Yayan Sunarya
Agus Setiabudi

Mudah dan Aktif Belajar Kimia

untuk Kelas X
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah

1

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Yayan Sunarya dan Agus Setiabudi
Mudah dan Aktif Belajar Kimia
untuk Kelas X SMA/MA

Yayan Sunarya
Agus Setiabudi

Mudah dan Aktif Belajar Kimia

untuk Kelas X
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah

1

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta Pada Departemen Pendidikan Nasional
dilindungi oleh Undang-Undang

Mudah dan Aktif Belajar Kimia
untuk Kelas X
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah

Penulis	:	Yayan Sunarya Agus Setiabudi
Penyunting	:	Yana Hidayat Intan Permata Shariati
Pewajah Isi	:	Adam Indrayana
Pereka Ilustrasi	:	S. Riyadi
Pewajah Sampul	:	A. Purnama
Ukuran Buku	:	21 x 29,7

540.7
YAY YAYAN Sunarya
m Mudah dan Aktif Belajar Kimia 1 : Untuk Kelas X Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah / penulis, Yayan Sunarya, Agus Setiabudi ; penyunting, Intan Permata Shariati, Yana Hidaya ; ilustrasi, S. Riyadi. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009
vi, 226 hlm. : ilus. ; 30 cm.

Bibliografi : hlm. 226
Indeks
ISBN 978-979-068-721-9 (No. Jil Lengkap)
ISBN 978-979-068-722-6

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Agus Setiabudi
III. Intan Permata Shariati V. S. Riyadi

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit Setia Purna Inves, PT

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak oleh ....

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

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

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

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

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

Jakarta, Juni 2009
Kepala Pusat Perbukuan

Kata Pengantar

Sampai saat ini, buku-buku kimia untuk SMA/MA yang berkualitas dirasakan masih kurang. Sementara itu, tuntutan terhadap pemahaman prinsip-prinsip ilmu Kimia sangat tinggi. Lebih-lebih perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang didasari oleh ilmu Kimia semakin menantang dan sangat bervariasi dalam aplikasinya. Oleh sebab itu, kami berharap dengan terbitnya buku ini, belajar kimia yang membutuhkan gabungan banyak konsep (baik konsep yang relevan dengan ketermasaan maupun konsep baru) dan pengembangan keterampilan analisis bagi siswa SMA/MA dapat terpenuhi.

Ada dua hal yang berkaitan dengan Kimia, yaitu Kimia sebagai produk dan Kimia sebagai proses kerja ilmiah. Kimia sebagai produk adalah pengetahuan Kimia yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum,dan teori. Kimia sebagai proses kerja ilmiah merupakan penalaran (keterampilan) dari hasil penguasaan dalam pembelajaran materi secara praktis dan analisis.

Mata pelajaran Kimia di SMA/MA merupakan panduan untuk mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika, serta energitika zat yang melibatkan konsep dan aplikasi. Oleh karena itu, ilmu Kimia banyak melibatkan konsep-konsep dan pengembangan keterampilan analisis.

Melihat pentingnya pelajaran Kimia di sekolah, penerbit mencoba menghadirkan buku yang dapat menjadi media belajar yang baik bagi Anda. Sebuah buku yang akan memandu Anda untuk belajar Kimia dengan baik. Sebuah buku yang disusun dan dikembangkan untuk memberikan dasar-dasar pengetahuan, keterampilan, keahlian, dan pengalaman belajar yang bermanfaat bagi masa depan Anda.

Demikianlah persembahan dari penerbit untuk dunia pendidikan. Semoga buku ini dapat bermanfaat.

Bandung, Mei 2007

Penerbit

Panduan untuk Pembaca

Cakupan materi pembelajaran pada buku ini disajikan secara sistematis, komunikatif, dan integratif. Di setiap awal bab dilengkapi gambar pembuka pelajaran, bertujuan memberikan gambaran materi pembelajaran yang akan dibahas, dan mengajarkan Anda konsep berpikir kontekstual dan logis sekaligus merangsang cara berpikir lebih dalam. Selain itu, buku ini juga ditata dengan format yang menarik dan didukung dengan foto dan ilustrasi yang representatif. Bahasa digunakan sesuai dengan tingkat kematangan emosional Anda sehingga Anda lebih mudah memahami konsep materinya.

Buku Mudah dan Aktif Belajar Kimia untuk SMA Kelas X ini terdiri atas sepuluh bab, yaitu Struktur Atom; Sistem Periodik Unsur-Unsur; Ikatan Kimia; Rumus dan Persamaan Kimia; Hukum Dasar dan Perhitungan Kimia; Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit; Reaksi Reduksi Oksidasi; Hidrokarbon; Minyak Bumi; dan Kimia Terapan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan petunjuk untuk pembaca berikut.

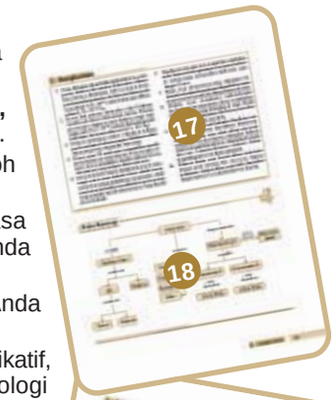
(1) **Judul Bab,** disesuaikan dengan tema materi dalam bab.

(2) **Hasil yang harus Anda capai,** tujuan umum yang harus Anda capai pada bab yang Anda pelajari.

(3) **Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu,** kemampuan yang harus Anda kuasai setelah mempelajari bab.

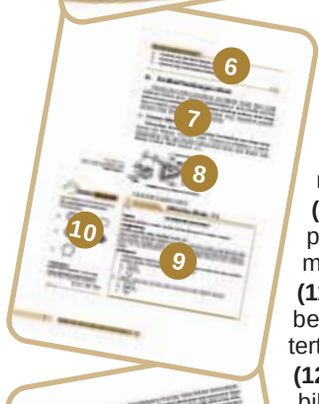
(4) **Gambar Pembuka Bab,** disajikan untuk mengetahui contoh manfaat dari materi yang akan dipelajari.

(5) **Advanced Organizer**, disajikan untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dari materi yang akan dipelajari dan mengarahkan Anda untuk lebih fokus terhadap isi bab.



(6) **Tes Kompetensi Awal,** merupakan syarat yang harus Anda pahami sebelum memasuki materi pembelajaran.

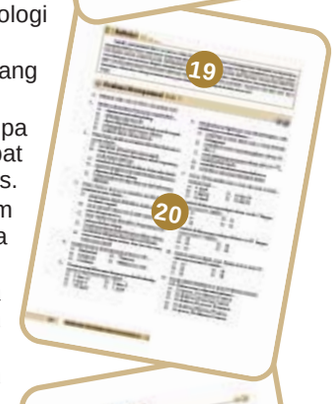
(7) **Materi Pembelajaran**, disajikan secara sistematis, komunikatif, integratif, dan sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi sehingga Anda dapat tertantang untuk belajar lebih jauh.



(8) **Gambar** dan **Ilustras**i, sesuai dengan materi dalam bab yang disajikan secara menarik dan mudah dipahami.

(9) **Aktivitas Kimia,** tugas yang diberikan kepada Anda berupa analisis masalah atau kegiatan di laboratorium sehingga dapat menumbuhkan semangat inovasi, kreativitas, dan berpikir kristis.

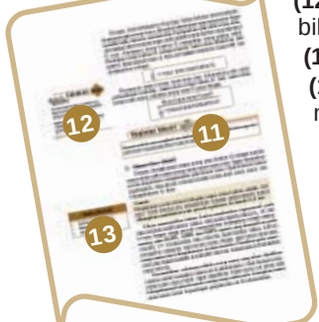
(10) Mahir Menjawab, merupakan sarana bagi Anda dalam persiapan menghadapi Ujian Akhir dan SPMB sehingga mempunyai nilai tambah.



(11) Kegiatan Inkuiri, menguji pemahaman Anda secara terbuka berdasarkan konsep yang telah Anda pelajari sehingga Anda tertarik untuk belajar lebih dalam.

(12) Catatan, menyajikan informasi dan keterangan singkat secara bilingual berkaitan dengan konsep yang dipelajari.

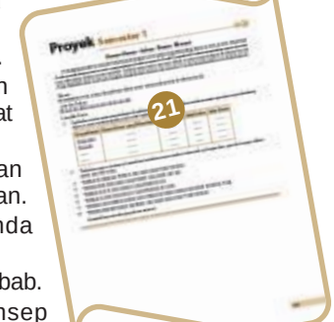
(13) Kata Kunci, panduan Anda dalam mempelajari konsep materi.



(14) Sekilas Kimia, berisi informasi menarik dan aplikatif berdasarkan materi bab yang dipelajari sehingga dapat menumbuhkan semangat bekerja keras dan belajar lebih jauh.

(15) Contoh, menyajikan contoh-contoh soal dengan jawaban yang kongkret dan jelas berkaitan dengan materi yang disajikan.

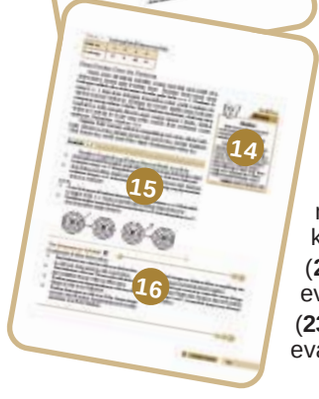
(16) Tes Kompetensi Subbab, menguji pemahaman Anda terhadap materi dalam setiap subbab.



(17) Rangkuman, merupakan ringkasan materi pembelajaran bab.

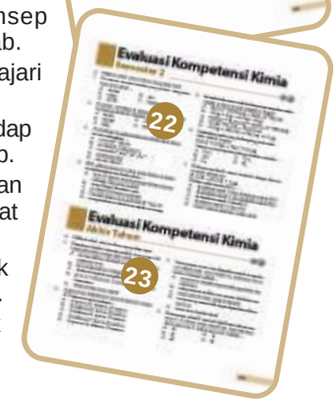
(18) Peta Konsep, menggambarkan hubungan antarkonsep sehingga memudahkan Anda mempelajari materi dalam bab.

(19) **Refleksi**, sebagai cermin diri bagi Anda setelah mempelajari materi di akhir pembelajaran setiap bab.



(20) **Evaluasi Kompetensi Bab,** merupakan penekanan terhadap pemahaman konsep materi, berkaitan dengan materi dalam bab.

(21) **Proyek Semester,** disajikan agar Anda dapat menggali dan memanfaatkan informasi, menyelesaikan masalah, dan membuat keputusan dalam kerja ilmiah.



(22) **Evaluasi Kompetensi Kimia Semester,** disajikan untuk evaluasi Anda setelah mempelajari semester yang bersangkutan.

(23) **Evaluasi Kompetensi Kimia Akhir Tahun,** disajikan untuk evaluasi Anda setelah mempelajari seluruh bab.

Daftar Isi

Kata Pengantar • iii
Kata Pengantar • iv
Panduan untuk Pembaca • v

Bab 1
Struktur Atom • 1

A. Partikel Pembangun Atom • 2
B. Nomor Atom dan Nomor Massa • 6
C. Isotop, Isobar, dan Isoton • 8
D. Massa Atom Relatif • 9
E. Struktur Atom • 12
F. Konfigurasi Elektron • 16
Rangkuman • 18
Peta Konsep • 19
Refleksi • 19
Evaluasi Kompetensi Bab 1 • 20

Bab 2
Sistem Periodik Unsur-Unsur • 23

A. Perkembangan Sistem Periodik • 24
B. Periode dan Golongan • 26
C. Sistem Periodik dan Konfigurasi Elektron • 27
D. Beberapa Sifat Periodik Unsur • 29
E. Sifat-Sifat Unsur • 35
Rangkuman • 41
Peta Konsep • 42
Refleksi • 42
Evaluasi Kompetensi Bab 2 • 43

Bab 3
Ikatan Kimia • 45

A. Kestabilan Unsur dan Konfigurasi Elektron • 46
B. Ikatan Ion • 47
C. Ikatan Kovalen • 49
D. Ikatan pada Logam • 55
E. Perbandingan Sifat Senyawa Ion dan Kovalen • 58
Rangkuman • 62
Peta Konsep • 63
Refleksi • 63
Evaluasi Kompetensi Bab 3 • 64

Bab 4
Rumus dan Persamaan Kimia • 67

A. Tata Nama Senyawa Kimia • 68
B. Rumus Kimia • 71
C. Persamaan Kimia • 75
Rangkuman • 79
Peta Konsep • 80
Refleksi • 80
Evaluasi Kompetensi Bab 4 • 81

Bab 5
Hukum Dasar dan Perhitungan Kimia • 83

A. Hukum-Hukum Dasar Kimia • 84
B. Konsep Mol dan Tetapan Avogadro • 92
C. Massa Molar dan Volume Molar Gas • 94
D. Perhitungan Kimia • 98

Rangkuman • 101
Peta Konsep • 102
Refleksi • 102
Evaluasi Kompetensi Bab 5 • 103
Proyek Semester 1 • 107
Evaluasi Kompetensi Kimia Semester 1 • 108

Bab 6
Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit • 111

A. Definisi dan Komposisi Larutan • 112
B. Sifat Listrik Larutan • 114

Rangkuman • 119
Peta Konsep • 120
Refleksi • 120
Evaluasi Kompetensi Bab 6 • 121

Bab 7
Reaksi Reduksi Oksidasi • 123

A. Pengertian Reduksi Oksidasi • 124
B. Reaksi Reduksi Oksidasi • 126
C. Aplikasi Reaksi Reduksi Oksidasi • 131

Rangkuman • 135
Peta Konsep • 136
Refleksi • 136
Evaluasi Kompetensi Bab 7 • 137

Bab 8
Hidrokarbon • 139

A. Karakteristik Atom Karbon • 140
B. Identifikasi dan Klasifikasi Hidrokarbon • 142
C. Hidrokarbon Alifatik Jenuh • 145
D. Hidrokarbon Alifatik Tidak Jenuh • 151

Rangkuman • 156
Peta Konsep • 157
Refleksi • 157
Evaluasi Kompetensi Bab 8 • 158

Bab 9
Minyak Bumi • 161

A. Pembentukan dan Komposisi Minyak Bumi • 162
B. Pengolahan Minyak Mentah • 164
C. Aplikasi dan Dampak Lingkungan • 168

Rangkuman • 171
Peta Konsep • 172
Refleksi • 172
Evaluasi Kompetensi Bab 9 • 173

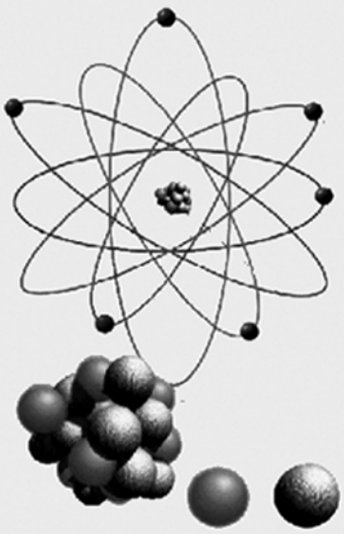
Bab 10
Kimia Terapan • 175

A. Kimia Material • 176
B. Kimia dalam Pertanian • 186
C. Kimia dalam Makanan dan Obat-obatan • 194

Rangkuman • 202
Peta Konsep • 203
Refleksi • 204
Evaluasi Kompetensi Bab 10 • 204
Proyek Semester 2 • 206
Evaluasi Kompetensi Kimia Semester 2 • 207
Evaluasi Kompetensi Kimia Akhir Tahun • 209

Apendiks 1 • 213
Apendiks 2 • 222
Senarai • 223
Indeks • 225
Daftar Pustaka • 226

Bab 1



Sumber: *www.users.bigpond.com*

Atom tidak dapat diidentifikasi melalui pengamatan secara langsung karena struktur atom sangat kecil.

Struktur Atom

Hasil yang harus Anda capai:

memahami struktur atom, sifat-sifat periodik unsur, dan ikatan kimia.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

memahami struktur atom berdasarkan teori atom Bohr, sifat-sifat unsur, massa atom relatif, dan sifat-sifat periodik unsur dalam tabel periodik serta menyadari keteraturannya melalui pemahaman konfigurasi elektron.

Untuk mengidentifikasi struktur atom, kita tidak dapat melakukan pengamatan secara langsung terhadap atom sebab atom terlalu kecil untuk diamati secara langsung.

Saat ini, atom telah dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop STM (*Scanning Tunneling Microscope*) dan AFM (*Atomic Force Microscope*) sehingga sifat dan karakteristik dari bentuk atom dapat diamati dengan lebih jelas. Gejala yang ditimbulkan atom dapat dipelajari, seperti warna nyala, difraksi, sifat listrik, sifat magnet, dan gejala-gejala lainnya.

Di Kelas X ini, Anda akan memulai pelajaran kimia tentang struktur atom. Tersusun dari apa sajakah atom itu? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

A. Partikel Pembangun Atom
B. Nomor Atom dan Nomor Massa
C. Isotop, Isobar, dan Isoton
D. Massa Atom Relatif
E. Struktur Atom
F. Konfigurasi Elektron

Tes Kompetensi Awal

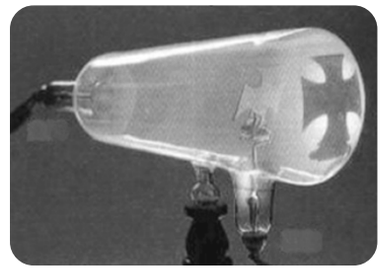
1. Apakah yang dimaksud dengan unsur?
2. Apakah yang dimaksud dengan partikel?
3. Apakah yang Anda ketahui tentang atom?

A. Partikel Pembangun Atom

Sebelum ilmu Kimia berkembang, para filsafat Yunani Kuno sudah mengenal istilah atom. Menurut pandangannya, atom adalah partikel terkecil yang membangun materi. Dengan teknologi modern, atom dapat diurai menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, dinamakan partikel subatom, yaitu elektron, proton, dan neutron.

1. Temuan Elektron

Keberadaan elektron dapat diketahui berdasarkan percobaan sinar katode (**Sir William Crookes**, 1879). Dalam percobaannya, Crookes menggunakan alat yang disebut tabung sinar katode atau disebut juga tabung Crookes (lihat **Gambar 1.1**).



Gambar 1.1
Sinar katode adalah elektron yang memiliki massa.

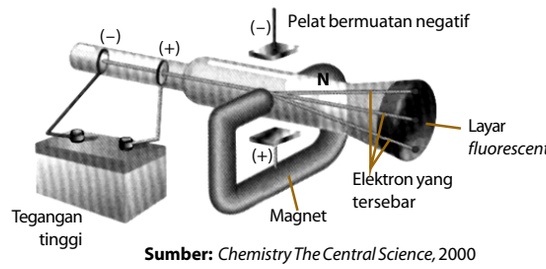
Sumber: *Sougou Kagashi*

Kata Kunci

- Anode
- Katode

Jika tabung Crookes dihubungkan dengan sumber arus searah tegangan tinggi maka katode akan memancarkan berkas sinar menuju anode. Sinar itu dinamakan *sinar katode*.

Sinar katode memiliki massa. Hal ini dapat dilihat dengan memutarnya baling-baling yang dipasang pada jalannya berkas sinar katode (**Gambar 1.1**). Pengamatan lain menunjukkan, sinar katode dapat dibelokkan oleh medan listrik menuju kutub positif listrik. Hal ini membuktikan bahwa sinar katode memiliki muatan negatif (perhatikan **Gambar 1.2**).



Gambar 1.2
Sinar katode dibelokkan oleh medan listrik.

Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000

Kegiatan Inkuiri

Layar TV merupakan tabung sinar katode. Bagaimanakah Anda mengamati jejak elektron yang dipancarkan TV?

Berdasarkan fakta tersebut, apa yang dapat Anda simpulkan? **Stoney** menamakan sinar katode dengan istilah *elektron*. Dengan demikian, elektron memiliki massa dan bermuatan negatif. Jika bahan katode diganti dengan logam lain selalu dihasilkan sinar katode yang sama. Hal ini membuktikan bahwa sinar katode atau elektron merupakan *partikel dasar penyusun materi*.

Contoh 1.1

Mengidentifikasi Sifat-Sifat Elektron

Elektron dapat dibelokkan menuju kutub positif listrik sehingga disimpulkan bahwa sinar katode bermuatan negatif. Apakah dasar hukumnya?

Jawab

Benda-benda yang muatannya berlawanan akan tarik-menarik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa elektron bermuatan negatif.

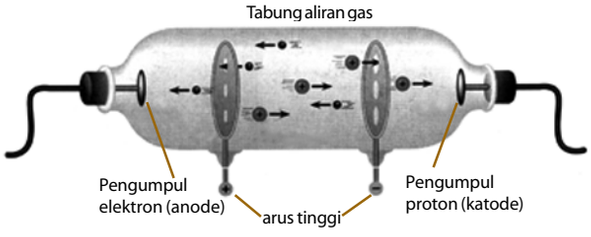
2. Temuan Proton

Keberadaan proton dibuktikan melalui percobaan tabung Crookes yang dimodifikasi (perhatikan **Gambar 1.3**). Tabung Crookes diisi gas hidrogen dengan tekanan rendah. Percobaan ini dikembangkan oleh **Eugen Goldstein**.

Jika tabung Crookes dihubungkan dengan sumber arus listrik di bagian belakang katode yang dilubangi maka akan terbentuk berkas sinar. Goldstein menamakan sinar itu sebagai sinar terusan.

Oleh karena sinar terusan bergerak menuju katode maka disimpulkan bahwa sinar terusan bermuatan positif. Menurut Goldstein, sinar terusan tiada lain adalah ion hidrogen. Ion ini terbentuk akibat gas hidrogen bertumbukan dengan sinar katode.

Oleh karena ion hidrogen hanya mengandung satu proton maka disimpulkan bahwa sinar positif adalah *proton*. Penggantian gas hidrogen oleh gas lain selalu dihasilkan sinar yang sama dengan sinar terusan yang dihasilkan oleh gas hidrogen. Hal ini dapat membuktikan bahwa setiap materi mengandung proton sebagai salah satu partikel penyusunnya.



Sumber: *Chemistry The Molecular Science,* 1997

Gambar 1.3

Pada tabung sinar katode yang dimodifikasi, sinar katode mengionisasi gas dalam tabung yang mengakibatkan gas dalam tabung bermuatan positif. Gas yang bermuatan positif ini bergerak menuju katode, sebagian dapat melewati celah katode dan menumbuk dinding tabung.

Kata Kunci

- Elektron
- Neutron
- Partikel
- Proton

Contoh 1.2

Mengidentifikasi Sifat-Sifat Proton

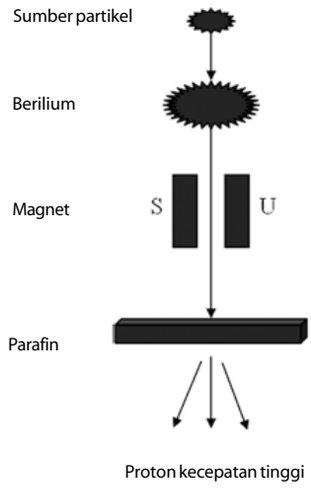
Bagaimanakah terbentuknya ion hidrogen dalam tabung sinar katode? Jelaskan.

Jawab

Ketika tabung Crookes dihubungkan dengan arus listrik, sinar katode akan terpancar menuju anode. Dalam perjalanannya menuju anode, sinar katode bertumbukan dengan gas hidrogen yang terdapat dalam tabung sehingga terbentuk ion hidrogen yang bermuatan positif.

3. Temuan Neutron

Keberadaan neutron dalam atom ditemukan oleh **J. Chadwick** melalui percobaan penembakan unsur berilium oleh partikel alfa kecepatan tinggi. Dari percobaan tersebut, terbentuk partikel yang tidak dipengaruhi medan magnet dan dapat bertumbukan dengan parafin **(Gambar 1.4)**. Partikel alfa adalah partikel bermuatan positif yang dipancarkan oleh unsur radio aktif.



Gambar 1.4
Diagram alir pelepasan partikel neutron

Data percobaan menunjukkan bahwa sinar yang keluar dari target berilium tidak dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika sinar yang keluar dari target berilium menumbuk parafin, proton akan keluar dari parafin dengan kecepatan tinggi. Chadwick menyimpulkan bahwa partikel yang keluar dari unsur berilium tidak bermuatan dan memiliki massa hampir sama dengan massa proton. Partikel tersebut dinamakan *neutron*.

Catatan *Note*

Partikel alfa adalah partikel yang dipancarkan oleh unsur radioaktif yang bermuatan positif.

Alpha particle is particle emitted by radioactive element which has a positive charge.

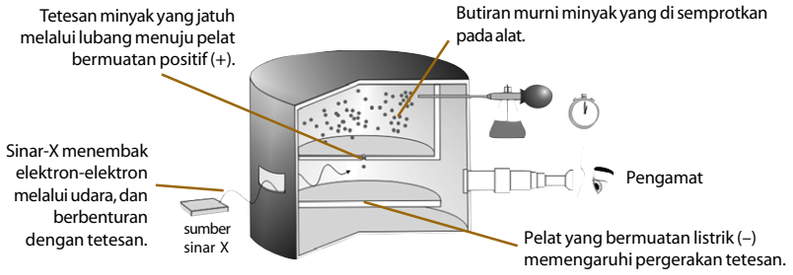
4. Massa dan Muatan Partikel Subatom

Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh **Sir Joseph J. Thomson** (1897) dan **Robert A. Millikan** (1906), massa dan muatan partikel sub atom dapat ditentukan.

Untuk menyatakan massa subatom, massa proton dan neutron ditetapkan sama dengan satu, sedangkan elektron $\frac{1}{1.836}$ kali massa proton. Massa proton sesungguhnya adalah $1{,}67 \times 10^{-27}$ kg dan massa elektron sesungguhnya adalah $9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.

Berapakah muatan elektron? Pertanyaan ini dijawab pada abad ke-20 oleh ahli fisika Amerika, Robert A. Millikan. Penelitiannya yang terkenal dinamakan percobaan *Tetes Minyak Millikan*.

Pada 1906, Robert A. Millikian berhasil menentukan harga muatan elektron melalui percobaan tetes minyak. Minyak disemprotkan sampai tetesan minyak jatuh melalui celah yang terdapat pada pelat bagian atas dan tetesan minyak memasuki ruang di antara dua pelat yang dipasang sejajar. Jika gas Z di antara kedua pelat itu disinari dengan sinar-x maka gas Z akan melepaskan elektron dan elektron ini terikat oleh tetesan minyak: $Z + \text{sinar-x} \rightarrow Z^+ + e^-$.



Sumber: *Introduction Chemistry,* 1997

Gambar 1.5
Percobaan tetes minyak Millikan untuk mengukur muatan elektron.

Dengan mengatur potensial pada pelat P, gerak tetesan minyak dapat diatur naik turun, gerakan ini dapat diamati melalui teleskop (**Gambar 1.5**). Turunnya tetes minyak akibat gaya gravitasi (mg) dan naiknya tetes minyak diatur oleh potensial untuk mengimbangi gaya gravitasi yang besarnya sesuai dengan hukum *Stokes* ($6\pi\eta rv$), dengan r = jari-jari minyak, v = kecepatan jatuh minyak, dan η = viskositas minyak.

Dari percobaan tetes minyak, Millikan menemukan bahwa muatan tetes minyak (q) selalu merupakan kelipatan bilangan bulat dari $-1{,}6 \times 10^{-19}$ C, yakni:

$q = n\,e$, dengan n = 1, 2, 3, ..., i

Hal ini disebabkan satu tetes minyak dapat menangkap elektron sebanyak kelipatan dari bilangan bulat. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa muatan sebuah elektron sama dengan $-1{,}6 \times 10^{-19}$ C.

Dengan mengetahui besar muatan elektron, harga massa elektron dapat dihitung dengan cara memasukkan harga muatan tersebut ke dalam persamaan angka banding $\frac{e}{m} = -1{,}76 \times 10^{11}$ C kg^{-1} yang ditemukan oleh Thomson, yaitu:

$$m = \frac{e}{\frac{e}{m}} = \frac{-1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C}}{-1{,}76 \times 10^{11}\ \text{C kg}^{-1}} = 9{,}11 \times 10^{-31}$$

Untuk menyatakan muatan partikel subatom, muatan proton sama dengan +1, elektron ditetapkan sama dengan –1, sedangkan neutron tidak bermuatan (netral). Muatan elektron dan proton sesungguhnya adalah $-1{,}60 \times 10^{-19}$ C dan $+ 1{,}60 \times 10^{-19}$ C.

Tabel 1.1 Massa dan Muatan Partikel Subatom

Partikel Subatom	Massa		Muatan	
	Eksak (kg)	Relatif	Eksak (coulomb)	Relatif
Proton, p	$1{,}67 \times 10^{-27}$	0	$+1{,}60 \times 10^{-19}$	+1
Neutron, n	$1{,}67 \times 10^{-27}$	1	–	–
Elektron, e	$9{,}11 \times 10^{-31}$	$\frac{1}{1.836}$	$-1{,}60 \times 10^{-19}$	–1

Kegiatan Inkuiri

Carilah informasi tentang percobaan yang dilakukan oleh Thomson dalam menentukan massa dan muatan partikel subatom.

Sekilas Kimia

J.J Thomson (1856-1940)
Robert A. Millikan (1871-1937)

Sumber: *www. th. physik.uni-frankfurt.*

J. J. Thomson menemukan elektron sebagai unit penting dalam arus listrik (atas), Robert A. Millikan menemukan muatan elektron melalui percobaan minyak tetes (bawah).

Lakukanlah kegiatan berikut.

Aktivitas Kimia 1.1

Identifikasi Muatan Partikel

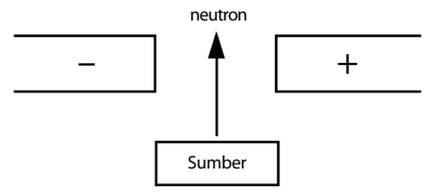
Tujuan

Mengidentifikasi muatan partikel ketika dipengaruhi medan magnet.

Langkah Kerja

Selidiki masalah yang disajikan berikut ini.

Sinar partikel bergerak dengan kecepatan sama dari sumber yang berbeda dan dihubungkan dengan medan magnet seperti yang ditunjukkan dalam diagram. Sinar neutron digambarkan sebagai berikut. Kerjakan dengan teman sebangku Anda.



Pertanyaan

1. Dari diagram tersebut, gambarkanlah bagaimana setiap sinar dari partikel-partikel berikut dipengaruhi oleh medan listrik.
   a. Proton
   b. Elektron
   c. $^{2}_{1}H^{+}$
2. Jelaskan posisi dan bentuk setiap sinar jika sumber diganti dengan:
   a. Proton;
   b. Elektron;
   c. $^{2}_{1}H^{+}$.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

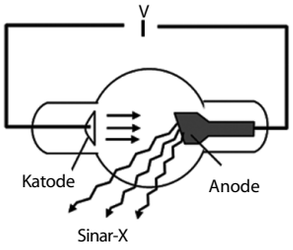
1. Bagaimanakah menghubungkan antara fakta hasil percobaan Crookes dengan kesimpulan bahwa elektron memiliki massa?
2. Mengapa elektron dianggap sebagai partikel dasar penyusun materi?
3. Mengapa ion hidrogen disimpulkan sama dengan proton? Jelaskan.
4. Neutron disimpulkan tidak bermuatan. Fakta manakah yang dapat mendukung kesimpulan ini?
5. Fakta menunjukkan bahwa neutron yang lepas dari unsur berilium kemudian menumbuk parafin hingga proton-proton dari parafin terlepas. Berdasarkan fakta tersebut, disimpulkan bahwa massa neutron relatif lebih besar dari proton. Bagaimanakah menghubungkan fakta dan kesimpulannya?
6. Jika muatan proton ditetapkan sebesar +10 satuan, berapakah muatan elektron dan neutron relatif terhadap proton?

B. Nomor Atom dan Nomor Massa

Apakah yang dimaksud dengan nomor atom dan nomor massa? Kedua besaran ini menyatakan identitas suatu atom untuk membedakan dengan atom-atom lain.

1. Nomor Atom

Jika suatu anode disinari dengan sinar katode akan dihasilkan sinar-X dengan panjang gelombang bergantung pada jumlah proton dalam atom logam yang dijadikan anode (**Gambar 1.6**). Panjang gelombang sinar-X menurun dengan bertambahnya jumlah proton dalam atom logam.



Gambar 1.6
Sinar-X dipancarkan oleh anode yang disinari dengan berkas sinar elektron berenergi tinggi.

Pada percobaan lain, **Moseley** menemukan bahwa *jumlah proton berbanding lurus dengan nomor atom*. Jika jumlah proton bertambah satu satuan maka nomor atom unsur tersebut juga bertambah satu satuan.

Apa yang dapat Anda simpulkan dari data di atas? Simak pernyataan berikut.

a. Setiap logam tersusun atas atom-atom logam dan atom logam disusun oleh proton, elektron, dan neutron. Oleh karena sinar-X bergantung pada proton maka jumlah proton merupakan sifat khas suatu atom.
b. Jumlah proton sebanding dengan nomor atom. Oleh karena itu, nomor atom menyatakan jumlah proton dalam atom dan bersifat khas untuk setiap atom. Nomor atom dilambangkan dengan Z.

Contoh 1.3

Hubungan Jumlah Proton, Elektron, dan Nomor Atom

1. Berapakah nomor atom besi jika jumlah proton dalam inti atom besi 26?
2. Berapakah jumlah elektron dalam atom natrium netral jika nomor atom natrium = 11?

Jawab

1. Nomor atom = jumlah proton
   Oleh karena jumlah proton dalam atom besi = 26 maka nomor atom besi = 26
2. Nomor atom = jumlah proton
   Dalam atom netral, jumlah proton = jumlah elektron
   Jadi, jumlah elektron dalam atom natrium = 11.

2. Nomor Massa

Berdasarkan hasil percobaan spektograf massa diketahui bahwa satu macam unsur terdiri atas atom-atom dengan massa berbeda.

Contoh:
Unsur karbon terdiri atas atom-atom dengan massa: 12, 13, 14. Ketiga bilangan ini dinamakan nomor massa dari atom karbon (nomor atomnya sama, yaitu 6).

Di dalam atom hanya ada proton, elektron, dan neutron. Pada atom netral, jumlah proton sama dengan elektron. Oleh karena atom karbon hanya memiliki satu nomor atom maka yang membedakan massa atom adalah neutron.

Kegiatan Inkuiri

Berdasarkan uraian tersebut, dapatkah Anda menyimpulkan, bilangan apakah nomor massa itu? Diskusikan dengan teman sekelas Anda.

Contoh 1.4

Hubungan Jumlah Proton, Elektron, dan Nomor Massa

1. Berapa nomor massa atom karbon yang memiliki jumah neutron = 7 dan jumlah elektron = 6?
2. Berapa jumlah neutron dalam atom neon yang memiliki nomor massa = 20 dan nomor atom = 10

Jawab

1. Nomor massa = jumlah neutron + jumlah proton
   Oleh karena atom netral maka jumlah proton = jumlah elektron
   Sehingga dapat ditulis:
   nomor massa = jumlah neutron + jumlah elektron
   = 7 + 6 = 13
   Jadi, nomor massa atom karbon = 13
2. Nomor massa = jumlah neutron + jumlah proton
   Oleh karena jumlah proton = nomor atom
   maka dapat ditulis, nomor massa = jumlah neutron + nomor atom
   20 = n + 10, atau n = 10
   Jadi, jumlah neutron dalam atom adalah 10.

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan nomor atom netral yang memiliki jumlah elektron 10, 15, dan 20.
2. Jika suatu atom kehilangan elektron, bagaimanakah atom tersebut, akan bermuatan? Bagaimanakah muatannya jika atom kelebihan elektron (menerima elektron dari luar)?
3. Berapa jumlah elektron dan jumlah neutron yang terdapat dalam atom X? Diketahui nomor atom = 19 dan nomor massa = 20.
4. Berapa nomor massa dari atom yang mengandung 17 neutron dan nomor atom 16?
5. Atom X memiliki jumlah proton 20 dan jumlah neutron 20; atom Y memiliki jumlah proton 20 dan jumlah neutron 21; atom Z memiliki jumlah proton 19 dan jumlah neutron 21. Apakah atom-atom tersebut akan membangun unsur yang sama atau berbeda?

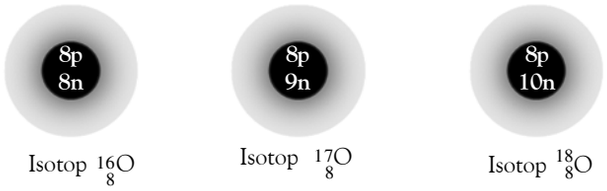
C. Isotop, Isobar, dan Isoton

Oleh karena atom-atom suatu unsur dapat memiliki jumlah neutron yang berbeda maka diperlukan suatu istilah untuk menyatakan hubungan nomor atom dan nomor massa atom-atom.

1. Isotop

Pada pembahasan sebelumnya, dijelaskan bahwa atom karbon memiliki nomor massa berbeda, sedangkan nomor atomnya sama. Untuk ketiga atom karbon itu dinamakan isotop. Isotop suatu atom memiliki sifat dan fisika yang sama.

Nomor atom dinyatakan dengan Z dan A menyatakan nomor massa. Jadi, isotop karbon dapat ditulis sebagai ${}^{12}_{6}C$; ${}^{13}_{6}C$; dan ${}^{14}_{6}C$. Secara umum ditulis: ${}^{A}_{Z}X$. Contoh lainnya adalah oksigen yang memiliki 3 isotop dengan nomor massa 16, 17, dan 18 (**Gambar 1.7**)



Isotop $^{16}_{8}O$ Isotop $^{17}_{8}O$ Isotop $^{18}_{8}O$

Gambar 1.7
Oksigen memiliki 3 isotop dengan nomor massa 16, 17, dan 18.

2. Isobar

Isobar adalah atom-atom yang memiliki nomor massa sama, tetapi nomor atom berbeda. Jadi, isobar merupakan kebalikan dari isotop. Isobar suatu atom memiliki sifat kimia berbeda.

Contoh:
^{14}N dan ^{14}C memiliki nomor massa sama yakni 14, tetapi nomor atomnya berbeda. Atom N memiliki nomor atom 7, sedangkan atom C memiliki nomor atom 6.
^{40}K dan ^{40}Ca adalah contoh isobar yang lain. Berapakah nomor atom dan nomor massa dari kedua atom tersebut?

3. Isoton

Isoton adalah atom-ataom yang memiliki jumlah neutron sama, tetapi jumlah protonnya berbeda. Isoton suatu atom memiliki sifat fisika dan kimia berbeda.

Contoh:
^{13}C dan ^{14}N. Kedua atom memiliki jumlah neutron sama, yakni 7 buah neutron, tetapi jumlah protonnya berbeda. Masing-masing C = 6 dan N = 7.

Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tabel berikut menunjukkan jumlah proton dan neutron dalam atom. Atom manakah yang merupakan isotop dari atom A?

Isotop	Jumlah Proton	Jumlah Neutron
Atom A	17	18
Atom B	16	19
Atom C	17	19

2. Manakah di antara unsur berikut yang tergolong isobar dan isoton?
   a. ^{29}Si; ^{30}P; ^{31}P: ^{31}S.
   b. ^{39}K; ^{40}Ca; ^{40}Ar.

D. Massa Atom Relatif

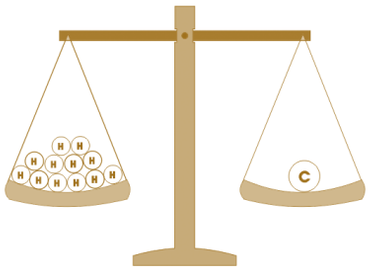
Di laboratorium, pengukuran massa suatu zat menggunakan satuan gram. Bagaimanakah mengukur massa atom? Penentuan massa atom dilakukan dengan cara membandingkan massa atom yang akan ditentukan terhadap massa atom suatu unsur yang massanya ditetapkan (massa atom standar).

1. Standar Massa Atom

Standar massa atom yang kali pertama diberlakukan adalah atom hidrogen, massanya ditetapkan sebesar 1,0 sma (satuan massa atom). Pada perkembangan selanjutnya, standar massa atom adalah atom oksigen, yang massanya ditetapkan sebesar 16,0 sma.

Dengan berkembangnya teknologi dalam bidang instrumentasi, khususnya *spektrometer massa*, diketahui bahwa atom-atom suatu unsur dapat memiliki lebih dari satu macam isotop. Berdasarkan sifat-sifat isotop atom, ditetapkan bahwa standar massa atom adalah isotop karbon yang massanya 12 sma. Alasannya, isotop karbon-12 merupakan isotop paling stabil. Penetapan isotop karbon-12 sebagai standar massa atom dibakukan oleh IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) pada 1961 dan didefinisikan sebagai:

$$\frac{1}{12} \times \textit{massa atom isotop karbon-12}$$



Gambar 1.8

Isotop $^{12}_{6}C$ memiliki berat 12 kali dari berat isotop atom $^{1}_{1}H$.

Penentuan massa isotop atom-atom lain didasarkan pada nilai perbandingan terhadap massa atom isotop karbon-12. Jadi, massa atom isotop suatu unsur, misalnya isotop atom X sama dengan:

$$\frac{\textit{Massa Isotop Atom Unsur X}}{\frac{1}{12} \times \textit{Massa Isotop Atom karbon-12}}$$

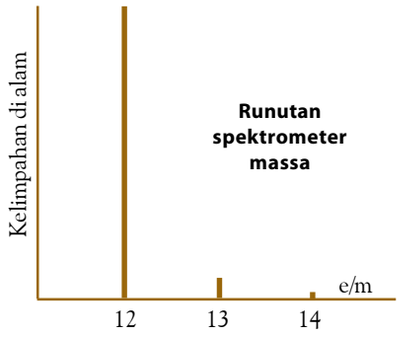
Kegiatan Inkuiri

Bagaimanakah cara mengukur berat badan teman-teman Anda di kelas tanpa alat ukur berat? Gunakanlah berat badan Anda sebagai acuan.

2. Massa Atom Relatif

Dengan ditetapkannya massa isotop atom karbon-12 sebagai standar massa atom maka massa isotop atom unsur-unsur lain dapat ditentukan secara eksperimen menggunakan *spektrometer massa*. Spektrometer massa memberikan data akurat tentang jumlah isotop atom suatu unsur dan kelimpahannya di alam.

Contoh:
Pengukuran secara kimia terhadap massa atom karbon adalah 12,0 sma. Oleh karena itu, pengukuran dengan spektrometer massa diharapkan memberikan satu puncak spektrum di daerah 12,0 e/m.



Gambar 1.9

Tinggi puncak menunjukkan persen kelimpahan isotop di alam.

Fakta menunjukkan bahwa karbon memberikan tiga puncak pada data runutan spektrometer massa, yaitu pada daerah massa 12, 13, dan 14 sma dengan tinggi puncak menunjukkan kelimpahan relatif masing-masing, yaitu 98,90%, 1,009% dan 0,001% seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1.9**. Berdasarkan data runutan spektrometer massa, karbon merupakan campuran tiga macam isotop dengan sifat kimia yang sama, tetapi massa dan kelimpahannya di alam berbeda. Demikian pula unsur-unsur lain dapat memiliki isotop lebih dari satu dengan persen kelimpahan yang berbeda.

