)	...	...	...	bahan bangunan, pipa
poliakrilonitril (PAN)	...	...	...	cat, bahan karpet

## B. Reaksi Polimerisasi

Selain polimer alam yang tersedia melimpah, ada banyak polimer yang dibuat oleh manusia dan dikenal sebagai polimer sintetik. Banyak diantara polimer sintetik ini yang memiliki karakteristik unggul sehingga dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi. Polimer sintetik yang dikembangkan dari hasil riset industri seringkali dipatenkan dan didaftarkan sebagai merek.



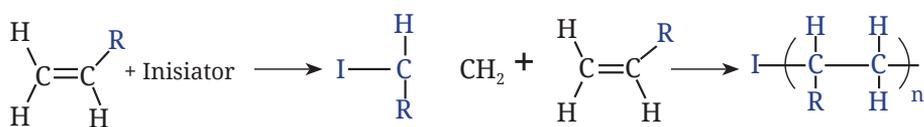
Bagaimana polimer disintesis?

Polimer terbentuk melalui reaksi polimerisasi, dimana molekul-molekul monomer berikatan membentuk rantai polimer. Dua jenis reaksi sintesis polimer adalah reaksi adisi dan kondensasi. Keduanya sudah kalian pelajari pada bab sebelumnya tentang reaksi-reaksi senyawa organik.

## 1. Polimerisasi adisi

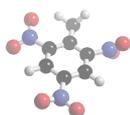
Polimerisasi adisi merupakan reaksi polimerisasi dimana molekul-molekul monomer ditambahkan pada rantai polimer satu per satu. Pada reaksi ini, tidak dihasilkan produk samping berupa molekul-molekul kecil. Contoh polimer yang dibuat melalui reaksi polimerisasi adisi adalah polietena. Pada reaksi polimerisasi etena, terjadi penggantian ikatan rangkap pada monomer etena menjadi ikatan tunggal karbon-karbon yang menghubungkan rantai unit ulang etena. Dengan kata lain, monomer yang awalnya memiliki ikatan tak jenuh, berubah menjadi senyawa jenuh pada akhir reaksi.

Pada reaksi polimerisasi adisi, terdapat tiga tahap reaksi, yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi. Tahapan reaksi polimerisasi adisi secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Contoh reaksi polimerisasi adisi

**Tahap inisiasi** adalah tahap awal dari reaksi polimerisasi. Tahap ini melibatkan inisiator yang berperan untuk menghasilkan spesi aktif pertama dari monomer. Tahap berikutnya adalah tahap perambatan rantai, yaitu saat monomer secara terus menerus ditambahkan pada

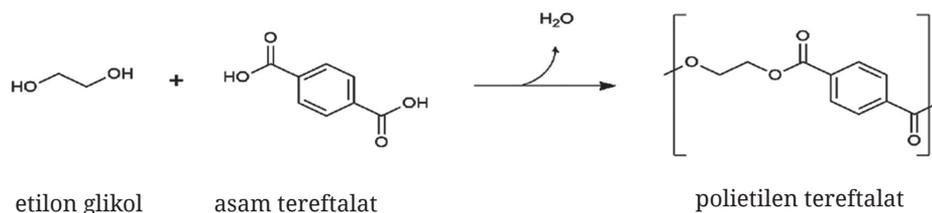


rantai polimer yang mengalami perpanjangan. Tahap ini disebut sebagai **tahap propagasi**. Saat monomer baru ditambahkan, maka sisi aktif berpindah ke monomer terakhir tersebut. Selanjutnya adalah **tahap terminasi**, dimana reaksi kimia pada tahap ini akan mendeaktivasi sisi aktif polimer, sehingga perpanjangan rantai terhenti.

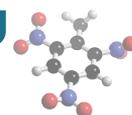
## 2. Polimerisasi kondensasi

Pada polimerisasi kondensasi, terdapat dua molekul monomer yang bereaksi membentuk ikatan kovalen, diikuti dengan pelepasan molekul sederhana. Contoh produk polimerisasi kondensasi adalah poliester dan nilon. Hampir semua reaksi pembentukan biopolimer berlangsung melalui mekanisme reaksi polimerisasi kondensasi, misalnya pembentukan pati, polipeptida dan sutera.

Poliester merupakan kelompok polimer yang mengandung gugus fungsi ester pada rantai utamanya. Contoh kelompok poliester yang terkenal adalah polietilen tereftalat (PET) yang disintesis dari suatu alkohol, yaitu etilen glikol dan suatu asam, yaitu asam tereftalat. Pada reaksi ini, atom hidrogen dari alkohol dan gugus hidroksil (-OH) dari asam karboksilat lepas sebagai molekul air. Ikatan baru yang terbentuk antara atom O dan C menghasilkan ikatan ester (Gambar 4.5).



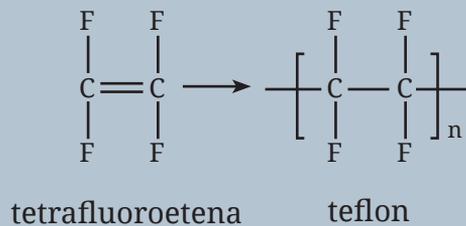
**Gambar 4.5** Reaksi pembentukan polietilen tereftalat (PET)





## Ayo Berpikir Kritis

Tetrafluoroetena mengalami reaksi polimerisasi membentuk polimer bertekstur licin yang dinamai Teflon™ (Gambar 4.6). Polimer ini banyak digunakan sebagai pelapis pada panci disamping kegunaan lainnya. Perhatikan struktur tetrafluoroetena dan Teflon™ berikut. Klasifikasikan polimer ini sebagai polimer adisi atau kondensasi, dan beri nama polimer berdasarkan penamaan IUPAC.

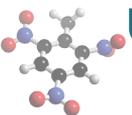


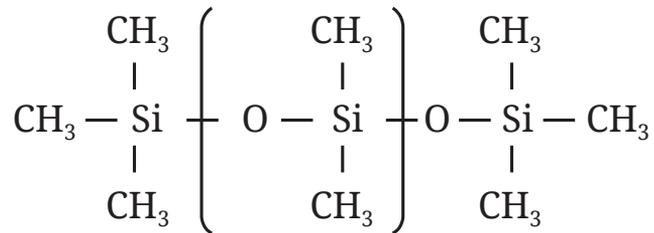
Gambar 4.6 Monomer tetrafluoroetena dan polimer Teflon™

### C. Jenis-jenis Polimer

Polimer dapat dikategorikan sebagai polimer organik dan polimer anorganik, tergantung dari atom-atom penyusunnya. Polimer organik tersusun atas monomer-monomer yang bergabung melalui ikatan karbon-karbon sebagai kerangka utamanya. Pada polimer anorganik, ikatan rantai utama polimer terdiri dari ikatan atom selain karbon, misalnya silikon. Gambar 4.7 memperlihatkan contoh polimer anorganik yaitu polisiloksan.

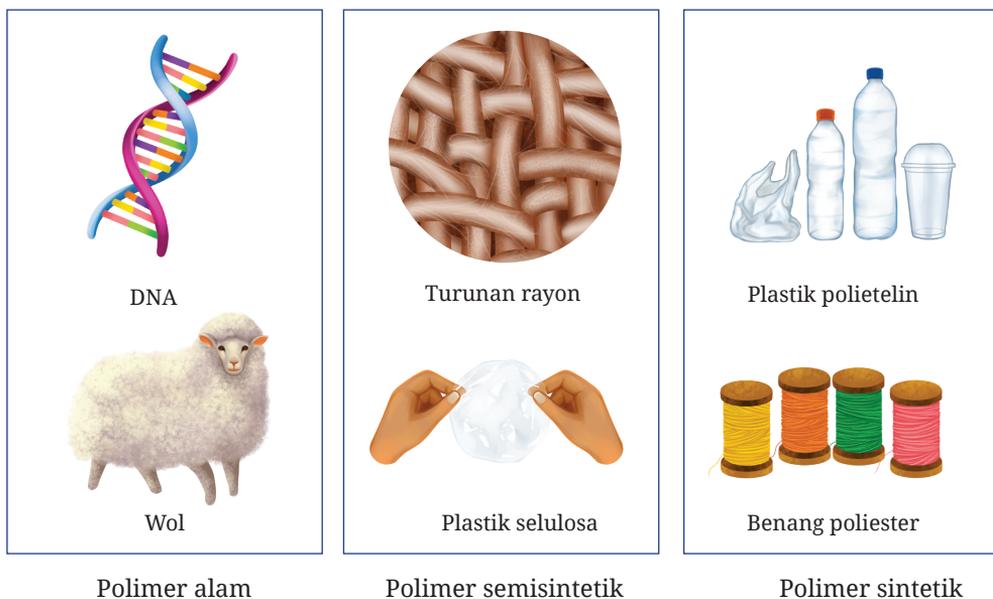
Berdasarkan sumbernya, polimer dapat dikelompokkan menjadi polimer sintetik atau semi-sintetik dan polimer alam atau biopolimer (Gambar 4.8). Polimer alam tersedia di alam sebagai salah satu bentuk kasih sayang Tuhan YME, contohnya selulosa, kanji, sutera dan karbohidrat. Polimer sintetik adalah polimer yang dibuat oleh manusia, sedangkan polimer semi-sintetik adalah polimer hasil modifikasi dari polimer yang ada di alam.





Gambar 4.7 Polimer anorganik polisiloksan

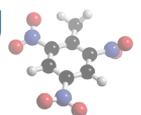
Kita akan membahas lebih jauh dua kelompok besar polimer, yaitu plastik yang umumnya merupakan polimer sintetik atau semi-sintetik dan biopolymer yang merupakan polimer alam. Kedua kelompok polimer ini C berperan dalam kehidupan kita.



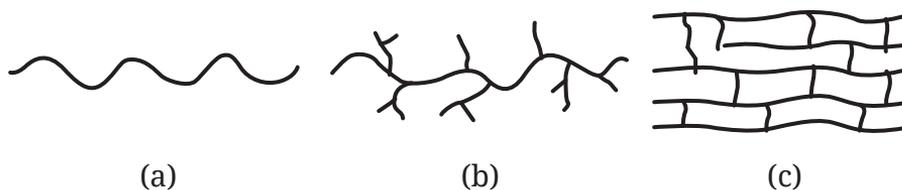
Gambar 4.8 Jenis-jenis polimer berdasarkan sumbernya

## D. Hubungan Struktur dan Sifat Polimer

Salah satu karakteristik unik dari polimer adalah ditemukannya perbedaan sifat dari polimer-polimer sejenis sebagai akibat dari



struktur yang berbeda. Polietilena dengan struktur lurus (linier) (Gambar 4.9 (a)) dapat memiliki sifat yang berbeda dengan polietilena yang memiliki struktur bercabang (Gambar 4.9 (b)). Polietilena rantai lurus lebih rapat, kuat dan memiliki ketahanan suhu yang lebih baik dibandingkan polietilena rantai bercabang. Selain itu, terdapat pula polimer berikatan silang yang umumnya lebih keras dan kaku (gambar 4.9 (c)), misalnya bakelit.

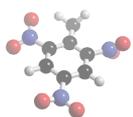


**Gambar 4.9** Polimer rantai lurus (a), bercabang (b), dan berikatan silang (c)

Kedua polietilena pada gambar 4.9 (a) dan 4.9 (b) memiliki ikatan kovalen yang identik pada rantai polimernya. Namun, gaya tarik menarik antar rantai polimer satu dengan yang lainnya pada polietilena (a) tidak sama dengan (b). Struktur polimer yang sangat panjang menyebabkan ikatan antar rantai polimer (atau gaya antar molekul) berperan penting dalam menentukan sifat polimer. Semakin kuat gaya antar molekul polimer, semakin baik kekuatan polimer tersebut. Kekuatan polimer ini diikuti dengan tingginya titik leleh serta sifat-sifat fisik dan mekanik lainnya.

Salah satu sifat polimer yang ditentukan oleh strukturnya adalah respon polimer terhadap pemanasan. Pernahkah kalian memanaskan plastik? Apa yang terjadi? Biasanya plastik akan melunak, misalnya pada polietilena, polistirena, polipropilena dan polivinil klorida. Polimer yang meleleh saat dipanaskan dan dapat dibentuk ulang, disebut polimer termoplastik. Polimer termoplastik memiliki gaya antarmolekul yang lemah, dan umumnya memiliki struktur seperti pada gambar 4.9 (a-b).

Namun, tidak semua polimer akan melunak saat dipanaskan. Bahan polimer yang digunakan pada instalasi listrik tidak akan melunak saat



dipanaskan. Polimer ini akan memiliki bentuk tetap dan tidak dapat dilelehkan ataupun dibentuk ulang, karenanya tidak dapat didaur ulang. Polimer dengan karakteristik lebih kuat dan dapat diaplikasikan pada suhu tinggi ini dinamakan polimer termoset. Polimer termoset memiliki ikatan kovalen antar rantai yang kuat seperti pada struktur 4.9 (c). Contoh polimer termoset antara lain bakelit, melamin dan resin epoksi.



### Ayo Berpikir Kritis

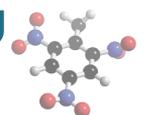
Gaya antar molekul apa sajakah yang mempengaruhi sifat fisik dari polimer? Mengapa polimer pada gambar 4.9(a) memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik dibandingkan polimer gambar 4.9(b)? Lihat kembali catatan dan buku kalian di Kelas XI pada bab ikatan kimia, kaitkan penjelasan kalian dengan gaya antar molekul.

## E. Plastik

Bayangkan satu hari saja tanpa plastik. Artinya, tidak ada kantong plastik, furnitur plastik, peralatan komputer hingga material kendaraan dan pesawat. Akan seperti apa hidup kita? Tentunya, keseharian kita akan sangat berbeda tanpa plastik. Ternyata, plastik telah menjadi bagian yang tak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari, baik itu di rumah ataupun di lingkungan sekitar.

Plastik mencakup banyak polimer organik sintetik atau semi-sintetik. Penamaan ‘plastik’ diperoleh dari sifatnya yang dapat dibentuk dan dicetak-ulang. Plastik dapat mengandung zat tambahan lain yang ditambahkan saat proses pembuatannya dengan tujuan untuk meningkatkan performanya.

Plastik ditemukan pada abad ke-19, dimana pada saat itu berhasil disintesis dari polimer alam yang diproses secara kimia. Contoh



dari polimer alam antara lain lilin dari tanaman, selulosa, dan karet alam. Namun, polimer alam yang telah disebutkan ini tidak memiliki karakteristik yang diperlukan. Karet alam, misalnya, bersifat sensitif terhadap suhu dan dapat menjadi lengket dan berbau saat cuaca panas, serta rapuh pada cuaca dingin. Oleh sebab itu, para peneliti mencoba menemukan material lain dengan karakteristik yang lebih unggul.

Pada tahun 1834, Friedrich Ludersdorf asal Jerman dan Nathaniel Hayward asal Amerika Serikat menemukan secara terpisah bahwa penambahan belerang pada karet mentah dapat membuat karet tidak lagi bersifat lengket. Setelahnya, Charles Goodyear menemukan bahwa proses pemanasan pada karet yang dimodifikasi dengan belerang ini membuatnya bersifat tahan terhadap abrasi, lebih elastik dan tidak sensitif terhadap suhu. Ketiga penemu ini telah berhasil meningkatkan sifat alami dari polimer alam sehingga menjadi lebih bermanfaat dan dapat digunakan untuk aplikasi yang lebih luas. Saat ini, karet digunakan sebagai bahan ban kendaraan dimana seluruh karakteristik baru yang dimilikinya menjadi sangat penting.

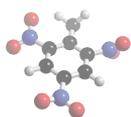
Plastik pertama yang merupakan polimer sintetik adalah Bakelit. Plastik ini murah, kuat dan tahan lama. Saat ini, plastik bakelit masih digunakan pada sirkuit listrik, dimana sifat insulasi dan resistensinya sangat menunjang penggunaannya.

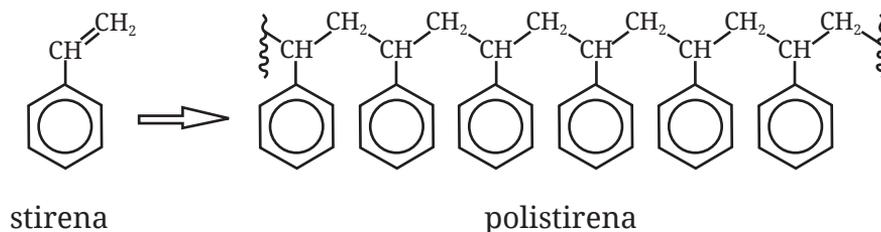
### 1. Contoh-contoh plastik

Terdapat banyak jenis plastik yang tersedia saat ini, masing-masing jenis plastik memiliki sifat khas dan aplikasi yang berbeda. Berikut ini akan dijelaskan beberapa contoh plastik.

#### **Polistirena**

Polistirena merupakan plastik umum yang digunakan sebagai peralatan makan sekali pakai, peralatan rumah tangga, mainan anak dan sebagainya. Monomer dari polistirena adalah stirena (Gambar 4.10), hidrokarbon cair yang dibuat dari minyak bumi.





**Gambar 4.10** Struktur stirena dan polistirena

### Polivinilklorida (PVC)

Polivinilklorida digunakan sebagai pipa, peralatan elektronik, kawat, mainan dan kemasan makanan. Rantai samping dari PVC mengandung atom klorida, yang memberinya karakteristik yang berbeda dari polietilena. Polimer ini bersifat lentur, tahan cuaca dan mudah dibentuk. Struktur monomer vinil klorida dan PVC beserta contoh-contoh benda berbahan dasar PVC dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Struktur monomer vinil klorida dan polimer PVC serta contoh benda-benda yang terbuat dari PVC

Sumber: Felia Febriany G./Kemendikbudristek (2022); Cottonbro/pexels.com (2020); Emma Shappley/unsplash.com (2021)

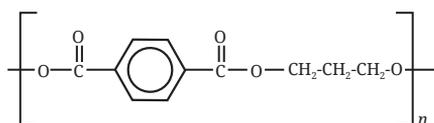
Pada sintesis polimer ini, banyak zat kimia yang sengaja ditambahkan untuk memberikan karakteristik tertentu. Zat kimia ini disebut aditif. Misalnya penambahan aditif *plasticizers* (zat pemplastik)



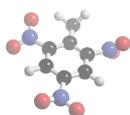
digunakan untuk membuat PVC lebih fleksibel. Banyak mainan anak yang terbuat dari PVC, namun kandungan dari aditif ini memiliki potensi bahaya apabila tertelan oleh bayi sehingga di Amerika Serikat penggunaan PVC sebagai bahan mainan anak dihentikan. PVC juga banyak digunakan sebagai bahan *plastic wrap* yang aman digunakan untuk pembungkus makanan pada kondisi dingin.

### Poliester

Poliester memiliki beragam karakteristik unggul, sehingga banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Karakteristik tersebut antara lain bersifat resisten terhadap perkerutan dan peregangan, mudah dicuci dan mudah kering. Alasan-alasan inilah yang menyebabkan poliester banyak digunakan sebagai bahan tekstil. Poliester dapat diregangkan menjadi serat dan dibuat menjadi kain maupun bahan pakaian. Poliester banyak digunakan sebagai bahan pakaian, karpet, tirai, sprei, bantal dan alat-alat rumah tangga lainnya (lihat Gambar 4.12). Lihatlah sekeliling rumah kalian dan cari benda yang terbuat dari poliester.

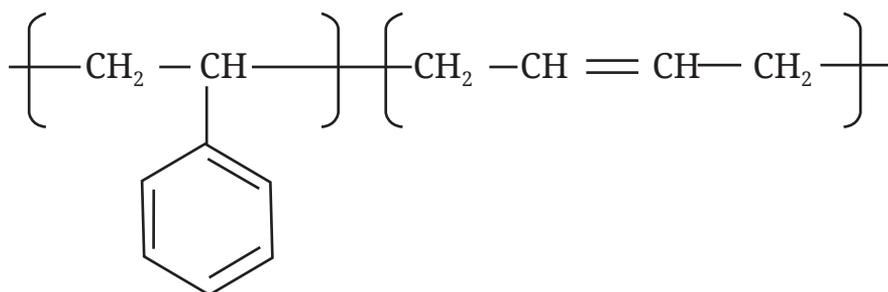


**Gambar 4.12** Contoh struktur polyester dan produknya



### Karet Stirena-Butadiena (SBR)

Jenis plastik yang banyak dimanfaatkan sejak Perang Dunia ke-2 adalah karet sintetik. Karet sintetik diproduksi dalam berbagai bentuk dan dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan. Karet sintetik yang paling sering digunakan sebagai bahan baku produk adalah karet stirena-butadiena (SBR). Karet stirena-butadiena dibuat dari dua jenis monomer, yaitu stirena dan butadiena (Gambar 4.13). Produk polimer yang dihasilkan dari dua atau lebih monomer dinamakan kopolimer. Aplikasi paling luas dari SBR adalah sebagai bahan ban kendaraan bermotor. Jenis karet ini memiliki ketahanan kikis yang baik.



Gambar 4.13 Contoh struktur karet stirena-butadiena (SBR) dan produknya

### Polietilen/Polietena (PE)

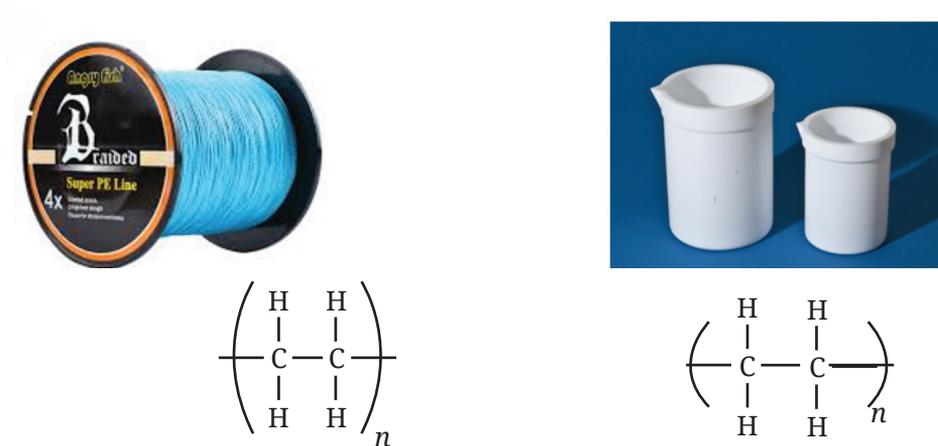
Polietena ditemukan pada tahun 1933. Polimer ini murah, fleksibel dan tahan lama, sehingga banyak digunakan sebagai furnitur, kemasan,



wadah dan aksesoris kendaraan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 (a). Karakteristiknya yang kuat juga banyak dimanfaatkan untuk bahan tali dan benang untuk memancing.

### Politetrafluoroetilena (PTFE)

Politetrafluoroetilena dikenal juga dengan sebutan Teflon®, yang banyak digunakan sebagai peralatan masak anti lengket yang ditunjukkan pada Gambar 14 (b). Teflon juga digunakan untuk membuat bahan kain Gore-Tex® yang bersifat tembus udara dan nyaman dipakai.



(a) polietilena

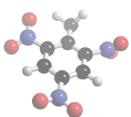
(b) politetrafluoroetilena

Gambar 4.14 Struktur dan contoh dari (a) polietilena dan (b) politetrafluoroetilena  
 Sumber: Hannes Grobe/commons.wikimedia.com (2011)

## Aktivitas 5.1

### Mengidentifikasi benda plastik di rumah

Di rumah masing-masing, lakukan pendataan untuk mengumpulkan daftar sebanyak mungkin plastik yang dapat kalian temukan. Kelompokkan benda plastik tersebut berdasarkan jenis, sifat dan kegunaannya. Buat rangkumannya dalam bentuk tabel.



Catatan: plastik seringkali memiliki label yang ditemukan di dasar produk berupa keterangan kode daur ulang yang berbentuk logo segitiga, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.15.



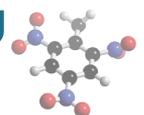
**Gambar 4.15** Contoh benda dari plastik dengan keterangan labelnya

## 2. Degradasi plastik

Tahukah kalian?

Plastik yang ditemukan pertama kali dianggap terlalu berharga untuk dibuang. Namun, saat ini plastik dianggap sebagai barang sekali pakai. Akibatnya, hampir sepertiga dari area pembuangan sampah dipenuhi oleh plastik. Padahal, plastik tidak dapat terdegradasi, sehingga penumpukan limbah plastik menjadi masalah yang serius.

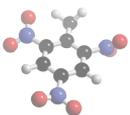
Upaya untuk mendaur ulang plastik menjadi sangat penting untuk mengurangi limbah plastik. Solusi lainnya adalah mencari cara untuk membuat plastik yang dapat terdegradasi. Dari ide awal inilah, riset untuk membuat plastik yang dapat terdegradasi berkembang



pesat. Semua plastik adalah polimer dan bersifat stabil. Karakter inilah yang menjadi alasan pemanfaatannya di berbagai aspek kehidupan menggantikan material lain. Namun, kestabilan polimer ini menyebabkannya tidak reaktif dan tidak mudah hancur, sehingga setelah dibuang akan mempertahankan bentuknya hingga ratusan bahkan ribuan tahun sebelum akhirnya terdegradasi.