Permasalahan sekarang adalah isotop mana yang akan dijadikan rujukan untuk mengukur massa zat di laboratorium. Oleh karena isotop-isotop suatu unsur tidak dapat dipisahkan dalam suatu zat kimia juga kelimpahannya berbeda untuk setiap isotop maka perlu ditetapkan massa atom unsur untuk kepentingan pengukuran zat di laboratorium.

Menurut IUPAC, massa atom unsur ditentukan berdasarkan massa setiap isotop dan kelimpahannya. Penentuan dengan cara ini dinamakan massa atom relatif, disingkat A_r. Massa atom relatif (A_r) suatu unsur didefinisikan sebagai *jumlah dari massa isotop dikalikan dengan kelimpahannya di alam.*

Contoh:
Jika suatu unsur memiliki n isotop: isotop-1, massanya m_1 dengan kelimpahan Z_1; isotop-2, massanya m_2 dengan kelimpahan Z_2; dan seterusnya maka massa atom relatif unsur tersebut ditentukan dengan persamaan berikut:

$$A_r = m_1Z_1 + m_2Z_2 + \ldots + m_nZ_n$$

Oleh karena massa atom relatif sudah mempertimbangkan isotop dan kelimpahannya di alam maka untuk perhitungan dan pengukuran massa zat didasarkan pada massa atom relatifnya. Tabel berikut menunjukkan massa atom relatif unsur-unsur.

Tabel 1.2 Massa Atom Relatif Unsur-Unsur

Unsur	Massa Atom Relatif
H	1,008
Li	6,975
C	12,011
N	14,006
O	15,999
F	18,998
Na	22,989
Mg	24,305
Al	26,981
P	30,974
Si	28,080
Cl	35,453
K	39,091
Ca	40,080
Br	79,904

Sumber: *General Chemistry (Ebbing),* 1990

Kata Kunci

- Kelimpahan di dalam
- Massa relatif
- Spektrometer massa

Contoh 1.5

Menghitung Massa Atom Relatif Unsur

Hasil analisis spektrometer terhadap unsur boron menunjukkan bahwa unsur boron terdiri atas dus isotop, yaitu isotop ^{10}B massanya 10,013 dengan kelimpahan 19,10% dan isotop ^{11}B massanya 11,01 sma dengan kelimpahan 80,90% sma. Berapakah massa atom relatif boron?

Jawab

$$A_r \text{ atom} = \sum(\text{massa isotop} \times \%\text{kelimpahan})$$

$$A_r B = \left(10{,}013 \times \frac{19{,}10}{100}\right) + \left(11{,}01 \times \frac{80{,}90}{100}\right)$$

$$= 1{,}9125 + 8{,}9065 = 10{,}819$$

Jadi, massa atom relatif (A_r) unsur boron adalah 10,819.

Tes Kompetensi Subbab D

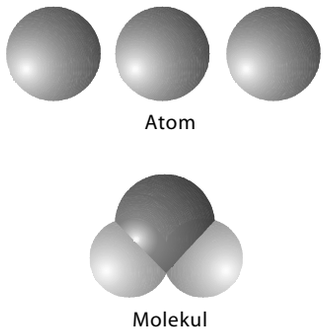
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Berapakah massa atom relatif karbon? Diketahui isotop ^{12}C massanya 12 sma dengan kelimpahan 98,9%, isotop ^{13}C massanya 13,0 sma dengan kelimpahan 1,1%.
2. Diketahui isotop ^{121}Sb massanya 121 sma dengan kelimpahan 57,3%, isotop ^{123}Sb massanya 123 sma dan A_r Sb= 121,60. Berapakah kelimpahan ^{123}Sb?

E. StrukturAtom

Perkembangan pemahaman struktur atom sejalan dengan awal perkembangan ilmu Kimia modern. Ilmuwan pertama yang membangun model (struktur) atom adalah John Dalton, kemudian disempurnakan secara bertahap oleh J.J. Thomson, Rutherford, dan Niels Bohr.

1. Model Atom Dalton



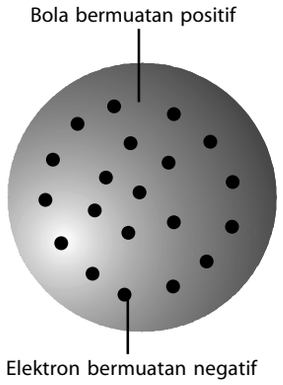
Gambar 1.10
Model atom dan molekul Dalton

Teori atom Dalton didasarkan pada pengukuran kuantitatif reaksi-reaksi kimia. Dalton menghasilkan beberapa postulat sebagai berikut.

1. Materi tersusun atas partikel-partikel sangat padat dan kecil yang tidak dapat dipecah-pecah lagi. Partikel itu dinamakan *atom.*
2. Atom-atom suatu *unsur* identik dalam segala hal, tetapi berbeda dengan atom-atom unsur lain.
3. Dalam *reaksi kimia,* terjadi penggabungan atau pemisahan dan penataan ulang atom-atom dari satu komposisi ke komposisi lain.
4. Atom dapat bergabung dengan atom lain membentuk suatu *molekul* dengan perbandingan sederhana.

Kesimpulan dari model atom Dalton, yaitu unsur terdiri atas atom-atom yang sama dalam segala hal, baik bentuk, ukuran, dan massanya, tetapi berbeda dengan atom-atom unsur lain. Dengan kata lain, *atom adalah partikel terkecil suatu unsur yang masih memiliki sifat unsur itu.*

2. Model Atom Thomson



Gambar 1.11
Model atom Thomson

Berdasarkan fakta bahwa elektron merupakan partikel dasar penyusun materi, mendorong Thomson membangun suatu model atom untuk menyempurnakan teori atom Dalton sebab model atom Dalton tidak menunjukkan adanya sifat-sifat listrik.

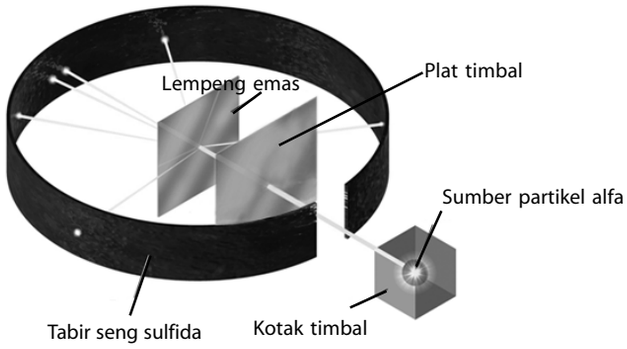
Menurut Thomson, atom mengandung elektron yang bermuatan negatif dan elektron-elektron ini tersebar merata di dalam seluruh atom. Atomnya sendiri diasumsikan berupa bola pejal yang bermuatan positif.

Jika model atom Thomson ini digambarkan dalam bentuk tiga dimensi akan mirip kue onde, bijih wijen menyatakan elektron dan onde menyatakan bentuk atom. **Gambar 1.11** menunjukkan model atom Thomson. Jika model atom Thomson dibelah dua maka elektron-elektron di dalam atom akan tampak seperti bijih jambu batu yang tersebar merata di dalam jambu.

3. Model Atom Rutherford

Rutherford melakukan percobaan penembakan lempeng emas yang sangat tipis dengan partikel alfa yang diemisikan oleh unsur radioaktif. Data hasil percobaan menunjukkan bahwa sebagian besar dari partikel

alfa dapat melewati lempeng emas, tetapi hanya sebagian kecil partikel alfa yang dipantulkan kembali. **Gambar 1.12** menunjukkan diagram hamburan partikel alfa.

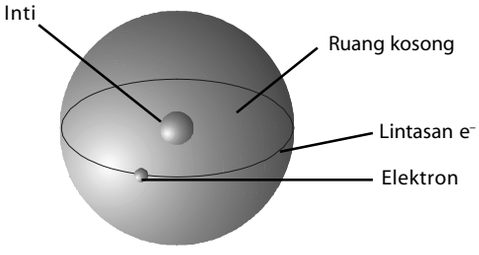


Gambar 1.12
Partikel menumbuk tabir Zn, kilat cahaya diamati melalui mikroskop. Sebagian besar partikel alfa diteruskan oleh lempeng emas tanpa pembelokan, hanya beberapa partikel yang dipantulkan dengan sudut lebih besar dari 90°.

Berdasarkan data itu, Rutherford menyimpulkan bahwa volume atom sebagian besar berupa ruang kosong. Ini ditunjukkan oleh banyaknya partikel alfa yang dapat melewati lempeng emas. Adanya partikel alfa yang dipantulkan akibat bertumbukan dengan suatu partikel yang sangat keras dengan ukuran sangat kecil. Rutherford menamakan partikel itu sebagai inti atom. Oleh karena partikel alfa bermuatan positif maka inti atom harus bermuatan positif. Jika inti atom bermuatan negatif maka akan terjadi tarik menarik antara inti atom dan partikel alfa.

Berdasarkan percobaan tersebut, Rutherford menyusun suatu model atom (perhatikan **Gambar 1.13**) untuk menyempurnakan model atom Thomson. Model yang dikembangkan oleh Rutherford adalah sebagai berikut.

1. Atom tersusun atas inti atom yang bermuatan positif dan elektron-elektron yang bermuatan negatif.
2. Sebagian besar volume atom merupakan ruang kosong yang massanya terpusat pada inti atom.
3. Oleh karena atom bersifat netral maka jumlah muatan positif harus sama dengan jumlah muatan negatif.
4. Di dalam atom, elektron-elektron bermuatan negatif selalu bergerak mengelilingi inti atom.



Gambar 1.13
Model atom Rutherford

Kegiatan Inkuiri

Berdasarkan model atom Rutherford, temukanlah di mana letak proton, neutron, dan elektron di dalam atom. Gambarkanlah oleh Anda.

Kelemahan Model Atom Rutherford

Seperti halnya model atom pendahulunya, teori atom Rutherford memiliki kelemahan. Kelemahan utama terletak pada pergerakan elektron dalam mengelilingi inti atom.

Mahir Menjawab

Dari modifikasi model atom di bawah ini, yang merupakan model atom Thomson adalah....

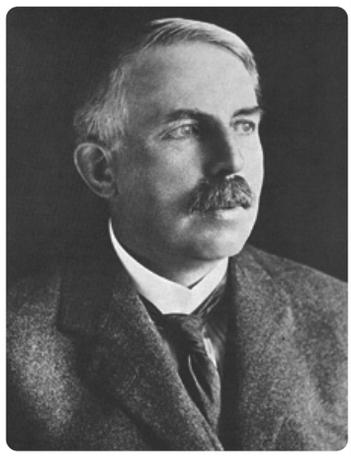
A.
D.
B.
E.
C.

Pembahasan
Model atom Thomson menyerupai bola pejal yang bermuatan positif, dan elektron menyebar merata (E).

Ebtanas 1995–1996

Sekilas Kimia

Ernest Rutherford
(1871-1937)



Sumber: *www.th.physik.uni-frankfurt*

Rutherford menyimpulkan bahwa struktur atom terdiri atas elektron yang melingkar mengelilingi inti.

Menurut Hukum Fisika Klasik dari **Maxwell**, jika suatu partikel yang bermuatan listrik bergerak melingkar akan mengemisikan energinya dalam bentuk cahaya yang mengakibatkan percepatan partikel semakin berkurang dan akhirnya diam. Dengan demikian, jika elektron yang bermuatan negatif bergerak melingkar (mengelilingi inti bermuatan positif) maka akan kehilangan energinya sehingga gerakan elektron akan berkurang, yang akhirnya akan jatuh ke inti. **Gambar 1.14** menunjukkan model atom Rutherford menurut teori Maxwell.

Jadi, menurut Hukum Fisika Klasik, model atom Rutherford tidak stabil sebab elektron akan kehilangan energinya dan akan jatuh ke inti, pada akhirnya atom akan musnah. Akan tetapi, faktanya atom stabil.

Contoh 1.6

Analisis Data Percobaan Rutherford

Fakta apakah yang dijadikan dasar kesimpulan oleh Rutherford bahwa inti atom berukuran sangat kecil?

Jawab

Kesimpulan Rutherford didasarkan pada fakta bahwa dari sejumlah besar partikel alfa, hanya sebagian kecil yang dipantulkan. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran inti atom sangat kecil.

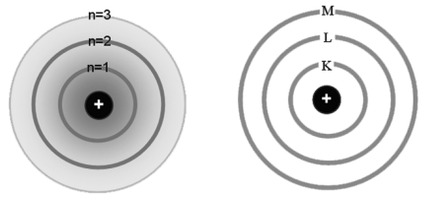
4. Model Atom Bohr

Pada 1913, pakar fisika Denmark, **Niels Bohr** menyatakan bahwa kegagalan model atom Rutherford dapat disempurnakan dengan menerapkan Teori Kuantum dari **Planck**.

Model atom Bohr dinyatakan dalam bentuk empat postulat berkaitan dengan pergerakan elektron, yaitu sebagai berikut.

1. Dalam mengelilingi inti atom, elektron berada pada kulit (lintasan) tertentu. Kulit ini merupakan gerakan stasioner (menetap) dari elektron dalam mengelilingi inti atom dengan jarak tertentu.
2. Selama elektron berada pada lintasan stasioner tertentu, energi elektron tetap sehingga tidak ada energi yang diemisikan atau diserap.
3. Elektron dapat beralih dari satu kulit ke kulit lain. Pada peralihan ini, besarnya energi yang terlibat sama dengan *persamaan Planck*, $\Delta E = h$.
4. Lintasan stasioner elektron memiliki *momentum sudut*. Besarnya momentum sudut adalah kelipatan dari $nh/2\pi$, dengan n adalah bilangan kuantum dan h adalah tetapan Planck.

Gambar 1.14
Model atom Rutherford menurut teori Maxwell



Gambar 1.15
Model atom Bohr menyempurnakan model atom Rutherford dalam hal kedudukan elektron di sekeliling inti atom.

Kulit atau lintasan elektron dalam mengelilingi inti atom dilambangkan dengan $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$, dan seterusnya. Lambang ini dinamakan *bilangan kuantum*. Model atom Bohr ditunjukkan pada **Gambar 1.15**. Huruf K, L, M, dan seterusnya digunakan untuk menyatakan lintasan elektron dalam mengelilingi inti atom. Lintasan dengan $n = 1$ disebut kulit K, lintasan dengan $n = 2$ disebut kulit L, dan seterusnya.

Tabel 1.3 Lambang Kulit Elektron Atom Bohr

Kulit ke-	1	2	3	4
Lambang	K	L	M	N

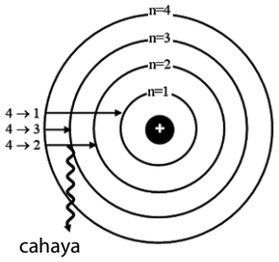
Energi Keadaan Dasar dan Tereksitasi

Suatu atom dikatakan memiliki energi terendah atau stabil jika elektronnya berada pada keadaan dasar. Keadaan dasar untuk atom hidrogen adalah jika elektronnya berada pada kulit, $n = 1$. Keadaan di mana $n > 1$ bagi atom hidrogen dinyatakan tidak stabil, keadaan ini disebut *keadaan tereksitasi*. Keadaan ini terjadi apabila atom hidrogen menyerap energi sebesar $(\Delta n)hv$. Pada keadaan tereksitasi, elektron yang kembali ke kulit semula disertai emisi energi sebesar $(\Delta n)hv$. Ketika elektron kembali ke kulit yang lebih rendah akan terbentuk suatu spektrum. Perhatikan **Gambar 1.16**.

Gagasan Bohr tentang elektron mengelilingi inti atom dalam kulit-kulit tertentu serupa dengan sistem tata surya kita, mudah dipahami. Oleh karena itu, model atom Bohr dapat diterima pada waktu itu.

Kata Kunci

- Bilangan kuantum
- Eksitasi
- Keadaan dasar
- Lintasan elektron



Gambar 1.16
Keadaan transisi elektron ketika elektron dari keadaan tereksitasi dan kembali ke keadaan dasar, disertai emisi energi dalam bentuk radiasi cahaya menghasilkan spektrum.

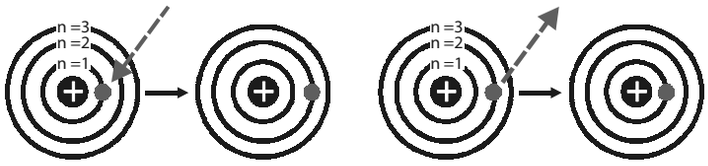
Contoh 1.7

Peralihan Tingkat Energi Elektron Menurut Model Atom Bohr

1. Gambarkan peralihan tingkat energi elektron atom hidrogen dari keadaan dasar ke tingkat energi $n = 3$. Berapakah energi yang diserap oleh atom hidrogen?
2. Gambarkan peralihan tingkat energi elektron atom hidrogen dari keadaan tereksitasi dengan $n = 2$ ke keadaan dasar. Berapakah energi yang dipancarkan oleh atom hidrogen?

Jawab

1. Atom hidrogen pada keadaan dasar memiliki bilangan kuantum, $n = 1$. Jika beralih ke tingkat energi $n = 3$ maka atom hidrogen menyerap energi sebesar 2 hv.
2. Peralihan tingkat energi dari keadaan tereksitasi ($n=2$) ke keadaan dasar ($n=1$) akan diemisikan energi sebesar hv.



Sekilas Kimia

Matahari

Maha besar Tuhan yang telah menciptakan Matahari yang merupakan sumber energi bagi setiap makhluk hidup.

Cahaya Matahari ini terdiri atas semua spektrum cahaya. Gas pada permukaan Matahari menghasilkan cahaya Matahari dengan temperatur kira-kira 5.500°C (sekitar 10.000°F). Pada bagian ini, elektron dalam atom didorong ke kulit yang lebih tinggi dan mengeluarkan cahaya begitu kembali ke keadaan dasar.

Sumber: *Jendela IPTEK: Materi*, 1997

Tes Kompetensi Subbab E

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Gambarkan secara visual model atom karbon dan model atom besi menurut model atom Dalton.
2. Gambarkan model atom Thomson jika dibelah dua dan tunjukkan bagian elektron-elektronnya.
3. Uraikan persamaan dan perbedaan model atom Bohr dengan model atom Rutherford.
4. Uraikan kemiripan model atom Bohr dengan sistem tata surya kita. Matahari dan planet-planet mewakili apa dalam atom Bohr? Jelaskan.
5. Apakah kecepatan elektron dalam mengelilingi inti selalu tetap atau berubah-ubah? Jelaskan.
6. Atom hidrogen menyerap sejumlah energi hingga elektronnya beralih dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi (n=4), berapakah energi yang diserap? Gambarkan.

F. Konfigurasi Elektron

Atom tersusun atas proton, neutron, dan elektron. Proton dan neutron terdapat dalam inti atom, sedangkan elektron selalu bergerak mengelilingi inti atom. Menurut Bohr, dalam mengelilingi inti atom, elektron berada pada kulit-kulit(lintasan) tertentu.

Pertanyaannya, bagaimanakah keberadaan elektron-elektron (banyak) di dalam atom? Apakah semua elektron pada atom berelektron banyak berada dalam satu kulit tertentu atau tersebar merata pada setiap kulit atau ada aturannya? Pertanyaan ini semua akan dijawab dalam konfigurasi elektron.

1. Konfigurasi Elektron

Nomor atom suatu unsur menyatakan jumlah proton dalam inti atom. Jika atom unsur itu bersifat netral secara listrik maka jumlah proton sama dengan jumlah elektron. Dengan demikian, nomor atom menyatakan jumlah elektron pada atom netral.

Elektron-elektron dalam atom berelektron banyak akan menghuni kulit menurut aturan tertentu. Aturan ini dikembangkan berdasarkan hasil perhitungan secara kuantum. Berdasarkan hasil perhitungan, keberadaan elektron-elektron dalam atom menghuni kulit-kulit dengan aturan berikut.

1. Kulit pertama maksimum dihuni oleh 2 elektron.
2. Kulit kedua maksimum dihuni oleh 8 elektron.
3. Kulit ketiga maksimum dihuni oleh 18 elektron.
4. Kulit keempat maksimum dihuni oleh 32 elektron.

Catatan *Note*

Atom berelektron banyak adalah atom-atom yang mengandung dua elektron atau lebih, sedangkan atom hidrogen dikategorikan sebagai atom berelektron tunggal.

Atom with many electrons is atom which contains two or more electrons, while hidrogen atom is categorized a single electron atom.

Tabel 1.4 Jumlah Elektron Maksimum Setiap Kulit

Kulit (n)	1	2	3	4	5
Maksimum Jumlah Elektron	2	8	18	32	50

Kegiatan Inkuiri

Kembangkan rumus berikut yang menunjukkan jumlah maksimum elektron dalam setiap kulit . Rumus kunci: $2n^x$.
Apakah yang dimaksud dengan *n* dan berapakah nilai x?

Contoh 1.8

Menentukan Konfigurasi Elektron Atom

1. Tuliskan konfigurasi elektron atom neon (Ne) yang memiliki nomor atom 10.
2. Tuliskan konfigurasi elektron atom X dengan nomor atom 15.

Jawab

1. Nomor atom menyatakan jumlah proton. Pada atom netral, jumlah proton sama dengan jumlah elektron. Jadi, jumlah elektron atom neon = 10. Konfigurasi elektronnya adalah $_{10}$Ne = 2 8.
2. Jumlah elektron dari atom X sama dengan nomor atomnya, yaitu 15. Konfigurasi elektronnya adalah $_{15}$X = 2 8 5.

Bagaimanakah konfigurasi elektron untuk atom kalsium (Ca) dengan nomor atom 20? Perhatikan beberapa kemungkinan berikut.

a. $_{20}$Ca = 2 8 10
b. $_{20}$Ca = 2 8 8 2
c. $_{20}$Ca = 2 18
d. $_{20}$Ca = 2 8 18

Manakah di antara konfigurasi itu yang benar? Jawabannya adalah b. Mengapa demikian?

Pada pengisian kulit M (untuk elektron ke-11 dan seterusnya), jika belum memenuhi jumlah maksimal (18 elektron) maka akan membentuk sub-sub kulit yang jumlahnya maksimal 8 elektron.

Jadi, pada atom kalsium, setelah mengisi kulit ke-2 dengan 8 elektron akan tersisa 10 elektron. Ke-10 elektron ini akan membentuk konfigurasi dengan 8 elektron dan 2 elektron. Perhatikan konfigurasi elektron beberapa unsur berikut.

Tabel 1.5 Konfigurasi Elektron Unsur Sesuai dengan Nomor Atom

Z	Lambang Unsur	Konfigurasi Elektron
10	Ne	2 8
12	Mg	2 8 2
17	Cl	2 8 7
20	Ca	2 8 8 2

Contoh 1.9

Menentukan Konfigurasi Elektron Atom

1. Tuliskan konfigurasi elektron atom kalium dengan nomor atom 19.
2. Tuliskan konfigurasi elektron atom bromin dengan nomor atom 35.

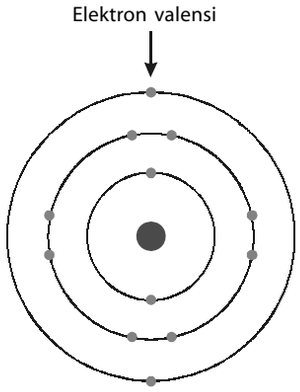
Jawab

1. Kulit K dihuni 2 elektron; Kulit L dihuni 8 elektron.
   Kulit M maksimal dihuni 18 elektron. Jika belum terisi penuh dengan 18 elektron maka kulit M akan membentuk sub-kulit maksimal dengan 8 elektron.
   Jadi, konfigurasi elektron atomnya adalah $_{19}$K = 2 8 8 1.
2. Kulit K dihuni 2 elektron; Kulit L dihuni 8 elektron; Kulit M dihuni 18 elektron; dan Kulit N maksimal dihuni 32 elektron.
   Jika kulit N belum terisi penuh maka akan membentuk sub-kulit maksimal dengan 18 atau 8 elektron.
   Jadi, konfigurasi elektron atomnya adalah $_{35}$Br = 2 8 18 7.

2. Elektron Valensi

Apakah yang dimaksud dengan elektron valensi? Elektron valensi adalah elektron-elektron yang menghuni kulit terluar dari suatu atom, yaitu kulit yang paling jauh dari inti atom. **Gambar 1.17** menunjukkan elektron valensi suatu atom.

Contoh:
Berapakah elektron valensi dari natrium? Konfigurasi elektron atom, $_{11}$Na= 2 8 1. Kulit terluar dihuni 1 elektron. Jadi, elektron valensi dari natrium = 1.



Gambar 1.17
Elektron-elektron valensi dari suatu atom

Contoh 1.10

Menentukan Elektron Valensi Atom

1. Berapakah jumlah elektron valensi atom $_{8}O$?
2. Berapakah jumlah elektron valensi atom $_{17}Cl$?

Jawab

1. Konfigurasi elektron atom $_{8}O = 2\ 6$
   Jadi, elektron valensi atom O = 6
2. Konfigurasi elektron atom $_{17}Cl = 2\ 8\ 7$
   Jadi, elektron valensi atom Cl = 7

Tes Kompetensi Subbab F

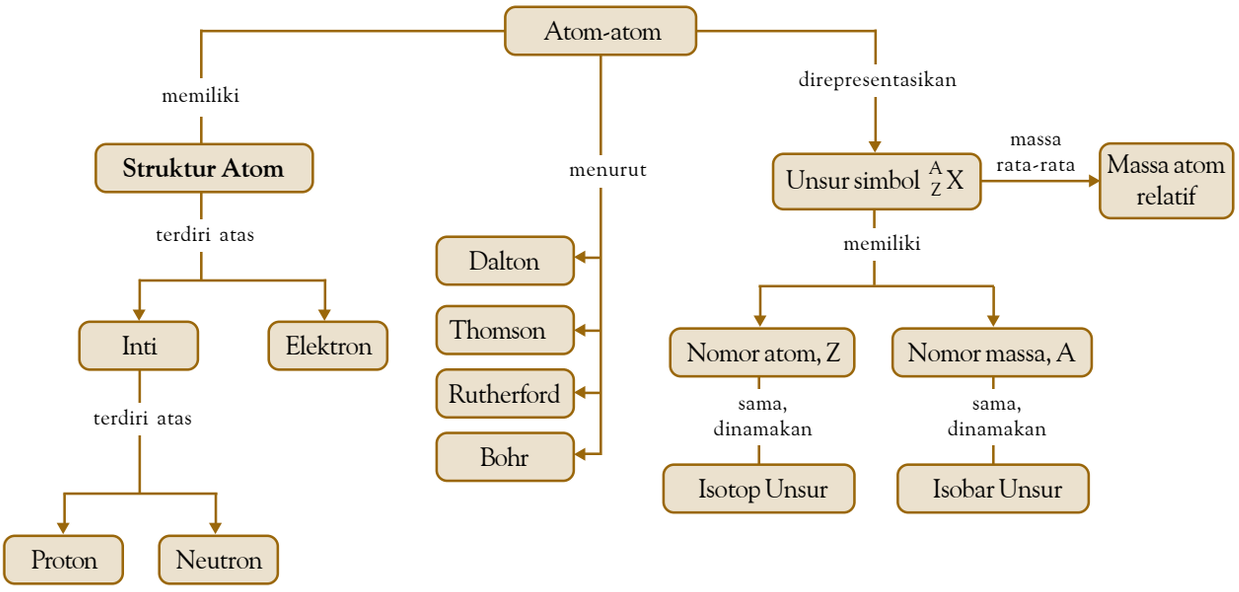
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan konfigurasi elektron dari atom-atom dengan nomor atom: 5, 11, dan 16.
2. Tuliskan konfigurasi elektron suatu atom yang memiliki nomor massa 35 dan jumlah neutron 18.
3. Tuliskan konfigurasi elektron suatu atom dengan nomor atom: 31, 38, dan 52.
4. Tuliskan konfigurasi elektron suatu atom yang memiliki nomor massa dan jumlah neutron sebagai berikut: 32 dan 16; 33 dan 17; 34 dan 18.
5. Tentukan berapakah elektron valensi dari unsur-unsur berikut: $_{9}F$, $_{13}Al$, $_{16}S$, dan $_{53}I$.

Rangkuman

1. Atom dibangun oleh partikel-partikel subatom, yaitu proton, elektron, dan neutron. Keberadaan elektron kali pertama dibuktikan oleh Crookes melalui percobaan tabung sinar katoda. Muatan elektron pada atom sebesar $-1{,}6 \times 10^{-19}$ coulomb dan massa elektron sebesar $9{,}11 \times 10^{-31}$ Kg.
2. Proton kali pertama ditemukan oleh Goldstein melalui percobaan tabung sinar terusan. Muatan proton sama dengan muatan elektron, tetapi beda tanda, yaitu $+1{,}6 \times 10^{-19}$ coulomb dan massanya jauh lebih besar dari massa elektron ($1{,}67 \times 10^{-27}$ Kg).
3. Neutron ditemukan oleh J.J. Chadwick melalui percobaan kamar kabut, massanya lebih besar sedikit dari massa proton, tetapi tidak bermuatan.
4. Nomor atom (Z) suatu unsur menunjukkan jumlah proton dalam inti atom unsur itu. Nomor massa (A) suatu atom menunjukkan jumlah nukleon (proton dan neutron) yang terdapat dalam inti atom.
5. Isotop atom suatu unsur memiliki nomor atom sama, tetapi nomor massa berbeda. Isobar adalah isotop-isotop atom yang memiliki nomor massa sama, tetapi nomor atom berbeda. Isoton adalah isotop-isotop atom yang memiliki jumlah neutron sama, tetapi jumlah proton berbeda.
6. Standar satuan massa atom mengalami perubahan, mulai dari atom hidrogen sampai isotop atom karbon-12. Satuan massa isotop karbon karbon-12 sama dengan 12 sma.
7. Massa atom relatif suatu unsur (disingkat A_r) ditentukan berdasarkan pada jumlah perkalian antara massa atom isotop unsur dan kelimpahannya di alam.
8. Struktur atom mengalami perkembangan berdasarkan kemampuannya dalam menjelaskan fakta atau gejala yang ditemukan di alam. Model atom kali pertama diajukan oleh Dalton, kemudian Thomson, Rutherford, dan Bohr.
9. Berdasarkan model atom Rutherford dan Bohr, atom dibangun oleh inti atom dan elektron. Massa atom terpusat pada inti atom sebab dalam inti atom terdapat proton dan neutron, sedangkan elektron berputar mengelilingi inti atom dengan jarak tertentu dari inti. Lintasan-lintasan elektron dalam mengelilingi inti atom dinamakan kulit.
10. Elektron dalam atom berada dalam kulit-kulit dengan jarak tertentu dari inti atom. Jumlah maksimum elektron dalam suatu kulit dinyatakan dengan rumus $2n^2$, n adalah kulit ke-n dari inti.

Peta Konsep



Refleksi

Setelah mempelajari Bab 1 ini, tentu Anda dapat mengidentifikasi suatu atom dan dapat menjelaskan hubungan antara subatom yang membedakan satu unsur dengan unsur lainnya. Bagian manakah dari materi Bab 1 ini yang tidak dapat Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Kimia Anda.

Selain itu, Anda juga dapat mengetahui bagaimana menuliskan suatu konfigurasi elektron dari suatu atom, memahami konsep perhitungan massa atom relatif (A_r) suatu unsur, dan menerapkan konsep tersebut seperti dalam sistem periodik. Apakah manfaat lain dari mempelajari struktur atom ini?

Evaluasi Kompetensi Bab 1

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Elektron dinyatakan bermuatan negatif sebab ....
   A. dapat memutar baling-baling
   B. diemisikan dari katode
   C. dapat dibelokkan ke arah kutub positif magnet
   D. meninggalkan jejak berupa elektron
   E. terdapat dalam tabung katode
2. Fakta bahwa elektron sebagai partikel dasar dari semua materi adalah ....
   A. gas dalam tabung bermuatan negatif
   B. sinar katode yang diemisikan tidak bergantung pada bahan elektrode
   C. sinar katode dapat dibelokkan oleh medan listrik
   D. sinar katode dapat memutarkan baling-baling yang dipasang di dalam tabung
   E. berkas sinar katode dapat diamati dari berkas yang dilaluinya
3. Fakta bahwa proton merupakan partikel dasar penyusun materi adalah ....
   A. sinar terusan dapat dibelokkan oleh medan listrik ke kutub negatif
   B. sinar terusan bermuatan positif yang besarnya sama dengan proton
   C. sinar terusan yang dihasilkan bergantung pada jenis gas dalam tabung
   D. massa sinar terusan dari berbagai gas dalam tabung merupakan kelipatan dari massa ion hidrogen
   E. sinar terusan dipancarkan dari katode yang bermuatan negatif
4. Partikel neutron ditemukan kali pertama oleh ....
   A. Rutherford
   B. Chadwick
   C. Goldstein
   D. Thomson
   E. William Croockes
5. Neutron memiliki massa dan muatan relatif terhadap proton yang berturut-turut adalah ....
   A. 0 dan +1
   B. 0 dan –1
   C. +1 dan 0
   D. 0 dan –2
   E. 1 dan 0
6. Berdasarkan pengukuran yang dikembangkan oleh Millikan, proton dan elektron ....
   A. memiliki muatan listrik sama, tetapi berbeda bilangannya
   B. memiliki muatan yang sesungguhnya sebesar +1 dan –1
   C. memiliki bilangan yang sama sebesar $1{,}60 \times 10^{-19}$ C, tetapi berbeda tanda
   D. memiliki massa dan muatan relatif sama
   E. memiliki massa yang tidak dapat diukur
7. Isotop $^{16}_{8}O$ memiliki nomor atom dan nomor massa berturut-turut ....
   A. 4 dan 8
   B. 8 dan 16
   C. 16 dan 8
   D. 16 dan 24
   E. 16 dan 16
8. Jumlah elektron yang terdapat dalam ion Na^+ dengan nomor atom 11 adalah ....
   A. 8
   B. 9
   C. 10
   D. 11
   E. 12
9. Jumlah elektron yang terdapat dalam ion Cl dengan nomor atom 17 adalah ....
   A. 15
   B. 16
   C. 17
   D. 18
   E. 20
10. Jumlah neutron dalam atom dengan nomor atom 19 dan nomor massa 39 adalah ....
    A. 17
    B. 19
    C. 20
    D. 39
    E. 58
11. Isotop iodin memiliki nomor atom 53 dan nomor massa 131. Dalam atom iodin netral terdapat ....
    A. 53 proton, 131 elektron, 53 netron
    B. 53 elektron, 131 proton, 7 netron
    C. 53 elektron, 53 proton, 78 neutron
    D. 53 elektron, 78 proton, 78 netron
    E. 53 proton, 78 elektron, 53 netron
12. Kalium memiliki nomor atom 19 dan nomor massa 39. Jumlah elektron pada ion K^+ adalah ....
    A. 18
    B. 19
    C. 20
    D. 38
    E. 39
13. Nomor atom dapat digunakan untuk menentukan ....
    A. massa jenis atom
    B. nomor massa
    C. jumlah neutron
    D. massa jenis molekul
    E. jumlah elektron
14. Unsur M memiliki nomor atom 12. Jumlah elektron yang dimiliki oleh ion M^{2+} adalah ....
    A. 10
    B. 11
    C. 12
    D. 13
    E. 14

Untuk menjawab soal no. 15 dan 16, perhatikan nuklida-nuklida berikut.

Diketahui 4 buah nuklida:

1. $^{12}_{6}C$; 2. $^{13}_{6}C$; 3. $^{13}_{7}C$; 4. $^{14}_{7}N$

15. Nuklida-nuklida yang merupakan satu isobar dengan lainnya adalah ....
    A. 1 dan 2
    B. 1 dan 3
    C. 2 dan 3
    D. 2 dan 4
    E. 1 dan 4

16. Nuklida-nuklida yang merupakan satu isoton dengan lainnya adalah ....
    A. 1 dan 2
    B. 1 dan 3
    C. 2 dan 3
    D. 3 dan 4
    E. 1 dan 4

17. Alasan dipilihnya karbon-12 sebagai standar massa atom karena ....
    A. di alam melimpah
    B. dapat bereaksi dengan berbagai unsur
    C. bersifat stabil secara kimia
    D. berwarna hitam
    E. massa atomnya paling ringan

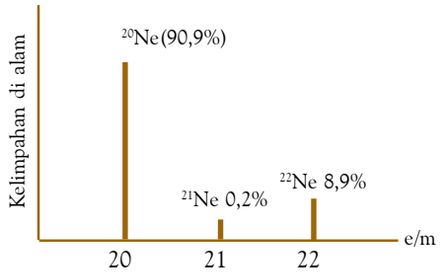
18. Satuan massa atom untuk pengukuran unsur menggunakan massa atom relatif, bukannya nomor massanya. Alasannya adalah ....
    A. lebih mudah dan sederhana
    B. setiap unsur memiliki nomor massa lebih dari satu
    C. unsur-unsur di alam cukup melimpah
    D. isotop-isotop unsur tidak dapat dipisahkan dalam suatu zat
    E. massa atom bersifat relatif

19. Jika standar massa atom karbon-12 ditetapkan 100 sma maka massa atom magnesium yang semula 24 menjadi ....
    A. 50
    B. 150
    C. 200
    D. 240
    E. 288

20. Massa atom relatif P tiga kali lebih berat dari massa atom karbon-12. Massa atom relatif Q dua kali lebih berat dari massa atom P. Jadi, massa atom Q adalah ....
    A. 12
    B. 36
    C. 48
    D. 72
    E. 84

21. Dari hasil analisis diketahui bahwa perbandingan massa isotop $^{16}_{8}O$ terhadap massa isotop $^{12}_{6}C$ adalah 1,333. Massa isotop dari $^{16}_{8}O$ adalah 12,00 sma. Massa isotop karbon-12 adalah ....
    A. 14,785
    B. 15,995
    C. 16,576
    D. 17,376
    E. 18,002

22. Spektrum massa atom neon ditunjukkan pada grafik berikut.



    Dari data tersebut, massa atom relatif neon adalah ....
    A. 19,54
    B. 20,18
    C. 22,43
    D. 24,03
    E. 25,13

23. Dari data runutan spektrometer massa, diketahui bahwa unsur karbon memiliki tiga isotop, yaitu C-12 dengan massa 12,00 sma dan kelimpahan relatif 98,89%, C-13 dengan massa 13,00 dan kelimpahan 1,11%, dan C-14 sangat sedikit. Jumlah A_r dari C adalah ....
    A. 12,01
    B. 12,86
    C. 13,05
    D. 13,99
    E. 14,76

24. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebagian kecil partikel alfa dipantulkan kembali oleh emas foil dengan sudut lebih besar 90°. Rutherford menyimpulkan bahwa ....
    A. semua atom tidak bermuatan atau netral
    B. bagian muatan positif atom bergerak dengan kecepatan sangat tinggi
    C. elektron memiliki massa yang sangat kecil
    D. muatan negatif elektron merupakan bagian dari semua materi
    E. muatan positif dari atom menghuni hanya sebagian kecil volume atom

25. Keberhasilan dari model atom Rutherford adalah ....
    A. atom memiliki inti dan massa atomnya terpusat pada inti
    B. elektron bergerak mengelilingi inti atom
    C. atom bersifat netral secara listrik
    D. atom bersifat pejal dan keras
    E. inti atom bermuatan negatif

26. Kelemahan model atom Rutherford terletak pada asumsi bahwa ....
    A. atom memiliki inti atom dan massa atomnya terpusat pada inti
    B. elektron bergerak mengelilingi inti atom
    C. atom bersifat netral secara listrik
    D. sebagian besar volume atom adalah ruang kosong
    E. inti atom bermuatan positif dan memiliki ruang kosong

27. Keberhasilan utama dari model atom Bohr adalah ....
    A. atom memiliki inti atom yang sangat keras
    B. inti atom bermuatan positif
    C. elektron-elektron dalam mengelilingi inti atom berada pada kulit atau tingkat energi tertentu
    D. gerakan elektron dalam mengelilingi inti dapat jatuh ke inti sehingga atom musnah
    E. inti atom dan elektron berada dalam ruang yang sama

28. Kesimpulan model atom yang dikemukan oleh Rutherford dan Bohr adalah ....
    A. atom tersusun atas inti dan elektron yang bergerak mengelilingi inti dengan tingkat energi sembarang

B. atom tersusun atas neutron dan proton yang berada dalam inti atom serta elektron bergerak mengelilingi inti atom dengan tingkat energi tertentu
C. atom memiliki massa dan muatan listrik sehingga atom bersifat netral
D. atom dibangun dari partikel-partikel sub-atom yang keberadaannya sembarang
E. atom memiliki lintasan energi sehingga atom dapat berpindah dari satu lintasan ke lintasan yang lain

29. Jika elektron berpindah dari satu kulit ke kulit lain dengan tingkat energi lebih tinggi, dinamakan ....
A. transisi D. orbital
B. eksitasi E. momentum
C. dasar

30. Rumus yang tepat untuk menentukan jumlah maksimum elektron dalam suatu kulit adalah ....
A. n^2 D. n–1
B. $2n^2$ E. $2n^x$
C. $2n^3$

31. Jumlah maksimum elektron yang dapat menghuni kulit ke-3 adalah ....
A. 3 D. 18
B. 6 E. 32
C. 9

32. Suatu unsur memiliki nomor atom 20. Konfigurasi elektron atom tersebut adalah ....
A. 2 8 8 2 D. 2 8 4 6
B. 2 8 10 E. 2 8 2 8
C. 8 8 4

33. Suatu atom memiliki nomor massa 40 dan neutron 20. Konfigurasi elektron atom tersebut adalah ....
A. 2 8 8 2 D. 2 8 4 6
B. 2 8 10 E. 2 8 2 8
C. 8 8 4

34. Atom suatu unsur X memiliki nomor atom 13. Elektron valensi dari atom tersebut adalah ....
A. 1 D. 4
B. 2 E. 5
C. 3

35. Atom karbon memiliki nomor atom 6. Elektron valensi dari atom tersebut adalah ....
A. 2 D. 5
B. 3 E. 6
C. 4

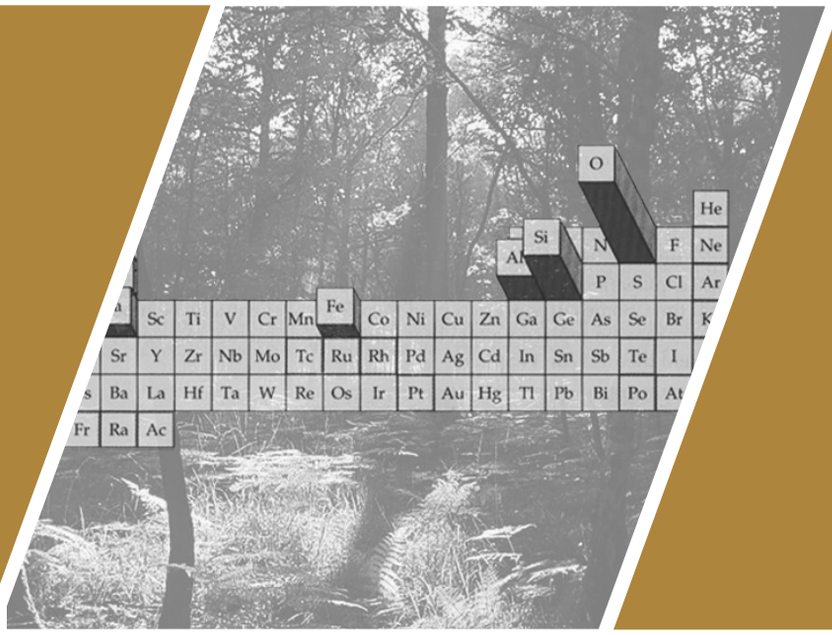
B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Mengapa ion hidrogen dianggap sebagai partikel dasar materi?
2. Tabel berikut menunjukkan jumlah proton dan neutron dalam inti atom. Atom manakah yang merupakan isotop dari atom A?

Isotop	Jumlah Proton	Jumlah Neutron
Atom A	17	18
Atom B	16	19
Atom C	17	19

3. Berapakah massa atom relatif N jika diketahui massa isotop N-14 = 14,0031 sma dengan kelimpahan 98,9% dan massa isotop N-15 = 15,0002 sma dengan kelimpahan 0,38%?
4. Berapakah jumlah proton, neutron, dan elektron dalam atom $_{39}K$, $_{40}K$, dan $_{41}K$? Tuliskan konfigurasi elektron atom tersebut.
5. Tentukan jumlah elektron valensi yang terkandung dalam atom-atom berikut.
a. Be, Mg, Ca
b. C, Si, Ge
c. N, P, As
d. O, S, Se
e. F, Cl, Br

Bab 2



Sumber: *Chemistry*, 2001; *CD Photo Image*

Dalam sistem periodik, unsur-unsur disusun berdasarkan sifat-sifat dari unsur itu sendiri.

Sistem Periodik Unsur-Unsur

Hasil yang harus Anda capai:

memahami struktur atom, sifat-sifat periodik unsur, dan ikatan kimia.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

memahami struktur atom berdasarkan teori atom Bohr, sifat-sifat unsur, massa atom relatif, dan sifat-sifat periodik unsur dalam tabel periodik serta menyadari keteraturannya, melalui pemahaman konfigurasi elektron.

Sampai saat ini, sudah dikenal 118 macam unsur dengan sifat yang khas untuk setiap unsur. Jika unsur-unsur itu tidak disusun secara tepat maka akan mengalami kesukaran dalam mempelajari sifat-sifatnya. Oleh sebab itu, sejak dulu para ilmuwan berusaha menggolongkan unsur-unsur berdasarkan sifat-sifatnya.

Bagaimanakah unsur-unsur disusun dalam sistem periodik? Apakah yang dimaksud dengan sistem periodik unsur? Bagaimanakah perkembangan dari penyusunan sistem periodik? Anda akan mengetahui jawabannya jika Anda pelajari uraian yang disajikan pada bab ini.

A. Perkembangan Sistem Periodik
B. Periode dan Golongan
C. Sistem Periodik dan Konfigurasi Elektron
D. Beberapa Sifat Periodik Unsur
E. Sifat-Sifat Unsur

Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang Anda ketahui tentang massa atom relatif?
2. Bagaimanakah konfigurasi elektron dari unsur Na dan Cl?
3. Apakah yang Anda ketahui tentang struktur atom dari suatu unsur?
4. Apakah yang dimaksud dengan ion?

A. Perkembangan Sistem Periodik

Sistem periodik adalah suatu tabel berisi identitas unsur-unsur yang dikemas secara berkala dalam bentuk periode dan golongan berdasarkan kemiripan sifat-sifat unsurnya.

1. Sistem Periodik Klasik

Ilmuwan pertama yang mengembangkan sistem periodik unsur adalah **Johan W. Dobereiner**. Sistem periodik unsur-unsur yang dikembangkannya didasarkan pada nomor massa atom. Menurut Dobereiner, jika nomor massa atom unsur A ditambah nomor massa atom unsur B, kemudian dirata-ratakan maka akan dihasilkan nomor massa atom unsur C. Ketiga unsur ini akan memiliki sifat yang mirip. Kelompok unsur tersebut oleh Dobereiner dinamakan *triade*.

Contoh:
Massa atom Cl = 35
Massa atom I = 127

$$\text{Massa atom Br} = \frac{35+127}{2} = 81$$

Jadi, sifat unsur bromin akan mirip dengan unsur klorin dan iodin.

Pada perkembangan berikutnya, **John Newland** menemukan hubungan antara sifat unsur dan massa atom menurut pola tertentu. Jika unsur-unsur dideretkan menurut kenaikan nomor massa atom maka unsur kedelapan memiliki sifat mirip dengan unsur pertama. Pola ini dinamakan *Hukum Oktaf*. Namun, pada perkembangan selanjutnya ditemukan beberapa unsur yang tidak sesuai dengan Hukum Oktaf, misalnya: Cr tidak mirip dengan Al; Mn tidak mirip dengan P; Fe tidak mirip dengan S; dan yang lainnya.

Pada 1869, ilmuwan kimia Rusia, **Dmitri Mendeleev** dan ilmuwan kimia dari Jerman, **Lothar Meyer**, menyusun tabel periodik unsur-unsur secara terpisah di setiap negaranya. Sistem periodik Mendeleev didasarkan pada *nomor massa atom*, sedangkan sistem periodik Meyer didasarkan pada *massa jenis atom*. Walaupun dasar penggolongan sistem periodik berbeda, tetapi hasilnya hampir sama. Mendeleev menyusun sistem periodik unsur-unsur dengan cara menempatkan unsur-unsur ke dalam bentuk baris dan kolom. Unsur-unsur dalam kolom yang sama ini memiliki sifat-sifat yang mirip.

Unsur yang terdapat di bawah aluminium disebut *eka-aluminium* dengan lambang *Ea*. Menurut Mendeleev, sifat-sifat unsur ini dapat diprediksi berdasarkan perbandingan terhadap unsur-unsur tetangganya. Hasil prediksi Mendeleev terhadap unsur eka-aluminium, yaitu nomor massa 68, massa jenis 5,9 g/cm^3, titik leleh rendah, titik didih tinggi, dan rumus oksidanya Ea_2O_3. Sistem periodik Mendeleev dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

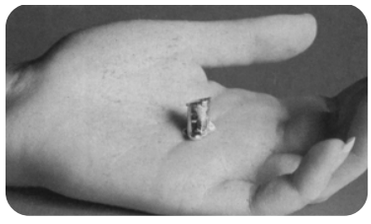
Catatan Note

Hukum Oktaf dari Newland:

1	2	3	4	5	6	7
Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Cr	-	Mn	Fe	

Oktaf Law from Newland:

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Li	*Be*	*B*	*C*	*N*	*O*	*F*
Na	*Mg*	*Al*	*Si*	*P*	*S*	*Cl*
K	*Ca*	*Cr*	-	*Mn*	*Fe*	



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 2.1
Unsur galium

Tabel 2.1 Sistem Periodik Menurut Mendeleev

Periode	Gol.I	Gol.II	Gol.III	Gol.IV	Gol.V	Gol.VI	Gol.VII	Gol.VIII
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C= 12	N=14	O= 16	F= 19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P= 31	S= 32	Cl= 35,5	
4	K=39	Ca=40	– = 44	–=48	V= 51	Cr= 52	Mn= 55	Fe= 56; Co= 59 Ni= 59; Cu= 63
5	Cu=63	Zn=65	–= 68	–=72	As= 75	Se= 78	Br= 80	
6	Rb=85	Sr=87	Yt=88	Zr=90	Nb= 94	Mo= 96	–= 100	Ru=104;Rh=104 Pd=106;Ag=108
7	Ag=108	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb= 122	Te= 125	J= 127	
8	Cs=133	Ba=137	Di=138	Ce=140	–	–	–	– – – – –
9	–	–	–	La=180	–	–	–	Os=195; Ir= 197
10	–	–	Er=178	Pb= 207	Ta= 182	W= 184	–	Pt=198;Au=199
11	Au=199	Hg=200	Tl=204	Th=231	Bi= 208	–	–	– – – – –

Sumber: *Chemistry* (Zumdahl), 1989

Pada 1874, ahli kimia Prancis, **Paul Émile Lecoq de Bois-baudran** menemukan unsur *galium* (perhatikan **Gambar 2.1**). Sifat-sifat unsur galium tidak berbeda dengan eka-aluminium yang diramalkan oleh Mendeleev. Jadi, eka-aluminium tiada lain adalah galium. Sifat galium menurut prediksi Mendeleev ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Prediksi Mendeleev pada Unsur Galium

Sifat	Ramalan Eka-Aluminium	Galium yang Ditemukan
Nomor massa	68	67,7
Massa jenis	5,9 g/cm^3	5,91 g/cm^3
Titik leleh	Rendah	30,1 °C
Titik didih	Tinggi	1983 °C

Keberhasilan Mendeleev dalam memprediksi unsur-unsur yang belum ditemukan waktu itu, menjadikan sistem periodik Mendeleev lebih diterima oleh masyarakat ilmiah dibandingkan sistem periodik yang dikembangkan oleh Lothar Meyer.

Contoh 2.1

Dasar Pemikiran Disusunnya Tabel Periodik Mendeleev

Berdasarkan apakah Mendeleev menyusun tabel periodik unsur-unsur? Mengapa sistem periodik dari Mendeleev lebih dikenal daripada model Lothar Meyer?

Jawab

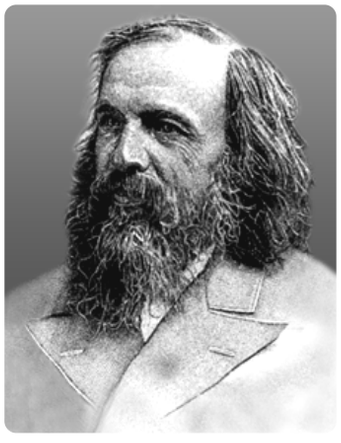
Dasar yang dipakai Mendeleev menyusun tabel periodik unsur-unsur adalah kenaikan nomor massa atom. Kemampuan prediksi Mendeleev menjadikan tabel periodik yang disusunnya lebih dikenal masyarakat ilmiah.

2. Sistem Periodik Modern

Bentuk sistem periodik modern adalah berupa tabel panjang yang dimodifikasi dengan cara mengeluarkan dua deret unsur-unsur yang tergolong unsur-unsur *transisi dalam*, yaitu unsur-unsur dimulai dengan nomor atom 58 sampai 71 (golongan *lantanida*) dan nomor atom 90 sampai 103 (golongan *aktinida*).

Sekilas Kimia

Dmitri Mendeleev (1834 -1907)

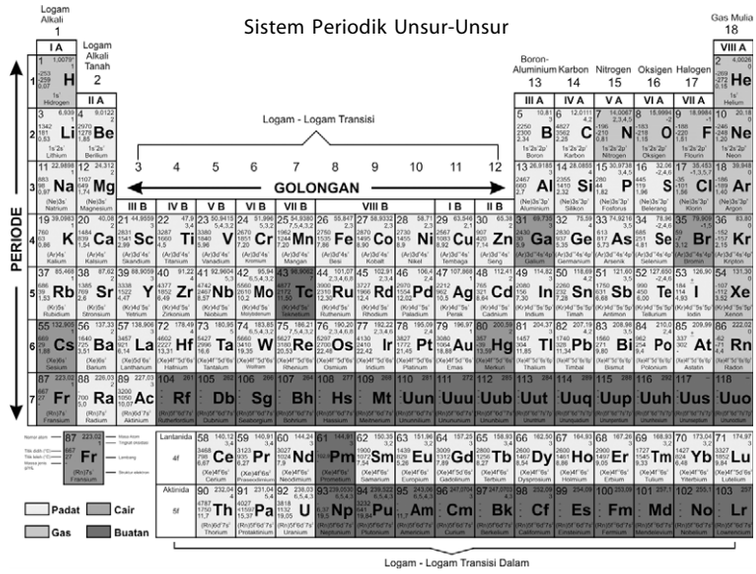


Sumber: *Jendela IPTEK: Materi*, 1997

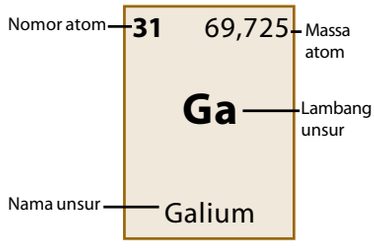
Kemampuan memprediksi Mendeleev ditunjukkan lagi ketika skandium (eka-boron) ditemukan pada 1879 dan germanium (eka-silikon) ditemukan pada 1886. Kedua unsur itu memiliki sifat-sifat mirip sesuai ramalan Mendeleev. Kemampuan memprediksi Mendeleev inilah yang menyebabkan sistem periodiknya lebih diterima oleh masyarakat.

Dalam sistem periodik modern, unsur-unsur disusun menurut kenaikan nomor atom, *bukan* nomor massanya dan disusun ke dalam *periode* dan *golongan*. Terdapat 7 periode dan 18 golongan. Periode 1 dihuni 2 unsur; periode 2 dan 3 dihuni 8 unsur; periode 4 dan 5 dihuni 18 unsur; periode 6 dan 7 dihuni 32 unsur. Oleh karena terlalu panjang maka pada periode 6 dan 7, unsur dengan nomor atom 58–71 dan 90–103 dikeluarkan dari tabel dan ditempatkan di bawah tabel (perhatikan **Gambar 2.2**).

Setiap kolom dalam tabel periodik modern mengandung informasi tentang lambang unsur, nomor atom, nomor massa, wujud, dan informasi lainnya, seperti ditunjukkan pada sistem periodik unsur-unsur berikut.



Gambar 2.2
Tabel periodik modern dan informasi kolom yang penting



Kegiatan Inkuiri

Mengapa nomor atom 58–71 diberi nama golongan lantanida dan nomor atom 90–103 diberi nama aktinida? Temukan jawabannya dalam tabel periodik unsur.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan apa yang menjadi dasar penyusunan tabel periodik modern.
2. Bagaimanakah unsur-unsur disusun sehingga sistem periodik memiliki golongan dan periode?

B. Periode dan Golongan

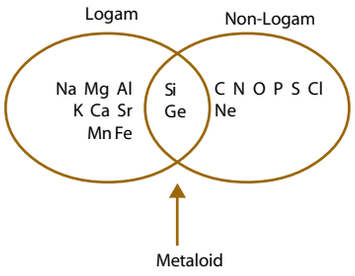
Periode berisi unsur-unsur dalam baris horizontal. Golongan berisi unsur-unsur dengan kolom vertikal. Dalam tabel periodik modern, golongan diberi label. Label yang dipakai ada yang mengikuti aturan lama, ada juga yang mengikuti aturan baru (IUPAC). Menurut aturan lama, nomor golongan ditandai dengan angka romawi diikuti huruf A dan B, sedangkan menurut aturan IUPAC menyarankan golongan dinomori mulai dari angka 1 sampai angka 18.

Contoh:
Unsur-unsur pada kolom ke-13, menurut aturan lama diberi nomor IIIA, sedangkan menurut IUPAC diberi nomor 13.

Unsur-unsur golongan A disebut *unsur-unsur utama* dan unsur-unsur golongan B disebut *unsur-unsur transisi*, atau transisi deret pertama. Dua baris yang diletakkan di bawah tabel dinamakan *unsur-unsur transisi dalam* (golongan aktinida dan lantanida).

Pada tabel periodik modern, unsur-unsur dapat digolongkan ke dalam logam, bukan logam, dan semi-logam (*metalloid*). Penggolongannya dapat dipahami dengan mudah dengan memerhatikan bagan **Gambar 2.3** yang menampilkan beberapa unsur utama.

Unsur-unsur logam berada dalam golongan IA sampai IIIA dan unsur transisi, unsur-unsur bukan logam berada dalam golongan VA sampai VIIIA. Adapun golongan IVA dengan arah diagonal ke kanan bawah, umumnya semi-logam.



Gambar 2.3
Pengelompokan unsur-unsur dalam tabel periodik modern

Contoh 2.2

Menentukan Golongan dan Periode Unsur-Unsur

a. Dalam kata 'CInTa' terdapat berapa macam unsur dan berada pada golongan serta periode berapa?
b. Susun satu kalimat dari unsur-unsur yang ada dalam golongan dan periode berikut:
   - golongan IA, periode 2 dan 3;
   - golongan IIA, periode 4;
   - golongan VA, periode 2;
   - golongan golongan, IVB periode 4; dan
   - golongan IA, periode 4.

Jawab

a. Dalam kata CInTa terdapat 3 unsur, yaitu C (karbon), In (indium), dan Ta (tantalum). Masing-masing terdapat dalam golongan dan periode:
   C = IVA atau 14, periode 2
   In = IIIA atau 13, periode 5
   Ta = VB atau 5; periode 6
b. Li, Na, Ca, N, Ti, K
   Jadi, susunan kalimatnya adalah LiNa CaNTiK.

Catatan *Note*

IUPAC (*International Unions of Pure and Applied Chemistry*) adalah suatu organisasi kimia dunia yang menetapkan berbagai aturan dan kebijakan terkait tentang Ilmu Kimia.

IUPAC (*International Unions of Pure and Applied Chemistry*) *is an Organization of World Chemistry which makes a solution of rules and policy about chemistry.*

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apakah nama Anda memiliki lambang unsur. Jika ada, berada pada golongan dan periode berapa?
2. Tuliskan golongan dan periode unsur-unsur dalam kata NaSi BrOMo.

C. Sistem Periodik dan Konfigurasi Elektron

Dalam tabel periodik modern, unsur-unsur dalam satu golongan memiliki sifat-sifat yang mirip, demikian pula dalam satu periode memiliki sifat-sifat beraturan. Mengapa demikian? Kemiripan dan keteraturan sifat-sifat unsur dalam tabel periodik ada kaitannya dengan konfigurasi elektron atom dari unsur-unsur itu.

1. Periode dan Konfigurasi Elektron

Adakah hubungan antara jumlah unsur yang terdapat dalam tiap periode dan konfigurasi elektronnya? Jika Anda simak tabel periodik pada baris mendatar kemudian dihubungkan dengan jumlah elektron dalam setiap lintasan atau orbit, tentu Anda akan memperoleh kesimpulan sebagai berikut.

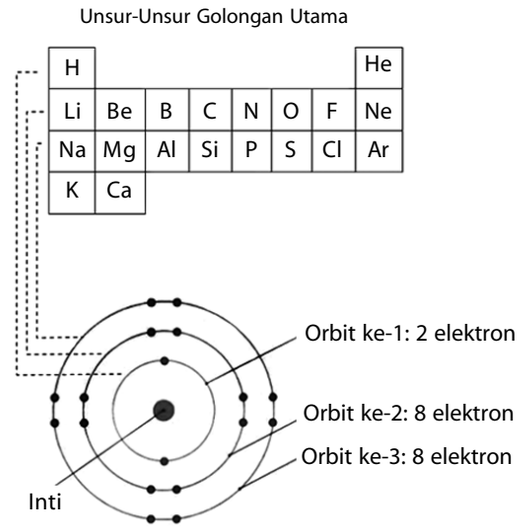
1. Jumlah unsur dalam periode 1 menyatakan jumlah maksimum elektron yang menghuni orbit ke-1, yaitu 2 macam unsur.
2. Jumlah unsur dalam periode 2 menyatakan jumlah maksimum elektron yang menghuni orbit ke-2, yaitu 8 unsur.

Contoh:
Jumlah elektron maksimum yang dapat menghuni orbit-1 (n = 1) adalah 2 elektron sehingga jumlah unsur yang terdapat dalam periode 1 adalah 2 macam. Demikian juga pada orbit ke-2 (n=2) dapat dihuni maksimum oleh 8 elektron sehingga jumlah unsur pada periode 2 adalah 8 macam.

Kata Kunci

- Nomor golongan
- Nomor periode

Pertanyaan selanjutnya adalah adakah hubungan antara posisi unsur-unsur dalam periode dan konfigurasi elektronnya? Untuk menemukan jawabannya, Anda dapat menghubungkannya dengan kedudukan elektron valensi dari atom unsur itu. Jika elektron valensi berada dalam orbit ke-3 maka unsur yang bersangkutan akan menghuni periode 3.



Gambar 2.4
Hubungan jumlah elektron maksimum dalam setiap orbit dengan jumlah unsur dalam satu periode pada tabel periodik.

Kegiatan Inkuiri

Temukan hubungan antara konfigurasi elektron dan kedudukan unsur-unsur dalam periode. Diskusikan dengan teman Anda.

2. Golongan dan Konfigurasi Elektron

Pertanyaan selanjutnya adalah apakah ada hubungan antara golongan dalam tabel periodik dan konfigurasi elektron?

Untuk menemukan jawaban tersebut, kembangkan oleh Anda konfigurasi elektron unsur-unsur, misalnya golongan IA (H, Na, K) dan golongan IIA (Be, Mg, Ca), kemudian temukan kesamaannya pada setiap

golongan. Selanjutnya, hubungkan oleh Anda kesamaan konfigurasi elektron dalam setiap golongan dengan nomor golongan, misalnya IA, IIA, IIIA, dan seterusnya.

Kegiatan Inkuiri

Temukan hubungan antara konfigurasi elektron dan penggolongan unsur-unsur dalam golongan yang sama serta nomor golongannya. Diskusikan dengan teman sebangku Anda.

Contoh 2.3

Hubungan Tabel Periodik dan Konfigurasi Elektron

a. Pada periode dan golongan berapakah suatu unsur memiliki jumlah elektron 8?
b. Pada periode dan golongan berapakah suatu unsur memiliki jumlah elektron 14?

Jawab

a. Konfigurasi elektronnya adalah 2 6.
Jadi, unsur tersebut akan berada pada periode ke-2 dan golongan VIA.
b. Konfigurasi elektronnya adalah 2 8 4
Jadi, unsur tersebut berada pada periode ke-3 dan golongan IVA.

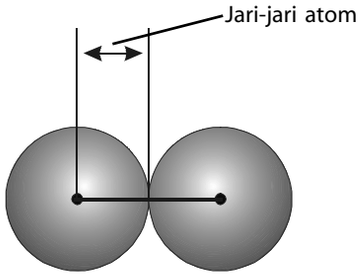
Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Pada periode dan golongan berapakah unsur-unsur yang memiliki jumlah elektron 5, 12, 17, dan 20?
2. Suatu unsur berada pada periode 2 dan golongan IIA. Apakah nama unsur tersebut?
3. Suatu unsur berada pada periode 3 dan golongan VIIA. Apakah nama unsur tersebut?
4. Jika jumlah elektron yang menghuni orbit pertama dibolehkan maksimum 4 elektron, berapakah jumlah unsur yang akan terdapat pada periode 1 dan 2?

D. Beberapa Sifat Periodik Unsur

Unsur-unsur dalam golongan yang sama memiliki elektron valensi yang sama. Demikian pula unsur-unsur pada periode yang sama, elektron valensinya menghuni orbit yang sama. Oleh karena sifat-sifat unsur ada hubungannya dengan konfigurasi elektron maka unsur-unsur dalam golongan yang sama akan memiliki sifat yang mirip dan dalam periode yang sama akan menunjukkan sifat yang khas secara berkala (periodik) dari logam ke nonlogam. Beberapa sifat periodik unsur di antaranya adalah jari-jari atom, afinitas elektron, energi ionisasi, dan keelektronegatifan.



Gambar 2.5
Jari-jari atom

1. Jari-jari Atom

Jari-jari atom sangat kecil, diduga diameternya sekitar 10^{-10} m. Satuan yang biasa digunakan untuk menyatakan jari-jari atom adalah angstrom (Å). Satu angstrom sama dengan 10^{-10} m.

Tabel 2.3 Jari-Jari Atom Menurut Golongan (dalam satuan *pm*)

Golongan	Unsur	Jari-Jari		
		Atom	Kation	Muatan
IA	Li	135	60	+1
	Na	154	95	+1
	K	196	133	+1
	Rb	211	148	+1
IIA	Be	90	31	+2
	Mg	130	65	+2
	Ca	174	99	+2
IIIA	Al	143	50	+3
	Ga	122	62	+3
	In	162	81	+3

Golongan	Unsur	Jari-Jari		
		Atom	Anion	Muatan
VIIA	F	64	136	–1
	Cl	99	181	–1
	Br	114	195	–1
	I	133	216	–1
VIA	O	66	140	–2
	S	104	184	–2
	Se	117	198	–2
VA	N	70	171	–3
	P	110	212	–3
	As	125	–	–

Sumber: *Chemistry with Inorganic Quantitative Analysis*, 1989

Catatan *Note*

Konversi satuan panjang:

sentimeter (cm)	10^{-2} m
milimeter (mm)	10^{-3} m
mikrometer (μm)	10^{-6} m
nanometer (nm)	10^{-9} m
angstrom (Å)	10^{-10} m
pikometer (pm)	10^{-12} m
femtometer (fm)	10^{-15} m
attometer (am)	10^{-18} m

Length unit convertion:

centimeter (cm)	10^{-2} *m*
millimeter (mm)	10^{-3} *m*
macrometer (μm)	10^{-6} *m*
nanometer (mm)	10^{-9} *m*
angstrome (Å)	10^{-10} *m*
pikometer (pm)	10^{-12} *m*
femtometer (fm)	10^{-15} *m*
attometer (am)	10^{-18} *m*

Jari-jari atom didefinisikan sebagai *setengah jarak antara dua inti atom yang berikatan dalam wujud padat* (perhatikan **Gambar 2.5**). Hasil pengukuran ditunjukkan pada **Tabel 2.3**. Jika Anda perhatikan **Tabel 2.3** maka akan terlihat adanya keteraturan jari-jari, baik dalam golongan yang sama maupun dalam periode yang sama.

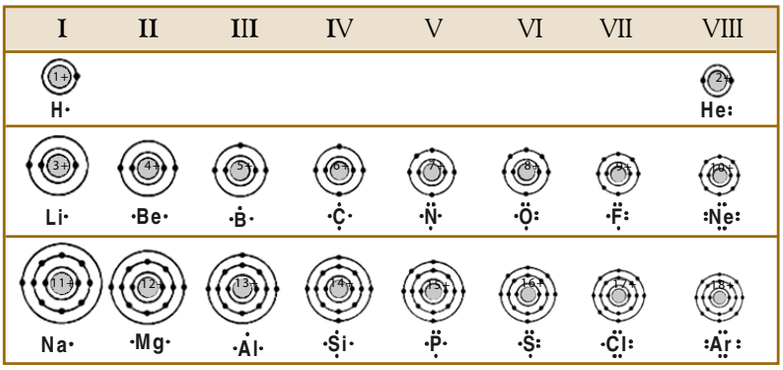
Perhatikanlah jari-jari atom dari atas ke bawah dalam golongan yang sama. Apakah yang dapat Anda simpulkan mengenai jari-jari atom dalam golongan yang sama? Bertambahnya jari-jari atom dari atas ke bawah dalam golongan yang sama disebabkan bertambahnya orbit (lintasan) elektron. Bertambahnya orbit menyebabkan volume atom mengembang sehingga jari-jari atom meningkat.

Perhatikanlah jari-jari atom dari kiri ke kanan dalam periode yang sama. Apakah yang dapat Anda simpulkan mengenai jari-jari atom dalam periode yang sama?

Kegiatan Inkuiri

Simpulkan dengan kalimat sendiri keteraturan jari-jari atom dalam golongan yang sama dan dalam periode yang sama berdasarkan data pada **Tabel 2.3**.

Penurunan jari-jari atom dari kiri ke kanan dalam periode yang sama disebabkan bertambahnya jumlah proton di dalam inti atom, sedangkan jumlah orbitnya sama. Dengan bertambahnya jumlah proton, tarikan inti terhadap elektron valensi makin kuat sehingga terjadi pengerutan volume atom. Akibatnya, jari-jari atom dari kiri ke kanan mengecil (perhatikan **Gambar 2.6**).



Gambar 2.6
Jari-jari atom dipengaruhi oleh jumlah proton dalam inti.

Contoh 2.4

Menentukan Kecenderungan Jari-Jari Atom

Urutkan unsur-unsur berikut menurut kenaikan jari-jarinya: Na, K, Mg, dan Ca. Jelaskan alasannya.

Jawab

Na dan K berada dalam golongan yang sama, tetapi atom K memiliki orbit terluar lebih jauh dari inti sehingga jari-jari atom K lebih panjang daripada Na. Demikian pula atom Mg dan Ca, dengan jari-jari atom Ca lebih panjang dari Mg.

Na dan Mg berada pada periode yang sama dan jari-jari atom Na lebih panjang dari Mg sebab muatan inti atom Mg (ditunjukkan oleh naiknya nomor atom) lebih besar daripada Na. Demikian pula atom K dan Ca, dengan jari-jari atom K lebih panjang dari Ca.

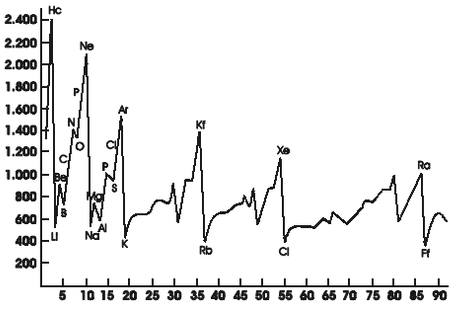
Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa urutan kenaikan jari-jari atom adalah Mg < Na < Ca < K.

2. Energi Ionisasi

Energi ionisasi adalah *energi yang diperlukan untuk mengeluarkan elektron valensi dari suatu atom atau ion dalam wujud gas*.

$$Na(g) \longrightarrow Na^+(g) + e^-$$

Nilai energi ionisasi bergantung pada jarak elektron valensi terhadap inti atom. Makin jauh jarak elektron valensi terhadap inti atom, makin lemah tarikan inti terhadap elektron sehingga energi ionisasi makin kecil. Nilai energi ionisasi unsur-unsur utama ditunjukkan pada **Gambar 2.7** yang digambarkan secara grafik.



Gambar 2.7
Grafik energi ionisasi pertama unsur-unsur golongan utama

Pada periode yang sama, dari kiri ke kanan jari-jari atom relatif tetap, tetapi muatan inti bertambah. Hal ini menyebabkan tarikan inti terhadap elektron valensi makin besar. Bagaimanakah kecenderungan energi ionisasi jika diurutkan dari kiri ke kanan pada periode yang sama?

Mahir Menjawab

Manakah di antara penyataan di bawah ini yang *bukan* merupakan sifat periodik unsur-unsur?

A. Dari atas ke bawah dalam satu golongan energi ionisasi makin kecil.
B. Dari kiri ke kanan dalam satu periode afinitas elektron makin besar.
C. Dari atas ke bawah dalam satu golongan jari-jari atom makin besar.
D. Dari kiri ke kanan dalam satu periode keelektronegatifan makin besar.
E. Dari kiri ke kanan dalam satu periode titik didih makin tinggi.

Pembahasan

Jawaban (A), (B), (C), dan (D) adalah sifat-sifat periodik unsur.
Jadi, jawabannya adalah (E).

Ebtanas 1995–1996

Selain muatan inti atom, energi ionisasi juga dipengaruhi oleh konfigurasi elektron, terutama konfigurasi elektron dengan jumlah elektron valensi sebanyak 8 (golongan VIIIA, gas mulia). Perhatikan grafik pada **Gambar 2.7**, pada setiap periode, energi ionisasi terbesar dimiliki oleh unsur-unsur gas mulia (He, Ne, Ar, Kr, dan Xe). Unsur-unsur gas mulia adalah contoh unsur-unsur paling stabil. Kestabilan ini disebabkan atom-atom gas mulia memiliki elektron valensi paling banyak (8 elektron). Oleh karena itu, untuk mengeluarkan elektron valensi dari atom gas mulia memerlukan energi ionisasi yang sangat besar.

Kegiatan Inkuiri

Ramalkan kecenderungan energi ionisasi dari kiri ke kanan tabel periodik dalam periode yang sama berdasarkan data pada grafik.

Contoh 2.5

Menentukan Kecenderungan Energi Ionisasi

Urutkan atom-atom berikut: Na, Mg, K, dan Ca menurut kenaikan energi ionisasinya, kemudian jelaskan alasannya.

Jawab

Pada periode yang sama, dari kiri ke kanan energi ionisasi bertambah akibat bertambahnya muatan inti. Jadi, energi ionisasi Mg lebih besar dari Na. Demikian pula energi ionisasi Ca lebih besar dari K.

Dalam golongan yang sama, dari atas ke bawah energi ionisasi berkurang akibat orbit elektron makin jauh dari inti. Jadi, energi ionisasi Na lebih besar dari K dan energi ionisasi Mg lebih besar dari Ca.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa urutan energi ionisasi adalah K < Na < Ca < Mg.

Kata Kunci

- Afinitas elektron
- Elektron valensi
- Energi ionisasi
- Jari-jari atom

Aktivitas Kimia 2.1

Kaitan antara Konfigurasi Elektron, Golongan, Periode, dan Energi Ionisasi dalam Tabel Periodik

Tujuan

Menyelidiki kaitan antara konfigurasi elektron dan unsur-unsur dalam tabel periodik.

Langkah Kerja

1. Pelajari dan lengkapilah tabel berikut.

Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron	Golongan	Periode
C	6	2 4	IV	2
Si	14	...	...	...
Ge	32	...	...	...
Sn	50	...	...	...
Pb	82	...	...	6

2. Pelajari dan lengkapilah tabel berikut.

Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron	Golongan	Periode
Y	39	2 8 18 11	IIIB	5
Zr	40	...	...	5
Nb	41	...	...	...
Mo	42	...	...	...
Tc	43	...	...	...

Pertanyaan

1. Bagaimanakah kaitannya antara jumlah elektron valensi dan nomor golongan?
2. Bagaimanakah kaitan antara orbit yang ditempati elektron valensi dan nomor periode?
3. Dari hasil pengamatan, ramalkan kecenderungan jari-jari atom tersebut dalam periode dan golongan yang sama.
4. Ramalkan pula kecenderungan energi ionisasi atom tersebut dalam periode dan golongan yang sama.

3. Afinitas Elektron

Afinitas elektron adalah *perubahan energi atom ketika elektron ditambahkan kepada atom itu dalam keadaan gas*. Contoh:

$$Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g)$$

Berbeda dengan energi ionisasi, afinitas elektron dapat berharga positif atau negatif. Jika satu elektron ditambahkan kepada atom yang stabil dan sejumlah energi diserap maka afinitas elektronnya berharga positif. Jika dilepaskan energi, afinitas elektronnya berharga negatif.

Tabel 2.4 Afinitas Elektron Unsur-Unsur Golongan Utama

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
H = –73	Be = 240	B = 83	C = 123	N = 0,0	O = 141	F = 322	He = 21
Li = –60	Mg = 230	Al = 50	Si = 120	P = 74	S = 200	Cl = 349	Ne = 29
Na = –53	Ca = 156	Ga = 36	Ge= 116	As = 77	Se= 195	Br = 325	Ar = 35
K = –48	Sr = 168	In = 34	Sn= 121	Sb= 101	Te= 183	I = 295	Kr = 39
Rb = –47	Ba = 52	Tl = 50	Pb= 101	Bi = 101	Po= 270	At = 270	Xe = 41

Sumber: *Chemistry with Inorganic Quantitative Analysis,* 1989

Secara umum, nilai afinitas elektron dalam golongan yang sama dari atas ke bawah menurun, sedangkan pada periode yang sama dari kiri ke kanan meningkat. Nilai afinitas elektron umumnya sejalan dengan jari-jari atom. Makin kecil jari-jari atom, nilai afinitas elektron makin tinggi. Sebaliknya, makin besar jari-jari atom, nilai afinitas elektron kecil.

Contoh 2.6

Menentukan Kecenderungan Afinitas Elektron

Urutkan atom-atom berikut menurut kenaikan afinitas elektronnya: S, Cl, dan P.

Jawab

Afinitas elektron adalah perubahan energi ketika atom menerima elektron.
Pada periode yang sama, dari kiri ke kanan dalam tabel periodik, afinitas elektron umumnya meningkat.
Jadi, dapat disimpulkan bahwa afinitas elektron untuk P < S < Cl.

4. Keelektronegatifan Atom

Keelektronegatifan didefinisikan sebagai *kecenderungan suatu atom dalam molekul untuk menarik pasangan elektron yang digunakan pada ikatan ke arah atom bersangkutan*. Skala keelektronegatifan yang dipakai sampai sekarang adalah yang dikembangkan oleh **Pauling** sebab lebih lengkap dibandingkan skala keelektronegatifan yang lain. Pauling memberikan skala keelektronegatifan 4 untuk unsur yang memiliki energi ionisasi dan energi afinitas elektron tinggi, yaitu pada unsur florin, sedangkan unsur-unsur lainnya di bawah nilai 4.

Sekilas Kimia

Linus Pauling
(1901-1994)

Sumber: *dlib.org*

Ilmuwan yang terlibat dalam mengembangkan skala keelektronegatifan di antaranya Sanderson, Mulliken, dan Pauling. Keelektronegatifan yang diterima publik adalah dari Pauling sebab didasarkan pada data energi ikatan yang dapat diukur.

Tabel 2.5 Keelektronegatifan Beberapa Unsur Menurut Golongan dan Periode pada Tabel Periodik

Li 1,0	**Be** 1,6	**B** 2,0	**C** 2,6	**N** 3,0	**O** 3,4	**F** 4,0
Na 0,9	**Mg** 1,3	**Al** 1,6	**Si** 1,9	**P** 2,2	**S** 2,6	**Cl** 3,2
K 0,8	**Ca** 1,0	**Ga** 1,8	**Ge** 2,0	**As** 2,2	**Se** 2,6	**Br** 3,0
Rb 0,8	**Sr** 1,0	**In** 1,8	**Sn** 2,0	**Sb** 2,0	**Te** 2,1	**I** 2,7
Cs 0,8	**Ba** 0,9	**Ti** 2,0	**Pb** 2,3	**Bi** 2,0	**Po** 2,0	**At** 2,2
Fr 0,7	**Ra** 0,9					

Sumber: *Foundations of Chemistry, 1996*

Pada tabel periodik, unsur florin yang ditetapkan memiliki keelektronegatifan 4 (terbesar) berada di ujung kanan paling atas. Adapun Unsur fransium yang memiliki keelektronegatifan terendah yaitu 0,7 berada di kiri paling bawah dalam tabel periodik.

Kegiatan Inkuiri

Simpulkan dengan kalimat Anda sendiri kecenderungan skala keelektronegatifan dalam golongan yang sama dan dalam periode yang sama berdasarkan data pada **Tabel 2.5**.

Contoh 2.7

Menentukan Kecenderungan Skala Keelektronegatifan

Nomor atom unsur X, Y, dan Z berturut-turut adalah 11, 15, dan 20. Urutkan unsur-unsur tersebut berdasarkan kenaikan skala keelektronegatifannya.

Jawab

Unsur-unsur tersebut berada pada golongan dan periode sebagai berikut:
X: golongan IA dan periode ke-3
Y: golongan VA dan periode ke-3
Z: golongan IIA dan periode ke-4
Berdasarkan data pada **Tabel 2.5**, skala keelektronegatifan X = Na, Y = P, dan Z = Ca.
Jadi, urutan skala keelektronegatifannya adalah X < Z < Y.

Tes Kompetensi Subbab D

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan bagaimana kecenderungan jari-jari atom dari kiri ke kanan dalam periode yang sama dan dari atas ke bawah dalam golongan yang sama pada tabel periodik modern.
2. Urutkan atom-atom berikut menurut kenaikan jari-jarinya: P, S, dan Cl. Berikan alasannya.
3. Urutkan atom-atom berikut berdasarkan kenaikan energi ionisasinya: P, S, dan Cl. Jelaskan alasannya.

4. Atom X memiliki energi ionisasi lebih besar dari atom Y dan atom Y memiliki energi ionisasi lebih kecil dari atom Z. Urutkan atom-atom tersebut berdasarkan kenaikan energi ionisasinya.
5. Urutkan atom-atom berikut menurut kenaikan afinitas elektronnya: F, Cl, Br, dan I.
6. Mengapa afinitas elektron unsur-unsur gas mulia (golongan VIIIA) semuanya berharga positif? Hubungkan jawaban Anda dengan jumlah maksimum elektron dalam setiap orbit.
7. Mengapa afinitas elektron unsur-unsur golongan IA berharga negatif, sedangkan unsur-unsur golongan IIA berharga positif? Hubungkan dengan jumlah maksimum dalam setiap orbit.
8. Urutkan skala keleektronegatifan pada golongan IIA dari atas ke bawah, kemudian simpulkan bagaimana kecenderungannya.
9. Urutkan skala keelektronegatifan secara diagonal (Li, Mg, Ga, dan seterusnya) dari kiri atas ke kanan bawah, kemudian simpulkan bagaimana kecenderungannya.

E. Sifat-Sifat Unsur

Unsur-unsur utama (IA – VIIIA) dalam golongan yang sama memiliki konfigurasi elektron valensi yang sama. Akibatnya, unsur-unsur tersebut memiliki kecenderungan sifat-sifat kimia dan fisika yang mirip, seperti sifat logam, bukan logam, muatan ion, dan kemampuan bereaksi.

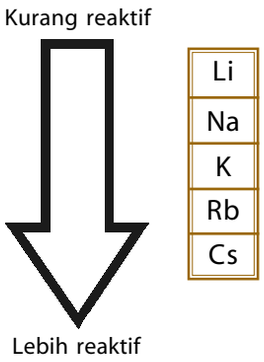
1. Unsur-Unsur Golongan IA

Unsur-unsur golongan IA disebut juga unsur-unsur *logam alkali*. Unsur-unsur golongan alkali semuanya bersifat logam yang sangat reaktif. Kereaktifan unsur-unsur alkali disebabkan memiliki energi ionisasi kecil sehingga cenderung melepaskan elektron valensinya dan membentuk suatu kation bermuatan +1. Beberapa sifat unsur golongan IA dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

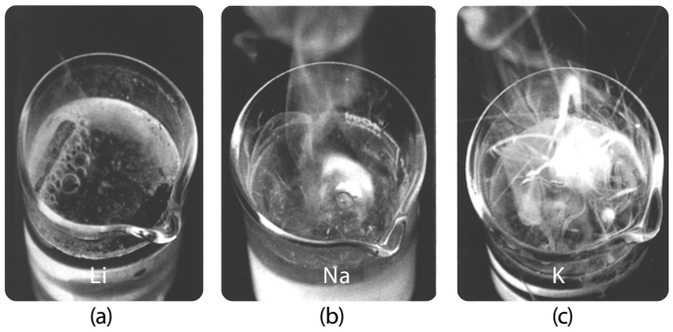
Tabel 2.6 Sifat-Sifat Fisik Unsur Golongan IA

Sifat	Li	Na	K	Rb	Cs
Titik leleh (°C)	181	97,8	63,6	38,9	28,4
Titik didih (°C)	1347	883	774	688	678
Massa jenis (g/cm^3)	0,53	0,97	0,86	1,53	1,88

Sumber: *General Chemistry* (Ebbing), 1990



Semua unsur alkali berwarna putih, misalnya perak. Pada suhu kamar, semua unsur alkali berwujud padat kecuali cesium berwujud cair. Natrium adalah logam bersifat lunak sehingga dapat dipotong dengan pisau. Kalium lebih lunak dari natrium. Logam litium, natrium, dan kalium memiliki massa jenis kurang dari 1,0 g/cm^3. Akibatnya, ketiga logam tersebut terapung di atas air, tetapi ketiga logam ini sangat reaktif terhadap air dan bereaksi sangat dahsyat yang disertai nyala api (perhatikan **Gambar 2.8**).