Plastik yang dapat terdegradasi menjadi langkah penting untuk mendukung pemanfaatan plastik di masa yang akan datang, sehingga tidak menimbulkan masalah setelah pemakaiannya. Plastik yang dapat terdegradasi ini akan hancur dalam jangka waktu yang relatif pendek-misalnya dalam waktu enam bulan hingga satu tahun. Terdapat dua jenis plastik yang dapat terdegradasi yaitu plastik yang terdegradasi secara biologis (*biodegradable plastic*) dan plastik yang terdegradasi oleh cahaya (*photodegradable plastic*). *Biodegradable plastic* dapat mengalami peluruhan sebagaimana halnya benda di alam, misalnya tanaman, oleh proses biologis. *Photodegradable plastic* mengalami disintegrasi saat terekspos oleh cahaya dengan panjang gelombang tertentu (Gambar 4.16).

Kemampuan plastik untuk mengalami degradasi bergantung pada struktur rantai polimer yang menyusunnya. *Biodegradable plastic* seringkali dibuat dari penggabungan polimer sintetik dengan polimer alam pada komposisi tertentu. Contoh bahan alam yang dapat digunakan untuk membuat *biodegradable plastic* adalah tepung jagung dan pati singkong. Kedua bahan alam ini dapat dihancurkan oleh mikroorganisme. Ini adalah bentuk kekuasaan Tuhan YME yang menciptakan segala sesuatu di alam dengan sempurna, semua dalam keadaan keseimbangan sehingga tidak menimbulkan masalah lingkungan. Idealnya, *biodegradable plastic* akan terurai sempurna menjadi karbondioksida, air dan biomassa dalam waktu 6 bulan, sama seperti bahan alami lainnya.





(a)



(b)

**Gambar 4.16** Contoh plastik: (a) tidak dapat terdegradasi, (b) biodegradable

Sumber: (a) Piles\_of\_plastic\_waste\_in\_Thilafushi,(2012)

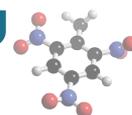
*Photodegradable plastic* memiliki sifat dapat menyerap cahaya. Polimer ini memiliki kromofor pada rantai polimernya, yaitu gugus fungsi yang dapat mengalami perubahan struktur ketika terpapar cahaya dengan panjang gelombang tertentu (biasanya sinar ultraviolet). Perubahan struktur inilah yang akan menyebabkan rantai polimer terurai. *Photodegradable plastic* tidak dapat terurai apabila tertimbun di timbunan sampah, karena tidak terkena cahaya matahari. Namun, apabila *photodegradable plastic* ini berada di perairan, misalnya sungai, danau atau laut, maka plastik tersebut akan mengapung ke permukaan dan akan terkena cahaya matahari. Penggunaan *photodegradable plastic* akan membantu proses peluruhan limbah plastik yang mencemari perairan.



## Ayo Berkolaborasi

### **Project-Based Learning**

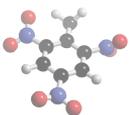
Kalian sudah membaca Pengayaan tentang plastik yang dapat terdegradasi. Kalian juga sudah mengenal *biodegradable plastic* dan



*photodegradable plastic*. Meskipun terlihat bahwa pembuatan plastik yang dapat terdegradasi ini akan mampu membantu mengurangi masalah penumpukan limbah plastik, namun masih ada isu-isu lain yang berpotensi menghasilkan masalah baru.

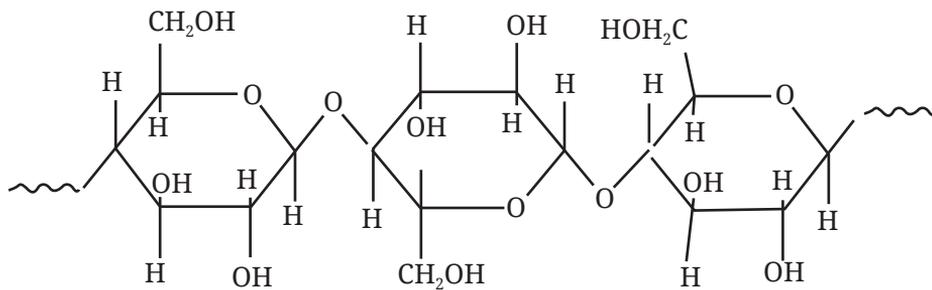
1. Saat plastik yang dapat terdegradasi terurai, plastik dari pati akan dapat terurai sempurna menjadi karbondioksida, air dan senyawa organik lainnya. Namun, apa yang terjadi saat plastik lain yang mengandung atom seperti klor (Cl) atau fluor (F) terurai, adakah masalah baru yang mungkin ditimbulkan terhadap lingkungan? Berikan analisis kalian!
2. Meskipun dapat didaur ulang dengan bantuan mikroorganisme atau cahaya, plastik yang tertimbun jauh di dalam gunung sampah tidak akan terdegradasi dengan baik. Plastik yang tertimbun tidak berada di lingkungan dengan kandungan oksigen cukup untuk membantu mikroorganisme bekerja mengurai plastik, dan tentu saja tidak terekspos cahaya yang dapat memfasilitasi penguraiannya. Potensi masalah apa yang dapat ditimbulkan pada kondisi ini? Perubahan apa yang dapat dilakukan pada area pembuangan sampah plastik untuk mengatasi masalah tersebut?
3. Bagaimana cara menggunakan kembali sampah plastik (*reuse*) menjadi barang yang berguna? mendaur ulangnya (*recycle*) secara sederhana, dan cara mengurangi (*reduce*) sampah plastik? Coba diskusikan dengan teman sekelompokmu bagaimana melakukan tindakan nyata dari ketiga cara (3R) di atas.

Secara berkelompok, jawablah pertanyaan di atas dan usulkan desain area pembuangan sampah untuk membantu optimalisasi degradasi limbah plastik. Buatlah laporan kelompok dalam bentuk file presentasi, dan presentasikanlah laporan tersebut di kelas.



## F. Polimer Alam

Banyak teknologi yang dikembangkan saat ini merupakan imitasi dari proses yang terjadi di alam. Rancangan Tuhan YME yang sempurna salah satunya dapat kita lihat dari struktur-stuktur polimer alam yang luar biasa. Saat ini, pengembangan polimer-polimer sintetis banyak meniru struktur dari polimer alam. Salah satu polimer alam yang tersedia berlimpah adalah selulosa. Selulosa merupakan penyusun dari kayu, kertas dan katun. Struktur selulosa disajikan pada Gambar 4.17.

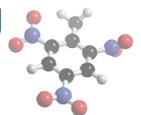


Gambar 4.17 Selulosa sebagai polimer alam

Terdapat banyak polimer alam yang ditemukan pada sistem makhluk hidup. Studi mengenai senyawa organik dan reaksi senyawa organik yang berlangsung pada makhluk hidup disebut biokimia. Beberapa contoh polimer yang memiliki fungsi biologis (biopolimer) antara lain protein, pati, asam amino, gula, dan asam nukleat.

## G. Biopolimer Organik

Biopolimer organik ditemukan pada organisme hidup. Makromolekul ini diantaranya adalah karbohidrat, protein, asam nukleat, dan lemak (lipida). Namun, lemak tidak termasuk golongan polimer. Semua makromolekul ini sangat diperlukan dalam kehidupan.



## 1. Karbohidrat

Karbohidrat memiliki karakteristik kunci, yaitu hanya mengandung unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Karbohidrat merupakan biopolimer yang mengandung gugus aldehida atau keton, disamping dua atau lebih gugus hidroksil. Golongan karbohidrat mencakup gula dan polimer-polimernya. Salah satu monomer paling penting dari karbohidrat adalah glukosa. Molekul glukosa dapat ditemukan dalam bentuk rantai lurus (asilik) maupun cincin (siklik) (Gambar 4.18).

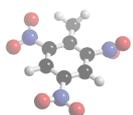


**Gambar 4.18** Struktur molekul glukosa rantai lurus (kiri) dan cincin (kanan) serta penampakan fisiknya (tengah)

Sumber: wikimedia.org wiki File PowderedSugar.png (Photo by M)

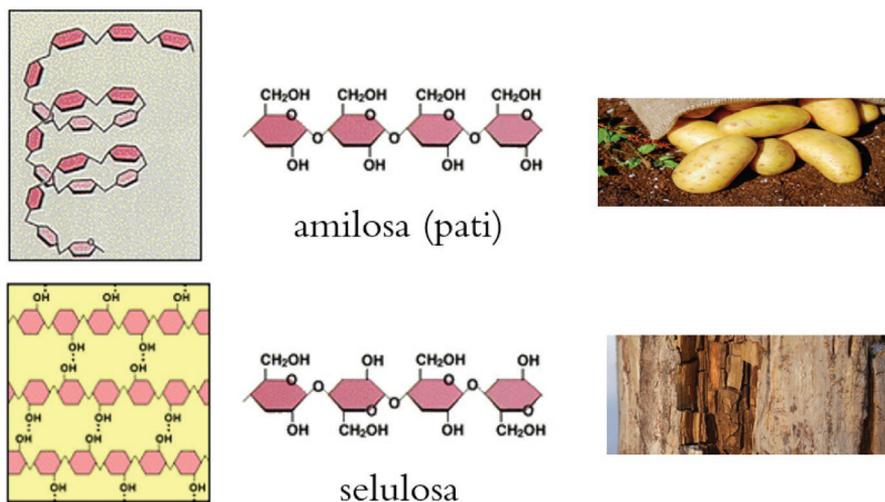
Glukosa merupakan produk dari fotosintesis yang berlangsung pada tanaman. Saat fotosintesis, air dan karbondioksida dengan bantuan cahaya matahari bereaksi untuk menghasilkan glukosa dan oksigen. Glukosa ini disimpan dalam beragam bentuk pada tanaman.

Glukosa merupakan sumber energi penting bagi tanaman itu sendiri, juga bagi hewan dan organisme lain yang mengkonsumsi tanaman tersebut. Glukosa memiliki peran sentral pada respirasi seluler, dimana makhluk hidup dapat memperoleh energi untuk bertahan hidup. Pada proses respirasi, glukosa dan oksigen bereaksi menghasilkan karbondioksida, air dan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP). Biopolimer ATP merupakan bentuk energi yang dapat digunakan sel-sel tubuh untuk dapat berfungsi normal. Tujuan kita



mengonsumsi makanan adalah untuk memperoleh energi ATP yang diperlukan tubuh.

Kita sesungguhnya tidak memakan glukosa yang memiliki bentuk sederhana. Seringkali, kita makan karbohidrat kompleks yang dapat diuraikan oleh tubuh menjadi molekul-molekul glukosa. Karbohidrat kompleks ini merupakan polimer yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi kondensasi. Pati dan selulosa adalah contoh karbohidrat yang tersusun atas monomer-monomer glukosa (Gambar 4.19).



**Gambar 4.19** Contoh karbohidrat: pati (seperti pada kentang) dan selulosa (seperti pada batang tanaman)

Karbohidrat ditemukan pada makanan seperti roti, pasta, kentang, nasi dan buah-buahan. Karbohidrat merupakan sumber energi penting bagi tubuh. Sebagaimana glukosa, karbohidrat bereaksi dengan oksigen mengalami oksidasi menghasilkan karbondioksida dan air, serta energi pada proses respirasi. Karbondioksida dan uap air kemudian dikeluarkan oleh tubuh melalui nafas kita. Selain karbohidrat, tubuh juga dapat memperoleh energi dari protein dan lemak.

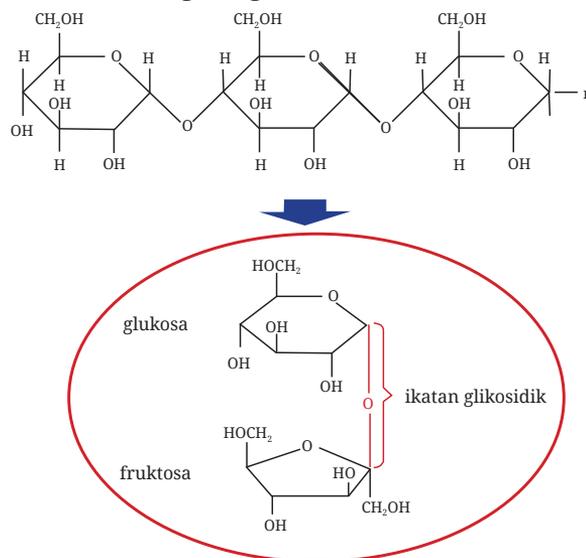
Monosakarida terdiri atas satu unit sakarida. Dengan demikian, monosakarida adalah molekul karbohidrat yang paling kecil. Monosakarida seringkali disebut sebagai karbohidrat sederhana atau



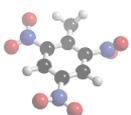
gula sederhana. Glukosa merupakan salah satu contoh monosakarida yang banyak ditemukan pada sirup jagung. Monosakarida lainnya adalah fruktosa, galaktosa dan manosa. Fruktosa adalah zat pemberi rasa manis pada buah-buahan. Reaksi kondensasi antara glukosa dan fruktosa menghasilkan sukrosa, atau biasa dikenal dengan sebutan gula. Sukrosa dapat ditemukan pada gula tebu.