(a) (b) (c)

Sumber: *Chemistry*, 2001

Gambar 2.8
Logam alkali sangat reaktif dalam air

Mahir Menjawab

Sifat-sifat berikut yang *bukan* merupakan sifat logam alkali adalah ...

A. merupakan unsur sangat reaktif
B. terdapat dalam keadaan bebas di alam
C. ionnya bermuatan positif satu
D. senyawanya mudah larut dalam air
E. bereaksi dengan oksigen di udara

Pembahasan

Logam alkali sangat reaktif sehingga tidak terdapat dalam keadaan bebas di alam.

Jadi, jawabannya adalah (B)

UMPTN 1998/B

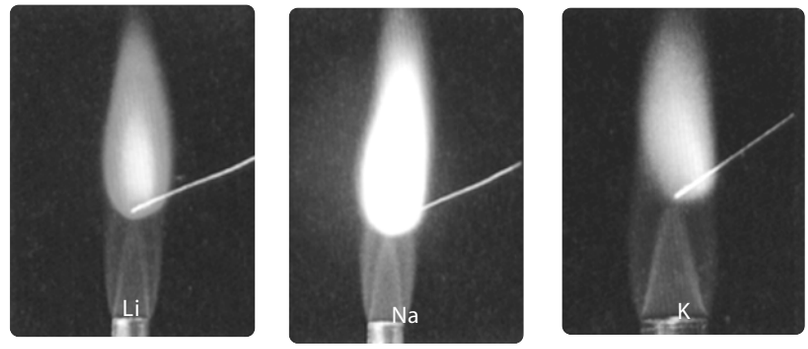
Kereaktifan logam alkali dengan air menjadi lebih dahsyat dari atas ke bawah dalam tabel periodik. Sepotong logam litium jika ditambahkan ke dalam air akan bereaksi dengan air disertai nyala api. Kalium bereaksi lebih dahsyat disertai ledakan dan nyala berwarna ungu.

Logam alkali bereaksi dengan oksigen dari udara membentuk oksida logam alkali, seperti Li_2O (litium oksida), Na_2O_2 (natrium peroksida), dan KO_2 (kalium superoksida). Li_2O padatan berwarna putih, Na_2O_2 padatan berwarna putih-kekuningan, dan KO_2 berwarna kuning-jingga.

Ketika dibakar di udara, semua logam alkali menghasilkan nyala dengan warna yang karakteristik. Uji nyala dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa yang tidak diketahui. Warna yang dihasilkan oleh unsur-unsur golongan IA disebutkan dalam **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Warna Nyala Unsur Logam Alkali

Unsur	Warna Nyala
Litium	Merah Jingga
Natrium	Kuning keemasan
Kalium	Ungu
Rubidium	Merah
Cesium	Biru



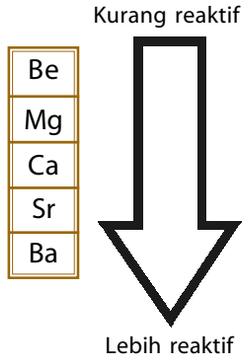
(a) (b) (c)

Gambar 2.9
Uji nyala pada logam alkali

Sumber: *Sougou Kagashi*

2. Unsur-Unsur Golongan IIA

Unsur-unsur golongan IIA disebut juga *logam alkali tanah*. Unsur-unsur ini cukup reaktif, tetapi kurang reaktif jika dibandingkan dengan unsur-unsur logam alkali. Logam alkali tanah memiliki energi ionisasi yang cukup rendah sehingga mudah melepaskan kedua elektron valensinya membentuk kation bermuatan positif +2.



Tabel 2.8 Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Unsur Golongan IIA

Sifat	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Titik leleh (°C)	1278	649	839	769	725
Titik didih (°C)	2970	1090	1484	1384	1640
Massa jenis (g/cm^3)	1,85	1,74	1,54	2,6	3,51
Keelektronegatifan	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9

Sumber: *General Chemistry* (Ebbing), 1990

Berilium merupakan logam berwarna abu dan bersifat keras menyerupai besi sehingga cukup kuat untuk menggores kaca. Unsur logam alkali tanah yang lain berupa logam berwarna perak dan lebih lunak dari berilium, tetapi masih lebih keras dibandingkan logam alkali. Berilium kurang reaktif terhadap air. Magnesium bereaksi agak lambat pada suhu kamar, tetapi lebih cepat jika dengan uap air. Kalsium bereaksi cepat dengan air. Logam alkali tanah bereaksi dengan oksigen membentuk oksida logam.

Pembakaran unsur-unsur alkali tanah mengemisikan spektrum warna yang khas. Nyala stronsium berwarna krimson, barium berwarna hijau-kuning, dan magnesium memberikan nyala terang. Oleh karena itu, garam-garam alkali tanah sering dipakai sebagai bahan kembang api (perhatikan **Gambar 2.10**).

Sumber: *CD Image*

Gambar 2.10
Bahan kembang api berasal dari garam alkali tanah.

3. Aluminium

Aluminium berada dalam golongan IIIA pada sistem periodik dengan konfigurasi elektron 2 8 3. Oleh karena memiliki 3 elektron valensi maka aluminium dapat membentuk kation bermuatan +3. Beberapa sifat aluminium ditunjukkan pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Sifat Fisika dan Kimia Aluminium

Titik leleh (°C)	Titik didih (°C)	Massa jenis (g/cm^3)	Keelektronegatifan
660	2450	2,70	1,6

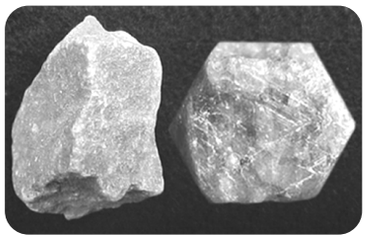
Sumber: *Foundations of Chemistry*, 1996

Di alam aluminium terdapat sebagai oksidanya. *Corundum* adalah mineral keras yang mengandung aluminium oksida, Al_2O_3. Oksida aluminium murni tak berwarna, tetapi akibat adanya pengotor dapat menghasilkan berbagai warna, seperti *safir* (berwarna biru) dan *ruby* (merah tua) (perhatikan **Gambar 2.11**).

Kata Kunci

- Keelektronegatifan unsur
- Kereaktifan unsur

Aluminium dapat bereaksi dengan gas klorin membentuk aluminium klorida, $AlCl_3$. Aluminium klorida dapat membentuk polimer yang disebut polialuminium klorida (PAC). Senyawa ini banyak dipakai untuk menjernihkan air.



Sumber: *mineral.gallieres.com*

Gambar 2.11
Permata ruby dan safir

4. Karbon dan Silikon

Karbon dan silikon berada dalam golongan IVA dengan masing-masing konfigurasi elektronnya C = 2 4 dan Si = 2 8 4. Kedua unsur ini cenderung membentuk ikatan kovalen.

Karbon berbentuk kristal seperti grafit dan intan, ada juga yang non-kristalin (amorf). Grafit bersifat lunak, berwarna hitam mengkilap dengan struktur berlapis, dan dapat menghantarkan listrik (konduktor). Intan merupakan padatan berikatan kovalen paling keras, tidak berwarna dan transparan terhadap cahaya, tetapi intan tidak dapat menghantarkan

arus listrik (insulator). Perbedaan intan dan grafit ditunjukkan oleh bentuk strukturnya. Intan membentuk struktur jaringan tiga dimensi, yaitu setiap atom karbon terikat secara kovalen oleh empat atom karbon lain.

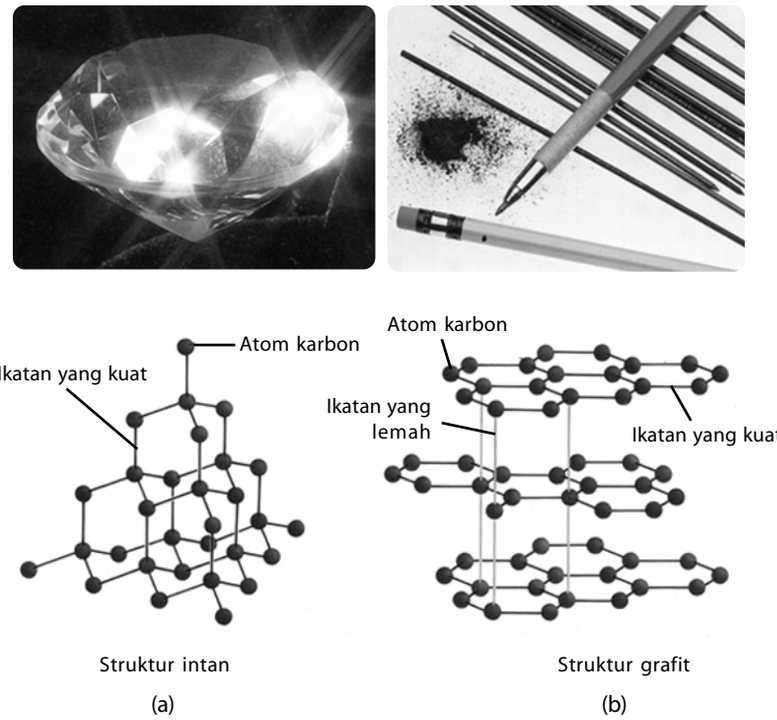
Karbon yang berupa amorf adalah arang dan karbon hitam. Kedua jenis karbon ini memiliki struktur seperti grafit, perbedaannya terletak pada tumpukan lapisan. Lapisan pada grafit beraturan, sedangkan pada karbon amorf tidak beraturan (perhatikan **Gambar 2.12**).

Silikon berupa padatan keras dengan struktur serupa intan, berwarna abu mengkilap, dan meleleh pada 1.410°C. Silikon bersifat semikonduktor. Daya hantarnya kecil pada suhu kamar, tetapi pada suhu tinggi menjadi konduktor yang baik.

Catatan *Note*

Kristal adalah bentuk struktur dari suatu zat yang memiliki keteraturan tinggi. Kebalikannya adalah *amorf* (tidak beraturan).

Crystal is an conformational structure from a matter which is highly organized. The opposite of its conformation is amorf (unorganized structure).



Gambar 2.12
(a) Intan dan grafit adalah bentuk karbon yang berbeda. Ikatan karbon dalam intan terikat pada empat atom karbon lain sehingga membentuk jaringan yang kuat.
(b) Grafit/plumbago adalah mineral lunak yang biasa digunakan sebagai bahan utama pensil.

Sumber: *The Oxford Children's Book Of Science,* 1995

5. Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

Nitrogen berada dalam golongan VA sistem periodik dengan konfigurasi elektron 2 5, oksigen dan belerang berada dalam golongan VIA dengan konfigurasi elektron masing-masing 2 6 dan 2 8 6. Nitrogen dan oksigen berupa gas diatom, sedangkan belerang berupa zat padat dengan rumus molekul S_8. Beberapa sifat nitrogen, oksigen, dan belerang ditunjukkan pada **Tabel 2.10**.

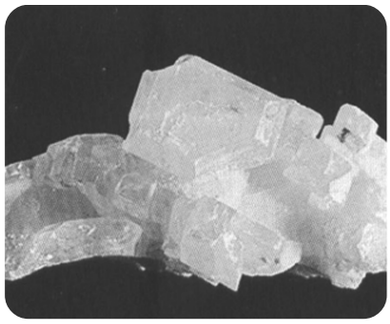
Tabel 2.10 Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Unsur Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

Sifat-Sifat	N	O	S
Titik leleh (°C)	–210	–218	113
Titik didih (°C)	–196	–183	445
Massa jenis (g/cm^3)	0,0013	0,002	2,07
Keelektronegatifan	3,0	3,5	2,5
Afinitas elektron (kJ mol^{-1})	0,70	141	–200

Sumber: *General Chemistry* (Ebbing), 1990

Pada suhu kamar, nitrogen relatif kurang reaktif sebab ikatannya kuat. Akan tetapi, pada suhu tinggi nitrogen bereaksi dengan unsur-unsur lain, seperti dengan oksigen menghasilkan NO. Oksigen membentuk molekul diatom O_2 dan bentuk alotropnya adalah ozon (O_3). Oksigen merupakan gas tidak berwarna, tidak berasa, dan berwujud gas pada keadaan normal. Molekul oksigen merupakan gas reaktif dan dapat bereaksi dengan banyak zat, umumnya menghasilkan oksida. Hampir semua logam bereaksi dengan oksigen membentuk oksida logam.

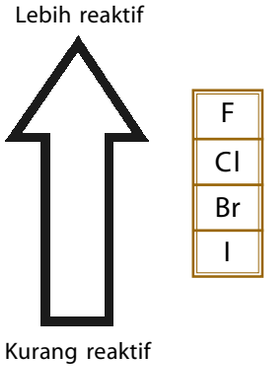
Keadaan stabil dari belerang adalah bentuk rombik seperti mahkota yang berwarna kuning (perhatikan **Gambar 2.13**). Belerang rombik meleleh pada 113°C menghasilkan cairan berwarna jingga. Pada pemanasan berlanjut, berubah menjadi cairan kental berwarna cokelat-merah.



Sumber: *Chemistry*, 2001

Gambar 2.13
Sampel sulfur rombik merupakan alotrop paling stabil dari sulfur.

Pada waktu meleleh, bentuk mahkota pecah menjadi bentuk rantai spiral yang panjang. Kekentalan meningkat akibat molekul S_8 yang padat berubah menjadi rantai berupa spiral panjang. Pada suhu lebih tinggi dari 200°C, rantai mulai pecah dan kekentalan menurun. Belerang (S_8) bereaksi dengan oksigen menghasilkan belerang dioksida (SO_2) dengan nyala biru yang khas. Oksida yang lain dari belerang adalah SO_3, tetapi hanya terbentuk dalam jumlah kecil selama pembakaran belerang dalam udara.

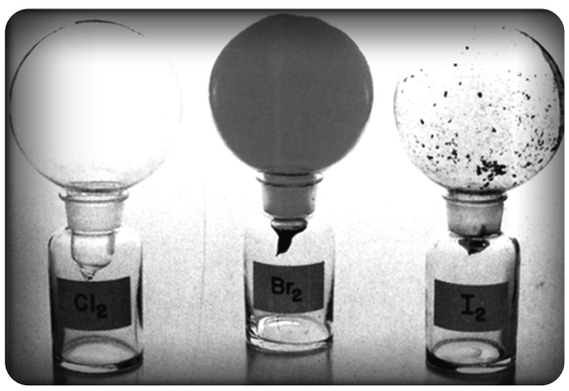


6. Halogen

Unsur-unsur yang menempati golongan VIIA dinamakan unsur-unsur halogen, artinya pembentuk garam. Unsur-unsur halogen sangat reaktif sehingga di alam tidak pernah ditemukan dalam keadaan atomnya, tetapi membentuk senyawa dengan berbagai unsur maupun dengan unsur sejenis.

Semua unsur halogen terdapat sebagai molekul diatom, yaitu F_2, Cl_2, Br_2, dan I_2. Fluorin dan klorin berwujud gas, fluorin berwarna kuning pucat, sedangkan klorin berwarna kuning kehijauan. Bromin mudah menguap, cairan dan uapnya berwarna cokelat-kemerahan. Iodin berupa zat padat berwarna hitam mengkilap yang dapat menyublim menghasilkan uap berwarna ungu (perhatikan **Gambar 2.4**).

Unsur-unsur halogen mudah dikenali dari bau dan warnanya. Halogen umumnya berbau menyengat, terutama klorin dan bromin (bromos, artinya pesing). Kedua gas ini bersifat racun sehingga penanganannya harus hati-hati. Jika uap bromin keluar dari wadahnya maka dalam beberapa saat ruangan akan tampak cokelat-kemerahan.



Sumber: *Chemistry*, 2002

Gambar 2.14
Gas halogen

Sekilas Kimia

Neon

Neon mengeluarkan cahaya kemerah-merahan jika listrik dialirkan melalui sebuah pipa vakum udara mengandung neon. Neon ini digunakan untuk menghasilkan tanda-tanda iklan yang berwarna sangat cerah. Cahaya terang yang diperoleh berkaitan dengan tenaga yang digunakan. Gas mulia lain, xenon, digunakan untuk mengisi tabung fluoresen dan menghasilkan cahaya pada lampu-lampu yang digunakan di rumah-rumah.

Sumber: *Jendela IPTEK: Kimia*, 1997

(a)

(b)

Sumber: *janis.com*

Gambar 2.15
(a) Gas helium digunakan sebagai pendingin.
(b) Gas argon digunakan pada bola lampu.

Titik leleh, titik didih, dan sifat-sifat yang lainnya ditunjukkan pada **Tabel 2.11.** Kenaikan titik leleh dan titik didih dari atas ke bawah dalam tabel periodik akibat gaya tarik di antara molekul yang makin meningkat dengan bertambahnya jari-jari atom.

Tabel 2.11 Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Unsur Halogen

Sifat-Sifat	F	Cl	Br	I	At
Titik leleh (°C)	–220	–101	–7	114	–
Titik didih (°C)	–188	–35	–59	184	–
Massa jenis (g/cm^3)	0,0017	0,0032	3,12	4,93	–
Keelektronegatifan	4,0	3,0	2,8	2,5	2,2
Afinitas elektron (kJ mol^{-1})	– 328	–349	–325	–295	270

Sumber: *General Chemistry* (Ebbing), 1990

Kereaktifan halogen dapat dipelajari dari jari-jari atomnya. Dari atas ke bawah, jari-jari atom meningkat sehingga gaya tarik inti terhadap elektron valensi makin lemah. Akibatnya, kereaktifan unsur-unsur halogen makin berkurang dari atas ke bawah. Kereaktifan halogen dapat juga dipelajari dari afinitas elektron. Makin besar afinitas elektron, makin reaktif unsur tersebut. Dari atas ke bawah dalam tabel periodik, afinitas elektron unsur-unsur halogen makin kecil sehingga kereaktifan F > Cl > Br > I.

7. Gas Mulia

Oleh karena unsur-unsur gas mulia memiliki konfigurasi elektron valensi penuh (8 elektron) maka unsur-unsur gas mulia bersifat stabil. Kestabilan unsur-unsur ini menimbulkan pandangan di kalangan para ilmuwan bahwa unsur-unsur gas mulia sukar membentuk senyawa sehingga gas mulia mendapat julukan gas lembam (*inert*).

Selain konfigurasi elektron yang terisi penuh, ketidakreaktifan gas mulia juga dapat dilihat dari data energi ionisasinya. Makin besar energi ionisasi gas mulia, makin sukar gas tersebut untuk bereaksi.

Tabel 2.12 Energi Ionisasi Unsur-Unsur Gas Mulia

Gas Mulia	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
Energi ionisasi (kJ mol^{-1})	2377	2088	1527	1356	1176	1042

Sumber: *General Chemistry* (Ebbing), 1990

Gas mulia merupakan gas tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Argon, kripton, dan xenon sedikit larut dalam air. Helium dan neon tidak dapat larut dalam air. Sifat-sifat fisika lainnya dari unsur-unsur gas mulia ditunjukkan pada **Tabel 2.13.**

Tabel 2.13 Sifat-Sifat Fisika Unsur-Unsur Gas Mulia

Sifat Fisik	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
Massa jenis (g/cm^3)	0,18	0,90	1,80	3,75	5,80	10,0
Titik didih (°C)	–269	–246	–186	–153	–108	–62
Titik leleh (°C)	–272	–249	–189	–157	–112	–71

Sumber: *General Chemistry* (Ebbing), 1990

Jika dilihat dari titik lelehnya, gas mulia berwujud gas pada suhu kamar. Pada tekanan normal, hampir semua gas mulia dapat dicairkan, kecuali gas helium. Gas helium hanya dapat dicairkan pada tekanan sangat tinggi sekitar 25 atm. Oleh karena gas helium merupakan gas yang memiliki titik leleh dan titik didih paling rendah maka gas tersebut sering digunakan sebagai pendingin untuk mempertahankan suhu di sekitar 0 K (perhatikan **Gambar 2.15a**). Pada 4 K, gas helium menunjukkan sifat super fluida tanpa viskositas, dinamakan *super konduktor*, yaitu zat yang memiliki daya hantar listrik dan panas tanpa hambatan dan tanpa medan magnet. Besarnya hantaran listrik mencapai 800 kali lebih cepat dibandingkan kawat tembaga.

Tes Kompetensi Subbab E

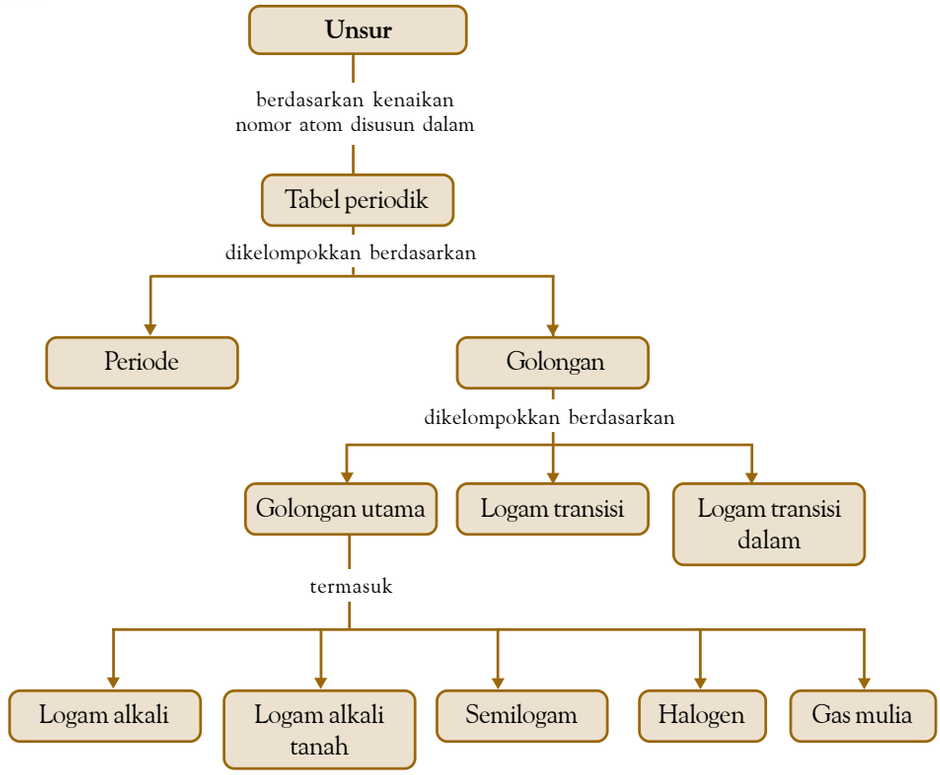
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tes nyala terhadap suatu logam alkali tanah menghasilkan warna putih terang. Apakah nama unsur tersebut?
2. Unsur manakah berikut ini yang memiliki sifat logam paling kuat?
   a. Al
   b. P
   c. S
   d. Mg
   e. Si
3. Mengapa unsur-unsur gas mulia bersifat inert?
4. Tuliskan salah satu keuntungan dari rendahnya titik leleh dan titik didih unsur-unsur gas mulia.

Rangkuman

1. Dasar pengelompokan unsur-unsur dalam tabel periodik mengalami perkembangan, mulai model triade dari Dobereiner, model oktaf dari Newland, model Mendeleev, hingga model tabel periodik panjang.
2. Sistem periodik modern menggunakan bentuk memanjang yang didasarkan pada kenaikan nomor atom. Struktur dasar tabel periodik modern adalah pengaturan unsur-unsur ke dalam baris (periode) dan kolom (golongan).
3. Golongan merupakan kumpulan unsur-unsur yang terletak dalam satu lajur vertikal. Unsur-unsur segolongan memiliki kemiripan sifat kimia.
4. Periode merupakan kumpulan unsur-unsur yang terletak dalam satu lajur horizontal. Unsur-unsur dalam periode yang sama cenderung sifatnya berubah seperti dari logam menuju bukan logam (dalam sistem periodik).
5. Penempatan unsur-unsur dalam sistem periodik berhubungan dengan konfigurasi elektronnya. Nomor pada golongan mencerminkan elektron valensinya, sedangkan nomor periode berhubungan jumlah orbit.
6. Umumnya jari-jari atom unsur-unsur seperiode dari kiri ke kanan berkurang secara periodik. Demikian pula dari bawah ke atas dalam golongan yang sama, yaitu jari-jari atom berkurang.
7. Umumnya, energi ionisasi dalam golongan yang sama dari bawah ke atas meningkat. Demikian pula pada periode yang sama, yaitu dari kiri ke kanan meningkat.
8. Secara umum, afinitas elektron dalam golongan yang sama dari bawah ke atas bertambah. Demikian pula pada periode yang sama dari kiri ke kanan, afinitas elektron bertambah.
9. Unsur-unsur golongan IA dinamakan golongan alkali, IIA golongan alkali tanah, VIIA golongan halogen, dan VIIIA golongan gas mulia. Nomor golongan sesuai dengan jumlah elektron pada kulit terluar (elektron valensi) dari atom.

Peta Konsep



Refleksi

Pada bab ini, Anda telah mempelajari bagaimana menganalisis kedudukan unsur-unsur dalam sistem periodik dan menjelaskan kecenderungan sifat periodik unsur-unsur, baik dalam satu golongan maupun dalam satu periode. Jika ada kesulitan, diskusikanlah dengan teman atau guru Anda.

Bab ini membantu Anda dalam mengembangkan keterampilan mengevaluasi dan menganalisis data terutama yang berkaitan dengan sifat fisika dan kimia suatu unsur. Bagaimanakah menurut Anda manfaat lain dari mempelajari sistem periodik unsur-unsur pada bab ini?

Evaluasi Kompetensi Bab 2

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Penyusunan sistem periodik yang didasarkan pada keperiodikan unsur-unsur setelah unsur ke delapan dikemukakan oleh ....
   A. Dobereiner
   B. John Newland
   C. Mendeleev
   D. Lothar Meyer
   E. John Dalton
2. Penyusunan tabel periodik berdasarkan kenaikan massa dikemukakan oleh ....
   A. Dobereiner
   B. John Newland
   C. Mendeleev
   D. Lothar Meyer
   E. John Dalton
3. Dalam sistem periodik modern, unsur-unsur logam terletak pada golongan ....
   A. IA dan IIA
   B. IA dan IVA
   C. IIA dan VIA
   D. VA dan VIIA
   E. IVA
4. Dalam sistem periodik modern, unsur-unsur *bukan* logam terletak pada golongan ....
   A. IA dan IIA
   B. IA dan IVA
   C. IIA dan VIA
   D. VA dan VIIA
   E. IIIA
5. Dalam sistem periodik modern, unsur-unsur yang tergolong semi-logam adalah ....
   A. Mg
   B. C
   C. Ge
   D. Se
   E. Br
6. Dalam sistem periodik modern, unsur-unsur transisi dalam terletak pada periode ....
   A. 1 dan 2
   B. 3 dan 4
   C. 4 dan 5
   D. 5 dan 6
   E. 6 dan 7
7. Konfigurasi elektron atom unsur X: 2 8 1. Unsur tersebut dalam sistem periodik terletak pada ....
   A. golongan IA
   B. golongan IIA
   C. golongan IIIA
   D. golongan VIA
   E. golongan VIIA
8. Konfigurasi elektron atom unsur Y: 2 8 8 2. Unsur tersebut dalam sistem periodik terletak pada ....
   A. golongan IA
   B. golongan IIA
   C. golongan IIIA
   D. golongan VIA
   E. golongan VIIA
9. Konfigurasi elektron atom unsur Z: 2 8 8 6. Unsur tersebut dalam sistem periodik terletak pada ....
   A. golongan IA
   B. golongan IIA
   C. golongan IIIA
   D. golongan VIA
   E. golongan VIIA
10. Konfigurasi elektron atom unsur A: 2 8 8 6. Unsur tersebut dalam sistem periodik terletak pada ....
    A. golongan IA dan periode 2
    B. golongan IIA dan periode 4
    C. golongan IVA periode 6
    D. golongan VIA periode 4
    E. golongan IVA periode 4
11. Konfigurasi elektron atom unsur A: 2 8 5. Unsur tersebut dalam sistem periodik terletak pada ....
    A. golongan IIA, periode 3
    B. golongan IIIA, periode 3
    C. golongan VA, periode 3
    D. golongan VIA, periode 2
    E. golongan VIIA, periode 2
12. Suatu unsur berada dalam golongan VA dan periode 3. Unsur tersebut memiliki nomor atom ....
    A. 14
    B. 15
    C. 18
    D. 30
    E. 33
13. Suatu unsur berada dalam golongan VIIA dan periode 4. Unsur tersebut memiliki jumlah proton ....
    A. 17
    B. 24
    C. 35
    D. 40
    E. 53
14. Unsur dengan nomor atom 15 memiliki sifat kimia sama dengan unsur bernomor atom ....
    A. 23
    B. 31
    C. 43
    D. 51
    E. 65

15. Atom suatu unsur memiliki 16 elektron. Atom unsur lain yang sifatnya mirip adalah atom dengan nomor atom ....
    A. 10
    B. 24
    C. 34
    D. 50
    E. 64

16. Di antara unsur-unsur: $_{4}P$, $_{12}Q$, $_{16}R$, dan $_{18}S$, yang terletak dalam golongan yang sama adalah ....
    A. P dan Q
    B. P dan S
    C. P dan R
    D. Q dan R
    E. R dan S

17. Unsur yang memiliki sifat yang mirip dengan unsur $^{40}_{20}Z$ adalah ....
    A. $^{23}_{11}O$
    B. $^{9}_{4}P$
    C. $^{20}_{10}Q$
    D. $^{35}_{17}R$
    E. $^{31}_{15}S$

18. Dua buah unsur memiliki sifat-sifat serupa sebab keduanya memiliki jumlah elektron valensi sama, yaitu ....
    A. C dan Cl
    B. Ca dan Al
    C. O dan Ar
    D. Si dan S
    E. Se dan Te

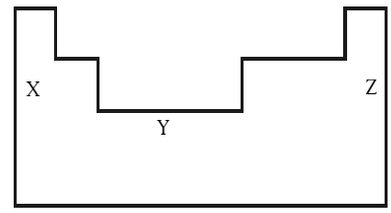
19. Sifat unsur-unsur segolongan makin bertambah dengan naiknya nomor atom adalah ....
    A. jumlah elektron valensi
    B. kereaktifan
    C. energi ionisasi
    D. keelektronegatifan
    E. volume atom

20. Unsur yang memiliki potensial ionisasi tertinggi adalah unsur dengan nomor atom ....
    A. 11
    B. 15
    C. 19
    D. 33
    E. 9

21. Di antara unsur berikut, yang memiliki energi ionisasi pertama paling rendah adalah ....
    A. Mg
    B. Rb
    C. Li
    D. Ca
    E. Be

22. Unsur-unsur yang semuanya golongan alkali adalah ....
    A. Li, Na, Sr
    B. Rb, F, K
    C. Cs, Na, Sr
    D. Na, Ra, K
    E. K, Rb, Fr

23. Perhatikan sketsa tabel periodik berikut.



Pada tabel periodik, unsur-unsur X, Y, Z adalah ....
    A. logam transisi, logam, gas mulia
    B. logam alkali tanah, bukan logam, halogen
    C. logam, semilogam, bukan logam
    D. logam alkali, logam transisi, gas mulia
    E. logam alkali, semilogam, halogen

24. Pernyataan berikut merupakan sifat-sifat gas mulia, *kecuali* ....
    A. unsur paling stabil
    B sukar melepaskan atau menangkap elektron
    C. mudah bereaksi dengan unsur lain
    D. terdapat di atmosfer dalam keadaan bebas
    E. titik beku mendekati suhu 0 K

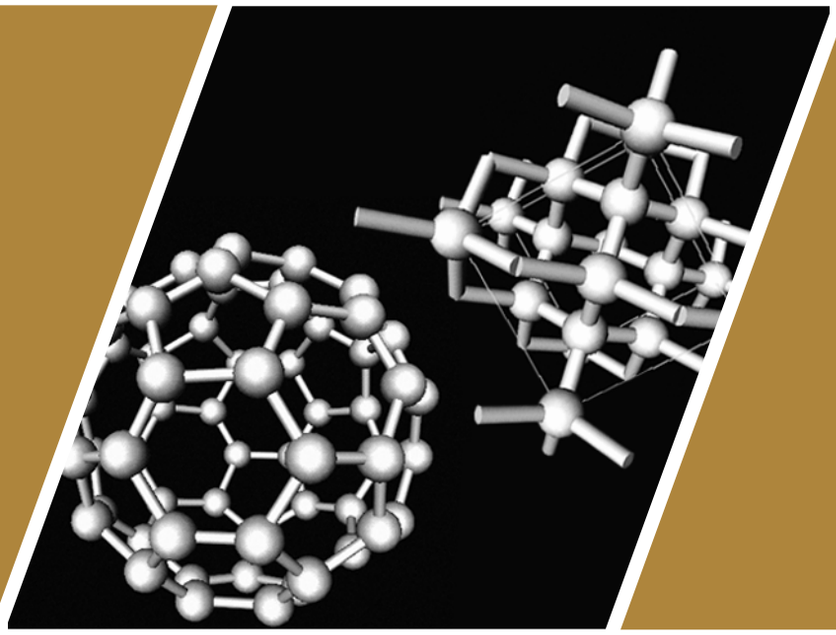
25. Di antara himpunan unsur halogen berikut, yang tersusun menurut kenaikan keelektronegatifan adalah ....
    A. F, Cl, Br
    B. Br, F, Cl
    C. F, Br, Cl
    D. Cl, Br, F
    E. Br, Cl, F

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Jelaskan mengapa terdapat dua unsur dalam periode pertama tabel periodik; 8 unsur dalam periode kedua dan ketiga; 18 unsur dalam periode keempat dan kelima; dan 32 unsur dalam periode keenam? Gunakan konfigurasi elektronnya.
2. Bagaimanakah perbedaan logam dan bukan logam menurut konfigurasi elektronnya?
3. Tanpa melihat tabel periodik, ramalkan posisi unsur-unsur dengan nomor atom berikut pada tabel periodik? 23, 30, 34, 46, 56, 58.
4. Susun atom-atom berikut menurut kenaikan jari-jari atomnya.
    a. Kr, He, Ar, Ne;
    b. K, Na, Rb, Li
    c. Be, Ne, F, N, B
5. Tentukan atom atau ion pada setiap pasangan berikut yang memiliki ukuran lebih besar, berikan penjelasannya.
    a. S atau Se
    b. C atau N
    c. Ne atau Na
    d. Fe^{2+} atau Fe^{3+}
    e. S atau S^{2-}
    f. O^{+} atau O^{-}

Bab

3



Sumber: *smartweed.olemiss.edu*

Atom-atom membentuk molekul senyawa dengan cara berikatan satu sama lain.

Ikatan Kimia

Hasil yang harus Anda capai:

memahami struktur atom, sifat-sifat periodik unsur, dan ikatan kimia.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

membandingkan proses pembentukan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, dan ikatan logam serta hubungannya dengan sifat fisika senyawa yang terbentuk.

Unsur-unsur biasanya ditemukan di alam dalam keadaan tidak stabil dan unsur-unsur tersebut cenderung untuk membentuk senyawa yang lebih stabil. Pembentukan senyawa ini terjadi melalui ikatan kimia. Ikatan kimia yang terdapat dalam senyawa dapat berupa ikatan ion atau ikatan kovalen.

Garam dapur (NaCl) merupakan contoh dari senyawa yang dibentuk secara ikatan ion. Apakah yang dimaksud dengan ikatan ion? Apakah perbedaan antara ikatan ion dan ikatan kovalen? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari konsep ikatan kimia di dalam bab ini.

A. Kestabilan Unsur dan Konfigurasi Elektron
B Ikatan Ion
C Ikatan Kovalen
D Ikatan pada Logam
E. Perbandingan Sifat Senyawa Ion dan Kovalen

Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang dimaksud dengan konfigurasi elektron?
2. Tuliskan konfigurasi elektron dari besi dan klorin.
3. Bagaimanakah besi dan klorin membentuk senyawa? Jelaskan.

A. Kestabilan Unsur dan Konfigurasi Elektron

Selain gas mulia, hampir semua unsur yang ada di alam terdapat sebagai *senyawa* (gabungan dua unsur atau lebih yang terikat secara ikatan kimia). Semua ini menunjukkan bahwa di alam unsur-unsur tidak stabil dalam keadaan unsur bebas. Ketidakstabilan unsur-unsur ini ada hubungannya dengan konfigurasi elektron yang dimilikinya.

Pada 1916, **G.N. Lewis** dan **Langmuir** menyatakan bahwa unsur-unsur gas mulia sukar berikatan dengan unsur lain maupun dengan unsur sejenis sebab elektron valensinya sudah penuh. Konfigurasi elektron valensi gas mulia sebanyak 8 elektron (oktet), kecuali helium 2 elektron (duplet), seperti ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Konfigurasi Elektron Unsur-Unsur Gas Mulia

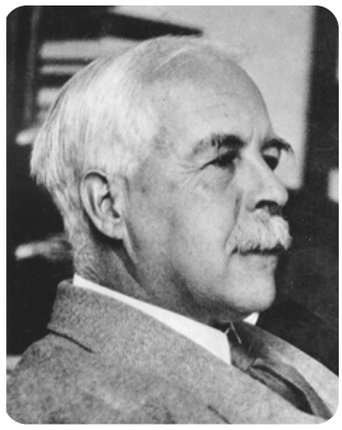
Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron
He	2	2
Ne	10	2 8
Ar	18	2 8 8
Kr	36	2 8 18 8
Xe	54	2 8 18 18 8
Rn	86	2 8 18 32 18 8

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *suatu atom yang memiliki konfigurasi elektron serupa dengan gas mulia akan stabil*. Dengan kata lain, unsur-unsur yang memiliki konfigurasi elektron tidak mirip dengan konfigurasi elektron gas mulia *tidak stabil*.

Berdasarkan hal itu, Lewis menyatakan bahwa unsur-unsur selain gas mulia dapat mencapai stabil dengan cara bersenyawa dengan unsur lain atau unsur yang sama agar konfigurasi elektron dari setiap atom itu menyerupai konfigurasi elektron gas mulia. Suatu atom dapat mencapai konfigurasi elektron gas mulia dengan cara melepaskan elektron valensi, menangkap elektron, atau menggunakan bersama elektron valensi membentuk pasangan elektron.

Sekilas Kimia

G. N. Lewis (1875–1946)



Sumber: *osulibrary.oregonstate.edu*

Lewis menjelaskan tentang ikatan kovalen didasarkan pada konfigurasi elektron gas mulia dengan delapan elektron valensi (oktet). Oleh karena itu, teori Lewis dikenal dengan teori oktet.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

Manakah di antara unsur berikut yang cenderung melepaskan elektron valensi, menangkap elektron, dan menggunakan elektron valensi secara bersamaan?

a. Unsur Na
b. Unsur C
c. Unsur N
d. Unsur O

B. Ikatan Ion

Untuk mencapai keadaan stabil, atom-atom melakukan ikatan satu sama lain dengan cara serah-terima elektron valensi membentuk ikatan ion. Senyawa yang dibentuk dinamakan *senyawa ion*. Ikatan ion terbentuk akibat adanya serah-terima elektron di antara atom-atom yang berikatan sehingga konfigurasi elektron dari atom-atom itu menyerupai konfigurasi elektron gas mulia. Adanya serah-terima elektron menghasilkan atom-atom bermuatan listrik yang berlawanan sehingga terjadi gaya tarik-menarik elektrostatik. Gaya tarik-menarik inilah yang disebut *ikatan ion*. Atom-atom yang menyerahkan elektron valensinya kepada atom pasangannya yang bermuatan positif disebut *kation*. Adapun atom-atom yang menerima elektron yang bermuatan negatif disebut *anion*.

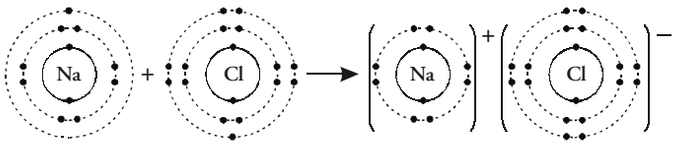
Kegiatan Inkuiri

Mengapa atom-atom logam cenderung membentuk kation, sedangkan atom-atom bukan logam membentuk anion? Diskusikan dengan teman sekelas Anda.

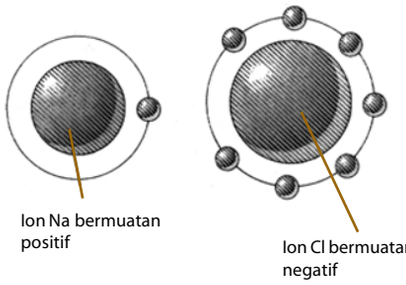
Lewis menggambarkan elektron valensi atom dengan titik yang mengelilingi lambang atomnya. Jumlah titik menyatakan jumlah elektron valensi. Penulisan seperti itu dikenal dengan *rumus titik elektron*.

Perhatikan proses pembentukan senyawa natrium klorida (NaCl) yang terbentuk dari atom natrium (Na) dan atom klorin (Cl) berikut.

$$Na + Cl \longrightarrow Na^+Cl^-$$



Atom natrium melepaskan satu elektron membentuk kation Na^+, konfigurasi elektronnya sama dengan atom neon (2 8). Pada saat bersamaan, atom klorin menerima elektron dari atom natrium membentuk anion Cl^-, konfigurasinya sama dengan atom argon (2 8 8). Oleh karena kedua ion yang terbentuk memiliki muatan berlawanan maka terjadi gaya tarik-menarik elektrostatik (gaya *coulomb*) membentuk ikatan ion (perhatikan **Gambar 3.1**).



Sumber: *Jendela IPTEK Materi*, 1997

Gambar 3.1
Ikatan Ion

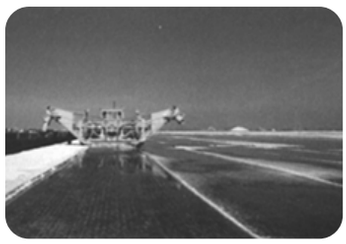
Sekilas Kimia

Garam Natrium Klorida (NaCl)

Natrium Klorida dikenal sebagai garam dapur dan merupakan senyawa ionik, suatu padatan yang rapuh dengan titik leleh tinggi. Natrium klorida bersifat menghantarkan arus listrik dalam bentuk lelehan dan larutan.

Garam dapur biasanya diproduksi di daerah pinggiran pantai. Indonesia merupakan penghasil garam dapur karena Indonesia merupakan daerah kepulauan. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya nelayan yang memproduksi garam sebagai mata pencarian sampingan.

Konsumsi dunia untuk zat ini sekitar 150 juta ton per tahun. Natrium klorida banyak diperlukan dalam pembuatan kimia anorganik dan juga digunakan untuk mencairkan es atau salju di jalan raya dan trotoar.



Sumber: *Chemistry: The Central Science*, 2000.