Selain monosakarida, ada pula disakarida. Sukrosa, yang mengandung dua monomer sakarida, adalah contoh disakarida (Gambar 4.20). Untuk menghasilkan disakarida, satu gugus hidroksil pada suatu monomer bereaksi dengan gugus hidroksil dari monomer lain membentuk ikatan eter. Reaksi ini dinamakan kondensasi, karena terdapat dua molekul yang mengalami kombinasi menghasilkan molekul besar disertai pelepasan air. Saat dicerna dalam tubuh, karbohidrat mengalami reaksi hidrolisis yang memecahkan ikatan eter antar monomer.

Pati adalah karbohidrat kompleks yang digunakan tanaman untuk menyimpan kelebihan glukosa. Pati terdiri atas rantai panjang monomer glukosa. Kentang terbuat dari pati, karenanya merupakan sumber energi yang baik. Hewan juga dapat menyimpan glukosa dalam bentuk senyawa bernama glikogen.



**Gambar 4.20** Ikatan antar monomer pada karbohidrat sederhana (atas) dan contoh ikatan glikosidik pada sukrosa (bawah)



Selulosa juga tersusun atas rantai molekul glukosa, namun ikatan antar polimernya berbeda dari pati (lihat kembali Gambar 4.19). Selulosa ditemukan sebagai penyusun dinding sel tanaman dan digunakan oleh tanaman sebagai material penyusun tanaman. Selulosa merupakan salah satu makromolekul yang paling melimpah di alam.



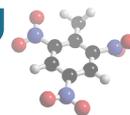
### Ayo Berpikir Kritis

Meskipun sama-sama karbohidrat, pati dan selulosa memiliki kegunaan yang berbeda bagi hewan dan manusia. Manusia dapat mencerna pati tetapi tidak dapat mencerna selulosa. Demikian halnya dengan hewan, yang seringkali memerlukan bantuan jamur atau protozoa untuk dapat memecah selulosa menjadi glukosa. Hubungkan perbedaan ini dengan karakteristik dari pati dan selulosa. Gunakan berbagai sumber eksternal untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik pati dan selulosa.

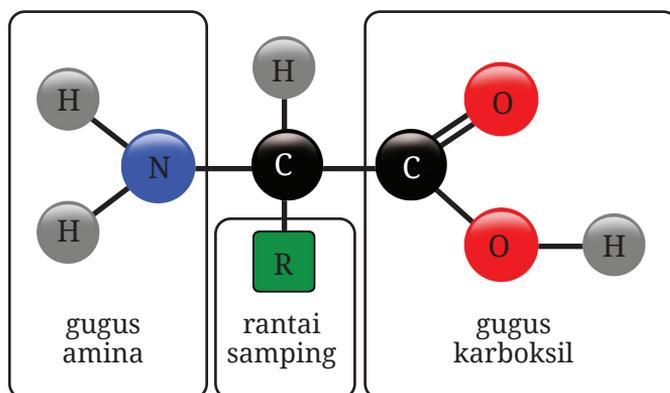
## 2. Asam amino dan protein

Protein adalah polimer alam yang tersusun atas monomer asam amino. Protein ditemukan dalam daging, susu, telur dan kacang-kacangan. Material alami lain seperti kain wol, kulit dan sutera juga terbuat dari protein. Tubuh kita seperti kuku, rambut dan kulit juga terbuat dari protein. Protein memiliki fungsi-fungsi penting dalam tubuh kita, seperti dalam mempercepat reaksi kimia (enzim), mentransportasikan oksigen dalam darah (hemoglobin), dan mengatur respon tubuh kita (hormon).

Terdapat 20 jenis asam amino yang biasa terdapat dalam tubuh manusia. Semua asam amino mengandung satu gugus asam karboksilat dan satu gugus amina. Asam amino dapat berikatan satu sama lain melalui ikatan amida untuk membentuk protein. Setiap asam amino



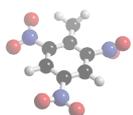
memiliki gugus samping yang berbeda yang terikat ke atom karbon pusat. Gambar 4.21 menunjukkan struktur asam amino. Huruf R merepresentasikan gugus samping dari asam amino. Contoh gugus samping antara lain  $\text{-CH}_3$  (metil) untuk asam amino alanin.



**Gambar 4.21** Struktur asam amino

Bentuk dan fungsi biologis dari protein bergantung pada urutan asam amino penyusunnya. Protein tertentu, misalnya insulin, mengandung setidaknya 50 kelompok asam amino. Bergantung pada urutan asam aminonya, dapat dihasilkan sangat banyak jenis protein yang berbeda. Setiap spesies hewan juga memiliki protein khas tertentu. DNA manusia juga mengandung cetak-biru untuk membuat protein spesifik sesuai dengan struktur dan fungsi tubuh kita. Protein memiliki banyak fungsi pada makhluk hidup, diantaranya:

- protein struktural seperti kolagen dalam jaringan hewan dan keratin pada rambut, berperan memberikan penunjang struktur tubuh.
- protein penyimpan, seperti albumin pada putih telur berperan sebagai sumber energi.
- protein transport, seperti hemoglobin dalam darah yang berperan menarik oksigen dan membantu transportasinya ke seluruh tubuh.



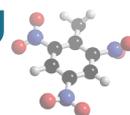
- protein hormonal, seperti insulin yang berperan mengontrol kadar gula dalam darah.
- enzim, seperti amilase, merupakan protein yang berperan sebagai katalis pada proses kimia dalam tubuh.

## PROYEK MANDIRI

### Makromolekul dalam diet sehari-hari

Untuk menjaga kesehatan tubuh, kita harus makan diet seimbang dengan komposisi karbohidrat, protein dan lemak. Lemak merupakan sumber energi penting yang juga berperan memberikan insulasi bagi tubuh serta menjadi lapisan pelindung banyak organ vital. Selain itu, tubuh juga memerlukan vitamin esensial dan mineral. Saat kalian membeli makanan di toko, kebanyakan kemasan makanan menyajikan informasi kandungan gizi makanan tersebut. Tuliskan makanan-makanan yang biasa kalian konsumsi, kemudian lengkapi kandungan karbohidrat, protein dan lemak masing-masing sediaan makanan tersebut. Lakukan analisis berikut.

- a. Makanan mana yang memiliki proporsi protein terbesar?
- b. Makanan mana yang memiliki proporsi karbohidrat terbesar?
- c. Jenis makanan manakah yang paling sehat menurut kalian? Beri penjelasan.
- d. Apabila kalian ingin menurunkan berat badan, ada beberapa jenis diet yang banyak dipilih, diantaranya diet vegetarian, diet rendah lemak (low-fat) dan diet Atkins. Carilah informasi mengenai program diet ini!
- e. Dari hasil analisis pada poin (d), jelaskan keuntungan dari jenis diet tersebut berikut kelemahan-kelemahannya.



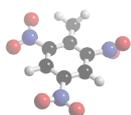
Contoh tabel hasil pengamatan

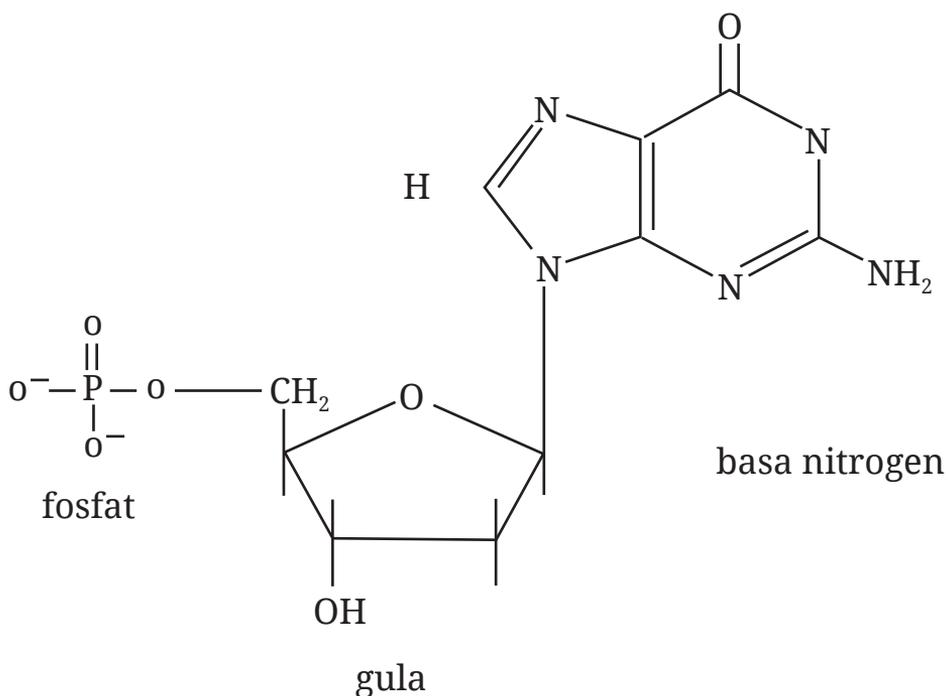
Makanan	karbohidrat (%)	Protein (%)	Lemak (%)

### 3. Asam nukleat

Kalian telah mengetahui pada sub bab sebelumnya bahwa ada banyak jenis protein yang berbeda, diakibatkan susunan asam amino penyusunnya yang berbeda. Namun, apa sebetulnya yang menyebabkan asam amino pada makhluk hidup menyusun dirinya dengan urutan tertentu untuk membentuk protein tertentu? Maka, jawabannya ada gen. Gen mengandung asam deoksiribonukleat (DNA), suatu kelompok polimer yang dinamakan asam nukleat. DNA adalah materi genetik yang diperoleh suatu organisme dari warisan orang tuanya. DNA menyediakan kode genetik yang diperlukan untuk menyusun protein spesifik yang diperlukan organisme. Jenis asam nukleat lainnya adalah asam ribonukleat (RNA).

Polimer DNA tersusun dari monomer-monomer nukleotida. Setiap nukleotida memiliki tiga bagian: gula, fosfat dan basa nitrogen. Diagram berikut dapat membantu kalian memahami struktur DNA (Gambar 4.22).





**Gambar 4.22** Monomer nukleotida penyusun polimer DNA

Terdapat lima macam basa nitrogen: adenin (A), guanin (G), sitosin (C), timin (T) dan urasil (U). Susunan dari basa nitrogen pada polimer DNA akan menentukan kode genetik untuk suatu organisme. Tiga urutan basa nitrogen memberikan kode untuk satu asam amino. Misalnya, apabila tiga basa nitrogen memiliki urutan: urasil, sitosin, dan urasil, maka sebuah asam amino serin akan menjadi bagian dari rantai polipeptida yang dihasilkan. Rantai polipeptida dibuat dengan cara seperti ini hingga diperoleh rantai polipeptida yang cukup panjang dengan urutan asam amino tertentu dan menghasilkan sebuah protein. Protein mengontrol apa yang terjadi dalam suatu organisme, dengan demikian asam nukleat memegang peranan penting dalam tubuh organisme.





## Pengayaan 1

### Anemia Sel Sabit (*sickle cell anaemia*)

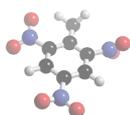
Anemia merupakan salah satu penyakit akibat kelainan pada darah yang paling sering terjadi pada masyarakat. Salah satu jenis anemia adalah anemia sel sabit yang diakibatkan ketidaksempurnaan dari satu nukleotida. Satu nukleotida yang cacat pada kode genetika menyebabkan tubuh penyandang penyakit ini menghasilkan protein yang bernama haemoglobin sabit. Hemoglobin adalah protein dalam sel darah merah yang membantu transportasi oksigen ke seluruh tubuh. Ketika hemoglobin sabit ini terbentuk, sel-sel darah merah berubah bentuk. Proses ini akan merusak membran sel darah merah dan menyebabkan sel-sel tersebut tersendat di pembuluh darah. Dengan demikian, sel darah merah pembawa oksigen ini tidak dapat beredar ke seluruh jaringan yang membutuhkan. Pada akhirnya, dapat terjadi kerusakan organ yang serius, sehingga pengidap penyakit ini memiliki ekspektansi hidup yang lebih pendek.



## Pengayaan 2

### UJI KARBOHIDRAT

Karbohidrat adalah sumber energi utama bagi makhluk hidup yang juga berperan sebagai penyusun struktur ekstraseluler bagi dinding sel tanaman. Karbohidrat didefinisikan sebagai polihidroksi aldehyd atau polihidroksi keton atau lebih dikenal dengan polisakarida yang memiliki rumus umum  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ . Karbohidrat dalam larutan dapat diidentifikasi dengan uji laboratorium. Beberapa jenis pengujian karbohidrat yang banyak digunakan disajikan pada Tabel 4.2.