Pada pembentukan kation, jumlah elektron yang dilepaskan sesuai dengan nomor golongan dalam tabel periodik. Pada pembentukan anion, jumlah elektron yang diterima sama dengan delapan dikurangi nomor golongan. Perhatikanlah **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Anion dan Kation Beberapa Unsur

IA	IIA	VIA	VIIA
Li^+	Be^{2+}	O^{2-}	F^-
Na^+	Mg^{2+}	S^{2-}	Cl^-
K^+	Ca^{2+}	–	Br^-
Rb^+	Sr^{2+}	–	I^-

Mahir Menjawab

Diketahui unsur-unsur P, Q, R, S, T dengan nomor atom berturut-turut 12, 13, 14, 15 , dan 35. Ikatan ion dapat terjadi antara atom-atom unsur ....

A. P dan Q
B. Q dan R
C. R dan S
D. P dan T
E. S dan T

Pembahasan

Konfigurasi elektron:

- $_{12}P$: 2 8 2 (atom logam)
- $_{13}Q$: 2 8 3 (atom logam)
- $_{14}R$: 2 8 4 (atom semi logam)
- $_{35}T$: 2 8 18 7 (atom nonlogam)

Ikatan ion terjadi antara atom logam dan nonlogam.

Jadi, jawabannya adalah (D).

Ebtanas 1999-2000

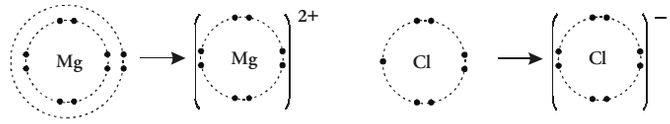
Contoh 3.1

Pembentukan Ikatan Ion

Tuliskan pembentukan ikatan ion dari magnesium dan klorin dalam senyawa $MgCl_2$.

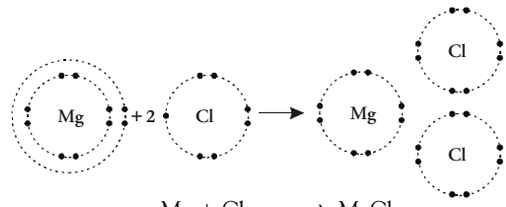
Jawab

Pada pembentukan senyawa $MgCl_2$, satu atom Mg mengikat dua atom Cl. Konfigurasi elektron $_{12}Mg$: 2 8 2. Atom Mg akan stabil jika melepaskan dua elektron valensinya membentuk Mg^{2+} (2 8). Konfigurasi elektron $_{17}Cl$: 2 8 7. Atom Cl akan stabil jika menerima satu elektron valensi menjadi Cl^- (2 8 8).



$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e$ $\qquad$ $Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$

Dengan demikian, dua elektron yang dilepaskan Mg akan diterima oleh dua atom klor. Ketiga ion ini akan tarik menarik membentuk ikatan ion.



$Mg + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2$

Untuk menjelaskan secara nyata pembentukan ikatan ion, lakukan percobaan berikut.

Kata Kunci

- Anion
- Ikatan ion
- Kation
- Senyawa ion

Aktivitas Kimia 3.1

Pembuatan Garam Natrium Klorida

Tujuan

Membuktikan ikatan ion melalui pembuatan garam dari ion natrium dan klorin.

Alat

1. Labu erlenmeyer
2. Pembakar bunsen
3. Gelas kimia
4. Cawan penguap
5. kaki tiga
6. kasa
7. spatula

Bahan

1. HCl 10 mL
2. NaOH 10 mL
3. Larutan indikator
4. Air

Langkah Kerja

1. Tuangkan 10 mL HCl encer ke dalam labu erlenmeyer.
2. Campurkan dengan 10 mL larutan NaOH.
3. Amati warna yang terjadi.
4. Jika warnanya masih merah, tambahkan beberapa tetes natrium hidroksida sampai netral. Amati warna yang dihasilkan.
5. Aduk labu setiap menambahkan NaOH.
6. Cek larutan yang dihasilkan dengan larutan indikator.
7. Tuangkan larutan garam netral tersebut pada gelas kimia. Kemudian, panaskan sampai terbentuk kristal garam.
8. Letakkan kristal garam tersebut pada cawan penguap.

Pertanyaan

1. Apakah yang dapat Anda amati ketika larutan menjadi netral?
2. Apakah nama garam yang Anda buat?
3. Dapatkah Anda menggambarkan pembentukan garam dengan menuliskan reaksinya?
4. Jelaskan jenis ikatan garam yang terjadi.

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Gambarkan pembentukan ikatan ion antara magnesium dan oksigen.
2. Gambarkan pembentukan ikatan ion antara aluminium dan klorin.
3. Berapakah jumlah atom natrium yang diperlukan untuk membentuk senyawa ion dengan belerang?
4. Mengapa unsur-unsur golongan IA dan IIA cenderung melepaskan elektron valensi membentuk kation, sedangkan unsur-unsur golongan VIA dan VIIA cenderung menerima elektron membentuk anion?

C. Ikatan Kovalen

Unsur-unsur logam dan bukan logam cenderung membentuk senyawa ion untuk mencapai keadaan stabil melalui serah-terima elektron sehingga tercapai konfigurasi elektron seperti gas mulia. Di alam, banyak senyawa yang terbentuk dari unsur-unsur bukan logam seperti gas oksigen (O_2), nitrogen (N_2), dan metana (CH_4). Bagaimanakah molekul-molekul tersebut dibentuk?

1. Ikatan Kovalen

Menurut Lewis, atom-atom bukan logam dapat membentuk ikatan dengan atom-atom bukan logam melalui penggunaan bersama pasangan elektron valensinya. Apa yang dimaksud dengan *penggunaan bersama pasangan elektron valensi*? Mengapa ikatan antar-atom bukan logam tidak melalui serah-terima elektron?

Kegiatan Inkuiri

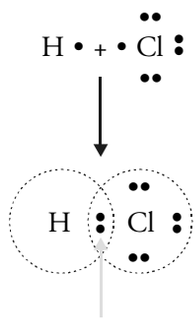
Bandingkan energi ionisasi dan afinitas elektron atom-atom bukan logam. Manakah yang lebih mungkin dicapai oleh atom-atom itu untuk membentuk konfigurasi elektron seperti gas mulia?

Tabel 3.3 Beberapa Unsur Bukan Logam yang Dapat Membentuk Ikatan Kovalen

IA	IVA	VA	VIA	VIIA
H	C	N	O	F
		P	S	Cl
				Br
				I

Atom-atom bukan logam umumnya berada pada golongan VA–VIIA, artinya atom-atom tersebut memiliki elektron valensi banyak (5–7). Jika elektron valensinya banyak, apakah yang akan dilakukan atom-atom golongan VA–VIIA untuk mencapai konfigurasi elektron seperti gas mulia?

Untuk mencapai konfigurasi elektron seperti gas mulia, atom-atom cenderung mengadakan saham (saling menyumbang), setiap atom menyumbang elektron valensi untuk digunakan bersama. Ikatan yang terbentuk melalui penggunaan bersama pasangan elektron valensi dinamakan *ikatan kovalen*. Senyawa yang dibentuk dinamakan *senyawa kovalen*. Untuk menyatakan elektron valensi dalam ikatan kovalen, Lewis menggunakan rumus titik elektron.



Sepasang elektron valensi yang digunakan bersama membentuk ikatan kovalen, dinyatakan dengan rumus titik elektron.

Gambar 3.2
Pembentukan ikatan kovalen tunggal pada molekul HCl

2. Ikatan Kovalen Tunggal

Ikatan kovalen tunggal adalah ikatan yang terbentuk dari penggunaan bersama *sepasang elektron* (setiap atom memberikan saham satu elektron untuk digunakan bersama).

Contoh:
Atom H dapat berikatan kovalen dengan Cl membentuk HCl. Perhatikan konfigurasi elektron atom H dan Cl berikut.

$$_{1}H = 1 \text{ dan } _{17}Cl = 2\ 8\ 7$$

Agar elektron valensi atom H mirip dengan atom He (2) maka diperlukan satu elektron. Demikian pula atom Cl, agar mirip dengan konfigurasi elektron atom Ar (2 8 8), diperlukan satu elektron.

Oleh karena kedua atom tersebut *masing-masing memerlukan satu elektron* maka cara yang paling mungkin adalah setiap atom memberikan satu elektron valensi untuk membentuk sepasang elektron ikatan. Perhatikan **Gambar 3.2**.

Kata Kunci
- Ikatan kovalen
- Pasangan elektron valensi
- Senyawa kovalen

Contoh 3.1

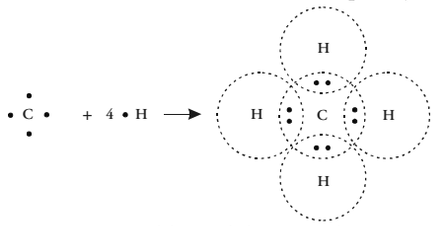
Pembentukan Ikatan Kovalen Tunggal

Tuliskan pembentukan ikatan kovalen tunggal antara atom C dan H dalam molekul CH_4.

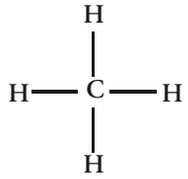
Jawab

Konfigurasi elektron atom $_{1}H = 1$.
Konfigurasi elektron atom $_{6}C = 2\ 4$.
Atom C akan stabil jika mengikat empat elektron membentuk konfigurasi mirip dengan atom Ne(2 8). Empat elektron ini dapat diperoleh dengan cara menyumbangkan empat atom H. Jadi, setiap atom H memberikan saham 1 elektron valensinya.

Proses pembentukan ikatan antara atom C dan H dapat dijelaskan sebagai berikut:



Pada CH_4, setiap atom H memiliki 2 elektron valensi (seperti He) dan atom C memiliki 8 elektron valensi (seperti Ne). Dalam molekul CH_4 terdapat 4 pasang elektron ikatan atau 4 ikatan kovalen tunggal.



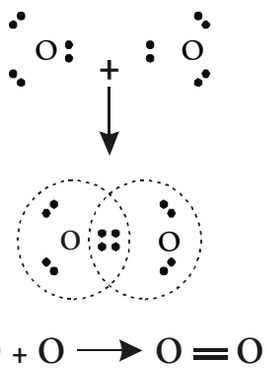
Gambar 3.3
Garis yang menyatakan pasangan elektron ikatan.

Sepasang elektron ikatan dapat dinyatakan dengan satu garis. Misalnya, pada molekul HCl, sepasang elektron ikatan dapat dituliskan dalam bentuk H–Cl. Pada molekul CH_4, keempat pasang elektron ikatan dapat dituliskan dalam bentuk seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.

3. Ikatan Kovalen Rangkap

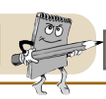
Dalam ikatan kovalen, selain ikatan kovalen tunggal juga terdapat ikatan kovalen rangkap dua dan rangkap tiga. Ikatan kovalen rangkap dua terbentuk dari dua elektron valensi yang disahamkan oleh setiap atom, misalnya pada molekul O_2. Ikatan kovalen rangkap tiga terbentuk dari tiga elektron valensi yang disahamkan oleh setiap atom, misalnya dalam molekul N_2.

Dapatkah Anda menggambarkan pembentukan ikatan kovalen rangkap dua dan rangkap tiga pada molekul O_2 dan N_2? Konfigurasi elektron atom ${}_8O = 2\ 6$. Atom O akan stabil jika konfigurasi elektronnya serupa dengan ${}_{10}Ne = 2\ 8$. Agar stabil maka atom O memerlukan 2 elektron tambahan. Kedua elektron ini diperoleh dengan cara patungan 2 elektron valensi dari masing-masing atom O membentuk ikatan kovalen rangkap dua (perhatikan **Gambar 3.4**).



Gambar 3.4
Pembentukan ikatan kovalen rangkap dua dalam molekul O_2

Kegiatan Inkuiri



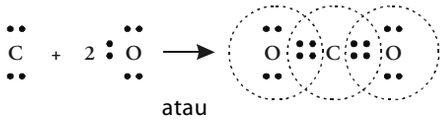
Bagaimanakah proses pembentukan ikatan kovalen rangkap tiga dalam molekul N_2 dan C_2H_1?

Contoh 3.2

Ikatan Kovalen Rangkap

Gambarkan pembentukan ikatan kovalen rangkap dua dalam molekul CO_2.

Jawab



atau

$$C + 2\,O \longrightarrow O = C = O$$

Konfigurasi elektron atom ${}_6C = 2\ 4$.
Untuk membentuk konfigurasi Ne (2 8), diperlukan 4 elektron tambahan. Ke-4 elektron ini diperoleh dari atom O. Setiap atom O menyumbang 2 elektron valensi sehingga membentuk dua buah ikatan kovalen rangkap dua.

Berdasarkan uraian dan contoh soal tersebut, dapatkah Anda menyimpulkan hubungan jumlah ikatan rangkap dengan nomor golongan dalam sistem periodik?

Contoh:
Atom N yang terdapat dalam golongan VA membentuk ikatan kovalen rangkap tiga. Atom O dan S yang terdapat dalam golongan VIA membentuk ikatan kovalen rangkap dua. Atom halogen (F, Cl, Br, I) membentuk ikatan kovalen tunggal.

Kegiatan Inkuiri

Buatlah kesimpulan hubungan antara jumlah ikatan kovalen dan nomor golongan dalam sistem periodik.

4. Ikatan Kovalen Polar

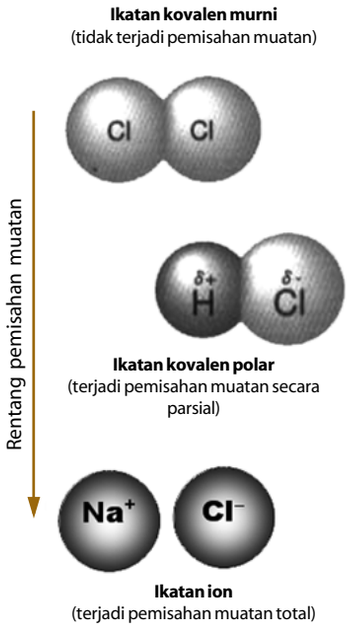
Dalam molekul diatom homointi, seperti H_2, Cl_2, N_2, O_2, dan sejenisnya, kedua inti atom saling menarik pasangan elektron dengan ikatan sama besar sebab skala keelektronegatifan setiap atomnya sama. Untuk mengingat skala keelektronegatifan atom, simak kembali Bab Sistem Periodik Unsur-Unsur.

Apakah yang terjadi jika atom H dan atom Cl berikatan? Anda tahu bahwa atom Cl lebih elektronegatif daripada atom H. Kelektronegatifan Cl = 3,0 dan H =2,1. Oleh karena atom Cl memiliki daya tarik terhadap pasangan elektron yang digunakan bersama lebih kuat maka pasangan elektron tersebut akan lebih dekat ke arah atom klorin. Apa akibatnya terhadap atom H maupun atom Cl dalam molekul HCl jika pasangan elektron pada ikatan itu lebih tertarik kepada atom klorin?

Gejala tersebut menimbulkan terjadinya *pengkutuban muatan*. Oleh karena pasangan elektron ikatan lebih dekat ke arah atom Cl maka atom Cl akan kelebihan muatan negatif. Dengan kata lain, atom Cl membentuk *kutub negatif*. Akibat bergesernya pasangan elektron ikatan ke arah atom Cl maka atom H akan kekurangan muatan negatif sehingga atom H akan membentuk *kutub positif*.

Oleh karena molekul HCl bersifat netral maka besarnya muatan negatif pada atom Cl harus sama dengan muatan positif pada atom H. Selain itu, kutub positif dan kutub negatif dalam molekul kovalen *bukan* pemisahan muatan total seperti pada ikatan ion, melainkan secara *parsial*, dilambangkan dengan δ.

Jika dalam suatu ikatan kovalen terjadi pengkutuban muatan maka ikatan tersebut dinamakan ikatan kovalen polar. Molekul yang dibentuknya dinamakan *molekul polar*. Sebaran muatan elektron pada molekul polar terdapat di antara rentang ikatan kovalen murni seperti H_2 dan ikatan ion seperti NaCl, perhatikan **Gambar 3.5.** Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa dalam molekul-molekul kovalen polar terjadi pemisahan muatan secara parsial akibat perbedaan keelektronegatifan dari atom-atom yang membentuk molekul.



Gambar 3.5
Rentang kepolaran ikatan berada di antara ikatan kovalen murni dan ikatan ion.

Bagaimana menentukan bahwa suatu molekul tergolong kovalen nonpolar atau kovalen polar? Untuk menjawab masalah ini diperlukan pengetahuan tentang keelektronegatifan unsur-unsur.

Kepolaran molekul berkaitan dengan kemampuan suatu atom dalam molekul untuk menarik pasangan elektron ikatan ke arahnya. Kemampuan tersebut dinyatakan dengan skala keelektronegatifan. Selisih nilai keelektronegatifan dua buah atom yang berikatan kovalen memberikan informasi tentang ukuran kepolaran dari ikatan yang dibentuknya. Jika selisih keelektronegatifan nol atau sangat kecil, ikatan yang terbentuk cenderung kovalen murni. Jika selisihnya besar, ikatan yang terbentuk polar. Jika selisihnya sangat besar, berpeluang membentuk ikatan ion. Selisih keelektronegatifan antara atom H dan H (dalam molekul H_2); atom H dan Cl (dalam HCl); dan atom Na dan Cl (dalam NaCl) berturut-turut adalah 0; 0,9; dan 2,1.

Kata Kunci

- Keelektronegatifan
- Kepolaran
- Koordinasi

Contoh 3.4

Menentukan Kepolaran Senyawa

Manakah di antara senyawa berikut yang memiliki kepolaran tinggi?

a. CO b. NO c. HCl

Jawab

Keelektronegatifan setiap atom adalah

C = 2,5; O = 3,5; N = 3,0; Cl = 3,0; H = 2,1

Pada molekul CO, selisih keelektronegatifannya adalah 3,5 – 2,5 = 1,0.

Pada molekul NO, selisih keelektronegatifannya adalah 3,5 – 3,0 = 0,5.

Pada molekul HCl, selisih keelektronegatifannya adalah 3,0 – 2,1 = 0,9.

Jadi, kepolaran molekul dapat diurutkan sebagai berikut: CO > HCl > NO.

Aktivitas Kimia 3.2

Membuktikan Kepolaran Molekul

Tujuan

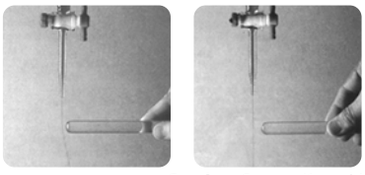
Membuktikan kepolaran suatu molekul atau senyawa polar yang memiliki muatan parsial.

Alat

1. Buret
2. Batang fiber/sisir plastik
3. Kain wol

Bahan

1. Metanol
2. Bensin
3. Air
4. Benzena



Sumber: *Sougou Kagashi*

Langkah Kerja

1. Alirkan setiap senyawa (metanol, bensin, air, dan benzena) melalui buret secara bergantian.
2. Pasang batang fiber atau sisir yang digosok-gosokkan pada kain wol terhadap jalannya aliran senyawa.
3. Amati apa yang terjadi.

Pertanyaan

1. Senyawa manakah yang menunjukkan senyawa polar?
2. Mengapa senyawa kovalen polar dapat dibelokkan ke arah batang fiber atau sisir yang telah digosok-gosokkan pada kain?
3. Apa yang dapat Anda simpulkan dari analisis percobaan tersebut?

5. Ikatan Kovalen Koordinasi

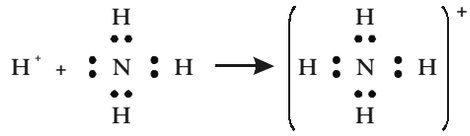
Dalam ikatan kovalen terjadi penggunaan bersama pasangan elektron valensi untuk mencapai konfigurasi elektron seperti gas mulia (oktet atau duplet). Jika pasangan elektron yang dipakai pada ikatan kovalen berasal hanya dari salah satu atom, mungkinkah ini terjadi?

Berdasarkan gejala kimia, ternyata ada senyawa kovalen yang memiliki sepasang elektron untuk digunakan bersama yang berasal dari salah satu atom. Ikatan seperti ini dinamakan *ikatan kovalen koordinasi*.

Kegiatan Inkuiri

Buatlah kesimpulan definisi dari ikatan kovalen koordinasi.

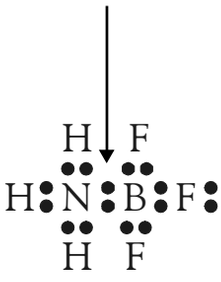
Tinjau ion amonium, NH_4^+. Ion ini dibentuk dari amonia (NH_3) dan ion hidrogen melalui ikatan kovalen koordinasi, seperti yang ditunjukkan berikut ini.

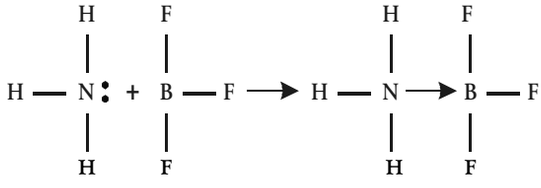


Pada ion amonium, sepasang elektron yang digunakan bersama antara atom nitrogen dan ion H^+ berasal dari atom nitrogen. Jadi, dalam ion amonium terdapat ikatan kovalen koordinasi.

Jika ikatan kovalen dinyatakan dengan garis maka ikatan kovalen koordinasi dinyatakan dengan anak panah. Arah anak panah yaitu dari atom yang menyediakan pasangan elektron menuju atom yang menggunakan pasangan elektron tersebut. Perhatikan reaksi berikut.

Ikatan kovalen koordinasi





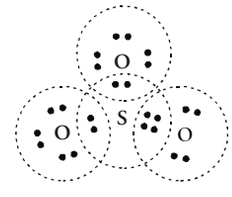
Contoh 3.5

Menentukan Ikatan Kovalen Koordinasi

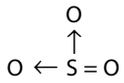
Pada struktur senyawa SO_3, manakah yang merupakan ikatan kovalen koordinasi?

Jawab

Pada senyawa SO_3, atom S mengikat 3 atom O.
Konfigurasi elektron $_{16}S$: 2 8 6
Konfigurasi elektron $_8O$: 2 6
Untuk mencapai konfigurasi oktet, atom S kekurangan 2 elektron, demikian pula atom O. Salah satu atom O mengadakan saham 2 elektron dengan atom S membentuk ikatan rangkap dua. Oleh karena S dan O



sudah mencapai oktet maka kedua atom O yang lain menggunakan pasangan elektron dari atom S untuk berikatan membentuk ikatan kovalen koordinasi. Dalam bentuk garis diungkapkan sebagai berikut.



Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa unsur-unsur logam seperti Na, K, Ca, atau Mg tidak membentuk ikatan kovalen dengan atom-atom golongan VIA atau VIIA? Jelaskan berdasarkan pendekatan energi.
2. Gambarkan pembentukan ikatan kovalen tunggal antara atom Cl dan Cl dalam molekul Cl_2.
3. Gambarkan ikatan kovalen yang terbentuk dari atom $_6C$ dan $_1H$ dalam molekul:
   a. $_2HCCH_2$ atau C_2H_4
   b. HCCH atau C_2H_2
4. Gambarkan pembentukan ikatan kovalen rangkap tiga dari molekul N_2.
5. Berapakah jumlah ikatan kovalen yang dapat dibentuk oleh atom fosfor (P), belerang (S), dan iodin (I)?
6. Urutkan tingkat kepolaran dari molekul-molekul berikut.
   a. HBr
   b. N_2
   c. FBr
   d. HF
7. Syarat apakah yang diperlukan agar terbentuk ikatan kovalen koordinasi dalam suatu molekul?
8. Tentukan apakah dalam molekul berikut mengandung ikatan kovalen koordinasi atau tidak.
   a. SO_2
   b. H_2O
   c. H_2S

D. Ikatan pada Logam

Logam dan bukan logam membentuk ikatan ion, bukan logam dan bukan logam membentuk ikatan kovalen. Ikatan apa yang terjadi jika atom logam dan atom logam berikatan? Atom logam dan atom logam membentuk kristal logam. Kristal logam yang Anda lihat sehari-hari, seperti logam besi, tembaga, dan aluminium memiliki ikatan logam pada atom-atomnya (perhatikan **Gambar 3.6**).

Gambar 3.6
Beberapa jenis logam

Sumber: *www.ndt-ed.org*

Ikatan pada logam berbeda dengan ikatan kimia lainnya sebab elektron-elektron dalam kristal logam bergerak bebas. Berikut ini dipaparkan sifat-sifat fisik logam.

Catatan *Note*

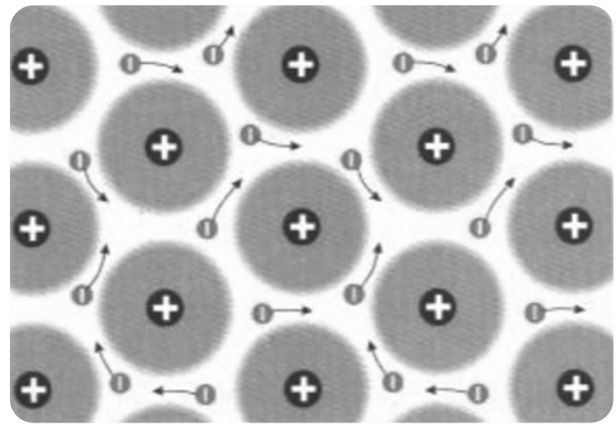
Bayangkan di suatu belahan bumi ada sekumpulan pulau kecil dikelilingi oleh lautan. Pulau-pulau sebagai kation dan air laut sebagai elektron valensi.

Imagine if a part of the Earth has a group of islands rounded by the ocean. Islands are cation and the ocean is valence electron.

1. Teori Lautan Elektron

Terdapat beberapa teori yang menerangkan ikatan pada logam, di antaranya adalah *teori lautan elektron* dan *teori pita*. Khusus untuk teori pita tidak dibahas di sini sebab memerlukan pengetahuan tentang ikatan kovalen dengan pendekatan teori Mekanika Kuantum.

Teori ikatan logam kali pertama dikembangkan oleh **Drude** (1902), kemudian diuraikan oleh **Lorentz** (1916) sehingga dikenal dengan teori *elektron bebas* atau *teori lautan elektron dari Drude-Lorentz*. Menurut teori ini, kristal logam tersusun atas kation-kation logam yang terpateri di tempat (tidak bergerak) dikelilingi oleh lautan elektron valensi yang bergerak bebas dalam kisi kristal (perhatikan **Gambar 3.7**). *Ikatan logam terbentuk antara kation-kation logam dan elektron valensi.*

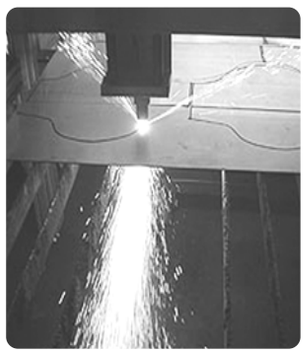


Gambar 3.7
Kation-kation logam yang kaku dikelilingi lautan elektron valensi yang bergerak bebas.

Sumber: *Sougou Kagashi*

Elektron-elektron valensi logam bergerak bebas dan mengisi ruang-ruang di antara kisi-kisi kation logam yang bermuatan positif. Oleh karena bergerak bebas, elektron-elektron valensi dapat berpindah jika dipengaruhi oleh medan listrik atau panas.

Apakah Anda percaya dan yakin bahwa teori ini dapat diterima kebenaranya? Tentu Anda tidak akan percaya begitu saja jika tidak ada bukti. Suatu teori dapat diterima jika teori itu mampu menjelaskan gejala atau fakta secara sederhana.



Sumber: *rtg store.com*

Gambar 3.8
Kilap logam akan hilang saat logam dipotong dengan sinar laser.

2. Sifat Mengkilap Logam

Fakta menunjukkan bahwa logam mengkilap. Bagaimana teori di atas menjelaskan fakta ini?

Menurut teori *Drude-Lorentz*, jika cahaya tampak (*visible*) jatuh pada permukaan logam, sebagian elektron valensi logam akan tereksitasi. Ketika elektron yang tereksitasi itu kembali ke keadaan dasar akan disertai pembebasan energi dalam bentuk cahaya atau kilap. Peristiwa ini menimbulkan sifat mengkilap pada permukaan logam. *Apakah penjelasan ini dapat diterima?*

3. Konduktor Listrik dan Panas

Semua logam bersifat konduktor (penghantar) listrik dan panas yang baik. Bagaimana teori tersebut menjelaskan fakta ini?

Daya hantar listrik pada logam disebabkan oleh adanya elektron valensi yang bergerak bebas dalam kristal logam. Jika listrik dialirkan melalui logam, elektron-elektron valensi logam akan membawa muatan listrik ke seluruh logam dan bergerak menuju potensial yang lebih rendah sehingga terjadi aliran listrik dalam logam.

Sumber: *pikiran-rakyat.com*

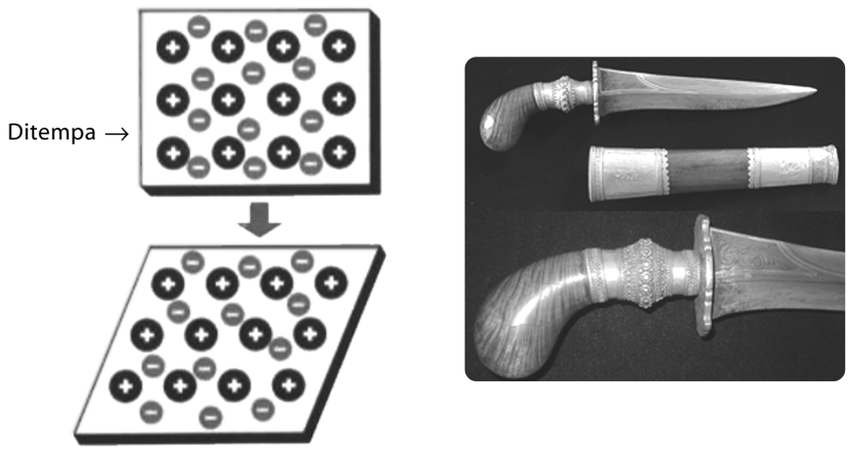
Gambar 3.9
Sifat konduktor logam digunakan pada jaringan PLN

Jika sejumlah kalor (panas) diserap oleh logam, elektron-elektron valensi logam akan bergerak lebih cepat dan elektron-elektron tersebut membawa sejumlah kalor yang diserap. Akibatnya, kalor dapat didistribusikan oleh logam ke seluruh kristal logam sehingga logam menjadi panas.

4. Lentur (Tidak Kaku)

Logam memiliki sifat lentur (mudah ditempa, dibengkokkan, tetapi tidak mudah patah). Bagaimana fakta ini dapat dijelaskan?

Kisi-kisi kation bersifat kaku (tetap di tempat), sedangkan elektron valensi logam bergerak bebas. Jika logam ditempa atau dibengkokkan terjadi pergeseran kation-kation, tetapi pergeseran ini tidak menyebabkan patah karena selalu dikelilingi oleh lautan elektron (perhatikan **Gambar 3.10**).

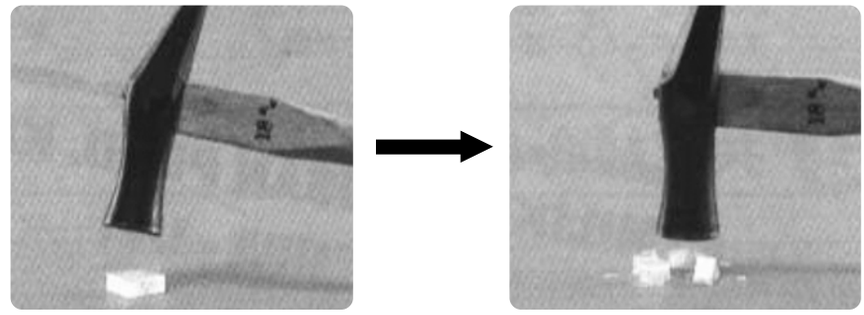


Sumber: *Sougou Kagashi; www.eriksedge.com*

Gambar 3.10
Kristal logam pada pisau jika ditempa tidak akan mudah patah.

Sebagai pembanding, tinjaulah kristal ion, misalnya NaCl. Dalam kristal NaCl, kisi kation maupun elektron valensi tidak dapat bergerak (berada pada posisinya).

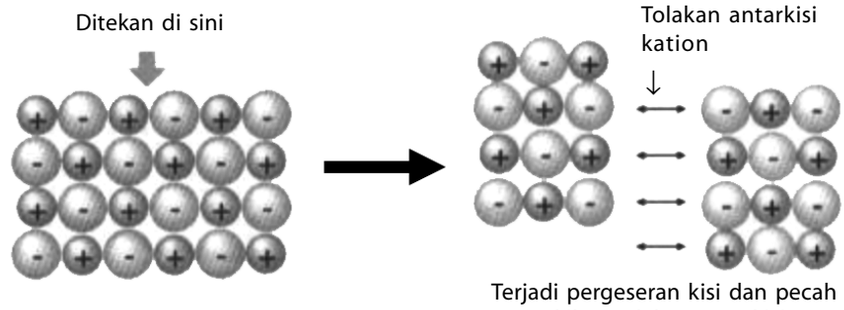
Gambar 3.11
Jika kristal ion NaCl ditempa, akan pecah menjadi serbuk.



Sumber: *Sougou Kagashi*

Pada saat kristal NaCl ditekan, terjadi pergeseran kisi. Kisi-kisi kation akan bersinggungan dengan kisi-kisi kation lainnya sehingga terjadi tolak-menolak (perhatikan **Gambar 3.12**). Tolakan antarkisi ini menimbulkan perpecahan antarkisi, yang akhirnya kristal akan pecah menjadi serbuk (perhatikan **Gambar 3.11**).

Gambar 3.12
Kristal ion jika ditempa akan pecah.



Tes Kompetensi Subbab D

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Kemukakan kembali teori lautan elektron dengan kalimat Anda sendiri.
2. Bagaimanakah teori lautan elektron menjelaskan sifat kilap dari logam? Apakah Anda memiliki pandangan lain? Kemukakan pendapat Anda.
3. Benarkah elektron-elektron dalam logam bergerak bebas? Dapatkah Anda membuktikan, kemukakan caranya.
4. Mengapa logam jika ditumbuk tidak patah melainkan menjadi pipih, sedangkan NaCl (garam dapur) menjadi bubuk? Jelaskan.
5. Temukan perbedaan antara ikatan logam dan ikatan ion. Adakah kesamaannya?

E. Perbandingan Sifat Senyawa Ion dan Kovalen

Oleh karena ikatan ion dan ikatan kovalen berbeda dalam proses pembentukannya maka senyawa yang dibentuknya juga memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang berbeda. Berikut ini akan dibahas beberapa perbedaan sifat fisika senyawa ion dan senyawa kovalen, seperti kemudahan menguap (*volatile*), daya hantar listrik, dan kelarutan.

1. Kemudahan Menguap

Jika di dapur terdapat cuka (senyawa kovalen) dan garam dapur (senyawa ion), senyawa mana yang akan tercium baunya? Tentu yang tercium adalah cuka. Mengapa garam dapur tidak tercium baunya?

Jika Anda merasakan bau sesuatu, berarti ada gas atau uap dari suatu zat yang masuk ke hidung Anda. Uap tersebut tentu berasal dari zat yang ada di sekitar Anda. Jika suatu zat berwujud padat atau cair tercium baunya, berarti zat tersebut mudah menguap atau memiliki titik didih relatif rendah pada tekanan normal. Pada kasus tersebut, cuka mudah menguap dibandingkan garam dapur. Titik didih cuka 119°C dan garam dapur 1.517°C. Kemudahan menguap dari suatu zat berhubungan dengan gaya tarik antarmolekul.

Aktivitas Kimia 3.3

Membandingkan Sifat Fisik (Kemudahan Menguap)
Senyawa Ion dan Senyawa Kovalen

Tujuan

Membandingkan kemudahan menguap garam dapur (senyawa ion) dan naftalena (senyawa kovalen) .

Alat

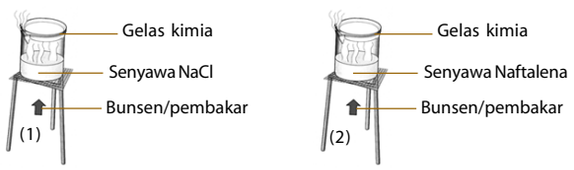
1. Cawan penguap
2. Gelas kimia
3. Bunsen

Bahan

1. NaCl (garam dapur)
2. Naftalena

Langkah Kerja

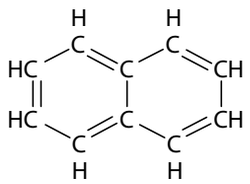
1. Siapkan wadah berisi air, kemudian masukkan NaCl ke dalam wadah 1 dan naftalena ke dalam wadah 2.



2. Uapkan setiap senyawa NaCl dan naftalena pada wadah berisi air dengan waktu yang sama.
3. Amati apa yang terjadi.
4. Bandingkan zat mana yang lebih mudah menguap.
5. Pindahkan kristal yang terbentuk ke cawan penguap.

Pertanyaan

1. Apa yang terjadi pada saat beberapa lama mulai dilakukan pemanasan.
2. Senyawa manakah yang lebih mudah menguap? Mengapa?
3. Apa yang dapat Anda simpulkan dari percobaan tersebut?



Gambar 3.13
Struktur molekul naftalena

Gaya tarik antarmolekul harus dibedakan dengan ikatan antaratom dalam molekul. Gaya tarik antarmolekul adalah antaraksi antarmolekul yang berdampak pada wujud zat bersangkutan, sedangkan ikatan antar-atom adalah antaraksi antara atom-atom yang membentuk molekul atau senyawa.

Gaya tarik antarmolekul dalam senyawa kovalen relatif lemah dibandingkan senyawa ion. Akibatnya, senyawa kovalen pada umumnya mudah menguap dibandingkan senyawa ion, kecuali senyawa kovalen yang membentuk jaringan raksasa, seperti intan dan grafit.

Kemudahan menguap dari senyawa kovalen banyak dimanfaatkan sebagai parfum atau *deodorant*. Sejumlah kecil senyawa kovalen yang dicampurkan ke dalam produk komersial memberikan bau yang harum. **Gambar 3.14** dan **Gambar 3.15** menunjukkan contoh-contoh produk komersial yang mengandung senyawa kovalen.

Gambar 3.14
Produk-produk komersial yang mengandung senyawa kovalen.

Sumber: *health-report.co.uk*

Gambar 3.15
Senyawa kovalen banyak diaplikasikan dalam produk kosmetik.

2. Daya Hantar Listrik

Logam dapat menghantarkan arus listrik disebabkan oleh elektron-elektronnya bergerak bebas di seluruh kisi logam. Apakah senyawa ion dan senyawa kovalen dapat menghantarkan arus listrik? Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut, Anda dapat mempelajari kegiatan penyelidikan berikut.

Serbuk NaCl dimasukkan ke dalam cawan pijar dan dihubungkan dengan alat uji hantaran listrik. Berdasarkan penyelidikan, diperoleh data sebagai berikut.

1. Dalam wujud padat, senyawa ion tidak dapat menghantarkan listrik, tetapi dalam wujud cair (meleleh) dapat menghantarkan arus listrik.
2. Senyawa kovalen, baik dalam keadaan padat maupun cairan tidak dapat menghantarkan arus listrik. Mengapa terjadi gejala seperti itu?

Dalam bentuk padatan, senyawa ion membentuk kisi-kisi kristal yang kaku. Dalam hal ini, kation dan anion berantaraksi sangat kuat satu dan lainnya sehingga tidak dapat bergerak bebas. Oleh karena kation dan anion tidak dapat bergerak melainkan hanya bergetar di tempat, akibatnya tidak ada spesi yang dapat menghantarkan arus listrik. Ketika senyawa ion dilelehkan, antaraksi antara kation dan anion melemah dan dapat bergerak lebih leluasa. Akibatnya, jika arus listrik dilewatkan, ion-ion tersebut dapat menghantarkan arus listrik dari potensial tinggi ke potensial rendah.

Pada senyawa kovalen, baik bentuk padatan maupun cairannya bersifat netral. Artinya, tidak terjadi pemisahan atom-atom membentuk ion yang bermuatan listrik, melainkan tetap sebagai molekul kovalen. Oleh karena dalam senyawa kovalen tidak ada spesi yang bermuatan listrik maka arus listrik yang dikenakan pada senyawa kovalen tidak dapat dialirkan.

3. Kelarutan

Bagaimana kelarutan senyawa kovalen dan senyawa ion di dalam pelarut tertentu? Untuk mengetahui kelarutan senyawa-senyawa itu, Anda dapat mempelajari penyelidikan berikut.

Setiap tiga macam zat terlarut, NaCl, naftalena, dan gula dimasukkan pada tiga macam pelarut, misalnya air, alkohol, dan benzena sehingga diperoleh 9 macam larutan.

Data hasil pengamatan

	NaCl	$C_{10}H_8$	Gula
Air	✓		✓
Alkohol			✓
Benzena		✓	

Berdasarkan hasil penyelidikan diketahui bahwa:

1. senyawa NaCl (senyawa ion) larut dalam pelarut air, tetapi tidak larut dalam pelarut organik seperti alkohol dan benzena;
2. naftalena larut dalam benzena, tetapi tidak larut dalam air maupun alkohol;
3. gula pasir larut dalam air dan alkohol, tetapi tidak larut dalam pelarut benzena.

Apa yang dapat Anda simpulkan tentang data tersebut? Bagaimana menjelaskan fakta tersebut? Pada umumnya, senyawa ion tidak larut dalam pelarut organik, tetapi larut dalam air walaupun ada juga yang kurang bahkan tidak larut dalam air. Beberapa senyawa ion yang larut dan tidak larut dalam air ditunjukkan pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Aturan Empirik Kelarutan Senyawa Ionik dalam Air

Kation	Anion	Kelarutan dalam Air	Kecuali
Na^+, K^+, NH_4^+	CH_3COO^-, NO_3^-	Larut	Pb^{2+}, Ag^+
	F^-, Cl^-, Br^-, I^-		Hg^+
	SO_4^{2-}		Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}
	CO_3^{2-}, PO_4^{3}	Tidak larut	Na^+, K^+, NH_4^+
	S^{2-}, OH^-		Na^+, K^+, Ca^{2+}

Mengapa gula pasir ($C_{12}H_{22}O_{11}$) larut dalam air dan alkohol, tetapi tidak larut dalam benzena, sedangkan naftalena larut dalam benzena, tetapi tidak larut dalam air maupun alkohol? Gula pasir dan naftalena, keduanya senyawa kovalen. Bedanya, gula pasir merupakan senyawa kovalen polar, sedangkan naftalena kovalen murni (nonpolar). Selain itu, air dan alkohol juga polar, sedangkan benzena nonpolar.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada umumnya *senyawa kovalen polar akan larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa kovalen nonpolar akan larut dalam pelarut yang juga nonpolar*. Alkohol yang bersifat kovalen polar akan larut dalam air yang juga bersifat polar dan alkohol tidak akan larut dalam pelarut benzena.

Perbedaan utama antara senyawa ion dan senyawa kovalen dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3.5 Sifat-Sifat Fisika Senyawa Ion dan Senyawa Kovalen

No.	Sifat-sifat Fisika	Senyawa Ion	Senyawa Kovalen
1	Titik didih dan titik leleh	Tinggi	Rendah
2	Konduktivitas listrik	Sebagai konduktor dalam bentuk lelehan atau larutan dalam air	Bukan konduktor dalam setiap keadaan
3	Kelarutan dalam air	Umumnya larut	Senyawa kovalen polar
4	Kelarutan dalam pelarut polar	Tidak larut	Umumnya larut dalam air dan pelarut polar
5	Kelarutan dalam pelarut nonpolar	Tidak larut	Senyawa kovalen nonpolar umumnya larut

Tes Kompetensi Subbab E

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

Simak tabel berikut yang menyatakan sifat-sifat fisika senyawa.

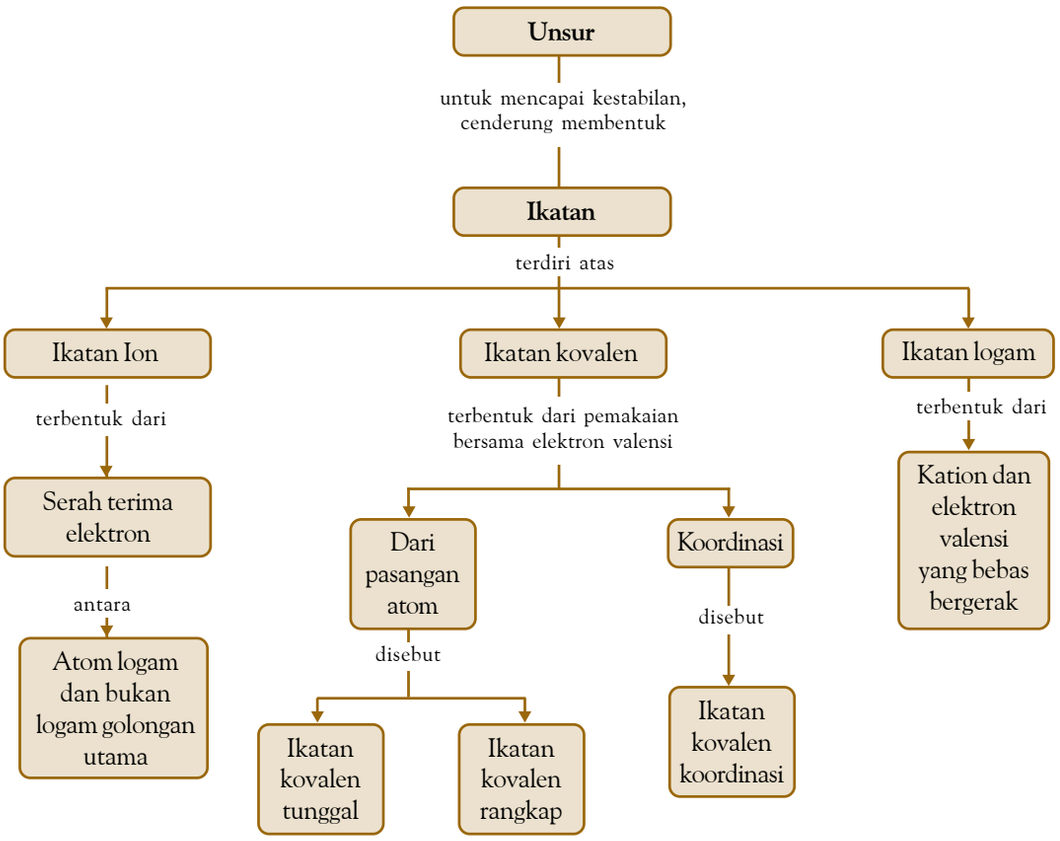
Zat	Konduktivitas Listrik	Titik Didih (°C)	Kelarutan dalam Bensin	Kelarutan dalam Air
P	Konduktor jika meleleh	1.413	Tidak larut	Larut baik
Q	Insulator	444	Tidak larut	Larut
R	Insulator	80	Larut baik	Tidak larut
S	Insulator	3.524	Tidak larut	Tidak larut

1. Berdasarkan tabel tersebut, manakah:
   a. senyawa ion?
   b. senyawa kovalen polar dan nonpolar?
   c. senyawa kovalen dengan struktur sangat besar (raksasa)?
   d. senyawa yang mudah menguap?
2. Detergen bubuk mengandung senyawa ion, tetapi ketika kemasannya dibuka tercium bau khas? Berikan penjelasan.

Rangkuman

1. Konfigurasi elektron yang stabil terdiri atas delapan elektron pada kulit terluar (oktet) sebagaimana yang dimiliki oleh atom-atom gas mulia, kecuali helium (dua elektron).
2. Menurut teori oktet, untuk mencapai keadaan stabil dari unsur-unsur dapat terjadi melalui penerimaan atau pelepasan satu/lebih elektron atau melalui penggunaan bersama pasangan elektron untuk membentuk ikatan suatu senyawa.
3. Lambang Lewis digunakan untuk menjelaskan ikatan kimia antara atom-atom. Rumus yang disusun menggunakan lambang Lewis dinamakan rumus Lewis atau rumus titik-elektron. Lambang tersebut berguna dalam menerangkan ikatan kimia.
4. Ikatan ion terbentuk akibat gaya elektrostatik antara ion-ion berlawanan muatan yang terjadi karena adanya serah terima elektron dari satu atom ke atom lain sebagai pasangannya.
5. Menurut Lewis, ikatan kovalen yang terjadi pada atom yaitu dengan cara membentuk pasangan elektron yang disumbangkan oleh kedua atom dan menjadi milik bersama atom-atom yang berikatan.
6. Pada umumnya, jumlah ikatan yang dapat dibentuk oleh suatu atom sama dengan jumlah elektron yang tidak berpasangan menurut aturan Lewis atau sama dengan delapan dikurangi nomor golongan.
7. Ikatan kovalen rangkap melibatkan penggunaan bersama lebih dari sepasang elektron oleh dua atom yang berikatan. Terdapat ikatan kovalen rangkap dua dan ikatan kovalen rangkap tiga.
8. Pada ikatan kovalen koordinasi, pasangan elektron yang dipakai bersama berasal dari salah satu atom yang berikatan.
9. Ikatan pada logam diterangkan melalui teori lautan elektron atau teori elektron bebas. Menurut teori ini, dalam kristal logam, inti atom terpateri pada kisi-kisi atom, sedangkan elektron valensi bergerak bebas di seluruh kristal logam.
10. Teori lautan elektron dapat menerangkan sifat kilap logam, daya hantar listrik, panas, dan dapat ditempa.

Peta Konsep



Refleksi

Pada Bab Ikatan Kimia ini, Anda telah mempelajari bagaimana kecenderungan suatu unsur mencapai kestabilan. Anda juga telah dapat menguraikan proses pembentukan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, dan ikatan logam, serta dapat memberikan alasan mengapa ikatan tersebut terjadi. Dengan membandingkan proses pembentukan ikatan itu, Anda dapat mengetahui perbedaan antara ikatan-ikatan yang terbentuk dihubungkan dengan sifat fisikanya.

Bagian manakah yang Anda anggap sulit? Diskusikan kesulitan yang Anda temukan dengan teman atau guru Anda. Menurut Anda, apakah manfaat lainnya dari mempelajari ikatan kimia pada Bab ini?

Evaluasi Kompetensi Bab 3

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Unsur-unsur gas mulia bersifat stabil disebabkan oleh ….
   A. energi ionisasinya rendah
   B. afinitas elektronnya tinggi
   C. elektron valensinya maksimal
   D. wujudnya berupa gas monoatom
   E. jari-jari atomnya kecil

2. Suatu unsur dikatakan stabil jika ….
   A. di alam berwujud gas
   B. dapat bersenyawa dengan unsur lain
   C. memiliki energi paling rendah
   D. dapat menyumbangkan elektron valensinya
   E. memiliki kemampuan untuk bereaksi

3. Di antara ion-ion berikut, yang tidak mirip dengan konfigurasi elektron gas mulia terdekat adalah ….
   A. N^{3-}
   B. F^{-}
   C. S^{2-}
   D. Al^{3+}
   E. Mg^{2+}

4. Ion berikut yang *tidak* memiliki konfigurasi elektron yang sama dengan ion O^{2-} adalah ….
   A. N^{3-}
   B. F^{-}
   C. S^{2-}
   D. Al^{3+}
   E. Mg^{2+}

5. Pasangan ion berikut yang memiliki jumlah elektron valensi tidak sama adalah ….
   A. Mg^{2+} dan Na^{+}
   B. O^{2-} dan Mg^{2+}
   C. Ne^{+} dan O^{-}
   D. N^{-} dan F^{+}
   E. O^{-} dan Na^{+}

6. Suatu unsur memiliki nomor atom 16. Jika unsur itu bereaksi membentuk senyawa ion, konfigurasi elektronnya menjadi ….
   A. 2 8 8
   B. 2 8 8 2
   C. 2 8 8 4
   D. 2 8 10
   E. 2 2 8 8

7. Pembentukan senyawa ion di antara dua unsur melibatkan ….
   A. penggunaan bersama elektron
   B. sumbangan elektron ke seluruh kristal
   C. transfer elektron di antara atom
   D. penguraian molekul menjadi ion
   E. gaya van der Waals

8. Unsur P adalah unsur golongan IIA dan Q adalah unsur golongan VIA. Rumus senyawa yang dapat dibentuk dari kedua unsur ini adalah ….
   A. P_2Q
   B. PQ_2
   C. PQ_6
   D. PQ
   E. PQ_3

9. **Ebtanas 1996**
   Diketahui unsur-unsur dengan nomor atom sebagai berikut: ${}_8X$; ${}_9Y$; ${}_{11}Q$; ${}_{16}R$; ${}_{19}Z$.
   Pasangan unsur yang dapat membentuk ikatan ion adalah ….
   A. X dan Q
   B. Q dan Z
   C. Y dan X
   D. R dan X
   E. X dan Z

10. Rumus senyawa yang terbentuk sebagai hasil reaksi antara Al dan Cl adalah ….
    A. Al_2Cl_3
    B. Al_3Cl_2
    C. Al_2Cl
    D. $AlCl_3$
    E. AlCl

11. Dari ketiga senyawa berikut, yang semuanya berikatan ionik adalah ….
    A. NaCl, NCl_3, CCl_4
    B. CsF, BF_3, NH_3
    C. RbI, ICl, HCl
    D. CsBr, $BaBr_2$, SrO
    E. Al_2O_3, CaO, SO_2

12. Penggunaan bersama elektron dalam pembentukan ikatan kovalen melibatkan ….
    A. gaya elektrostatik di antaranya atom yang berikatan
    B. transfer elektron di antara atom yang berikatan
    C. penurunan energi menjadi molekul yang stabil
    D. peningkatan energi menjadi molekul stabil
    E. perubahan komposisi inti atom

13. Pasangan senyawa berikut yang berikatan kovalen adalah ….
    A. KCl dan CO_2
    B. HCl dan H_2O
    C. KNO_3 dan CH_4
    D. NaCl dan H_2O
    E. NaCl dan $Mg(OH)_2$

14. Ketiga kelompok senyawa berikut yang memiliki sifat kovalen adalah ….
    A. HCl, SCl_2, $BaCl_2$
    B. HBr, NaF, LiI
    C. H_2SO_4, KOH, K_2SO_4
    D. H_2O, SO_2, OF_2
    E. CaO, Li_2O, MgO

15. Di antara unsur-unsur berikut, yang *tidak* dapat membentuk ikatan kovalen adalah ….
    A. C
    B. O
    C. N
    D. S
    E. Na

16. Jumlah elektron yang digunakan bersama untuk membentuk ikatan kovalen tunggal adalah ....
A. 1 D. 6
B. 2 E. 8
C. 4

17. Ikatan kovalen rangkap dua terdapat pada molekul ....
A. CS_2 D. CH_4
B. H_2 E. Br_2
C. N_2

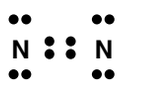
18. Ikatan kovalen rangkap tiga terdapat pada molekul ....
A. O_2 D. HCN
B. CO_2 E. CaO
C. CS_2

19. Jumlah pasangan elektron ikatan dalam molekul nitrogen adalah ....
A. 1 D. 4
B. 2 E. 6
C. 3

20. Rumus titik elektron yang menggambarkan ikatan kovalen dalam molekul N_2 adalah ....

A.

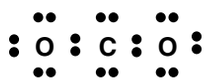
B.

C. 

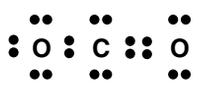
D.

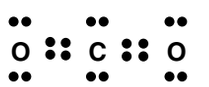
E.

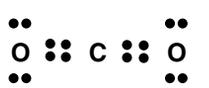
21. Rumus titik elektron yang menggambarkan ikatan kovalen dalam molekul CO_2 adalah ....

A. 

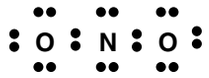
B.

C. 

D. 

E. 

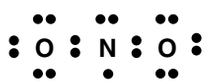
22. Rumus titik elektron yang menggambarkan ikatan kovalen dalam molekul NO_2 adalah ....

A. 

B.

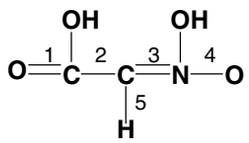
C.

D.

E. 

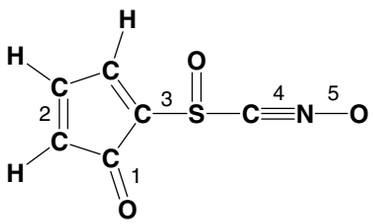
23. Senyawa berikut yang memiliki ikatan kovalen koordinasi adalah ....
A. CO_2 D. SO_2
B. NH_3 E. CCl_4
C. NO

24. Pada struktur molekul berikut yang menunjukkan ikatan kovalen koordinasi adalah nomor ....



A. 1 D. 4
B. 2 E. 5
C. 3

25. Dalam struktur molekul berikut yang menunjukkan ikatan kovalen koordinasi adalah nomor ....



A. 1 D. 4
B. 2 E. 5
C. 3

26. Menurut teori lautan elektron, ikatan pada logam terjadi akibat ....
A. adanya tarik-menarik inti atom dan elektron
B. inti atom dikelilingi oleh elektron-elektron seperti lautan
C. inti atom dapat berpindah secara bebas
D. elektron-elektron bergerak di sekitar inti atom
E. inti atom dan elektron berada di lokasi yang tetap

27. Sifat mengkilap pada logam disebabkan oleh ....
    A. adanya transisi elektron
    B. membentuk lautan elektron
    C. kisi kation yang stabil
    D. pergerakan elektron yang bebas
    E. kedudukan elektron yang terikat kuat pada inti
28. Logam-logam pada umumnya merupakan konduktor listrik yang baik sebab ....
    A. adanya transisi elektron
    B. membentuk lautan elektron
    C. kisi kation yang terpateri pada tempatnya
    D. pergerakan elektron yang bebas
    E. kedudukan elektron yang terikat kuat pada inti
29. Berikut ini merupakan sifat-sifat logam, *kecuali* ....
    A. konduktor panas yang baik
    B. dapat mengkilap
    C. relatif padat pada suhu kamar
    D. mudah ditempa
    E. keras
30. Sifat lentur pada logam disebabkan oleh ....
    A. kisi kristal logam yang kaku
    B. adanya lautan elektron yang tidak memungkinkan antarkisi kation
    C. pergerakan elektron yang bebas tanpa hambatan
    D. kisi kation dan elektron yang berinteraksi secara terus-menerus
    E. Terjadi interaksi yang sangat kuat antara kisi kation dan elektron

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Manakah di antara ion-ion berikut yang memiliki konfigurasi elektron gas mulia?
    a. $Fe^{3+}, Sc^{3+}, Co^{3+}, Cr^{3+}$.
    b. $Ba^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Pt^{2+}$.
    c. O , S^{2-} , P^{3-} , H.
2. Tentukan jenis ikatan kimia yang terdapat pada senyawa-senyawa berikut.
    a. $MgBr_2$
    b. $NaNO_3$
    c. SO_2
    d. P_2O_5
3. Tuliskan rumus Lewis untuk senyawa berikut:
    $PBr_3, NF_3, H_2Se, SiF_4, PH_3, SCl_2$.
4. Tetrafluorohidrazin (N_2F_4) adalah cairan tidak berwarna yang digunakan untuk bahan bakar roket. Tuliskan rumus Lewis N_2F_4.
5. Hidrogen peroksida (H_2O_2) merupakan zat pemutih. Tuliskan rumus Lewis untuk molekul H_2O_2.
6. Tunjukkan ikatan kovalen koordinasi pada senyawa:
    a. SO_3
    b. HNO_3
    c. NO_2
7. Mengapa senyawa ion dalam keadaan padat tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehannya dapat menghantarkan listrik?
8. Jelaskan teori lautan elektron dalam menerangkan kelenturan dan konduktifitas panas dari logam.

Bab

4

Sumber: *Jendela IPTEK: Materi,* 1997
Reaksi kimia dinyatakan dalam rumus dan persamaan kimia.

Rumus dan Persamaan Kimia

Hasil yang harus Anda capai:

memahami hukum-hukum dasar kimia dan penerapannya dalam perhitungan kimia (stoikiometri).

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

mendeskripsikan tata nama senyawa anorganik dan organik sederhana serta persamaan reaksinya.

Kajian utama ilmu Kimia adalah memahami perubahan materi atau reaksi kimia. Agar reaksi kimia mudah dipelajari, perlu dinyatakan dalam bentuk persamaan. Ungkapan reaksi kimia dalam bentuk persamaan disebut persamaan kimia atau reaksi kimia. Suatu persamaan kimia dinyatakan dengan rumus kimia yang ditulis dengan lambang unsurnya. Oleh karena itu, perlu diketahui lambang unsur dan tata nama dari suatu senyawa.

Bagaimanakah cara memberi nama suatu senyawa kimia? Bagaimana pula cara menuliskan persamaan kimia? Pertanyaan tersebut dapat Anda jawab jika Anda mempelajari uraian pada bab ini dengan baik.

A. Tata Nama Senyawa Kimia
B. Rumus Kimia
C. Persamaan Kimia

Tes Kompetensi Awal

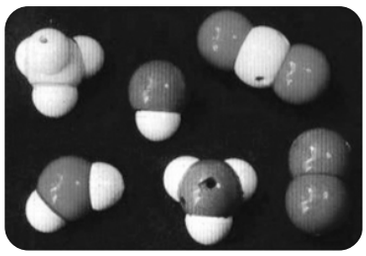
1. Suatu atom berikatan membentuk senyawa ion atau senyawa kovalen. Berikanlah contoh-contoh nama senyawa ion dan senyawa kovalen.
2. Apakah perbedaan antara senyawa anorganik dan senyawa organik?
3. Apakah perbedaan antara rumus molekul dan rumus empirik?
4. Berikan contoh persamaan kimia yang Anda ketahui dari pembentukan senyawa ion dan senyawa kovalen.

A. Tata Nama Senyawa Kimia

Setiap hari selalu ditemukan senyawa baru, baik hasil sintesis di laboratorium maupun hasil isolasi dari bahan alam. Jika senyawa baru yang ditemukan sederhana, namanya disesuaikan dengan aturan, tetapi jika senyawa itu kompleks, biasanya didasarkan pada asal bahan atau dihubungkan dengan sifat senyawanya. Penamaan senyawa diatur oleh IUPAC berdasarkan hasil kesepakatan para ilmuwan sedunia, bertujuan agar nama senyawa di seluruh negara sama.Terdapat dua kelompok besar senyawa, yaitu *senyawa anorganik* dan *senyawa organik*.

1. Tata Nama Senyawa Anorganik

Senyawa anorganik adalah golongan senyawa yang tersusun dari unsur-unsur yang *tidak* mengandung atom karbon organik. Umumnya senyawa anorganik relatif sederhana dan dikelompokkan ke dalam senyawa biner dan senyawa poliatom.



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 4.1
Model molekul beberapa senyawa biner

a. Tata Nama Senyawa Biner

Senyawa biner adalah senyawa yang tersusun dari dua macam unsur (perhatikan **Gambar 4.1**). Penamaan senyawa ini didasarkan pada nama unsur pembentuknya yang ditulis secara berurutan sesuai penulisan rumus kimia (lambang senyawa) dan akhiran dari unsur keduanya diganti *-ida*.

Contoh:
Senyawa KCl tersusun dari unsur kalium dan klorin, namanya adalah *kalium klorida*. Senyawa Na_2O tersusun dari unsur natrium dan oksigen, namanya adalah *natrium oksida*.

Jika dua unsur dapat membentuk lebih dari satu senyawa, seperti NO, NO_2, dan N_2O_4, penambahan kata 'ida' tidak cukup sebab akan muncul senyawa dengan nama yang sama. Untuk kasus ini, nama senyawa ditambah dengan kata *mono-*(satu), *di-*(dua), *tri-*(tiga), atau *tetra-*(empat) yang menunjukkan jumlah unsur.

Contoh:
NO = nitrogen monoksida
NO_2 = nitrogen dioksida
N_2O_4 = dinitrogen tetraoksida atau nitrogen tetraoksida

Contoh 4.1

Tata Nama Senyawa Biner

Tuliskan nama senyawa berikut.
a. P_2O_3 b. P_2O_5 c. P_4O_{10}

Jawab
Oleh karena ada tiga senyawa yang tersusun atas unsur yang sama maka nama senyawanya ditambahkan kata depan yang sesuai dengan bilangan unsur penyusun senyawa itu.

a. Difosfor trioksida
b. Difosfor pentoksida
c. Tetrafosfor dekoksida

Kata depan *di-* dan *tetra-* boleh tidak dipakai sebab tidak menimbulkan nama sama. Jadi, untuk ketiga nama senyawa itu dapat di tulis:

a. Fosfor trioksida
b. Fosfor pentoksida
c. Fosfor dekoksida

b. Tata Nama Senyawa Poliatom

Senyawa yang tersusun lebih dari dua unsur digolongkan sebagai senyawa poliatom, seperti $Ca(ClO)_2$ atau kaporit, $NaCO_3$ (soda kue), dan H_2SO_4 (asam sulfat). Senyawa poliatom umumnya mengandung oksigen. Tata nama senyawa poliatom yang mengandung oksigen didasarkan pada jumlah atom oksigen yang dikandungnya. Senyawa yang mengandung jumlah oksigen paling banyak diberi akhiran *-at*, sedangkan yang paling sedikit diberi akhiran *-it*.

Contoh:
Na_2SO_4 (natrium sulfat), Na_2SO_3 (natrium sulfit)
$KClO_3$ (kalium klorat), $KClO_2$ (kalium klorit).

Tata nama senyawa tersebut tidak memadai setelah ditemukan senyawa yang mengandung atom oksigen lebih banyak atau lebih sedikit dari senyawa tersebut. Untuk itu, senyawa yang mengandung atom oksigen lebih banyak lagi diberi awalan *per-*, sedangkan senyawa yang lebih sedikit dari contoh senyawa di atas diberi awalan *hipo-*.

Contoh:
$KClO_4$ dinamakan kalium perklorat
$KClO_3$ dinamakan kalium klorat
$KClO_2$ dinamakan kalium klorit
$KClO$ dinamakan kalium hipoklorit

Terdapat nama senyawa yang *tidak* mengikuti aturan IUPAC disebabkan namanya sudah umum (*trivial*). Beberapa contoh nama trivial senyawa disajikan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Beberapa Nama Senyawa Secara Trivial

NH_3	amonia	$KAl(SO4)_2$	tawas
H_2O	air	Hg_2Cl_2	kalomel
FeS	ferit	N_2H_4	hidrazin

2. Tata Nama Senyawa Organik

Senyawa organik adalah senyawa yang mengandung atom karbon, kecuali CO, CO_2, CN, dan ion CO_3^{2-} tergolong senyawa anorganik. Senyawa organik diklasifikasikan ke dalam senyawa *hidrokarbon* dan

Catatan Note

Urutan nama senyawa biner:
Lima (penta-)
Enam (heksa)
Tujuh (hepta-)
Delapan (okta-)
Sembilan (nona-)
Sepuluh (deka-)

Name list for biner compound:
Five (*penta-*)
Six (*heksa*)
Seven (*hepta-*)
Eight (*okta-*)
Nine (*nona-*)
Ten (*deka-*)

Kata Kunci

- Hidrokarbon
- Senyawa anorganik
- Senyawa organik
- Trivial

turunan hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon adalah senyawa yang hanya terdiri atas atom karbon dan hidrogen. Senyawa hidrokarbon digolongkan ke dalam alkana, alkena, dan alkuna.

Alkana adalah senyawa hidrokarbon yang mengandung ikatan kovalen tunggal di antara atom-atom karbonnya. Alkena mengandung ikatan kovalen rangkap dua karbon-karbon, sedangkan alkuna mengandung ikatan kovalen rangkap tiga karbon-karbon (perhatikan **Gambar 4.2**).

a. Tata Nama Alkana

Senyawa alkana paling sederhana adalah metana (CH_4), etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), dan butana (C_4H_{10}). Keempat nama senyawa ini sudah dikenal umum (trivial). Senyawa alkana lain dengan jumlah atom karbon lebih tinggi dari keempat alkana itu diberi nama berdasarkan aturan IUPAC dengan menambahkan akhiran *-ana*.

Contoh:
C_5H_{12} dinamakan pentana (penta: lima)
C_6H_{12} dinamakan heksana (heksa: enam)
C_7H_{14} dinamakan heptana (hepta: tujuh)

b. Tata Nama Alkena dan Alkuna

Tata nama senyawa golongan alkena sama seperti pada alkana, hanya akhiran *-ana* diganti dengan *-ena*.

Contoh:
C_2H_4 dinamakan etena
C_3H_6 dinamakan propena

Tata nama senyawa golongan alkuna juga tidak berbeda dengan alkana atau alkena, tetapi akhirannya menjadi *-una*.

Contoh:
C_2H_2 dinamakan etuna
C_3H_4 dinamakan propuna

Untuk tata nama senyawa yang mengandung atom karbon lebih banyak seperti alkena dan alkuna, perlu diketahui posisi ikatan rangkapnya. Posisi ikatan rangkap dalam alkena dan alkuna adalah pada atom karbon dengan nomor urut terkecil.

Contoh:
1. $CH_3=CH–CH_2–CH_2–CH_3$ dinamakan 1-pentena
2. $CH_3–CH_2–CH=CH–CH_2–CH_3$ dinamakan 3-heksena
3. $CH\equiv C–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$ dinamakan 1-heksuna
4. $CH_3–C\equiv C–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$ dinamakan 2-heptuna

Kegiatan Inkuiri

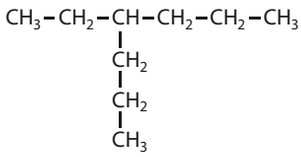
Berapa jumlah ikatan kovalen yang dapat dibentuk oleh atom karbon? Mengapa dalam senyawa alkena atau alkuna tidak ada metena atau metuna, tetapi dalam alkana ada metana?

Catatan *Note*

Dalam senyawa organik, atom karbon dapat mengikat atom karbon yang lain membentuk rantai sangat panjang atau bercabang, seperti:

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

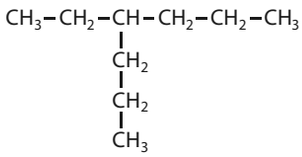
atau

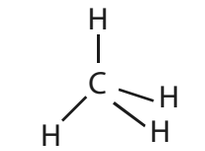


In organic compound atom of carbon bonds atom of carbon else form long chain structure or branch. Example:

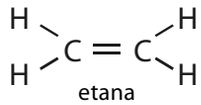
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

or

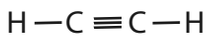




metana



etana



etuna

Gambar 4.2
Struktur molekul senyawa hidrokarbon: alkana, alkena, dan alkuna.

Contoh 4.2

Tata Nama Senyawa Organik

Tuliskan nama senyawa organik berikut.

a. $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH=CH_2$

b. $CH_3–C\equiv C–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

Jawab

Kedudukan ikatan rangkap dalam alkena dan alkuna diposisikan pada nomor urut terkecil.
Pada soal (a) memiliki ikatan rangkap dua sehingga senyawanya tergolong alkena.
Pada soal (b) memiliki ikatan rangkap tiga (suatu alkuna).
Jumlah atom karbon pada (a) sebanyak 6 (heksa-) dan pada (b) sebanyak 10 (deka-).
Jadi, nama senyawa itu adalah

a. 1-heksena

b. 2-dekuna

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan nama dari senyawa berikut.
   a. NaBr tersusun atas unsur natrium dan bromin
   b. $CaCl_2$ tersusun atas unsur kalsium dan klorin
   c. BaO tersusun atas unsur barium dan oksigen.
2. Tuliskan nama senyawa dari rumus kimia berikut.
   a. SO_2 dan SO_3
   b. CO dan CO_2
   c. H_2O dan H_2O_2
3. Tuliskan nama senyawa berikut.
   a. $NaNO_3$ dan $NaNO_2$
   b. K_3PO_4 dan K_3PO_3
   c. $NaBrO_3$ dan $NaBrO_2$
4. Tuliskan nama senyawa berikut.
   a. KBrO
   b. $KBrO_2$
   c. $KBrO_3$
   d. $KBrO_4$
5. Tuliskan nama senyawa berikut menurut trivial.
   a. O_3
   b. KCN
   c. KSCN
   d. $CaCO_3$
6. Tuliskan nama dari senyawa alkana berikut.
   a. C_8H_{18}
   b. C_9H_{20}
   c. $C_{10}H_{22}$
7. Tuliskan nama senyawa organik berikut.
   a. $CH_3–CH=CH–CH_3$
   b. $CH_2=CH–CH_2–CH_3$
   c. $CH\equiv C–CH_2–CH_3$
   d. $CH_3–C\equiv C–CH_3$

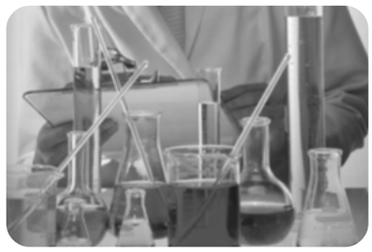
B. Rumus Kimia

Pada pembahasan sebelumnya, semua senyawa dituliskan menggunakan lambang yang menunjukkan jenis dan komposisi unsur penyusunnya. Lambang senyawa seperti itu dinamakan *rumus kimia* atau *formula*.

Rumus kimia didefinisikan sebagai *rumus suatu zat yang menggunakan lambang dan jumlah atom-atom unsur penyusun senyawa*. Dalam rumus kimia, bilangan yang menyatakan jumlah unsur ditulis dalam bentuk indeks bawah (tikalas) setelah lambang unsurnya.

1. Rumus Empirik dan Rumus Molekul

Untuk menentukan rumus molekul suatu senyawa dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama, menentukan unsur-unsur yang terkandung dalam senyawa dan komposisinya. Temuan yang diperoleh dinamakan *rumus empirik*. Tahap kedua, menentukan massa molekul relatifnya.



Sumber: *Dokumentasi Penerbit*

Gambar 4.3
Rumus empirik hanya dapat ditentukan melalui riset.

Rumus empirik adalah rumus paling sederhana dari suatu molekul, yang hanya menunjukkan jenis dan perbandingan terkecil dari unsur yang menyusun senyawa itu.

Contoh:
1. Rumus empirik etena adalah CH_2. Rumus sesungguhnya dari etena adalah C_2H_4.
2. Rumus empirik amonia adalah NH_3. Rumus sesungguhnya dari amonia juga NH_3.

Untuk senyawa berupa molekul (*molekuler*), penting diketahui berapa jumlah atom sesungguhnya yang terdapat dalam setiap molekul. Hal ini dapat diketahui setelah massa molekul relatif dari molekul ditentukan.

2. Massa Molekul Relatif

Apa yang dimaksud dengan massa molekul relatif? Massa molekul relatif ditentukan di laboratorium dengan berbagai metode atau dapat juga dihitung dari massa atom relatif jika jumlah dan jenis unsurnya diketahui. Massa molekul relatif disingkat dengan M_r.

Tinjau molekul amonia dengan rumus molekul NH_3. Dalam molekul ini terkandung satu atom nitrogen dan tiga atom hidrogen. Jika A_r N = 14 sma dan A_r H = 1 sma maka rumus molekul relatif NH_3 = 17 sma atau M_r NH_3 = 17 sma.

Kata Kunci
- Rumus empirik
- Rumus molekul

Contoh 4.3

Menentukan Massa Molekul Relatif

Berapakah massa molekul relatif: CH_4, H_2O, C_2H_4?
Diketahui A_r C = 12; H = 1; O = 16

Jawab

Massa molekul relatif adalah jumlah massa atom relatif unsur-unsur penyusun molekul.

Dalam CH_4 terdapat 1 atom C dan 4 atom H.

$M_r\ CH_4 = A_r\ C + 4.\ A_r\ H$
$= 12 + 4 = 16$

$M_r\ H_2O = 2.\ A_r\ H + A_r\ O$
$= 2 + 16 = 18$

$M_r\ C_2H_4 = 2.\ A_r\ C + 4\ A_r\ H$
$= 24 + 4 = 28$

Kegiatan Inkuiri

Tentukan persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan M_r suatu zat berdasarkan contoh.

Contoh 4.4

Menentukan Rumus Molekul

Pada hasil penelitian diketahui bahwa suatu molekul memiliki rumus empirik CH. Jika M_r zat itu 26, tentukan rumus molekulnya.

Jawab

Rumus molekul (RM) adalah kelipatan dari rumus empirik (RE) atau RM = $(RE)_n$

$M_r = (Ar\ C + A_r\ H)_n = (12 + 1)_n = 26$

$n = 2$

Jadi, rumus molekulnya adalah C_2H_2.

Mahir Menjawab

Dari tabel kation dan anion di bawah ini;

Kation	Anion
K^+	Cl^-
Na^+	SO_4^{2-}
Ba^{2+}	PO_4^{3-}
Fe^{3+}	CO_3^{2-}

rumus senyawa yang benar adalah ....
A. KCO_3
B. $NaPO_4$
C. $Ba(CO_3)_2$
D. $NaCl_2$
E. $Fe_2(SO_4)_3$

Pembahasan
A. Seharusnya: K_2CO_3
B. Seharusnya: Na_3PO_4
C. Seharusnya: $Ba\ CO_3$
D. Seharusnya: NaCl
E. Sudah benar: $Fe_2(SO_4)_3$

Ebtanas: 1995–1996

3. Rumus Senyawa Ion

Senyawa ion dibentuk melalui serah-terima elektron menghasilkan kation dan anion. Dalam senyawa ion, jumlah muatan kation harus sama dengan muatan anion agar dihasilkan senyawa netral secara listrik.

Tinjau senyawa NaCl. Ion Na^+ memiliki muatan positif satu dan ion Cl^- memiliki muatan negatif satu sehingga rumus kimianya NaCl.

Tinjau senyawa Na_2SO_4. Dalam senyawa ini, ion Na^+ bermuatan satu, sedangkan ion SO_4^{2-} muatannya dua. Agar senyawa yang dibentuk netral maka diperlukan dua ion natrium untuk ion sulfat. Jadi, rumus kimia dari natrium sulfat adalah Na_2SO_4.

Dalam $Al_2(SO_4)_3$, ion aluminium bermuatan 3+ (Al^{3+}) dan ion sulfat bermuatan 2– (SO_4^{2-}). Agar senyawa yang terbentuk netral maka ion aluminium dikalikan muatan ion sulfat dan sebaliknya sehingga rumus kimianya adalah $Al_2(SO_4)_3$. Untuk menentukan rumus kimia dari ion-ion perlu diperhatikan hal-hal berikut.

a. Tuliskan nama senyawa ionnya.
b. Tuliskan ion-ion yang terlibat.
c. Setarakan muatan positif dan negatif.
d. Tuliskan rumus kimia tanpa muatan.

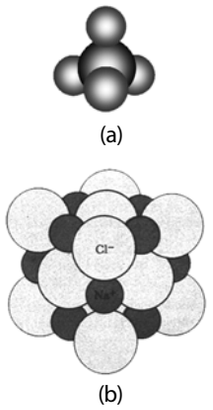
Tabel 4.2 Muatan Total Ion dalam Senyawa

Ion dan senyawa	Na^+ Na^+	CO_3^{2-}	Na_2CO_3
Muatan Total	2+	2–	0
Ion dan senyawa	Al^{3+} Al^{3+}	SO_4^{2-} SO_4^{2-} SO_4^{2-}	$Al_2(SO_4)_3$
Muatan Total	6+	6–	0

Pada **Tabel 4.3** disajikan beberapa rumus kimia dari senyawa ion beserta nama dan muatan ionnya.

Tabel 4.3 Rumus Kimia Senyawa Ion

Nama Senyawa	Ion		Rumus Kimia
	Positif	Negatif	
Natrium hidroksida	Na^+	OH^-	NaOH
Kalium nitrat	K^+	NO_3^-	KNO_3
Amonium sulfat	NH_4^+	SO_4^{2-}	$(NH_4)_2SO_4$
Kalsium karbonat	Ca^{2+}	CO_3^{2-}	$CaCO_3$
Kalsium bikarbonat	Ca^{2+}	HCO_3^-	$Ca(HCO_3)_2$
Magnesium klorida	Mg^{2+}	Cl^-	$MgCl_2$



Gambar 4.4
(a) Struktur molekul CH_4 atau senyawa molekuler
(b) Struktur kristal NaCl atau senyawa ion

Contoh 4.5

Menuliskan Rumus Kimia dari Senyawa Ion

a. Logam magnesium dicelupkan ke dalam asam sulfat hingga terbentuk magnesium sulfat. Tuliskan rumus kimianya.
b. Na_3PO_4 adalah senyawa ion yang banyak digunakan sebagai pupuk. Ion-ion apa yang menyusun senyawa itu? Tuliskan nama senyawanya.

Jawab

a. Magnesium sulfat adalah senyawa ion, terdiri atas ion Mg^{2+} dan ion SO_4^{2-}. Kedua ion muatannya sama. Jadi, rumus kimianya $MgSO_4$.
b. Na_3PO_4 tersusun atas ion Na^+ dan ion PO_4^{3-} maka nama senyawa ion tersebut adalah natrium fosfat.

Senyawa ion berbeda dengan senyawa molekuler. Umumnya senyawa molekuler berupa molekul sebagaimana tersirat dalam rumus kimianya. Adapun senyawa ion membentuk struktur kristal yang sangat besar, tersusun dari kation dan anion secara bergantian. Bagaimana menentukan massa molekul relatif dari senyawa ion? Menentukan massa molekul relatif senyawa ion diambil dari rumus empiriknya.

Contoh:
Walaupun kristal NaCl tersusun dari jutaan ion Na^+ dan Cl^-, massa molekul relatifnya ditentukan dari satuan rumusnya, yaitu NaCl. Jadi, massa rumus relatif NaCl = A_r Na + A_r Cl = 58,5 sma.

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Berapakah M_r dari zat: H_2SO_4, $HClO_3$, HNO_2, CO_2, dan NaOH?
   Diketahui: A_r H = 1; S = 32; O = 16, Cl = 35,5; N = 14; C = 12; Na = 23.
2. Berapakah M_r dari zat: propana, propena, butuna, dan ferit.
   Diketahui: A_r C = 12, H = 1, Fe = 56, S = 32.
3. Berdasarkan hasil kajian laboratorium diperoleh rumus empirik suatu zat yaitu CH_4.
   Jika diketahui M_r zat itu 44 sma, tentukan rumus molekulnya.
4. Pupuk TSP mengandung senyawa kalsium fosfat. Tuliskan rumus senyawa tersebut.
5. Tuliskan rumus kimia dan bentuk ion-ion yang terdapat dalam senyawa berikut:
   a. Amonium fosfat
   b. Natrium sulfida
   c. Natrium dihidrogen fosfat
   d. Barium sulfat
6. Tuliskan nama senyawa ion dan nama ion-ionnya yang memiliki rumus kimia berikut.
   a. KNO_2
   b. NaClO
   c. H_3PO_4
7. Tuliskan rumus kimia dan nama senyawa dari ion-ion berikut.
   a. Mg^{2+} dan Cl^-
   b. Na^+ dan S^{2-}
   c. Ca^{2+} dan HSO_4^-
8. Tentukan massa molekul relatif dari senyawa berikut.
   a. $CaCO_3$
   b. $NaHCO_3$
   c. $MgSO_4$
   d. Na_2HPO_4
   e. KNO_3

C. Persamaan Kimia

Kajian utama dalam ilmu Kimia adalah mempelajari perubahan materi atau reaksi kimia. Agar reaksi kimia yang terjadi mudah dikomunikasikan, digunakan lambang dan zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia yang dinyatakan dalam bentuk persamaan kimia atau persamaan reaksi.

1. Persamaan Reaksi

Persamaan reaksi didefinisikan sebagai *persamaan yang menyatakan kesetaraan jumlah zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia dengan menggunakan rumus kimia*. Dalam reaksi kimia terdapat *zat-zat pereaksi* dan zat-*zat hasil reaksi*. Dalam menuliskan persamaan reaksi, rumus kimia pereaksi dituliskan di ruas kiri dan rumus kimia hasil reaksi dituliskan di ruas kanan. Antara kedua ruas itu dihubungkan dengan anak panah ($\longrightarrow$) yang menyatakan arah reaksi kimia.

Contoh:
Logam magnesium bereaksi dengan gas klorin membentuk magnesium klorida. Tuliskan persamaan reaksinya.
Persamaan reaksinya adalah $Mg + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2$

Sumber: *Dokumentasi Penerbit*

Gambar 4.5
Reaksi kimia di laboratorium dinyatakan dengan persamaan reaksi agar mudah dipelajari.

2. Menyetarakan Persamaan Reaksi

Tinjau reaksi antara logam natrium dan gas klorin. Berdasarkan percobaan, dalam reaksi tersebut dihasilkan natrium klorida dengan rumus kimia NaCl. Bagaimana persamaan reaksinya?

Suatu persamaan reaksi dikatakan benar jika memenuhi hukum kimia, yaitu *zat-zat yang terlibat dalam reaksi harus setara, baik jumlah zat maupun muatannya*. Sebelum menuliskan persamaan reaksi yang benar, tuliskan dulu persamaan kerangkanya. Persamaan kerangka untuk reaksi ini adalah

$$Na + Cl_2 \longrightarrow NaCl$$

Apakah persamaan sudah setara jumlah atomnya? Persamaan tersebut belum setara sebab pada hasil reaksi ada satu atom klorin, sedangkan pada pereaksi ada dua atom klorin dalam bentuk molekul Cl_2. Untuk menyetarakan persamaan reaksi, manakah cara berikut yang benar?

a. Mengubah pereaksi menjadi atom klorin, persamaan menjadi:
   $Na + Cl \longrightarrow NaCI$
b. Mengubah hasil reaksi menjadi $NaCl_2$, dan persamaan menjadi:
   $Na + Cl_2 \longrightarrow NaCl_2$

Kedua persamaan tampak setara, tetapi kedua cara tersebut *tidak benar*, sebab mengubah fakta hasil percobaan.

Gas klorin yang direaksikan berupa molekul diatom sehingga harus tetap sebagai molekul diatom. Demikian pula hasil reaksinya berupa NaCl *bukan* $NaCl_2$. Jadi, kedua persamaan reaksi tersebut tidak sesuai Hukum Perbandingan Tetap.