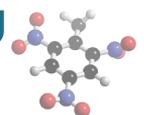
**Tabel 4.2** Berbagai uji karbohidrat

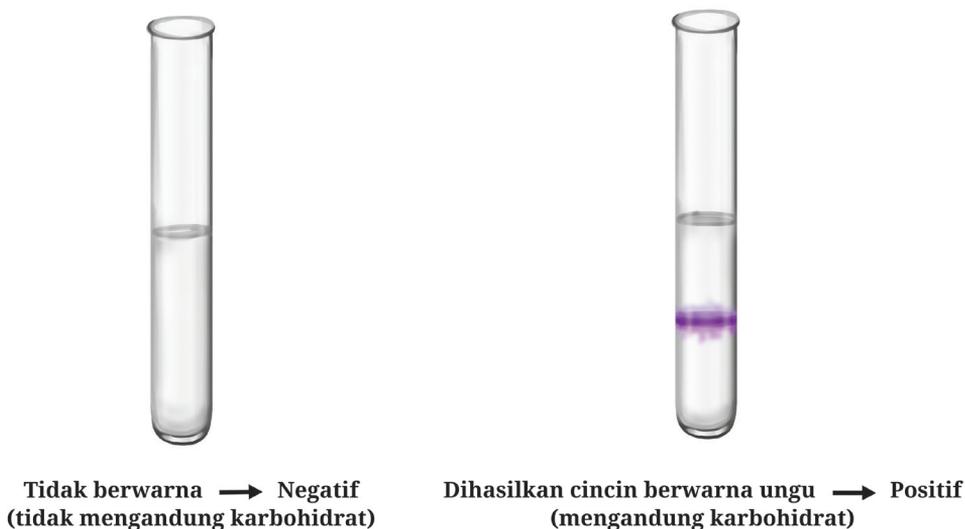
Nama uji	Aplikasi pengujian
Uji Molisch	Spesifik bagi karbohidrat
Uji Benedict	Keberadaan gula pereduksi
Uji Barfoed	Mendeteksi keberadaan monosakarida
Uji Bial	Mendeteksi monosakarida pentosa
Uji Seliwanoff	Membedakan aldosa dan ketosa
Uji Iodin	Spesifik bagi polisakarida pati

## Uji Molisch

Uji ini spesifik bagi semua karbohidrat dan digunakan untuk mengonfirmasi keberadaan atau ketiadaan karbohidrat dalam larutan. Golongan monosakarida akan memberikan hasil positif yang sangat cepat, sedangkan disakarida dan polisakarida bereaksi dengan lambat. Uji ini dapat digunakan untuk membedakan karbohidrat dari lipida atau protein.

Uji ini didasarkan pada reaksi alfa-naftol dan karbohidrat dengan keberadaan asam sulfat. Gula bereaksi dengan alfa-naftol dalam suasana asam menghasilkan senyawa furfural berwarna ungu atau turunan hidrosimetilfurfural (Gambar 4.23). Intensitas warna yang dihasilkan proporsional dengan jumlah karbohidrat yang terdapat dalam larutan. Reagen Molisch adalah larutan alfa-naftol 5% dalam etanol.





Gambar 4.23 Hasil Uji Molisch.

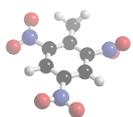
Prosedur uji Molisch:

1. Masukkan 2 ml larutan gula dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Tambahkan 2-3 tetes reagen uji Molisch.
3. Miringkan tabung reaksi dan tambahkan 2 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat pada dinding tabung reaksi secara perlahan.

Hasil positif uji Molisch ditandai dengan terbentuknya cincin berwarna ungu pada antarmuka dua cairan, yaitu reagen Molisch dan larutan karbohidrat terdehidrasi.

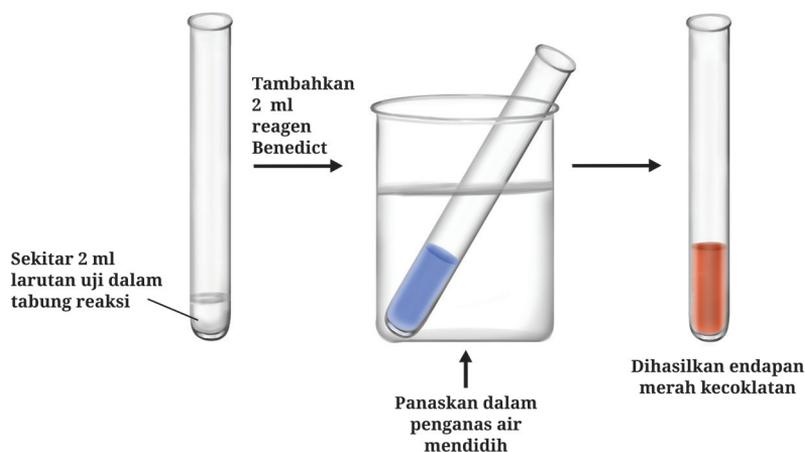
## Uji Benedict

Uji ini digunakan untuk mendeteksi adanya gula pereduksi. Karbohidrat yang memiliki gugus fungsi bebas yang tidak terlibat dalam ikatan glikosidik akan memberikan hasil positif pada uji ini. Semua golongan monosakarida dan disakarida, kecuali sukrosa akan memberikan hasil



positif, sedangkan polisakarida akan memberikan hasil uji negatif. Polimer berukuran besar seperti pati tidak termasuk sebagai gula pereduksi, sehingga akan memberikan hasil negatif pada uji ini.

Uji ini didasarkan pada kemampuan gula pereduksi untuk mengalami oksidasi dalam larutan basa. Larutan yang mengandung gula pereduksi dipanaskan dengan pereaksi Benedict's. Pada kondisi basa, gula pereduksi mengalami tautomerisasi membentuk enediol yang akan mereduksi ion-ion  $\text{Cu(II)}$  menjadi  $\text{Cu}_2\text{O}$  berwarna merah kecoklatan (Gambar 4.24).

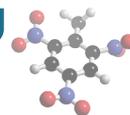


Gambar 4.24 Hasil Uji Benedict

Prosedur uji Benedict:

1. Masukkan 2 ml larutan gula dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Tambahkan 2 ml reagen uji Benedict.
3. Panaskan tabung reaksi dalam penangas air mendidih selama 5 menit.

Hasil positif uji Benedict ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna merah kecoklatan.



## Uji Barfoed

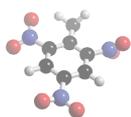
Uji ini menggunakan prinsip pengujian yang mirip dengan uji Benedict yaitu kemampuan mereduksi-gula. Uji ini digunakan untuk membedakan antara monosakarida dengan disakarida. Sukrosa juga akan memberikan hasil positif pada uji ini karena kemampuannya untuk mengalami hidrolisis pada suasana asam. Monosakarida akan memberikan hasil positif yang cepat, sedangkan disakarida memberikan hasil positif yang lambat.

Reagen Barfoed mengandung tembaga asetat dalam asam asetat glasial. Gula pereduksi akan mengalami tautomerisasi dalam media asam menghasilkan enediol. Enediol mereduksi ion-ion  $\text{Cu(II)}$  menjadi  $\text{Cu(I)}$  yang akan menghasilkan padatan  $\text{Cu}_2\text{O}$  saat dipanaskan.

Prosedur uji Barfoed:

1. Masukkan 2 ml reagen Barfoed ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Tambahkan 2 ml larutan uji dan campurkan.
3. Panaskan tabung reaksi hingga mendidih.
4. Dinginkan pada suhu kamar.
5. Amati terbentuknya endapan.
6. Apabila endapan belum terbentuk, didihkan kembali selama 10 menit.
7. Dinginkan dan amati kembali terbentuknya endapan.

Pada uji monosakarida, endapan merah akan terbentuk pada pemanasan pertama (sekitar 5 menit). Bagi disakarida, endapan terbentuk pada pemanasan yang lebih lama, yaitu sekitar 15 menit.



## Uji Bial

Uji ini sangat sensitif terhadap golongan pentosa. Zat yang mengandung gula pentosa akan memberikan hasil uji positif pada uji Bial. Pentosa membentuk senyawa furfural dalam kondisi asam pekat. Senyawa furfural yang dihasilkan dari pentosa bereaksi dengan orsinol yang terdapat dalam reagen Bial menghasilkan senyawa berwarna biru (Gambar 4.25).

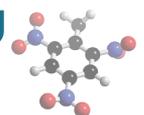
Prosedur uji Bial:

1. Masukkan 3 ml reagen Bial ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Tambahkan 3 ml larutan uji dan campurkan.
3. Panaskan tabung reaksi dalam penangas air mendidih.
4. Dinginkan pada suhu kamar.

Hasil positif uji Bial ditandai dengan terbentuknya warna biru dalam larutan setelah pemanasan.

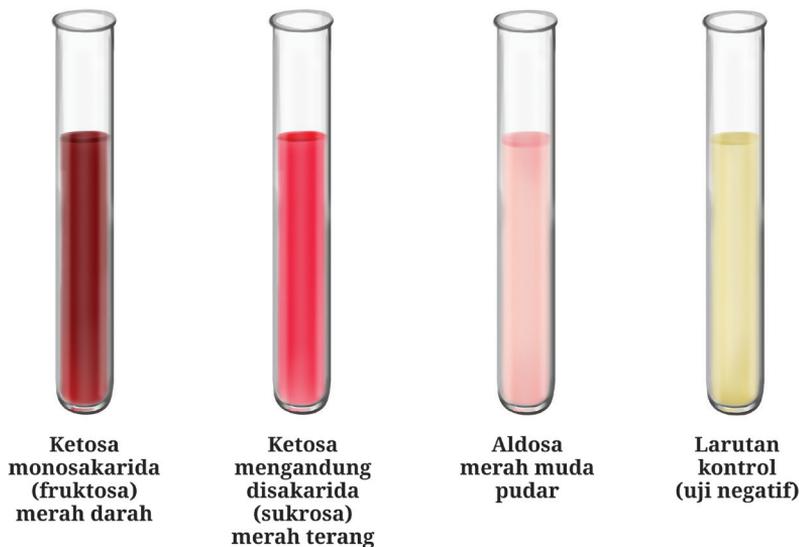


Gambar 4.25 Hasil Uji Bial



## Uji Seliwanof

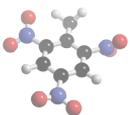
Uji ini digunakan untuk membedakan antara golongan aldosa (seperti glukosa) dengan golongan ketosa (seperti fruktosa). Pada uji ini, reagen Seliwanoff yang mengandung HCl 6 M berperan mendehidrasi ketoheksosa untuk menghasilkan 5-hidroksimetilfurfural. Produk reaksi 5-hidroksimetilfurfural ini bereaksi dengan resorsinol (yang juga terdapat dalam reagen) menghasilkan larutan berwarna merah. Kelompok aldoheksosa juga bereaksi dengan reagen Seliwanoff menghasilkan produk yang sama, namun reaksinya lebih lambat dan produk yang dihasilkan berwarna kuning hingga merah muda (Gambar 4.26).



Gambar 4.26 Hasil Uji Seliwanoff

### Prosedur uji Seliwanoff

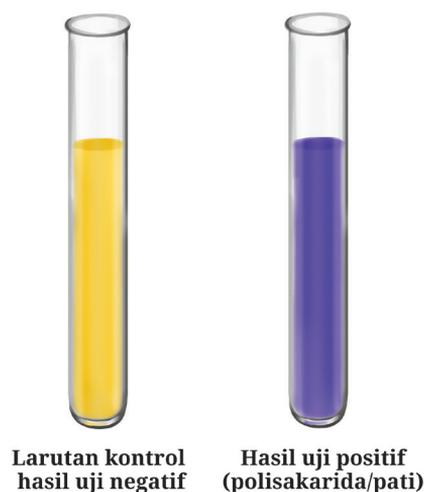
1. Masukkan 3 ml reagen Seliwanoff ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Tambahkan 1 ml larutan uji dan campurkan.
3. Panaskan tabung reaksi hingga mendidih selama 30 detik.
4. Dinginkan pada suhu kamar.



Hasil uji positif ditandai dengan terbentuknya larutan berwarna merah terang setelah pendinginan. Apabila hasil uji positif, artinya larutan mengandung gula ketosa. Sukrosa akan memberikan hasil positif karena dapat terhidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa.

## Uji Iodin

Uji ini merupakan uji spesifik bagi polisakarida pati. Pengujian didasarkan pada reaksi pati dengan iodin yang menyebabkan iodin terperangkap pada matriks heliks dari rantai polisakarida melalui ikatan kompleks koordinasi. Hal ini menyebabkan teramatinya warna biru kehitaman yang mengonfirmasi adanya pati. Warna ini akan hilang pada penambahan basa dan pemanasan akibat terurainya jaringan matriks polisakarida yang membebaskan molekul iodin (Gambar 4.27).



Gambar 4.27 Hasil Uji Iodin

### Prosedur uji Iodin

1. Masukkan 2 ml larutan uji ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Tambahkan 5 tetes larutan iodin dan campurkan.



Uji positif ditandai dengan terbentuknya warna biru kehitaman, sedangkan uji negatif menghasilkan larutan berwarna kuning atau coklat.



### Pengayaan 3

#### UJI PROTEIN

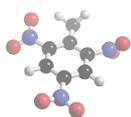
Seperti halnya karbohidrat, protein juga merupakan kelompok biopolimer penting dalam kehidupan. Protein merupakan salah satu material organik paling kompleks yang diproduksi alam. Tanaman membuat protein dari karbondioksida, air dan mineral dengan bantuan sinar matahari, sedangkan hewan memperoleh protein dari tanaman. Seperti yang telah kalian ketahui bahwa protein merupakan polimer rantai panjang yang tersusun atas asam-asam amino. Ada dua jenis uji paling umum bagi protein yaitu uji Biuret dan uji Ninhidrin.