Cara yang benar untuk menyetarakan persamaan reaksi adalah dengan menambahkan bilangan di depan setiap rumus kimia dengan angka yang sesuai. Bilangan yang ditambahkan ini dinamakan *koefisien reaksi*. Jadi, cara yang benar untuk menyetarakan persamaan reaksi adalah dengan cara menentukan nilai koefisien reaksi. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

Catatan Note

Penulisan persamaan reaksi harus tunduk pada hukum-hukum dasar:
- Hukum kekekalan massa (jumlah zat)
- Hukum perbandingan tetap (rumus kimia)
- Sifat-sifat listrik (muatan)

The writing of reaction equation has to allow to the law:
- *Law of conservation of mass*
- *Law of definite proportion*
- *Electrical properties*

Sekilas Kimia

Antoine Lavoisier
(1743–1794)

Sumber: *ironorchid.com*

Lavoisier, mengemukakan prinsip kekekalan materi pada 1789. Lavoisier adalah orang pertama yang menunjukkan prinsip ini secara giat.

Mahir Menjawab

Pada reaksi:
a Cl_2 + **b** NaOH ⟶ **c** NaCl + **d** NaClO + **e** H_2O
Harga a, b, c, d, dan e berturut-turut adalah ....

A. 1, 2, 2, 5, 6
B. 3, 3, 1, 5, 6
C. 1, 2, 1, 1, 1
D. 3, 1, 3, 5, 6
E. 3, 5, 3, 1, 6

Pembahasan
Setarakan dulu atom yang tidak sering muncul, yaitu H. Kemudian, menyetarakan atom Na, O, dan Cl yang sering muncul.
Penyetaraan H:
Cl_2+2NaOH ⟶ NaCl+NaClO+H_2O
Perhatikan jumlah atom pada kedua ruas sama.

Atom	Ruas Kiri	Ruas Kanan
Na	2	1 + 1
H	2	2
O	2	1 + 1
Cl	2	1 + 1

Semua atom yang terlibat dalam persamaan reaksi di atas sudah setara sehingga tidak perlu lagi merubah koefisien reaksi atom lain. Jadi, persamaan reaksinya:
Cl_2+2NaOH ⟶ NaCl+NaClO+H_2O
Harga a, b, c, d, dan e berturut-turut adalah 1, 2, 1, 1, 1 (C)

Ebtanas 2000

a. Oleh karena ada dua atom Cl yang bereaksi maka bubuhkan angka 2 di depan NaCl. Persamaan kerangka menjadi:

$$Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

b. Jumlah atom Cl di sebelah kiri dan kanan persamaan sudah setara (ruas kiri dan kanan mengandung 2 atom Cl).
c. Di ruas kanan jumlah atom Na menjadi 2, sedangkan ruas kiri hanya 1 atom. Untuk menyetarakannya, tambahkan angka 2 di depan lambang unsur Na sehingga persamaan menjadi:

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

Dengan cara seperti itu, jumlah atom di ruas kiri sama dengan di ruas kanan. Dengan demikian, persamaan reaksi sudah setara.

Kegiatan Inkuiri

1. Definisikan dengan kalimat Anda sendiri apa yang dimaksud koefisien reaksi.
2. Rangkum dengan kalimat sendiri langkah-langkah menyetarakan persamaan reaksi.

Persamaan reaksi tersebut belum lengkap sebab belum mencantumkan wujud atau fasa zat yang terlibat dalam reaksi kimia. Menurut aturan IUPAC, penulisan fasa atau wujud zat dalam persamaan reaksi sejajar dengan rumus kimianya. *Adapun aturan lama fasa dituliskan sebagai indeks bawah.* Untuk melengkapinya, gunakan lambang-lambang berikut.

a. Tambahkan huruf (g), singkatan dari *gas* untuk zat berupa gas.
b. Tambahkan huruf (ℓ), singkatan dari *liquid* untuk zat berupa cair.
c. Tambahkan huruf (s), singkatan dari *solid* untuk zat berupa padat.
d. Tambahkan huruf (*aq*), singkatan dari *aqueous* untuk zat berupa larutan.

Dengan demikian, persamaan reaksi tersebut dapat ditulis secara lengkap menjadi:

$$2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$$

Berikut ini beberapa persamaan reaksi kimia yang sudah setara dan lengkap.

Persamaan Reaksi

$Na_2O(s) + SO_3(g) \longrightarrow Na_2SO_4(s)$
$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(\ell)$
$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(\ell) + CO_2(g)$
$NaHCO_3(s) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(\ell) + CO_2(g)$

Contoh 4.6

Menyetarakan Persamaan Reaksi Sederhana

Gas nitrogen bereaksi dengan gas oksigen menjadi gas dinitrogen tetroksida. Tuliskan persamaan reaksinya.

Jawab
Langkah I: tuliskan persamaan kerangkanya.

$$N_2 + O_2 \longrightarrow N_2O_4$$

Langkah II: setarakan persamaan kerangka dengan menentukan koefisien reaksinya.

Atom	Ruas Kiri	Ruas Kanan	Penyetaraan
O	2	4	Ruas kiri × 2
N	2	2	–

Persamaan reaksinya menjadi: $N_2 + 2O_2 \longrightarrow N_2O_4$
Periksa apakah jumlah atom pada kedua ruas sama. Jika sudah setara, lengkapi fasanya.
$N_2(g) + 2O_2(g) \longrightarrow N_2O_4(g)$

Contoh 4.7

Menyetarakan Persamaan Reaksi Agak Rumit

Gas butana, C_4H_{10} digunakan sebagai bahan bakar untuk kompor gas. Tuliskan persamaan reaksi pembakarannya.

Jawab

Pembakaran artinya mereaksikan zat dengan gas oksigen. Jika pembakaran sempurna akan terbentuk gas karbon dioksida dan uap air.
Persamaan kerangkanya:

$$C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

Setarakan dulu atom yang tidak sering muncul. Dalam hal ini adalah C atau H sehingga dapat disetarakan bersamaan.
Jika C dan H sudah setara, selanjutnya adalah menyetarakan atom O yang sering muncul.
Penyetaraan C: $C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow 4CO_2 + H_2O$
Penyetaraan H: $C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

Penyetaraan O: $C_4H_{10} + \frac{13}{2} O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

Untuk menyatakan persamaan reaksi, koefisien harus bilangan bulat (kecuali untuk perhitungan).
Jadi, persamaan reaksi pembakaran gas butana:

$$2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(g)$$

Periksa apakah persamaan sudah setara?

Atom	Ruas Kiri	Ruas Kanan
C	8	8
H	20	20
O	26	16+10

Jadi, persamaan di atas sudah setara.

Kata Kunci

- *Aqueous*
- Cair (*liquid*)
- Gas
- Padat (*solid*)

3. Contoh-Contoh Reaksi

a. Reaksi Penguraian

Reaksi penguraian adalah suatu *reaksi senyawa tunggal terurai menjadi dua atau lebih zat yang baru*.

Contoh:
Jika amonium klorida dipanaskan maka akan terurai menjadi amonia dan asam klorida. Persamaan reaksinya:

$$NH_4Cl(s) \longrightarrow NH_3(g) + HCl(g)$$

b. Reaksi Penggabungan

Reaksi penggabungan adalah *reaksi dimana dua buah zat atau lebih bergabung membentuk satu jenis zat yang baru.*

Contoh:
Di atmosfir gas nitrogen dan gas hidrogen dapat bereaksi membentuk amonia dengan bantuan petir. Persamaan reaksinya:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$$

c. Reaksi Pendesakan

Reaksi pendesakan atau disebut juga reaksi pertukaran tunggal adalah *reaksi dimana suatu unsur menggantikan posisi unsur lain dalam suatu senyawa.*

Contoh:
Jika logam seng dicelupkan ke dalam larutan tembaga(II) sulfat akan menggantikan posisi tembaga. Persamaan reaksinya:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow Cu(s) + ZnSO_4(aq)$$

d. Reaksi Metatesis

Reaksi metatesis atau reaksi pertukaran ganda adalah *reaksi kimia yang melibatkan pertukaran antar ion-ion dalam senyawa yang bereaksi.*

Contoh:
Larutan natrium sulfat bereaksi dengan barium nitrat membentuk endapan putih dari barium sulfat. Persamaan reaksinya:

$$Na_2SO_4(aq) + Ba(NO_3)_2(aq) \longrightarrow 2NaNO_3(aq) + BaSO_4(s)$$

Sekilas Kimia

Pupuk Kimia

Pupuk nitrogen mengandung garam nitrat (NO_3^-), garam amonium (NH_4^+) dan senyawa lainnya. Tanaman dapat menyerap langsung nitrogen dalam bentuk nitrat, tetapi garam amonium dan amonia (NH_3) harus dikonversikan dulu menjadi nitrat melalui kerja bakteri tanah. Bahan dasar pupuk nitrogen adalah amonium yang dibuat dari reaksi penggabungan antara hidrogen dan nitrogen

$3H_2(g) + N_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

Dalam bentuk cairnya, amonia dapat terserap langsung dalam tanah.

Sumber: *Chemistry*, 1994

Contoh 4.8

Penggolongan Reaksi

Golongkan reaksi berikut menurut jenisnya:

a. $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$
b. $2Na(s) + H_2SO_4(g) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2(g)$
c. $2NaI(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(aq) + I_2(aq)$

Jawab

a. Reaksi penguraian
b. Reaksi pendesakan
c. Reaksi metatesis

Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Ion natrium direaksikan dengan ion klorida membentuk natrium klorida. Tuliskan persamaan reaksinya.
2. Logam magnesium direaksikan dengan gas fluorin membentuk magnesium fluorida. Tuliskan persamaan reaksinya.
3. Setarakan persamaan reaksi berikut dan lengkapi fasanya.
   a. Air dielektrolisis menjadi gas hidrogen dan gas oksigen.
   b. Di atmosfir gas ozon berubah menjadi gas oksigen akibat freon.

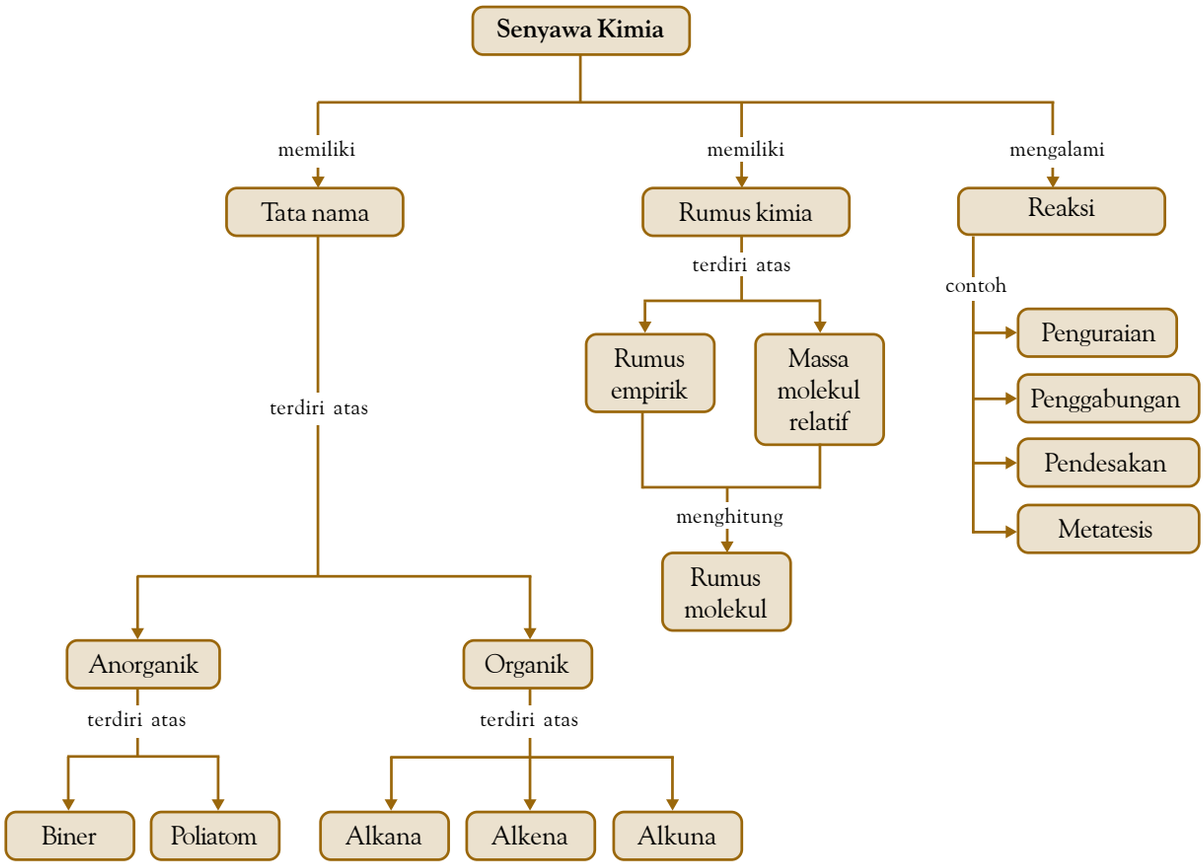
c. Natrium karbonat dicampurkan dengan asam klorida menjadi natrium klorida, air, dan gas karbondioksida.
d. Alkohol (C_2H_6O) dibakar menjadi gas karbon dioksida dan uap air.

4. Golongkan reaksi-reaksi berikut ke dalam jenis reaksinya dan setarakan jika belum setara.
   a. $CH_4(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
   b. $C_{12}O_7(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow 2HClO_4(aq)$
   c. $CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$
   d. $Br_2(\ell) + H_2O(\ell) \longrightarrow HBr(aq) + HBrO(aq)$
   e. $SO_3(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow H_2SO_4(aq)$

Rangkuman

1. Tata nama senyawa biner dilakukan dengan cara menuliskan nama kedua unsur pembentuknya secara berurutan sesuai dengan urutan penulisan pada rumus kimia, ditambah akhiran 'ida' pada nama unsur kedua.
2. Tata nama senyawa poliatom yang mengandung oksigen didasarkan pada jumlah atom oksigen. Jumlah atom oksigen paling banyak diberi akhiran 'at', sedangkan yang sedikit diberi akhiran 'it'.
3. Tata nama senyawa organik didasarkan pada jumlah atom karbonnya dan diberi akhiran 'ana' untuk senyawa ikatan tunggal, 'ena' untuk senyawa berikatan rangkap dua, dan 'una' untuk senyawa rangkap tiga.
4. Dalam Ilmu Kimia, semua senyawa dituliskan menggunakan rumus (formula) kimia. Rumus kimia adalah ungkapan suatu zat menggunakan lambang-lambang unsur pembentuk senyawa dan perbandingan relatif atom-atom unsur yang menyusun senyawa itu.
5. Rumus kimia senyawa berupa molekul menunjukkan rumus molekul senyawa bersangkutan, yakni rumus yang menggambarkan jumlah dan jenis atom unsur yang membentuk molekul senyawa itu.
6. Rumus kimia paling sederhana yang ditemukan secara percobaan di laboratorium dinamakan *rumus empiris*. Rumus kimia sesungguhnya merupakan kelipatan bilangan bulat dari rumus empirisnya.
7. Rumus kimia senyawa ionik dinyatakan dengan *satuan rumus*, yaitu gugusan atom atau ion yang dilambangkan secara eksplisit di dalam rumus kimianya.
8. Untuk menyatakan reaksi kimia yang terjadi, zat-zat yang terlibat dalam reaksi ditulis dalam bentuk persamaan kimia. Persamaan kimia menyatakan kesetaraan jumlah zat-zat yang bereaksi dan jumlah zat-zat hasil reaksi. Penulisan zat tersebut menggunakan lambang unsur atau rumus kimia.
9. Umumnya reaksi-reaksi kimia digolongkan menurut jenisnya, yaitu: (a) reaksi penggabungan; (b) reaksi penguraian; (c) reaksi pendesakan (reaksi pertukaran tunggal); dan (d) reaksi metatesis (reaksi pertukaran ganda).

Peta Konsep



Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam mempelajari Bab 4 ini? Bagian manakah dari materi bab ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru kimia Anda.

Mempelajari rumus dan persamaan kimia dapat memudahkan dalam menerapkan aturan tata nama pada senyawa kimia, baik senyawa anorganik maupun senyawa organik serta menentukan rumus molekulnya. Kemudian, Anda juga dapat menuliskan persamaan reaksi kimia yang dapat memudahkan mempelajari suatu reaksi kimia secara umum dan dapat membantu Anda dalam mengembangkan logika berpikir.

Bagaimana menurut Anda manfaat lainnya dari mempelajari rumus dan persamaan kimia?

Evaluasi Kompetensi Bab 4

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Nama untuk senyawa dengan rumus CaC_2 adalah ....
   A. kalsium karbonat
   B. kalsium karbida
   C. kalsium dikarbon
   D. kalsium karbohidrat
   E. kalsium dikarbonat

2. Nama yang tepat untuk NaClO adalah ....
   A. natrium hipoklorit
   B. natrium klorit
   C. natrium klorida
   D. natrium klorat
   E. natrium perklorat

3. Nama yang tepat untuk senyawa KCN adalah ....
   A. kalium nitrat
   B. kalium karbon
   C. kalium karbonat
   D. kalium nitrida
   E. kalium sianida

4. Nama trivial untuk senyawa dengan rumus Na_2CO_3 adalah ....
   A. soda api
   B. soda ash
   C. karbonat
   D. garam dapur
   E. sendawa cili

5. Nama trivial untuk senyawa dengan rumus C_2H_2 adalah…
   A. cuka
   B. asetilen
   C. parafin
   D. karbohidrat
   E. hidrazin

6. Tata nama untuk senyawa karbon dengan rumus $CH_3–CH=CH–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$ adalah ....
   A. Heptana
   B. 2-Heptena
   C. 5-Heptena
   D. Heptena
   E. 2-Heptuna

7. Tata nama senyawa organik dengan rumus C_8H_{18} adalah ....
   A. heksana
   B. heptana
   C. oktana
   D. nonana
   E. dekana

8. Rumus kimia suatu senyawa memberikan informasi tentang ....
   A. sifat-sifat kimia
   B. perbandingan unsur-unsur
   C. kereaktifan
   D. tempat dimana zat itu ditemukan
   E. geometri atau bangun molekul

9. Dari kelima rumus kimia berikut yang merupakan rumus empirik adalah ....
   A. C_3H_8O
   B. C_2H_2
   C. $C_6H_{12}O_6$
   D. C_6H_6
   E. $C_2H_4O_2$

10. Zat-zat berikut merupakan rumus molekul, *kecuali* ....
    A. C_2H_2
    B. C_2H_4
    C. CH_4
    D. CH
    E. C_6H_6

11. Rumus kimia untuk kalsium karbonat adalah ....
    A. CaC_2
    B. CaH_2
    C. $CaCO_3$
    D. $Ca(OH)_2$
    E. Ca_2CO_3

12. Rumus kimia yang benar untuk natrium dihidrogen fosfat adalah ....
    A. Na_3PO_4
    B. Na_2HPO_4
    C. NaH_2PO_4
    D. $Na(PO4)_3$
    E. Na_3PO_3

13. Rumus kimia untuk kapur tohor adalah ....
    A. CaC_2
    B. $CaCO_3$
    C. $Ca(OH)_2$
    D. CaO
    E. $Ca(HCO_3)_2$

14. Massa molekul relatif (M_r) dari $C_2H_4O_2$ adalah ....
    Diketahui A_r C = 12, H = 1, O = 16
    A. 29
    B. 32
    C. 44
    D. 60
    E. 75

15. Massa molekul relatif (M_r) dari oktana adalah ....
    Diketahui A_r C = 12, H = 1
    A. 96
    B. 114
    C. 144
    D. 100
    E. 80

16. Massa satuan rumus (M_r) dari K_2CO_3 adalah ....
    Diketahui A_r K = 39, C = 12, O = 16
    A. 67
    B. 83
    C. 106
    D. 120
    E. 138

17. Massa satuan rumus (M_r) dari $Na_2S_2O_3$ adalah ....
    Diketahui A_r Na = 23, S = 32, O = 16
    A. 71
    B. 94
    C. 106
    D. 103
    E. 158

18. Berdasarkan hasil penelitian diketahui suatu molekul memiliki rumus empirik CH_2. Jika M_r zat itu 84 maka rumus molekulnya ....
    A. C_2H_4
    B. C_4H_8
    C. C_4H_{10}
    D. C_6H_{12}
    E. C_6H_{14}

19. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui suatu senyawa memiliki rumus empirik NH_3. Jika M_r zat itu 17 maka rumus molekulnya adalah ....
    A. NH_3
    B. N_2H_4
    C. HCN
    D. N_2H_6
    E. N_2O_4

20. Perhatikan persamaan reaksi setara berikut.
    $X + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$
    Rumus kimia untuk X adalah ....

A. N_2 D. H_2O
B O_2 E. Cl_2
C. N_2

21. Perhatikan persamaan reaksi setara berikut.
$X + Pb(NO_3)_2(aq) \longrightarrow PbCl_2(s) + NaNO_3(aq)$
Senyawa X adalah ....
A. HNO_3 D. HCl
B. $NaNO_3$ E. $NaCl_2$
C. NaCl

22. Gas metana terbakar sempurna menghasilkan gas CO_2 dan H_2O. Persamaan yang tepat untuk menyatakan reaksi tersebut adalah ....
A. $CH_4(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 4H_2O(g)$
B. $CH_4(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$
C. $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$
D. $CH_4(g) + H_2(g) \longrightarrow CH_2(g) + 2H_2(g)$
E. $CH_4(g) + N_2(g) \longrightarrow CN_2(g) + 2H_2(g)$

23. Perhatikan persamaan reaksi setara berikut.
$X + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(\ell) + CO_2(g)$
Senyawa X adalah ....
A. $NaNO_3$ D. NaOH
B. Na_2CO_3 E. $Na_2S_2O_3$
C. Na_2SO_4

24. Perhatikan persamaan reaksi setara berikut.
$X + HCl(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$
Senyawa X adalah ....
A. N_2 D. HNO_2
B. N_2H_4 E. H_2
C. NH_3

25. Pembakaran sempurna gas etana menghasilkan CO_2 dan H_2O seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut.
$C_2H_6(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(\ell)$
Pada persamaan ini, perbandingan koefisien reaksi CO_2 terhadap H_2O adalah ....
A. 1 : 1 D. 1 : 3
B. 2 : 3 E. 3 : 1
C. 3 : 2

26. **Ebtanas 1999**:
$Ca(OH)_2(aq) + H_3PO_4(aq) \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + H_2O(\ell)$
Koefisien reaksi pada persamaan di atas adalah ....
A. 1-2-3-6 D. 2-1-3-6
B. 2-3-1-6 E. 3-2-1-6
C. 3-6-1-2

27. Di antara persamaan molekuler berikut, reaksi yang sudah setara adalah ....
A. $2CuO(s) + 2C(s) \longrightarrow Cu(s) + 4CO_2(g)$
B. $SO_2(g) + 2O_2(g) \longrightarrow SO_3(g)$
C. $H_2S(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O(\ell) + SO_2(g)$
D. $P_4O_{10}(g) + 10C(s) \longrightarrow P_4(g) + 10CO(g)$
E. $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$

28. Reaksi yang menghasilkan gas adalah ....
A. $NaCl(aq) + NaNO_3(aq)$
B. $HCl(aq) + K_2SO_4(aq)$
C. $HCl(aq) + CaCO_3(s)$
D. $NaOH(aq) + Na_2SO_4(s)$
E. $KClO_3(s)$ dipanaskan

29. Larutan HCl encer direaksikan dengan $CaCO_3$ dihasilkan suatu gas. Kemudian gas tersebut dialirkan ke dalam larutan air barit ($Ba(OH)_2$) menyebabkan keruh. Gas tersebut adalah ....
A. SO_2 D. H_2
B. NO_2 E. CO_2
C. H_2S

30. Kristal iodin bereaksi dengan gas klorin membentuk iodin triklorida (ICl_3) padat. Reaksi ini tergolong reaksi ....
A. pendesakan D. penguraian
B. metatesis E. pengendapan
C. penggabungan

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Tuliskanlah nama senyawa dan hitung massa molekul relatif dari senyawa-senyawa berikut.

a.	H_2O	f.	NaH	k.	ZnS
b.	BeO	g.	$Ba(OH)_2$	l.	NaOH
c.	SiO_2	h.	Al_2O_3	m.	$NaHCO_3$
d.	Mg_3N_2	i.	PbS	n.	Na_2CO_3
e.	HCl	j.	H_2SO_4	o.	HNO_3

2. Setarakan reaksi berikut menjadi persamaan reaksi yang lengkap.
a. $H_2SO_4(aq) + Ca(s) \longrightarrow CaSO_4(aq) + H_2(g)$
b. $PCl_5(g) + H_2O(l) \longrightarrow HCl(g) + H_3PO_4(aq)$
c. $Pb(NO_3)_2(s) \longrightarrow PbO(s) + NO_2(g) + O_2(g)$
d. $PCl_5(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3PO_4(aq) + 5HCl(g)$
e. $3Cu(s) + 8HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO(g) + H_2O(l)$

3. Ubahlah setiap pernyataan berikut ke dalam persamaan reaksi.
a. Jika dipanaskan, raksa(II) oksida membentuk raksa dan gas oksigen.
b. Amonia terurai pada pemanasan menjadi hidrogen dan nitrogen.
c. Litium hidrida dan air bereaksi membentuk litium hidroksida dan gas hidrogen.
d. Magnesium oksida bereaksi dengan hidrogen klorida membentuk air dan magnesium klorida.

4. Larutan barium hidroksida bereaksi dengan larutan asam sulfat membentuk endapan putih dan larutan netral. Tulis persamaan reaksinya.

5. Tuliskan persamaan kimia setara untuk reaksi ozon dan gas nitrogen monoksida menjadi gas nitrogen dioksida dan gas oksigen.

Bab

5

Sumber: *Jendela IPTEK: Materi*, 1997

Massa suatu materi pasti mengikuti Hukum Kekekalan Massa

Hukum Dasar dan Perhitungan Kimia

Hasil yang harus Anda capai:

memahami hukum-hukum dasar kimia dan penerapannya dalam perhitungan kimia (stoikiometri).

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

membuktikan dan mengomunikasikan berlakunya hukum-hukum dasar kimia melalui percobaan serta menerapkan konsep mol dalam menyelesaikan perhitungan kimia.

Berdasarkan hasil penelitian secara ilmiah, telah ditemukan Hukum-Hukum Dasar Kimia, seperti Hukum Kekekalan Massa, Hukum Perbandingan Tetap, Hukum Perbandingan Volume, dan Hukum Avogadro. Hukum-hukum tersebut menjadi pijakan bagi perkembangan ilmu Kimia.

Berdasarkan hukum-hukum tersebut, massa, volume, dan jumlah partikel zat yang terlibat dalam reaksi kimia dapat diukur dan ditentukan. Dengan demikian, kita dapat memprediksi banyaknya zat yang akan dihasilkan atau diperlukan dalam suatu reaksi.

Bagaimanakah membuktikan hukum-hukum dasar kimia? Bagaimanakah hubungannya dengan konsep mol dalam perhitungan kimia? Anda akan mengetahui jawabannya jika Anda pelajari bab ini secara saksama.

A. Hukum-Hukum Dasar Kimia
B. Konsep Mol dan Tetapan Avogadro
C. Massa Molar dan Volume Molar Gas
D. Perhitungan Kimia

Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang dimaksud dengan massa, volume, dan partikel zat?
2. Apakah yang dimaksud dengan molekul, senyawa, dan campuran?
3. Bagaimanakah suatu hukum dasar atau teori dapat berlaku? Jelaskan.
4. Jelaskan pentingnya peranan hukum dasar kimia.

A. Hukum-Hukum Dasar Kimia

Sejak metode ilmiah diterapkan dalam ilmu Kimia, muncullah berbagai hukum yang menjadi dasar perkembangan ilmu Kimia. Beberapa hukum dasar tersebut di antaranya Hukum Kekekalan Massa, Hukum Perbandingan Tetap, Hukum Perbandingan Berganda, dan Hukum Perbandingan Volume, dan Hukum Avogadro.

1. Hukum Kekekalan Massa

Apakah Hukum Kekekalan Massa itu? Jika disimak dari namanya, tentu berkaitan dengan massa zat. Dalam ilmu Kimia, boleh jadi berhubungan dengan massa zat-zat yang bereaksi dalam reaksi kimia.

Beberapa abad yang lalu, **Lavoisier** mengajukan satu masalah. Apakah massa zat-zat yang bereaksi akan berkurang, bertambah, atau tetap setelah terjadi reaksi?

Untuk memperoleh jawaban dari masalah tersebut, Anda dapat melakukan percobaan sederhana, misalnya melakukan reaksi antara cuka (CH_3COOH) dan soda api (NaOH). Sebelum dan sesudah bereaksi zat ditimbang secara saksama (sampai dua angka di belakang koma).

Kata Kunci

- Massa tetap (tidak berubah)
- Massa zat

Contoh:

a. 2g NaOH(*s*) + 10g $CH_3COOH(aq)$ ⟶ 12g produk
b. 4g NaOH(*s*) + 10g $CH_3COOH(aq)$ ⟶ 14g produk
c. 8g NaOH(*s*) + 10g $CH_3COOH(aq)$ ⟶ 18g produk

Menurut pandangan Anda, bagaimanakah massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi? Jika disimak dari nama hukumnya, dapat diduga bahwa massa zat-zat sebelum dan sesudah bereaksi tidak berubah atau tetap. Kemukakan dengan kalimat Anda sendiri, bunyi Hukum Kekekalan Massa yang diajukan Lavoisier.

Data hasil pengamatan ditulis sebagai berikut.

Berat Sebelum Reaksi (g)	Berat Sesudah Reaksi (g)
NaOH(*s*) = ...	Hasil reaksi = ...
Cuka(*aq*) = ...	

Kegiatan Inkuiri

Buatlah suatu kegiatan ilmiah untuk menemukan jawaban dari masalah yang diajukan oleh Lavoisier. Berikut ini langkah-langkahnya: (a) rumuskan masalahnya, (b) rumuskan tujuan, (c) tentukan metode yang akan diterapkan untuk mencapai tujuan itu, (d) lakukan penelitian untuk mengumpulkan data, dan (e) lakukan analisis data dan simpulkan.

Contoh 5.1

Hukum Kekekalan Massa dalam Reaksi Kimia

Kawat tembaga dibakar dalam pembakar bunsen sehingga terbentuk tembaga oksida (CuO).
$2Cu(s) + O_2(g) \longrightarrow 2CuO(s)$
Jika berat Cu semula 32 g dan CuO yang terbentuk 40 g, berapa berat O_2 yang bereaksi?

Jawab

Menurut Hukum Kekekalan Massa, dalam reaksi kimia *tidak* terjadi perubahan massa.
Oleh karena itu, berat O_2 yang bereaksi adalah 40 g – 32 g = 8 g
$32\ g\ Cu(s) + 8\ g\ O_2(g) \longrightarrow 40\ g\ CuO(s)$

2. Hukum Perbandingan Tetap

Berdasarkan contoh Hukum Kekekalan Massa, 32 g Cu bereaksi dengan 8 g O_2 dan terbentuk 40 g CuO. Jika 50 g Cu direaksikan dengan 8 g O_2, apakah CuO yang dihasilkan menjadi 58 g?

Berdasarkan hasil penelitian, terbukti jawabannya *tidak* karena menurut hasil penelitian, massa CuO yang dihasilkan tetap 40 g. Setelah dianalisis, tambahan logam Cu sebanyak 18 g tidak bereaksi (tetap sebagai logam Cu). Mengapa demikian?

Anda perlu bukti? Anda dapat membuktikannya dengan melakukan percobaan, misalnya reaksi antara HCl encer dan serbuk $CaCO_3$. HCl encer sebagai variabel tetap, sedangkan $CaCO_3$ sebagai variabel bebas.

Berdasarkan hasil pengamatan, apakah semua $CaCO_3$ dapat bereaksi dengan HCl untuk setiap gram yang dicampurkan?

Kata Kunci

- Variabel bebas
- Variabel tetap

Data hasil pengamatan ditulis sebagai berikut.

Berat $CaCO_3$	Volume HCl	Berat $CaCO_3$ Sisa
1 g	50 mL	.....
2 g	50 mL	.....
5 g	50 mL	.....
10 g	50 mL	.....

Menurut **Joseph Louis Proust** (1754–1826): *pembentukan senyawa memiliki komposisi tidak sembarang.* Dengan kata lain, *perbandingan massa unsur-unsur dalam senyawa selalu tetap*.

Pernyataan tersebut didasarkan pada pengukuran senyawa dari hasil reaksi-reaksi kimia dan senyawa dari berbagai sumber. Hukum ini disebut **Hukum Perbandingan Tetap** atau **Hukum Komposisi Tetap**.

Proust melakukan sejumlah percobaan tentang perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa, hasilnya sebagai berikut.

a. Pada senyawa NaCl, perbandingan massa Na dan Cl selalu tetap, yaitu 39% Na dan 61% Cl atau massa Na : massa Cl = 2 : 3.
b. Pada molekul air, perbandingan massa H dan O selalu tetap, yaitu 11% H dan 89% O atau H : O = 1 : 8.
c. Pada molekul CO_2, perbandingan massa C dan O selalu tetap, yaitu 27,3% C dan 72,7% O atau 3 : 8.

Kegiatan Inkuiri

Buatlah tugas kegiatan ilmiah untuk menemukan jawaban dari masalah yang diajukan oleh Proust. Berikut ini langkah-langkahnya: (a) rumuskan masalahnya, (b) rumuskan tujuan, (c) tentukan metode yang akan diterapkan untuk mencapai tujuan itu, (d) lakukan penelitian untuk mengumpulkan data, dan (e) lakukan analisis data dan simpulkan.

Contoh 5.2

Menentukan Komposisi Unsur dalam Senyawa

Kawat tembaga dibakar sehingga terbentuk tembaga oksida (CuO). Perhatikan reaksi berikut.

$32\,g\,Cu(s) + 8\,g\,O_2(g) \longrightarrow 40\,g\,CuO(s)$

Berapa persen massa atau perbandingan massa unsur Cu : O dalam senyawa CuO?

Jawab

Untuk menentukan persen massa unsur-unsur dalam senyawa adalah dengan cara membandingkan massa unsur terhadap massa senyawanya.

$$\text{Persen massa Cu dalam CuO} = \frac{32\ g}{40\ g} \times 100\% = 80\%$$

$$\text{Persen massa O dalam CuO} = \frac{8\ g}{40\ g} \times 100\% = 20\%$$

Perbandingan massa unsur Cu : O ditentukan dari perbandingan persen massa unsur-unsurnya.

Massa Cu : Massa O = 80% : 20%.

Jadi, perbandingan massa unsur Cu : O = 4 : 1.

Catatan *Note*

Perbandingan massa unsur-unsur dalam setiap senyawa selalu tetap.

The ratio of elements mass for every compounds are remains constant

Terdapat bukti bahwa komposisi unsur-unsur dalam suatu senyawa selalu tetap dari mana pun sumbernya, baik dari bahan alam maupun dari hasil sintesis di laboratorium. Bukti tersebut dapat Anda simak pada contoh soal berikut.

Contoh 5.3

Berlakunya Hukum Perbandingan Tetap

Senyawa NaCl diperoleh dari tiga sumber berbeda. Hasilnya disusun dalam tabel berikut.

Sumber	Laut	Mineral	Sintetis
Massa NaCl	2,00 g	1,50 g	1,0 g
Massa Na	0,78 g	0,59 g	0,39 g
Massa Cl	1,22 g	0,91 g	0,61 g

Apakah senyawa NaCl pada tabel tersebut mengikuti Hukum Proust?

Jawab

Untuk membuktikan kebenaran Hukum Proust, dapat dilakukan perbandingan massa setiap unsur dari ketiga sumber tersebut. Jika perbandingan massa unsur-unsur dalam ketiga sumber itu selalu tetap, berarti Hukum Proust terbukti.

Sumber laut:

$$\text{Persen Na} = \frac{\text{Massa Na}}{\text{Massa NaCl}} \times 100\% = \frac{0{,}78\ g}{2{,}00\ g} \times 100\% = 39\%$$

$$\text{Persen Cl} = \frac{\text{Massa Cl}}{\text{Massa NaCl}} \times 100\% = \frac{1{,}22\ \text{g}}{2{,}00\ \text{g}} \times 100\% = 61\%$$

Sumber mineral:

$$\text{Persen Na} = \frac{0{,}59\ \text{g}}{1{,}50\ \text{g}} \times 100\% = 39\%$$

$$\text{Persen Cl} = \frac{0{,}91\ \text{g}}{1{,}50\ \text{g}} \times 100\% = 61\%$$

NaCl dari laut memiliki komposisi yang sama, demikian pula dari hasil sintesis dengan cara yang sama akan menghasilkan perbandingan massa tetap. Jadi, Hukum Perbandingan Tetap terbukti kebenarannya.

Pengetahuan komposisi unsur-unsur dalam senyawa dapat digunakan untuk menentukan berat zat yang terlibat dalam reaksi secara tepat, seperti ditunjukkan pada contoh soal berikut.

Contoh 5.4

Kebenaran Hukum Perbandingan Tetap

Berapa gram NH_3 yang terbentuk dari 14 g N_2 dan 14 g H_2? Diketahui NH_3 tersusun atas 82% N dan 18% H.

Jawab

$N_2(g) + H_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$
82% 18% 100%

Persen massa dapat diartikan sebagai perbandingan massa unsur-unsur yang bersenyawa sesuai Hukum Kekekalan Massa, yaitu
82g N_2 tepat bereaksi dengan 18 g H_2 membentuk 100 g NH_3.
Jika 14 g N_2 yang bereaksi maka gas H_2 yang diperlukan sebanyak:

$$\frac{14\ \text{g}\ N_2}{82\ \text{g}\ N_2} \times 18\ \text{g}\ H_2 = 3\ \text{g}\ H_2$$

Berdasarkan persamaan reaksinya:
$14\text{g}\ N_2(g) + 3\text{g}\ H_2(g) \longrightarrow 17\text{g}\ NH_3(g)$
(sesuai Hukum Kekekalan Massa)
Jadi, berat NH_3 yang dihasilkan dari reaksi 14 g N_2 dan 14 g H_2 sama dengan 17 g.
Menurut Hukum Proust, senyawa memiliki komposisi yang tetap. Jadi, berapa pun H_2 ditambahkan, yang bereaksi hanya 3 g berat dari H_2. Sisanya, tetap sebagai gas H_2 sebanyak 11 g tidak bereaksi.

Aktivitas Kimia 5.1

Hukum Perbandingan Tetap

Tujuan
Membuktikan kebenaran hukum perbandingan tetap

Langkah Kerja
1. Amati reaksi berikut ini.
   $Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow MgO(s)$
2. Amati hasil analisis percobaan I, II, dan III dalam tabel berikut.

	Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III
Massa MgO	2,00 g	4,00 g	5,00 g
Massa Mg	1,20 g	2,40 g	3,00 g
Massa O	0,80 g	1,60 g	2,00 g

3. Dari hasil perhitungan persentase massa pada soal nomor 2, lengkapi tabel berikut ini.

Berat Mg	Berat O_2	Berat MgO	Berat Sisa Mg
24 g	16 g	...	...
28 g	16 g	...	...
36 g	16 g	...	...
50 g	16 g	...	...

Pertanyaan

1. Tunjukkan bahwa data hasil percobaan sesuai dengan Hukum Perbandingan Tetap Proust.
2. Berapakah persen massa atau perbandingan massa unsur Mg dan O?
3. Berapa gram massa MgO yang dihasilkan dari reaksi tersebut?
4. Berapa gram sisa Mg yang tidak bereaksi?
5. Apa yang dapat Anda simpulkan dari perhitungan itu?

3. Hukum Perbandingan Berganda

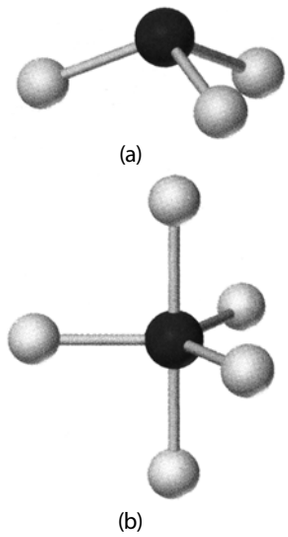
Apa yang dimaksud dengan Hukum Perbandingan Berganda? Jika dari namanya, Anda tentu baru mengenal. Padahal, materinya sudah banyak disebutkan sebelumnya, misalnya CO dan CO_2 atau NO dan NO_2. Jika pembakaran karbon dilakukan pada suhu tinggi dan pasokan O_2 kurang maka akan terbentuk gas CO. Jika pembakaran dilakukan pada suhu lebih rendah dan pasokan oksigen berlebih maka akan terbentuk gas CO_2.

Jika disimak dari contoh tersebut, Anda tentu dapat menduga bahwa hukum ini berhubungan dengan senyawa yang tersusun atas unsur yang sama, tetapi komposisi berbeda.

Menurut **Dalton**: *jika dua macam unsur membentuk lebih dari satu senyawa maka massa salah satu unsur berbanding sebagai kelipatan bilangan bulat dan sederhana*. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum Perbandingan Berganda dari Dalton.

Contoh:
Fosfor dan klorin dapat membentuk dua macam senyawa. Dalam senyawa X : 2 g fosfor tepat bereaksi dengan 6,9 g klorin. Dalam senyawa Y : 2 g fosfor tepat bereaksi dengan 11,5 g oksigen. Bagaimana rumus kedua senyawa ini?

Perbandingan massa unsur klorin dalam kedua senyawa (untuk berat fosfor yang sama) adalah 6,9 : 11,5 = 3 : 5. Dengan demikian, rumus senyawa X dan Y adalah PCl_3 dan PCl_5 dengan bentuk struktur seperti **Gambar 5.1**.



(a)

(b)

Gambar 5.1
(a) Struktur molekul PCl_3
(b) Struktur molekul PCl_5

Contoh 5.5

Hukum Perbandingan Berganda Berdasarkan Massa

Unsur nitrogen dan oksigen dapat membentuk lebih dari satu senyawa, misalnya NO, NO_2, N_2O_3, dan N_2O_4.
Pada kondisi tertentu, 1 g nitrogen tepat bereaksi dengan 1,14 g oksigen. Pada kondisi yang lain, 1 g nitrogen tepat bereaksi dengan 2,28 g oksigen.
Jelaskan bahwa data ini sesuai dengan Hukum Perbandingan Berganda. Bagaimana rumus kimia kedua senyawa itu?

Jawab

Untuk berat nitrogen yang sama (1 g), perbandingan massa oksigen untuk kedua senyawa itu adalah 1,14 : 2,28 atau 1 : 2.
Oleh karena perbandingan unsur oksigen pada kedua senyawa itu berupa bilangan bulat dan sederhana maka data ini sesuai Hukum Perbandingan Berganda.
Rumus kimia kedua senyawa itu adalah NO dan NO_2.