#### Uji Biuret

Uji ini digunakan untuk mendeteksi senyawa yang memiliki ikatan peptida. Protein merupakan polipeptida dari asam-asam amino yang berikatan satu sama lain melalui ikatan peptida. Larutan protein dalam suasana basa dapat bereaksi dengan larutan tembaga sulfat menghasilkan kompleks berwarna biru keunguan. Molekul-molekul urea dapat bereaksi saat dipanaskan pada suhu  $180^{\circ}\text{C}$  menghasilkan bi-urea atau molekul biuret. Reagen Biuret ini dapat bereaksi dengan ion-ion tembaga membentuk senyawa kompleks berwarna biru keunguan.

Prosedur uji Biuret:

1. Masukkan larutan uji ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.



2. Tambahkan 2 ml larutan natrium hidroksida.
3. Tambahkan 5-6 tetes larutan tembaga sulfat.
4. Uji positif ditandai dengan terbentuknya warna biru keunguan.

### Uji Ninhidrin

Protein dapat bereaksi dengan larutan piridin menghasilkan larutan berwarna biru tua hingga merah muda atau ungu. Larutan ninhidrin dibuat dengan melarutkan padatan ninhidrin dalam air. Larutan ini bersifat tidak stabil sehingga tidak dapat disimpan dalam waktu lama.

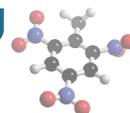
Prosedur uji Ninhidrin:

1. Masukkan larutan uji ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Tambahkan 1-2 ml larutan ninhidrin.
3. Panaskan tabung reaksi hingga mendidih dan amati warna yang terbentuk. Uji positif ditandai dengan terbentuknya warna biru.



### Inti Sari

Polimer adalah makromolekul yang tersusun atas unit-unit ulang monomer yang dihubungkan dengan ikatan kovalen. Polimer yang mengandung atom-atom karbon sebagai penyusun utamanya, disebut sebagai polimer organik. Polimer organik dikelompokkan menjadi polimer organik alam (misalnya karet alam) dan polimer organik sintetik (misalnya polistirena). Polietilena tersusun atas banyak monomer etena yang membentuk rantai panjang polimer.



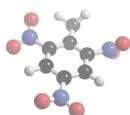
Polimer dapat terbentuk dari reaksi polimerisasi, yaitu polimerisasi adisi dan kondensasi. Kelompok polimer organik sintetik yang paling umum adalah plastik. Plastik tidak dapat didaur ulang dengan mudah, karenanya dapat menimbulkan masalah lingkungan. Beberapa masalah lingkungan yang dihasilkan dari penumpukan limbah plastik adalah polusi di perairan, darat dan udara. Biopolimer organik umumnya berupa polimer yang terdapat secara alami pada organisme. Contoh biopolimer organik adalah karbohidrat dan protein, keduanya sangat penting bagi kelangsungan hidup organisme.



### Ayo Refleksi

Setelah mempelajari Bab 4 tentang makromolekul organik, pilihlah respon yang paling sesuai untuk pernyataan berikut.

No.	Pertanyaan	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1	Apakah kalian memahami kaitan struktur dan fungsi beberapa senyawa polimer?		
2	Apakah kalian memahami manfaat makromolekul organik dalam keseharian?		
3	Apakah kalian ingin berperan dalam pemanfaatan polimer yang ramah lingkungan?		



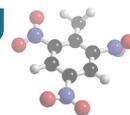


## Ayo Cek Pemahaman

### Bagian I . Pilihan Berganda

#### Pilihlah satu jawaban yang paling tepat

1. Pasangan polimer yang termasuk golongan polimer alam adalah...
  - A. pati dan nilon
  - B. protein dan polietilena
  - C. protein dan lemak
  - D. pati dan selulosa
  - E. Teflon dan nilon
2. Polimer yang disintesis dengan cara polimerisasi kondensasi adalah..
  - A. polietilena
  - B. poliester
  - C. polivinil klorida
  - D. politetrafluoroetilena
  - E. polipropena
3. Pada polimerisasi adisi, monomer yang dapat digunakan sebagai bahan bakunya adalah..
  - A. senyawa organik tak jenuh
  - B. senyawa organik jenuh
  - C. senyawa organik dengan gugus fungsi hidroksil
  - D. senyawa organik bifungsional
  - E. senyawa organik dengan gugus fungsi karboksil
4. Berdasarkan cara sintesisnya, polimer dikelompokkan menjadi..
  - A. polimer alam dan polimer sintetik
  - B. polimer sintetik dan polimer semi-sintetik
  - C. polimer adisi dan polimer kondensasi
  - D. polimer alam dan biopolimer
  - E. polimer alam dan polimer adisi



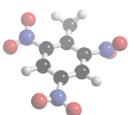
5. Biopolimer yang diperoleh dari reaksi kondensasi pada asam amino adalah..
- pati
  - selulosa
  - protein
  - asam nukleat
  - Glukosa

### Bagian II Essay

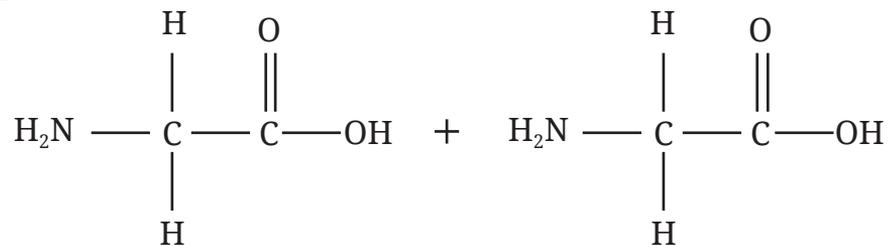
Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan benar

1. Tuliskan satu kata atau frasa untuk mewakili deskripsi berikut.

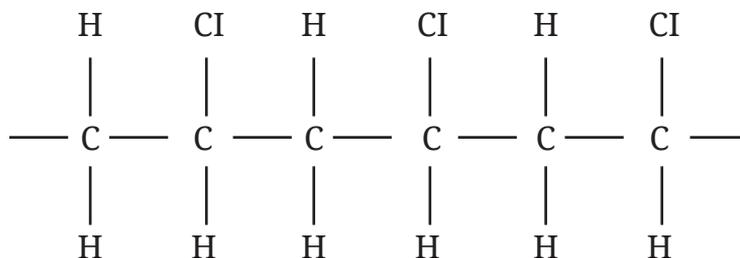
Deskripsi	Kata/frasa
a) rantai monomer-monomer yang bergabung melalui ikatan kovalen	....
b) ikatan yang terbentuk antara monomer dengan gugus fungsi alkohol dan asam karboksilat saat reaksi polimerisasi	....
c) monomer gula yang memiliki enam atom karbon	....
d) monomer dari DNA yang menentukan urutan asam amino pada penyusunan protein	...
e) Reaksi polimerisasi yang menghasilkan molekul kecil saat setiap dua monomer bereaksi	...



2. Monomer-monomer berikut bereaksi untuk membentuk suatu polimer.



- Tuliskan rumus struktur dari polimer yang dihasilkan.
  - Termasuk ke dalam reaksi polimerisasi apakah reaksi di atas?
  - Termasuk golongan apakah monomer di atas?
  - Apakah nama dari monomer di atas?
  - Jenis ikatan apa yang terbentuk pada reaksi polimerisasi tersebut?
3. Polimer berikut merupakan produk dari reaksi polimerisasi



- Tuliskan rumus struktur dari monomer penyusun polimer di atas.
- Apakah nama dari monomer tersebut?
- Tuliskan rumus sederhana dari polimer di atas.
- Bagaimana polimer di atas disintesis?



# GLOSARIUM

**aditif:** bahan/zat yang ditambahkan

**agen pengoksidasi:** reaktan yang menerima elektron (mengalami reduksi) dan mengoksidasi reaktan lainnya

**agen pereduksi:** reaktan yang melepaskan elektron (mengalami oksidasi) dan mereduksi reaktan lainnya

**antibiotik:** senyawa yang mampu membunuh mikroorganisme

**antiseptic:** senyawa yang mampu membunuh mikroorganisme penyebab infeksi

**asam amino:** senyawa organik yang mengandung gugus amina dan asam karboksilat, dihubungkan oleh atom karbon; merupakan monomer dari protein.

**belerang:** unsur berwujud padat dengan lambang atom S

**bilangan oksidasi:** muatan sebenarnya atau hipotetis yang digunakan untuk menjelaskan reaksi redoks dari senyawa kovalen; diberikan menggunakan aturan tertentu.

**disakarida:** biopolimer (golongan karbohidrat) yang tersusun atas dua unit sakarida (misalnya sukrosa/gula)

**DNA (asam 2-deoksiribonukleat):** material genetik esensial yang ditemukan pada inti dari setiap sel; berbentuk heliks ganda dan tersusun atas unit ulang nukleotida.

**elektrolit:** zat terlarut yang menghantarkan listrik saat dilarutkan dalam air

**enzim:** molekul protein berukuran besar yang berperan sebagai katalis proses biologis

**esterifikasi:** reaksi pembentukan ester

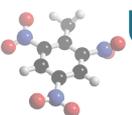
**fosfor:** unsur berwujud padat dengan lambang atom P

**halogen:** unsur yang terletak pada golongan 17 atau VII A

**hidrasi:** reaksi adisi molekul air

**hidrogen:** unsur berwujud gas dengan lambang atom H

**hidrokarbon:** senyawa yang tersusun atas hidrogen dan karbon



**isomer:** senyawa yang memiliki rumus molekul sama akan tetapi berbeda cara mengatur atom-atom dalam molekul

**IUPAC:** *International Union of Pure and Applied Chemistry*

**karbohidrat (sakarida):** biopolimer yang saat berbentuk linier mengandung gugus aldehid atau keton, beserta dua atau lebih gugus hidroksil; dan saat berada dalam bentuk cincin, mengandung ikatan eter dan gugus hidroksil.

**kesetimbangan :** kondisi saat laju reaksi ke arah hasil reaksi sama dengan laju ke arah pereaksi

**larutan :** campuran homogen dari dua zat atau lebih

**lemak:** lipida yang mengandung molekul gliserol yang dihubungkan dengan ikatan ester pada tiga asam karboksilat rantai panjang

**lipida:** molekul biologis yang tidak larut dalam air, namun larut dalam pelarut non-polar seperti benzen dan heksan

**monosakarida:** molekul terkecil dari karbohidrat; tersusun atas satu unit sakarida

**monomer:** molekul-molekul kecil yang bergabung membentuk rantai panjang polimer

**nitrogen:** unsur berwujud gas dengan lambang atom N

**obat:** senyawa aktif yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi gejala suatu penyakit

**oksidasi:** (reaksi) kehilangan elektron

**oksigen:** unsur berwujud gas dengan lambang atom O

**pati:** polisakarida glukosa yang digunakan tanaman untuk menyimpan energi; manusia dapat mencerna pati

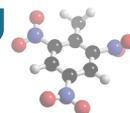
**PCC:** piridinium kloro kromat

**pelarut :** bagian dari larutan yang umumnya memiliki jumlah lebih banyak

**penyabunan:** hidrolisis ester menggunakan basa

**pH :** ukuran keasaman suatu senyawa yang sebanding dengan  $-\log$  dari konsentrasi  $h^+$

**plastik:** polimer sintetik yang dapat dipanaskan dan dicetak menjadi berbagai bentuk



**poliamida:** polimer kondensasi yang mengandung ikatan amida

**poliester:** polimer kondensasi yang mengandung ikatan ester

**polimer:** molekul panjang dan berukuran besar yang tersusun atas unit-unit ulang; terbuat dari molekul-molekul kecil yang disebut monomer

**polimerisasi adisi:** reaksi antar monomer-monomer yang memiliki ikatan rangkap untuk menghasilkan polimer, melalui mekanisme reaksi adisi.

**polimerisasi kondensasi:** reaksi antar monomer-monomer yang memiliki dua gugus fungsi, biasanya terletak di ujung-ujung, yang bergabung membentuk ikatan ester atau amida, untuk menghasilkan polimer (umumnya disertai pelepasan molekul sederhana).

**polisakarida:** karbohidrat yang terdiri dari sepuluh atau lebih unit sakarida

**reaksi adisi:** reaksi yang dilakukan untuk mengubah ikatan rangkap dalam molekul organik menjadi ikatan tunggal

**reaksi eliminasi:** reaksi yang dilakukan untuk mengubah ikatan tunggal dalam molekul organik menjadi ikatan rangkap

**reaksi oksidasi:** reaksi peningkatan bilangan oksidasi/pengurangan h/ penambahan o

**reaksi polimerisasi:** reaksi dimana monomer-monomer bergabung membentuk rantai panjang polimer

**reaksi redoks:** reaksi dimana salah satu reaktan kehilangan elektron (oksidasi) dan reaktan lainnya mendapatkan elektron (reduksi)

**reaksi reduksi:** reaksi penurunan bilangan oksidasi/penambahan H/ pengurangan O

**reaksi substitusi:** reaksi penggantian gugus

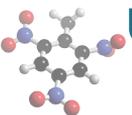
**reduksi:** (reaksi) pengambilan elektron

**senyawa organik:** senyawa yang berasal dari makhluk hidup

**swaionisasi air:** proses penguraian air menjadi  $H^+$  dan  $OH^-$  secara spontan

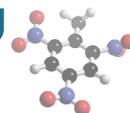
**syn gas:** campuran karbon dioksida dengan hidrogen

**zat terlarut:** bagian dari larutan yang umumnya memiliki jumlah lebih sedikit

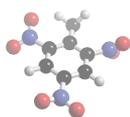


## DAFTAR PUSTAKA

- Chang, R. (2010). *Chemistry* (10 ed.). New York: McGraw Hill.
- Ebbing, D., & Gammon, S. D. (2016). *General chemistry*. 8th Ed., Cengage Learning.
- Fauziah, N. (2009). *Kimia 2 untuk SMA dan MA Kelas XI IPA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Fiscal, R.R. (2019). *General Chemistry*. Canada: Archer Press.
- Harnanto, A., & Ruminten. (2009). *Kimia 2 untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kemeterian Pendidikan Nasional.
- Harvey, D. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. New York: Mc Graw Hill Education.
- Jespersen, N. D., Hyslop, A., & Brady, J. E. (2015). *Chemistry The Molecular Nature of Matter*. New Jersey: Wiley.
- Kalsum, S., Devi, P. K., Masmiami, & Syahrul, H. (2009). *Kimia 2 SMA dan MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Lustiyati, E. D., Farida, J., & Sugiyarto. (2009). *Aktif Belajar Kimia: untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Mustoe, F. J. (2004). *Chemistry*. McGraw-Hill Ryerson, Limited. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=hQ3tPAAACAAJ>
- Pangajuanto, T., & Rahmidi, T. (2009). *Kimia 3 untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Partana, C. F., & Wiyarsi, A. (2009). *Mari Belajar Kimia untuk SMA-MA Kelas XI IPA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Permana, I. (2009). *Memahami Kimia SMA/MA Kelas XI Semester 1 dan 2, Program Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.



- Petrucci, R. H., Herring, F. G., & Madura, J. D. (2017). *General chemistry: principles and modern applications*. Pearson Prentice Hall.
- Premono, S., Wardani, A., & Hidayati, N. (2009). *Kimia SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Shriver, D., Weller, M., Overton, T., Rourke, J., & Armstrong, F. (2014). *Inorganic Chemistry* (6 ed.). New York: W. H. Freeman & Company.
- Silberberg, Martin (2015). *Chemistry: The molecular nature of matter and change, 7th Ed*, Patricia AMateis, Virginia Polytechnic.
- Sukmanawati, W. (2009). *Kimia 3 untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Sunarya, Y., & Setiabudi, A. (2009). *Mudah dan Aktif Belajar Kimia untuk Kelas XI Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Sunarya, Y., & Setiabudi, A. (2009). *Mudah dan Aktif Belajar Kimia untuk Kelas XII Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Suwardi, Soebiyanto, & Widiarsih, T. E. (2009). *Panduan Pembelajaran Kimia XI untuk SMA dan MA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Utami, B., Saputro, A. N., Mahardiani, L., Yamtinah, S., & Mulyani, B. (2009). *Kimia untuk SMA dan MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional.
- Whitten, K.W., Davis R.E., Peck, L., & Stanley, G.G. (2014). *Chemistry. 10th Ed*. USA: Thomson Brooks



## DAFTAR KREDIT GAMBAR

### **Gambar 1.1**

KKP News. (2016). Penyetrum Ikan Akan Ditindak Tegas. Diunduh dari <https://news.kkp.go.id/index.php/penyetrum-ikan-akan-ditindak-tegas/> pada 17 November 2022.

### **Gambar 1.3**

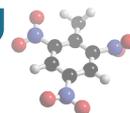
Nattasya. (2019). Menjelang Hujan, Ayo Petani Lakukan Remediasi Lahan. Diunduh dari <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/teknolingkungan/10185-Menjelang-Hujan-Ayo-Petani-Lakukan-Remediasi-Lahan> pada 17 November 2022.

### **Gambar 2.1**

Kemendikbudristek. (2022). Daya Hantar Listrik Larutan. DicapTURE dari <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/Experiments/virtuallab-solventconductivity/#/> pada 17 November 2022.

### **Gambar 3.3**

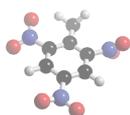
Unknown Author. (2018). File:Alexander Mikhaylovich Zaytsev.jpg. Diunduh dari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander\\_Mikhaylovich\\_Zaytsev.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander_Mikhaylovich_Zaytsev.jpg) pada 17 November 2022.



# INDEKS

## A

- aditif 131, 136, 138, 159, 160, 190, 196  
agen pengoksidasi 75, 94, 190, 196  
agen pereduksi 75, 93, 190, 196  
aldehida 115, 117, 118, 127, 129, 130, 137, 138, 168, 196  
alergi 110, 196  
alkena 125, 126, 127, 138, 149, 196  
alkil halida 124, 125, 126, 196  
alkohol 114, 117, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 135,  
137, 138, 139, 141, 143, 153, 188, 196  
alkohol aromatik 137, 196  
alkohol primer 127, 129, 196  
alkohol sekunder 127, 129, 130, 196  
alkohol tersier 127, 196  
alkuna 127, 138, 196  
amida 138, 171, 192, 196  
amina 117, 120, 124, 138, 171, 172, 190, 196  
amonia (NH<sub>3</sub>) 196  
antibiotik 110, 190, 196, 202  
antiseptik 137, 196  
aromatik 137, 196  
asam v, viii, ix, x, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,  
21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 59, 60, 62, 63, 69, 71,  
72, 96, 99, 101, 114, 117, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135,  
137, 138, 139, 142, 144, 147, 148, 153, 167, 171, 172, 174, 175, 177,  
180, 181, 184, 188, 190, 191, 196, 197  
asam absisat 196  
asam akrilat 196  
asam amino ix, 142, 167, 171, 172, 174, 175, 184, 188, 190, 196  
asam askorbat ix, 117, 196  
asam butanoat 114, 196  
asam karboksilat 127, 129, 130, 133, 138, 139, 153, 171, 188, 190, 191,  
196  
asam kromat (HCrO<sub>4</sub>) 128, 197  
asam tereftalat 138, 153, 197  
asetaldehida 137, 197



asetofenon 138, 197  
aseton ix, 115, 118, 137, 197  
atom elektronegatif 112, 113, 197

## **B**

basa v, viii, x, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21,  
22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 59, 60, 62, 63, 69, 72, 125,  
133, 174, 175, 179, 183, 184, 191, 197  
belerang 55, 110, 112, 138, 158, 190, 197  
benzaldehida 138, 197  
bilangan oksidasi 72, 73, 74, 75, 190, 192, 197  
butana 114, 197  
butanol 114, 143, 197

## **D**

diagram fasa 49, 197  
dietil eter 114, 197  
dipol-dipol 114, 197  
disakarida 170, 177, 178, 180, 190, 197  
disinfektan 197  
dna (asam 2-deoksiribonukleat) 197

## **E**

elektrolit vi, viii, 3, 4, 5, 41, 57, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 80, 81, 83, 84,  
85, 86, 88, 102, 103, 104, 105, 106, 190, 197  
enzim 171, 173, 190, 197  
ester x, 117, 121, 130, 131, 133, 138, 139, 153, 190, 191, 192, 197  
esterifikasi 110, 130, 139, 190, 197, 201  
etana 113, 197  
etanol ix, 71, 113, 130, 135, 136, 147, 177, 197  
eter 114, 116, 124, 138, 170, 191, 197, 198  
etilena 136, 198

## **F**

fehling 198  
fenol 198  
fermentasi 136, 198  
fosfor 112, 190, 198



## G

garam v, viii, 2, 5, 18, 22, 23, 24, 26, 29, 35, 37, 45, 52, 53, 59, 60, 69, 78, 81, 82, 83, 88, 105, 124, 133, 139, 198  
garam alkoksida 124, 198  
gaya dispersi london 198  
gliserol 133, 137, 191, 198  
glukosa ix, 117, 168, 169, 170, 171, 182, 183, 191, 198  
gugus fungsi 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 129, 138, 153, 165, 178, 187, 188, 192, 198

## H

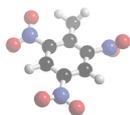
halogen 110, 112, 138, 190, 198  
hasil kali kelarutan 27, 38, 59, 60, 63, 198  
heksanol 114, 198  
hidrasi viii, 4, 5, 127, 190, 198  
hidrogen viii, 16, 27, 28, 29, 85, 86, 87, 91, 92, 93, 97, 111, 112, 114, 115, 127, 136, 138, 153, 168, 190, 192, 198  
hidrokarbon 111, 113, 119, 123, 133, 149, 158, 190, 198  
hidrolisis garam 59, 198

## I

ikatan ix, 11, 13, 14, 60, 70, 71, 110, 112, 114, 115, 125, 127, 138, 141, 148, 152, 153, 154, 156, 157, 170, 171, 178, 183, 184, 185, 188, 189, 191, 192, 198  
isomer 115, 191, 198  
iupac 198

## K

kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) 199  
karbohidrat (sakarida) 191, 199  
karbon 73, 102, 103, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 121, 136, 138, 141, 152, 154, 168, 172, 185, 188, 190, 192, 199  
kelarutan 27, 35, 37, 38, 59, 60, 63, 198, 199  
kenaikan titik didih 40, 48, 49, 61, 199  
kepolaran 13, 112, 199  
kereaktifan 28, 89, 110, 115, 122, 199  
keton 115, 118, 121, 127, 129, 137, 138, 142, 168, 176, 191, 199  
koloid vi, x, 1, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 64, 199



## L

larutan v, viii, ix, x, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 16, 17, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 102, 103, 105, 106, 107, 115, 123, 132, 135, 137, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 191, 192, 199

larutan penyangga 25, 26, 59, 199

lemak 133, 167, 169, 173, 187, 191, 199

lipida 148, 167, 177, 191, 199

litium aluminium hidrida ( $\text{LiAlH}_4$ ) 199

logam vi, 7, 11, 27, 28, 29, 52, 55, 65, 67, 77, 80, 82, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 99, 100, 101, 102, 105, 107, 112, 199

## M

mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) 199

minyak 55, 101, 111, 131, 132, 133, 134, 158, 199

minyak bumi 111, 158, 199

monomer ix, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 159, 161, 168, 169, 170, 171, 174, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 199

monosakarida 169, 170, 177, 178, 180, 191, 199

## N

natrium borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ) 199

nitril 120, 151, 199

nitrogen 110, 112, 138, 174, 175, 191, 199

nyeri 110, 134, 199

## O

obat 64, 110, 111, 118, 137, 138, 143, 191, 200

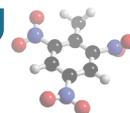
oksidasi 72, 73, 74, 75, 77, 81, 82, 86, 91, 93, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 127, 129, 137, 139, 143, 169, 179, 190, 191, 192, 197, 200

oksigen 13, 14, 73, 85, 96, 97, 110, 112, 114, 115, 138, 166, 168, 169, 171, 172, 176, 191, 200

## P

pati ix, 153, 164, 166, 167, 169, 170, 171, 177, 179, 183, 187, 188, 191, 200

pcc 200



pelarut 4, 6, 9, 10, 13, 35, 39, 41, 42, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 61, 135, 137,  
191, 200  
pentana 200  
penurunan tekanan uap 40, 48, 61, 200  
penurunan titik beku 40, 46, 47, 49, 61, 200  
penyabunan ix, 133, 139, 191, 200  
perak (ag) 200  
plastik vii, ix, 132, 137, 147, 148, 150, 151, 155, 156, 157, 158, 161, 162,  
163, 164, 165, 166, 186, 191, 200  
polar 13, 14, 69, 106, 113, 141, 191, 200  
poliamida 192, 200  
poliester 153, 155, 160, 187, 192, 200  
polimer ix, x, 101, 117, 138, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155,  
156, 157, 158, 159, 161, 164, 165, 167, 168, 169, 171, 174, 175, 184,  
185, 186, 187, 188, 189, 191, 192, 200  
polimerisasi adisi ix, 152, 186, 187, 192, 200  
polimerisasi kondensasi 153, 169, 187, 192, 200  
polisakarida 176, 177, 179, 183, 191, 192, 200  
propana , 114, 200  
propanal ix, 115, 118, 200

## R

reaksi ix, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 19, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35,  
37, 60, 62, 63, 64, 65, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 85,  
86, 87, 88, 89, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 107,  
108, 109, 115, 118, 122, 123, 124, 125, 126, 129, 130, 133, 134, 135,  
136, 139, 143, 144, 145, 152, 153, 154, 167, 169, 170, 171, 177, 178,  
179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 200,  
201  
reaksi adisi 152, 190, 192, 200  
reaksi eliminasi 125, 126, 192, 200  
reaksi oksidasi 77, 81, 82, 86, 96, 97, 99, 103, 106, 192, 200  
reaksi polimerisasi ix, 145, 152, 153, 154, 169, 186, 188, 189, 192, 201  
reaksi redoks 65, 72, 74, 75, 76, 96, 104, 105, 108, 190, 192, 201  
reaksi reduksi 74, 77, 81, 85, 86, 96, 97, 99, 102, 106, 192, 201  
reaksi substitusi 123, 124, 126, 139, 192, 201  
reduksi 74, 75, 77, 81, 85, 86, 89, 91, 94, 96, 97, 99, 102, 105, 106, 129,  
139, 143, 190, 192, 201



## S

sabun 54, 55, 64, 132, 133, 137, 139, 201

saponifikasi ix, 133, 201

senyawa x, 4, 5, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 23, 28, 35, 36, 37, 38, 55, 56, 60, 67, 69, 71, 73, 84, 103, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 129, 134, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 149, 152, 166, 167, 170, 177, 181, 184, 186, 187, 190, 191, 192, 201

senyawa organik x, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 118, 119, 120, 122, 123, 138, 139, 141, 152, 166, 167, 187, 190, 192, 201

sifat koligatif 1, 39, 40, 41, 59, 61, 201

struktur molekul 118, 126, 129, 201

syn gas 136, 192, 201

## T

tekanan osmosis 40, 50, 51, 52, 61, 201

tiol 138, 201

titik didih 40, 48, 49, 61, 110, 113, 114, 141, 199, 201

tollens 201

trans-esterifikasi 201

trigliserida ix, 133, 139, 201

## V

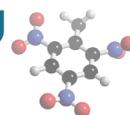
vanilin ix, 117, 138, 201

vitamin c 201

## Z

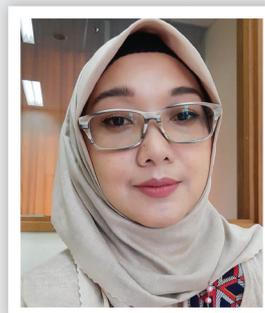
zat terlarut 4, 5, 9, 18, 35, 38, 39, 41, 42, 44, 46, 48, 51, 53, 61, 190, 192, 201

zaytsev 201



## BIODATA PENULIS

Nama lengkap : Dr. Galuh Yuliani, M.Si  
Email : galuh@upi.edu  
Instansi : Prodi Kimia Universitas  
Pendidikan Indonesia  
Alamat Instansi : FPMIPA UPI Jl. Dr. Setiabudi  
no.229 Bandung  
Bidang Keahlian : Kimia



### **Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):**

1. Ketua Satuan Kendali Mutu FPMIPA UPI (2022)
2. Ketua Laboratorium Kimia Instrumen UPI (2019-2022)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

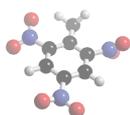
1. Jurusan Kimia Institut Teknologi Bandung (S1 dan S2)
2. School of Chemistry Monash University Australia (S3)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Kimia Polimer (Penerbit Universitas Terbuka, 2019)
2. Membangun Sekolah yang Dicintai Anak (Penerbit Lentera Ilmu Cendekia, 2012)

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Pengembangan kompetensi guru kimia dalam mengimplementasikan konsep Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada praktikum
2. Pengembangan zeolit dari abu batubara dan aplikasinya pada adsorpsi cemaran antibiotik di perairan (2021-2022)



## BIODATA PENULIS

Nama Lengkap : Dr. Hanhan Dianhar  
*E-mail* : hanhan@unj.ac.id  
Alamat Kantor :  
Program Studi Kimia, Gedung K. H. Hasjim Asjarie  
Lantai 5 Kampus Universitas Negeri Jakarta  
Jalan Rawamangun Muka Kel. Rawamangun Kec.  
Pulo Gadung Jakarta Timur 13220  
Bidang Keahlian : Kimia Organik



### **Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir:**

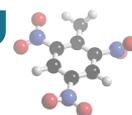
1. Dosen di Program Studi Kimia FMIPA UNJ (2015-sekarang)
2. Tim Pendampingan OSN Kimia DKI Jakarta (2018 – 2022)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S-3 Kimia di Institut Teknologi Bandung (2013-2019)
2. S-2 Kimia di Institut Teknologi Bandung (2012-2013)
3. S-1 Kimia di Institut Teknologi Bandung (2008-2012)

### **Riwayat Publikasi**

1. D. U. C. Rahayu, R. S. Al-Laily, D. A. Khalwani, H. Dianhar, P. Sugita, Microwave-Assisted Synthesis Of 4-Methyl Coumarins, Their Antioxidant And Antibacterial Activities, *Rasayan Journal of Chemistry*, (2022) <https://doi.org/10.31788/RJC.2022.1526780>



## BIODATA PENULIS

Nama lengkap : Aang Suhendar, S.Pd., M.Si.

*Email* : aang.kimia@gmail.com

Instansi : SMA Alfa Centauri

Alamat Instansi : Jalan Diponegoro No. 48  
Bandung

Bidang Keahlian : Kimia



### **Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):**

1. Guru Kimia SMA Alfa Centauri (2011 - sekarang)
2. **Tentor Kimia Sony Sugema College (2011-2018)**

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S-2 Kimia FMIPA Institut Teknologi Bandung (2016-2018)
2. S-1 Pendidikan Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia (2006-2011)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

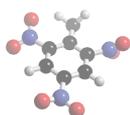
1. Pasti Bisa Lulus UN 2016 (Penerbit Ruang Kata Imprint Kawan Pustaka, 2015)
2. Perjuangan, Kisah Perjuangan dan Inspirasi (Penerbit Ikut Lomba, 2019)

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Aang Suhendar, Rukman Hertadi, and Yani F. Alli. MOLECULAR DYNAMICS STUDY OF OLEIC ACID-BASED SURFACTANTS FOR ENHANCED OIL RECOVERY. 2018, Scientific Contributions Oil & Gas, Vol. 41. No. 3, December 2018: 125 - 135

### **Buku yang Pernah ditelaah, direviu, dibuat ilustrasi dan/atau dinilai (10 tahun terakhir):**

1. Kimia Kelas XII Kemdikbud (2021)



## BIODATA PENELAAH

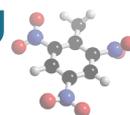
Nama lengkap : Sjaeful Anwar  
*Email* : sjaefulanwar20@gmail.com  
Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia  
Alamat Instansi : Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Bandung  
Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia

### **Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):**

1. Dosen Departemen Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia
2. Dosen Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Pendidikan Indonesia
3. Ketua Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S1 Jurusan Pendidikan Kimia IKIP Bandung (lulus 1985)
2. S2 Fachbereich Chemie, Universitat Dortmund, Jerman (diakui tahun 1990)
3. S3 Fachbereich Didaktik der Chemie, Universitat Dortmund, Jerman (lulus tahun 1995)



## BIODATA PENELAAH

Nama lengkap : Dra. Tutik Dwi Wahyuningsih, M.Si., Ph.D.  
*Email* : tutikdw@ugm.ac.id  
Instansi : Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Gadjah Mada  
Alamat Instansi : Departemen Kimia FMIPA UGM, Sekip Utara,  
Yogyakarta 55281  
Bidang Keahlian : Kimia Organik  
Google scholar : <https://scholar.google.com/citations?user=PZtFIVEAAAAJ&hl=en&oi=ao>  
SINTA : <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/5980861>  
Scopus : <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8898697300>

### Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

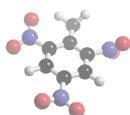
Dosen Kimia, FMIPA Universitas Gadjah Mada (1987-sekarang)

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. S1: Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada (1982-1987)
2. S2: Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada (1993-1996)
3. S3: The University of New South Wales (2000-2004)

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. **Wahyuningsih, T.D.**, Setiawati, Suma, A.A.T., Stansyah, Y.M., and Astuti, E., Synthesis, biological evaluation and molecular docking of methoxy n-phenylpyrazoline derivatives as anticancer agents, *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2022, 35(4), 965–972.
2. **Wahyuningsih, T.D.**, Kurniawan, Y.S., Ceristrisani, N., and Suryanti, A.D., [Evaluation of ethanalamide based nonionic biosurfactant](#)

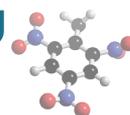


[materials from chemically modified castor oil and used palm oil waste](#), *Indian Journal of Chemical Technology*, 2020, 27(4), 326–332

3. **Wahyuningsih, T.D.**, and Kurniawan, Y.S., [Synthesis of dioxo-dioxane and dioxo-dioxepane ethyl oleate derivatives as bio-lubricant base stocks](#), *Indonesian Journal of Chemistry*, 2020, 20(3), pp. 503–509.
4. **Wahyuningsih, T.D.**, Kurniawan, Y.S., Amalia, S., Wardhani, T.A.K., Muriningsih, C.E.S., [Diethanolamide derivatives as a potential enhanced oil recovery agent from indonesian castor oil and used frying oil: Isolation, synthesis, and evaluation as nonionic biosurfactants](#), *Rasayan Journal of Chemistry*, 2019, 12(2), pp. 741–748
5. **Wahyuningsih, T.D.**, Suma, A.A.T., Astuti, E., [Synthesis, anticancer activity, and docking study of N-acetylpyrazolines from veratraldehyde](#), *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2019, 9(3), 14–20, dan lain-lain.

**Buku yang Pernah ditelaah, direviu, dibuat ilustrasi dan/atau dinilai (10 tahun terakhir):**

1. “THE CHEMISTRY OF SOME INDONESIAN ESSENTIAL OILS” (2018), UGM Press



## BIODATA PENYUNTING

Nama lengkap : Nurul Fajria Purbarani  
*Email* : nurul.fajria13@gmail.com  
Instansi : Singapore School Pantai Indah  
Kapuk, Jakarta.  
Alamat Instansi : Jl. Mandara Indah 4, Pantai  
Indah Kapuk, Jakarta.  
Bidang Keahlian : Kimia Organik



### **Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):**

1. Guru Kimia dan IPA di Singapore School, Pantai Indah Kapuk (2019-sekarang)
2. Guru Kimia di Sekolah Victory Plus, Bekasi (2014-2019)
3. Guru Kimia di SMAN 8 Jakarta (2011-2014)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S1 Kimia Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto (2001-2006)
2. S2 Kimia Universitas Indonesia (2009-2011)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

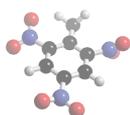
1. Tidak ada

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Tidak ada

### **Buku yang Pernah ditelaah, direviu, dibuat ilustrasi dan/atau dinilai (10 tahun terakhir):**

1. Kimia Kelas XII Kemdikbud (2019)



## BIODATA ILUSTRATOR

Nama lengkap : Felia Febriany Gunawan  
*Email* : feliafebrianny@gmail.com  
Instansi : -  
Alamat Instansi : -  
Instagram/Website : @ailef\_arts / feliafebrianygunawan.carrd.co  
Bidang Keahlian : Ilustrasi

### **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Freelance Illustrator (2021-sekarang)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

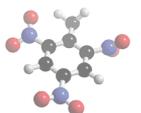
1. -

### **Karya/Pameran/Eksibisi dan Tahun Pelaksanaan (10 tahun terakhir):**

1. Pameran Ilustrasi Buku Anak PiBo, Jakarta Content Week 2022, Taman Ismail Marzuki, 2022.

### **Buku yang Pernah dibuat ilustrasi/desain (10 tahun terakhir):**

1. “Rusa yang Tidak Bersyukur”, Buku Carita Barudak UNPAR, 2021.



## BIODATA DESAINER

Nama lengkap : Muhammad Azis  
*Email* : 83muhammadazis@gmail.com  
Akun Facebook : Muhammad Azis  
Instansi : -  
Alamat Instansi : -  
Bidang Keahlian : Desain Grafis

### **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Desainer grafis di Pustaka Lebah (2004—2015)
2. Desainer grafis di Binar Cahaya Semesta (2014—2016)
3. Desainer grafis di IPI (2016—2017)
4. Desainer grafis di Studio Lintas Media bersama Itok Isdianto (2017—sekarang)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

-

### **Karya/Pameran/Eksibisi dan Tahun Pelaksanaan (10 tahun terakhir):**

Tidak ada

### **Buku yang Pernah dibuat desain (10 tahun terakhir):**

1. Ensiklopedi CSR: Pertamina, Exxon Mobil, Bank Mandiri, Bank BNI, Bank Indonesia, PT Pupuk Kaltim, PT Petrochina, Unilever (Rinso Ayo Main Jangan Takut), BATAN, Buku KPK, BKN, PU, dan Majalah Komunitas Mc Donalds untuk anak
2. Majalah PPM Manajemen
3. Ensiklopedia Lintas Sejarah Indonesia