Contoh 5.6

Hukum Perbandingan Berganda Berdasarkan Persen Massa

Unsur hidrogen dan oksigen dapat membentuk air dan suatu peroksida.
Persen massa unsur-unsur dalam air adalah 11,1% berat H dan 88,9% berat O. Persen massa dalam peroksida adalah 5,93% berat H dan 94,07% berat O.
Jelaskan bahwa data ini sesuai Hukum Perbandingan Berganda dan tentukan rumus peroksidanya.

Jawab

Berdasarkan persen berat, dapat diartikan bahwa dalam air terkandung 11,1 g H dan 88,9 g O.
Jika berat H = 1 g maka berat O dalam air adalah

$$\frac{1\text{ g H}}{11{,}1\text{ g H}} \times 88{,}9 = 8\text{ g}$$

Dalam peroksida terkandung 5,93 g H dan 94,07 g O.
Jika berat H = 1g maka berat O dalam peroksida adalah

$$\frac{1\text{ g H}}{5{,}93\text{ g H}} \times 94{,}07\text{ g} = 16\text{ g}$$

Untuk berat H yang sama, perbandingan massa O dalam air dan peroksida adalah 8 : 16 = 1 : 2.
Dengan demikian, data ini sesuai Hukum Perbandingan Berganda.
Oleh karena molekul air H_2O maka rumus molekul peroksida adalah H_2O_2.

4. Hukum Perbandingan Volume

Hukum-hukum perbandingan yang telah Anda pelajari hanya mengkaji komposisi senyawa, sedangkan Hukum Perbandingan Volume berhubungan dengan reaksi-reaksi kimia yang melibatkan wujud gas. Bagaimana perbandingan volume gas-gas yang bereaksi dan adakah hubungan antara volume gas-gas yang bereaksi dan koefisien reaksinya?

Untuk menjawab masalah ini, Anda dapat melakukan percobaan menggunakan tabung *eudiometer*. Misalnya, masukkan gas H_2 dan gas O_2 dengan volume terukur ke dalam eudiometer. Kemudian, hubungkan alat itu dengan arus listrik dan tekan tombol pembangkit bunga api listrik (*piezo electric*).

Percobaan dilakukan berulangkali pada kondisi tetap. Setiap kali percobaan, volume H_2 dijadikan variabel tetap, sedangkan volume O_2 dijadikan variabel bebas. Kemudian, dilakukan sebaliknya, volume O_2 dijadikan variabel tetap dan volume H_2 variabel bebas.

Joseph Louis Gay-Lussac (Kimiawan Prancis), dua abad yang lalu melakukan percobaan seperti itu. Pada percobaan I, volume H_2 dibuat tetap, sedangkan volume O_2 bervariasi dan sebaliknya. Hasilnya ditabulasikan ke dalam **Tabel 5.1**.

Tabel 5.1 Data Hasil Pengamatan Volume H_2 Tetap

V H_2	V O_2	V H_2O
20 mL	5 mL	10 mL
20 mL	**10 mL**	**20 mL**
20 mL	15 mL	20 mL
20 mL	20 mL	20 mL

Catatan Note

Piezo electric adalah alat pembangkit bunga api listrik, seperti pada bensin dan kompor gas.

Piezo electric is an electric flame generator equipment that can be found on gasoline and stove.

Volume O_2 tetap

V H_2	V O_2	V H_2O
10 mL	10 mL	10 mL
15 mL	10 mL	15 mL
20 mL	**10 mL**	**20 mL**
25 mL	20 mL	20 mL

Pada saat volume O_2 10 mL, volume H_2O tidak berubah, yaitu 20 mL. Demikian pula pada percobaan II, volume H_2O tidak berubah lagi (20 mL) setelah volume H_2 mencapai 20 mL (volume O_2 = 10 mL). Jadi, perbandingan volume dari reaksi H_2 dan O_2 adalah sebagai berikut.

20 mL gas H_2 + 10 mL gas O_2 ⟶ 20 mL H_2O

Sejalan dengan percobaan tersebut, reaksi gas-gas lain juga diukur perbandingan volumenya, seperti ditunjukkan pada **Tabel 5.2**

Tabel 5.2 Perbandingan Volume Gas-Gas dalam Reaksi

Persamaan Reaksi	Perbandingan Volume
$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$	10 mL : 10 mL : 20 mL
$3H_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$	15 mL : 5 mL : 10 mL
$N_2(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$	10 mL : 20 mL : 20 mL

Berdasarkan data perbandingan volume gas-gas yang bereaksi, Gay-Lussac menyimpulkan sebagai berikut.

Pada suhu dan tekanan tetap, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi berbanding lurus dengan koefisien reaksinya sebagai bilangan bulat dan sederhana. Pernyataan ini disebut Hukum Perbandingan Volume.

Kegiatan Inkuiri

Berdasarkan temuan penelitian, bagaimanakah hubungan antara perbandingan volume dari gas-gas yang bereaksi dan koefisien reaksinya? Diskusikan dengan teman sekelas Anda.

Mahir Menjawab

Pada reaksi pembakaran etuna menurut reaksi:

$C_2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$

Perbandingan volume gas-gas yang bereaksi adalah ....

A. 2 : 5 : 4 : 2
B. 2 : 5 : 3 : 3
C. 1 : 3 : 2 : 2
D. 1 : 1 : 2 : 1
E. 1 : 1 : 1 : 1

Pembahasan

Pada suhu dan tekanan, tetapi perbandingan gas-gas yang bereaksi dan hasil reaksi berbanding lurus dengan koefisien reaksinya.

$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 2H_2O(g)$

Jadi, perbandingan volumenya: 2 : 5 : 4 : 2 (A)

Ebtanas 1992

Contoh 5.7

Hukum Perbandingan Volume

Ke dalam tabung eudiometer dimasukkan gas O_2 dan gas SO_2, kemudian dilewatkan bunga api listrik. Pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm, volume gas-gas yang bereaksi diukur. Hasilnya ditunjukkan pada tabel berikut.

Pada volume O_2 tetap:

Percobaan	Volume O_2	Volume SO_2	Volume SO_3
1.	10 mL	10 mL	10 mL
2.	10 mL	15 mL	15 mL
3.	10 mL	20 mL	20 mL
4.	10 mL	25 mL	20 mL

Pada volume SO_2 tetap:

Percobaan	Volume O_2	Volume SO_2	Volume SO_3
1.	5 mL	20 mL	10 mL
2.	10 mL	20 mL	20 mL
3.	15 mL	20 mL	20 mL
4.	20 mL	20 mL	20 mL

Bagaimana perbandingan volume $SO_2 : O_2 : SO_3$? Apakah sesuai dengan Hukum Perbandingan Volume?
Tuliskan persamaan reaksinya beserta koefisien reaksi berdasarkan hasil percobaan.

Jawab
Pada volume O_2 tetap
Simak percobaan 3, volume SO_3 tidak berubah lagi saat volume SO_2 mencapai 20 mL.

Pada volume SO_2 tetap
Simak percobaan 2, volume SO_3 tidak berubah lagi saat volume O_2 mencapai 10 mL.
Perbandingan volume $SO_2 : O_2 : SO_3$ adalah
$SO_2 + O_2 \longrightarrow SO_3$
20 mL : 10 mL : 20 mL
Dengan demikian, data tersebut sesuai dengan Hukum Gay-Lussac.
Persamaan reaksi yang terjadi adalah
$2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$

5. Hukum Avogadro

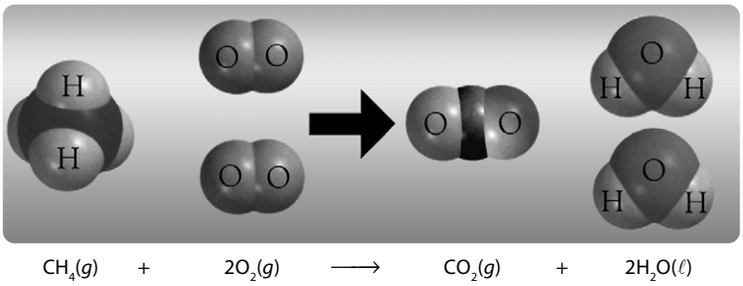
Setelah hukum perbandingan volume dipublikasikan dalam jurnal-jurnal internasional, pakar kimia Italia, **Amadeo Avogadro**, berteori dengan hukum tersebut. Dia mengajukan hipotesis sebagai berikut.

Pada suhu dan tekanan sama, gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama.

Makna hipotesis itu dapat diartikan bahwa pada suhu dan tekanan yang sama, perbandingan volume gas-gas yang bereaksi menunjukkan perbandingan molekul-molekulnya. Sebagai gambaran, tinjau reaksi antara gas N_2 dan gas O_2 menghasilkan gas NO_2.

1 volume N_2 + 2 volume $O_2 \longrightarrow$ 2 volume NO_2
1 molekul N_2 + 2 molekul $O_2 \longrightarrow$ 2 molekul NO_2
n molekul N_2 + 2n molekul $O_2 \longrightarrow$ 2n molekul NO_2

Jika reaksi diukur pada suhu dan tekanan yang sama, jumlah molekul O_2 yang bereaksi dua kali jumlah molekul N_2 (volumenya 2×) dan jumlah molekul NO_2 yang dihasilkan dua kali jumlah molekul N_2 atau sama dengan jumlah molekul O_2. Oleh karena hipotesis Avogadro dapat diterima kebenarannya dan dapat dibuktikan (kapan pun, di mana pun, oleh siapa pun) maka hipotesis tersebut telah dikukuhkan sebagai Hukum Avogadro. Pada pembakaran metana juga berlaku Hukum Avogadro, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.2**.



$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(\ell)$

Gambar 5.2
Reaksi pembakaran metana dengan perbandingan volume tetap

Sekilas Kimia

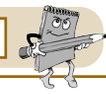
Amadeo Avogadro (1776–1856)

Sumber: *web.sbu.edu*

Avogadro menunjukkan bahwa dalam volume yang sama dari dua gas tertentu selalu terdapat jumlah molekul yang sama jika gas itu memiliki temperatur dan tekanan yang sama.

Sebelum teori Avogadro lahir, ada paradigma bahwa zat-zat yang bereaksi berupa atom-atom (bukan molekul). Jika paradigma itu benar, NO_2 dibentuk dari 1 atom O dan ½ atom N. Hal ini tidak sesuai dengan model atom (tidak mungkin atom pecahan).

Kegiatan Inkuiri



Apakah perbedaan antara teori, hipotesis, dan hukum? Diskusikan dengan teman Anda.

Contoh 5.8

Penerapan Hipotesis Avogadro

Pada suhu dan tekanan tertentu, gas N_2 direaksikan dengan gas H_2 menjadi gas NH_3. Jika gas H_2 yang bereaksi sebanyak $7{,}5 \times 10^{23}$ molekul, berapakah jumlah molekul NH_3 yang terbentuk?

Jawab

Pada suhu dan tekanan sama, gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama (Avogadro).

Koefisien reaksi menyatakan perbandingan volume gas-gas yang bereaksi (Gay-Lussac).

$H_2(g) + N_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$ (belum setara)

3 v : 1 v : 2 v

$7{,}5 \times 10^{23}$: ?

Dalam 3 volume H_2 terkandung $7{,}5 \times 10^{23}$ molekul maka dalam 2 volume NH_3 terkandung:

$$\frac{2 \text{ volume } NH_3}{3 \text{ volume } H_2} \times 7{,}5 \times 10^{23} \text{ molekul } H_2$$

Jumlah molekul $NH_3 = 5{,}0 \times 10^{23}$ molekul

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Sebanyak 100 g batu kapur ($CaCO_3$) dipanggang dalam tungku, terbentuk 56 g kapur tohor (CaO) dan gas karbon dioskida. Tuliskan persamaan reaksinya dan tentukan berapa gram CO_2 yang keluar dari tungku.
2. Logam besi direaksikan dengan belerang pada 650°C. Jika 56 g besi tepat bereaksi dengan 32 g belerang. Berapa persen massa setiap unsur dalam senyawa FeS?
3. Logam tembaga bereaksi dengan gas oksigen membentuk Cu_2O. Jika 64 g Cu tepat bereaksi dengan 16 g gas O_2, tentukan perbandingan unsur Cu terhadap O dalam senyawa Cu_2O.
4. Dalam suatu reaktor, 24 g karbon dibakar sempurna menghasilkan gas CO_2. Jika perbandingan massa C dan O dalam CO_2 adalah 27,3% C dan 72,7% O, berapa gram O_2 diperlukan dan berapa gram CO_2 yang dihasilkan?
5. Sebanyak 12 g karbon dibakar dengan oksigen dari udara sehingga terbentuk 28 g gas CO. Berapa perbandingan massa unsur C dan O dalam gas CO?
6. Tunjukkan bahwa data berikut sesuai Hukum Perbandingan Berganda dari Dalton. Tentukan rumus kedua senyawa berikut.
   a. Senyawa A: 63,6% N dan 36,4% O; senyawa B: 46,7% N dan 53,3% O.
   b. Senyawa I: 42,86% C dan 57,14% O; senyawa II: 27,3% C dan 72,7% O.
7. Berapa jumlah molekul HCl yang terbentuk dari reaksi $7{,}5 \times 10^{23}$ molekul H_2 dan Cl_2 diukur pada kondisi yang sama? Berapa jumlah molekul Cl_2 yang diperlukan?

B. Konsep Mol dan Tetapan Avogadro

Munculnya Hukum Avogadro berpengaruh sangat signifikan terhadap perkembangan ilmu Kimia, khususnya dalam pengukuran zat-zat di laboratorium. Pengukuran berat suatu zat pada umumnya menggunakan satuan gram, sedangkan massa atom dan molekul dinyatakan dalam satuan A_r dan M_r. Bagaimana hubungan A_r atau M_r dengan berat suatu zat dalam satuan gram?

1. Tetapan Avogadro (*L*)

Sumbangan Avogadro tidak berhenti sampai hubungan jumlah partikel (molekul, atom, ion) dan volume gas, tetapi merambah lebih jauh kepada hubungan jumlah partikel dan massa zat. Sebagai gambaran hubungan jumlah partikel dan massa suatu zat, mari kita tinjau partikel yang diemisikan oleh unsur radioaktif berikut ini.

Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa satu gram radium dapat mengemisikan partikel alfa sebanyak $11{,}6 \times 10^{17}$ partikel. Partikel alfa sebanyak $11{,}6 \times 10^{17}$ setara dengan helium sebanyak $7{,}7 \times 10^{-6}$ g.

Radium	$\rightarrow$	**Partikel alfa (α)**	$\approx$	**Atom helium**
(1 g)		**($11{,}6 \times 10^{17}$ partikel)**		**($7{,}7 \times 10^{-6}$ g)**

Oleh karena partikel alfa adalah inti atom helium maka jumlah atom helium dalam satu gram adalah

$$\frac{1\text{ g He}}{7{,}7 \times 10^{-6}\text{ g He}} \times 11{,}6 \times 10^{17}\text{atom He} = 1{,}507 \times 10^{23}\text{ atom}$$

Jadi, dalam 1g helium terkandung $1{,}507 \times 10^{23}$ atom helium. Ini menyatakan hubungan massa (g) dan jumlah partikel (atom).

Berdasarkan hasil perhitungan, selalu muncul bilangan sebesar $6{,}02 \times 10^{23}$ untuk jumlah molekul yang massanya sebesar nilai massa atom relatif untuk unsur atau sebesar massa molekul relatif unsur senyawa.

Contoh 5.9

Hubungan Jumlah Partikel dan Massa Zat

Pada *P* dan *T* tertentu, 1 g metana mengandung $3{,}75 \times 10^{22}$ molekul CH_4. Berapa jumlah molekul gas CH_4 dalam 16 g?

Jawab

Dalam 1 g CH_4 terkandung $3{,}75 \times 10^{22}$ molekul CH_4.
Dalam 16 g CH_4 terkandung:

$$\frac{16\text{ g } CH_4}{1\text{ g } CH_4} \times 3{,}75 \times 10^{22}\text{ molekul} = 6{,}0 \times 10^{23}\text{ molekul}$$

Jadi, dalam 16 g metana terkandung $6{,}0 \times 10^{23}$ molekul CH_4.

Contoh:
Dalam 18 g air (M_r H_2O = 18) terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul H_2O.
Dalam 23 g natrium (A_r Na = 23) terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ atom Na.
Dalam 58,5 g natrium klorida (M_r NaCl = 58,5) terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ satuan rumus NaCl.

Oleh karena itu, bilangan sebesar $6{,}02 \times 10^{23}$ dinyatakan sebagai tetapan Avogaro yang disingkat L.

$$L = 6{,}02 \times 10^{23}\text{ partikel}$$

2. Pengertian Mol

Berdasarkan perhitungan, dalam 56 g besi terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ atom besi, dalam satu mililiter air terkandung $3{,}345 \times 10^{22}$ molekul air. Angka-angka sebesar ini tidak efisien jika dipakai untuk perhitungan zat-zat di laboratorium.

Mahir Menjawab

Sejumlah x molekul gas propana dibakar habis dengan O_2 menurut persamaan:
C_3H_8 (*g*) + $5O_2$ (*g*) $\longrightarrow$ $3CO_2$ (*g*) + $4H_2O$ (*g*)
Pada *P* dan *T* yang sama, jumlah molekul gas CO_2 yang dihasilkan ....
A. x molekul
B. 3x molekul
C. 4x molekul
D. 5x molekul
E. 6x molekul

Pembahasan
Pada *P* dan *T* yang sama, persamaan reaksi menyatakan jumlah atom atau molekul yang terlibat dalam reaksi.
Jadi persamaan reaksinya yaitu:
1 molekul C_3H_8 (*g*) + 5 molekul O_2 (*g*) $\rightarrow$ 3 molekul CO_2 (*g*) + 4 molekul H_2O (*g*)
1 molekul C_3H_8 (*g*) = x molekul
berarti, CO_2 = 3x molekul. (B)

Ebtanas 1998

Agar lebih sederhana, para ilmuwan menetapkan suatu satuan jumlah zat yang menyatakan banyaknya partikel zat itu. Satuan ini dinamakan mol. Berdasarkan kesepakatan, untuk partikel yang jumlahnya sebesar tetapan Avogadro atau $6{,}02 \times 10^{23}$ dinyatakan sebesar satu mol.

Dengan kata lain, *satu mol setiap zat mengandung $6{,}02 \times 10^{23}$ partikel zat, baik atom, molekul, maupun ion.*

Contoh:
Dalam satu mol besi terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ atom Fe.
Dalam satu mol air terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul H_2O.
Dalam satu mol natrium klorida terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ ion Na^+ dan $6{,}02 \times 10^{23}$ ion Cl^-.

Contoh 5.10

Hubungan Mol dan Jumlah Partikel

a. Berapa jumlah atom karbon yang terkandung dalam 0,05 mol karbon?
b. Berapa mol gas O_2 yang mengandung $1{,}5 \times 10^{23}$ molekul O_2?

Jawab

a. Dalam 1 mol karbon terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ atom karbon.
Dalam 0,05 mol karbon akan mengandung atom karbon sebanyak:

$$\frac{0{,}05 \text{ mol}}{1{,}0 \text{ mol}} \times 6{,}02 \times 10^{23} \text{C} = 3{,}01 \times 10^{22} \text{ atom C.}$$

b. Molekul O_2 sebanyak $6{,}02 \times 10^{23}$ adalah 1 mol.
Jumlah mol untuk $1{,}5 \times 10^{23}$ molekul O_2 adalah

$$\frac{1{,}5 \times 10^{23} \text{ molekul } O_2}{6{,}02 \times 10^{23} \text{molekul } O_2/\text{mol}} = 0{,}25 \text{ mol} = 0{,}25 \text{ mol}$$

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Berapa jumlah molekul metana dalam 25 g jika diukur pada kondisi yang sama dengan contoh soal di atas?
2. Berapa berat H_2O yang mengandung $6{,}00 \times 10^{23}$ molekul jika 6 g H_2O mengandung $2{,}00 \times 10^{23}$ molekul?
3. Tentukan jumlah mol dari zat-zat berikut.
   a. 0.7525×10^{23} atom Cu
   b. 0.86×10^{23} molekul CO_2
   c. 1.505×10^{23} ion Na^+
4. Tentukan jumlah atom dari zat-zat berikut.
   a. 0,05 mol $CaCO_3$
   b. 0,75 mol H_2SO_4
   c. 1,5 mol NaCl

C. Massa Molar dan Volume Molar Gas

Bagaimana hubungan antara A_r atau M_r dan massa zat agar kita dapat menentukan jumlah zat-zat yang bereaksi dan meramalkan jumlah hasil reaksinya? Untuk dapat menjawab hal tersebut, Anda harus memahami massa molar dan volume molar.

1. Massa Molar

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa dalam 18 g air terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul H_2O, dalam 23 g natrium terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ atom Na, dan dalam 58,5 g natrium klorida terkandung $6{,}02 \times 10^{23}$ satuan rumus NaCl.

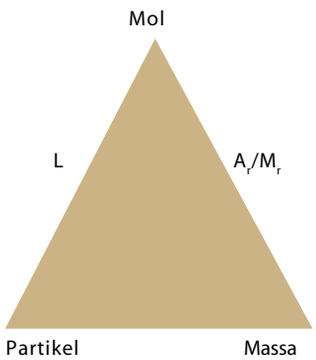
Pada bab sebelumnya, Anda sudah dapat menentukan M_r H_2O= 18; A_r Na = 23; dan M_r NaCl = 58,5. Berdasarkan informasi tersebut, terlihat adanya hubungan yang teratur antara massa zat (g), A_r atau M_r, dan jumlah partikel (*L*). Hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 5.3 Hubungan Massa (A_r/M_r), Jumlah partikel, dan Mol Beberapa Zat

Zat	Massa (g)	A_r/M_r	Jumlah Partikel	Mol
H_2O	18	18	$6{,}02 \times 10^{23}$ molekul H_2O	1
Na	23	23	$6{,}02 \times 10^{23}$ atom Na	1
NaCl	58,5	58,5	$6{,}02 \times 10^{23}$ satuan NaCl	1

Berdasarkan hubungan pada tabel tesebut, diketahui bahwa *massa zat yang besarnya sama dengan nilai A_r atau M_r mengandung jumlah partikel sebanyak $6{,}02 \times 10^{23}$ atau sebesar satu mol.*

Dengan demikian, disimpulkan bahwa massa satu mol zat sama dengan nilai A_r (untuk atom) atau M_r (untuk senyawa). Massa satu mol zat disebut massa molar (Mm) dengan satuan gram per mol (g mol^{-1}).



Gambar 5.3
Hubungan besaran kimia

Contoh 5.11

Penerapan Massa Molar

1. Besi beratnya 25 g. Berapa mol besi tersebut ? Diketahui A_r Fe = 56 g mol^{-1}.
2. Jumlah mol grafit dalam suatu baterai adalah 1,5 mol. Berapa berat grafit tersebut? Diketahui A_r C = 12 g mol^{-1}.
3. Berapa berat 1 atom besi? Diketahui A_r Fe = 56 sma.
4. Berapa jumlah molekul CO_2 yang terdapat dalam 4 g CO_2? Diketahui M_r CO_2 = 44 sma.

Jawab

1. Massa molar besi: Mm Fe = 56 g mol^{-1}

$$\text{Jumlah mol besi} = \frac{25\ \text{g}}{56\ \text{g mol}^{-1}} = 0{,}446\ \text{mol}.$$

2. Massa molar C = 12 g mol^{-1}
   Massa 1,5 mol C = 1,5 mol x 12 g mol^{-1} = 18 g.
3. A_r Fe = 56 sma, Jadi, massa molar Fe = 56 g mol^{-1}.
   Massa 1 atom Fe adalah

$$\frac{1\ \text{atom Fe}}{6{,}02 \times 10^{23}\ \text{atom mol}^{-1}} \times 56\ \text{g mol}^{-1} = 9{,}3 \times 10^{23}\ \text{g}$$

   Jadi, berat 1 atom Fe = 9,3 × 10 23 g.
4. Massa molar CO_2 = 44 g mol^{-1}

$$\text{Jumlah mol } CO_2 = \frac{4\ \text{g}}{44\ \text{g mol}^{-1}} = 0{,}09\ \text{mol}$$

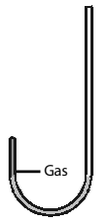
$$\text{Jumlah } CO_2 = 0{,}09\ \text{mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{molekul mol}^{-1}$$
$$= 0{,}54 \times 10^{23}\ \text{molekul}.$$

Sekilas Kimia

Hukum Boyle: Hubungan Tekanan dan Volume

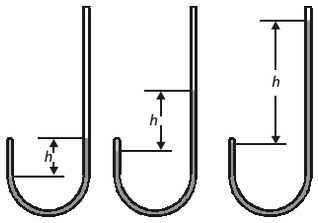
Robert Boyle (1627–1691) adalah seorang kimiawan Inggris. Pada abad ke-17, Boyle mempelajari sifat gas-gas secara sistematis dan kuantitatif. Boyle menyelidiki hubungan antara tekanan dan volume suatu sampel gas dengan menggunakan peralatan seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Mula-mula dilakukan penekanan pada gas dengan menambahkan merkuri (Hg) pada tabung, yang tekanannya sama dengan tekanan atmosfer. Peningkatan tekanan ditunjukkan oleh merkuri dengan level berbeda pada dua kolom. Ketika percobaan, temperatur gas dijaga konstan.



(a)

Tekanan gas sama dengan tekanan atmosfer.



(b) (c) (d)

Ketika merkuri ditambahkan secara bertahap, volume gas semakin berkurang sesuai dengan perkiraan Hukum Boyle.

Dari percobaan Boyle tersebut, diketahui bahwa volume gas (*V*) berbanding terbalik dengan tekanan (*P*) pada suhu tetap (*T* konstan).

$$V \propto \frac{1}{P}$$

Sumber: *Chemistry*, 1994

2. Volume Molar Gas

Menurut Amedeo Avogadro: *pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama*. Artinya, gas apapun selama volumenya sama dan diukur pada *P* dan *T* yang sama akan mengandung jumlah molekul yang sama. Jika jumlah molekul gas sebanyak tetapan Avogadro ($L = 6{,}02 \times 10^{23}$ molekul) maka dapat dikatakan jumlah gas tersebut adalah satu mol.

Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada Hukum Avogadro, pada 0°C dan 1 atm (*STP, Standard Temperature and Pressure*), volume satu mol gas adalah 22,4 liter. Volume satu mol gas ini dikenal dengan *volume molar gas*, disingkat V_m.

Tabel 5.4 Volume Molar Gas Beberapa Zat pada Keadaan STP

Zat	Berat (g)	Mol	Volume (L)	Jumlah Molekul
NO_2	46	1	22,4	$6{,}02 \times 10^{23}$
NH_3	17	1	22,4	$6{,}02 \times 10^{23}$
CO	28	1	22,4	$6{,}02 \times 10^{23}$
CH_4	17	1	22,4	$6{,}02 \times 10^{23}$

Contoh 5.12

Penerapan Volume Molar Gas

a. Berapa volume 16 g gas O_2 yang diukur pada keadaan STP? Diketahui $M_r O_2 = 32$.
b. Berapa jumlah molekul N_2 yang terdapat dalam 5,6 L gas N_2 diukur pada keadaan STP?

Jawab

a. Massa molar $O_2 = 32$ g mol^{-1}

$$\text{Jumlah mol } O_2 = \frac{16 \text{ g}}{32 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}5 \text{ mol}$$

Pada STP, volume molar $O_2 = 22{,}4$ L mol^{-1},
maka volume 0,5 mol $O_2 = 0{,}5 \text{ mol} \times 22{,}4 \text{ L mol}^{-1} = 11{,}2$ L
Jadi, volume untuk 16g O_2 pada STP = 11,2 L

b. Pada STP, volume molar $N_2 = 22{,}4$ L mol^{-1}

$$\text{Jumlah mol } N_2 \text{ dalam } 5{,}6 \text{ L} = \frac{5{,}6 \text{ L}}{22{,}4 \text{ L mol}^{-1}} = 0{,}25 \text{ mol.}$$

Jumlah molekul N_2 dalam satu mol = $6{,}02 \times 10^{23}$.
Jumlah molekul N_2 dalam 0,25 mol
$= 0{,}25 \text{ mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}$ molekul/mol
$= 1{,}505 \times 10^{23}$ molekul.
Jadi, jumlah N_2 dalam 5,6 L = $1{,}505 \times 10^{23}$ molekul

3. Volume Molar Gas Non-STP

Bagaimana menentukan volume suatu gas pada keadaan tidak standar? Untuk menentukan volume gas pada suhu dan tekanan tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan gas ideal.

Persamaan gas ideal adalah suatu persamaan yang diturunkan berdasarkan asumsi para pakar kimia dengan mengacu pada hasil-hasil percobaan seperti **Charles**, **Amonton**, **Boyle**, dan **Gay-Lussac**.

Hukum Charles menyatakan bahwa: *pada tekanan tetap, volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya.* Secara matematis dirumuskan sebagai:

$$V \approx T$$

Hukum Amonton menyatakan bahwa: *pada volume tetap, tekanan gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya.* Secara matematis dirumuskan sebagai:

$$P \approx T$$

Boyle dan Gay-Lussac menggabungkan ketiga besaran gas (tekanan, suhu, dan volume) menghasilkan persamaan berikut:

$$PV \approx T$$

Menurut Avogadro, persamaan tersebut dapat ditulis sebagai:

$$PV = RT$$

R adalah tetapan molar gas yang tidak bergantung pada P, T, dan V, tetapi hanya bergantung pada jumlah mol gas. Menurut percobaan, nilai $R = 0{,}082$ L atm mol^{-1} K^{-1}.

Berdasarkan uraian tersebut, persamaan gas ideal dapat ditulis sebagai berikut.

$$\boxed{PV = nRT}$$

Keterangan:
P = Tekanan (atm)
V = Volume (L)
T = Suhu mutlak (K)
n = Jumlah partikel (mol)
R = Tetapan gas (L atm mol^{-1} K^{-1})
= 0,082 L atm mol^{-1} K^{-1}

Kata Kunci

- Persamaan gas ideal
- Tekanan tetap

Contoh 5.13

Penerapan Pesamaan Gas Ideal

Berapa volume gas H_2 yang terdapat dalam balon pada 27°C jika tekanan H_2 2 atm dan beratnya 0,5 g? Diketahui: R = 0,082 L atm mol^{-1} K^{-1}.

Jawab

Untuk menentukan volume H_2, pertama menghitung jumlah molnya, kemudian menghitung volume gas H_2 melalui persamaan untuk gas ideal $PV = nRT$.

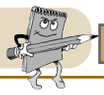
$$\text{Jumlah mol } H_2 = \frac{0{,}5 \text{ g}}{2 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}25 \text{ mol.}$$

Volume H_2 pada 27°C dan 1 atm:

$PV = nRT$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0{,}25 \text{ mol } 0{,}082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} 300\text{K}}{2 \text{ atm}} = 3{,}075 \text{ L}$$

Kegiatan Inkuiri



Carilah informasi dari media internet dan perpustakaan tentang cara menimbang dan menentukan volume balon gas sebelum dan sesudah diisi dengan gas hidrogen.

Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tentukan berat zat-zat berikut jika terkandung dalam 0,5 mol:
   a. NaCl; e. H_2SO_4;
   b. KCl; f. CO_2;
   c. NaOH; g. NH_3;
   d. HCl; h. HNO_3.
2. Suatu senyawa beratnya 22 g dan jumlah molnya 0,5 mol. Berapa M_r senyawa itu? Jika senyawa itu tersusun atas unsur C dan O, tuliskan rumus kimianya.
3. Dalam 4 g unsur X terkandung $3,0 \times 10^{23}$ atom X. Berapa A_r X?
4. Suatu senyawa beratnya 12 g dan jumlah molekulnya $2,08 \times 10^{23}$ molekul. Berapa M_r dari senyawa tersebut?
5. Berapa M_r zat X jika dalam 22 g zat tersebut terkandung $3,01 \times 10^{23}$ molekul X?
6. Berapa volume gas X yang diukur pada keadaan standar jika berat gas tersebut 34 g dan massa molar 17 g mol^{-1}?
7. Pada suhu dan tekanan sama, berapa volume gas CO_2 yang diukur pada keadaan 1 liter gas NO beratnya 14 g?
8. Berapa jumlah molekul gas O_2 yang diukur pada keadaan ketika 1 liter gas CO_2 beratnya 11 g?
9. Berapa jumlah molekul dalam 2,5 L gas N_2 diukur pada 25°C dan 700 mmHg?
10. Pada suhu dan tekanan tertentu, 3,6 g gas NO volumenya 5,6 L. Berapa volume 0,1875 mol gas SO_2 diukur pada suhu dan tekanan yang sama dengan pengukuran gas NO?

D. Perhitungan Kimia

Setelah Anda mengetahui hubungan antara besaran-besaran kimia seperti massa, mol, jumlah partikel, dan A_r atau M_r maka Anda dapat menerapkannya dalam perhitungan kimia. Misalnya, berapa volume gas CO_2 yang dihasilkan dari pembakaran 2 liter bensin atau berapa gram aluminium yang harus direaksikan dengan HCl agar dihasikan 5 liter gas H_2? Semua ini dapat Anda lakukan sekarang.

Kata Kunci

- Koefisien reaksi
- Rasio

Stoikiometri Reaksi

Kita kembali ke topik persamaan reaksi. Anda sudah mengetahui bahwa persamaan reaksi menyatakan jumlah atom atau molekul yang terlibat dalam reaksi (Hukum Avogadro). Banyaknya zat yang terlibat dalam reaksi kimia ditunjukkan oleh *koefisien reaksinya*.

Contoh:

Reaksi antara gas hidrogen dan gas klorin membentuk hidrogen klorida (**Gambar 5.4**) diungkapkan dalam persamaan reaksi berikut.

$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$

Persamaan reaksi ini bermakna bahwa:

1 molekul H_2 + 1 molekul $Cl_2 \longrightarrow$ 2 molekul HCl

atau

n molekul H_2 + n molekul $Cl_2 \longrightarrow$ 2n molekul HCl

Jika nilai *n* dari persamaan reaksi tersebut sama dengan $6,02 \times 10^{23}$ atau sebesar tetapan Avogadro maka *n* molekul sama dengan satu mol. Dengan demikian, persamaan reaksi tersebut menyatakan perbandingan mol.

$$2 \text{ mol C} + 1 \text{ mol } O_2 \rightarrow 2 \text{ mol CO}$$

Dapat disimpulkan bahwa *koefisien reaksi pada persamaan kimia menunjukkan perbandingan jumlah mol zat-zat yang bereaksi dan zat-zat hasil reaksi*. Perbandingan koefisien reaksi ini dinamakan *rasio stoikiometri* yang disingkat **RS**.

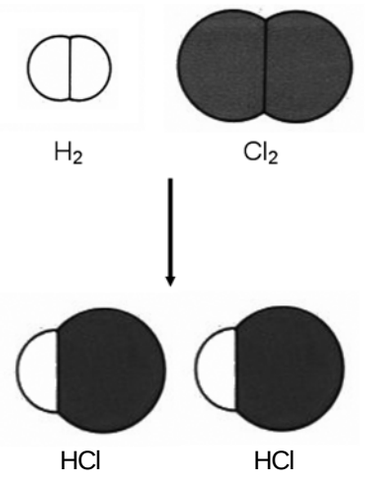
Sebagai gambaran aplikasi konsep mol dalam reaksi kimia dapat disimak contoh reaksi berikut:

Contoh:
Berapa mol H_2O yang dihasilkan jika 2 mol O_2 direaksikan dengan gas H_2 berlebih? Pernyataan "berlebih" mengisyaratkan bahwa jumlah H_2 lebih melimpah dari yang diperlukan untuk bereaksi secara tepat dengan 2 mol O_2. Oleh karena itu, jumlah H_2O yang dihasilkan bergantung pada jumlah O_2.

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(\ell)$

Berdasarkan persamaan reaksi, 2 mol H_2 bereaksi dengan 1 mol O_2 menghasilkan 2 mol H_2O. Jika O_2 yang bereaksi sebanyak 2 mol maka jumlah mol H_2O dapat ditentukan dari rasio stoikiometri (*RS* H_2O/O_2).

$$RS\ (H_2O/O_2) \times \text{mol } O_2 = \frac{2 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } O_2} \times 2 \text{ mol } O_2 = 4 \text{ mol } H_2O$$



Gambar 5.4
Reaksi antara gas klorin dan gas hidrogen.

Contoh 5.14

Terapan Mol dalam Reaksi Pembakaran

Tentukan berat air yang dihasilkan jika 0,25 mol gas butana dibakar dalam oksigen berlebih.

Jawab

Persamaan kimia yang terjadi:

$2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(g)$

Dalam persamaan tersebut, 10 mol H_2O dihasilkan dari 2 mol C_4H_{10} atau RS ($H_2O : C_4H_{10}$) = 10 : 2

Jumlah mol air yang dihasilkan:

RS × mol butana

$$= \left(\frac{10 \text{ mol } H_2O}{2 \text{ mol } C_4H_{10}}\right) \times 0{,}25 \text{ mol } C_4H_{10} = 1{,}25 \text{ mol } H_2O$$

Massa molar $H_2O = 18 \text{ g mol}^{-1}$

Berat $H_2O = 1{,}25 \text{ mol} \times 18 \text{ g mol}^{-1} = 22{,}5 \text{ g}$

Contoh 5.15

Terapan Mol dalam Proses Fotosintesis

Berapa jumlah molekul CO_2 yang diperlukan untuk membentuk 90 g glukosa pada proses fotosintesis dengan bantuan energi matahari?

Jawab

Pertama, tentukan dulu jumlah mol glukosa untuk mengetahui mol CO_2 melalui RS (glukosa : CO_2).

Kedua, tentukan jumlah molekul CO_2 melalui tetapan Avogadro.

Persamaan reaksi yang terjadi:

$$6CO_2(g) + 6H_2O(\ell) \xrightarrow{\text{Energi}} C_6H_{12}O_6(s) + 12O_2(g)$$

Jumlah mol glukosa yang terbentuk adalah

$$\frac{\text{Massa glukosa}}{\text{Massa molar glukosa}} = \frac{90 \text{ g}}{180 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}5 \text{ mol}$$

Sekilas Kimia

CO_2 dan Efek Rumah Kaca

Dari pembakaran 1,00 g C_4H_{10} menghasilkan 3,03 g CO_2. Satu galon (3,78 L) gasolin (C_8H_{18}) menghasilkan 8 kg CO_2. Pembakaran bahan bakar tersebut melepaskan sekitar 20 milyar ton CO_2 ke atmosfer setiap tahunnya.

Meskipun CO_2 merupakan komponen kecil di atmosfer, CO_2 berperanan penting dalam menyerap radiasi panas, bertindak seolah-olah seperti rumah kaca. Oleh karena itu, kita sering menyebutkan CO_2 dan gas penangkap panas lainnya sebagai gas rumah kaca. Panas yang disebabkan oleh gas ini dinamakan efek rumah kaca.

Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000.

Catatan Note

Koefisien reaksi dalam persamaan reaksi menyatakan perbandingan:
- Jumlah partikel (atom, molekul, ion).
- Jumlah mol.

Reaction coefficient in reaction equation define the sum composition of particles (atoms, molecules, ions) and mole.

Jumlah mol karbon dioksida yang diperlukan:
RS x mol glukosa

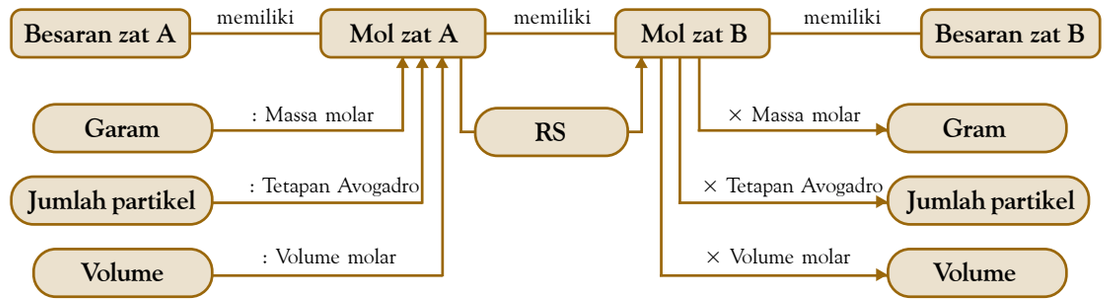
$$= \left(\frac{6 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}\right) \times 0{,}5 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 = 3 \text{ mol } CO_2$$

Jumlah molekul CO_2 yang diperlukan:
$3 \text{ mol } CO_2 \times 6{,}02 \times 10^{23}$ molekul $mol^{-1} = 18{,}06 \times 10^{23}$.
Jadi, CO_2 yang diperlukan adalah $18{,}06 \times 10^{23}$ molekul.

Dalam stoikiometri reaksi, apapun jenis informasi yang diketahui dan jenis informasi yang ditanyakan dapat diselesaikan dengan menggunakan empat langkah berikut.

1. Tuliskan persamaan reaksi kimia setara.
2. Ubah besaran yang diketahui ke dalam satuan mol.
3. Gunakan rasio stoikiometri (RS) dari persamaan kimia setara untuk menentukan besaran yang ditanyakan dalam satuan mol.
4. Ubah satuan mol ke dalam besaran yang ditanyakan, misalnya dalam satuan gram atau jumlah partikel.

Secara diagram, keempat langkah tersebut dapat dilihat pada gambar berikut, misalnya untuk reaksi: A $\longrightarrow$ B



Gambar 5.5
Diagram langkah penyelesaian stoikiometri reaksi

Contoh 5.16

Penggunaan Rasio Stoikiometri

Oktana (C_8H_{18}) dibakar dalam mesin mobil. Berapa volume CO_2 yang dihasilkan pada pembakaran sempurna 2 liter oktana? Semua diukur pada STP.

Jawab

Tahap 1: Persamaan reaksi kimia setara:
$2C_8H_{18}(g) + 25O_2(g) \longrightarrow 16CO_2(g) + 18H_2O(g)$

Tahap 2: Ubah satuan volume oktana menjadi mol menggunakan volume molar.

Tahap 3: Tentukan jumlah mol oksigen menggunakan RS ($CO_2 : C_8H_{18}$)

$$\text{Mol } O_2 = \frac{16 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_8H_{18}} \times 0{,}09 \text{ mol } C_8H_{18} = 0{,}72 \text{ mol}$$

Tahap 4: Ubah mol O_2 ke dalam satuan volume melalui volume molar.
Volume $O_2 = 0{,}72 \text{ mol} \times 22{,}4 \text{ L } mol^{-1} = 16{,}128 \text{ L}$
Jadi, volume CO_2 yang dihasilkan dari pembakaran 2 liter oktana adalah 16,128 liter.

Tes Kompetensi Subbab D

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Berapa volume CO_2 yang keluar dari tungku pembakaran 5 kg $CaCO_3$ pada STP?
2. Berapa berat aluminium yang harus direaksikan dengan HCl untuk mengisi balon gas yang memiliki volume 2 liter?
3. N_2O_5 terurai membentuk NO_2 dan O_2. Jika dihasilkan 2 g O_2, berapa volume NO_2 yang dibentuk pada STP?
4. Suatu paduan logam dari aluminium dan tembaga direaksikan dengan larutan HCl. Aluminium bereaksi menurut persamaan:

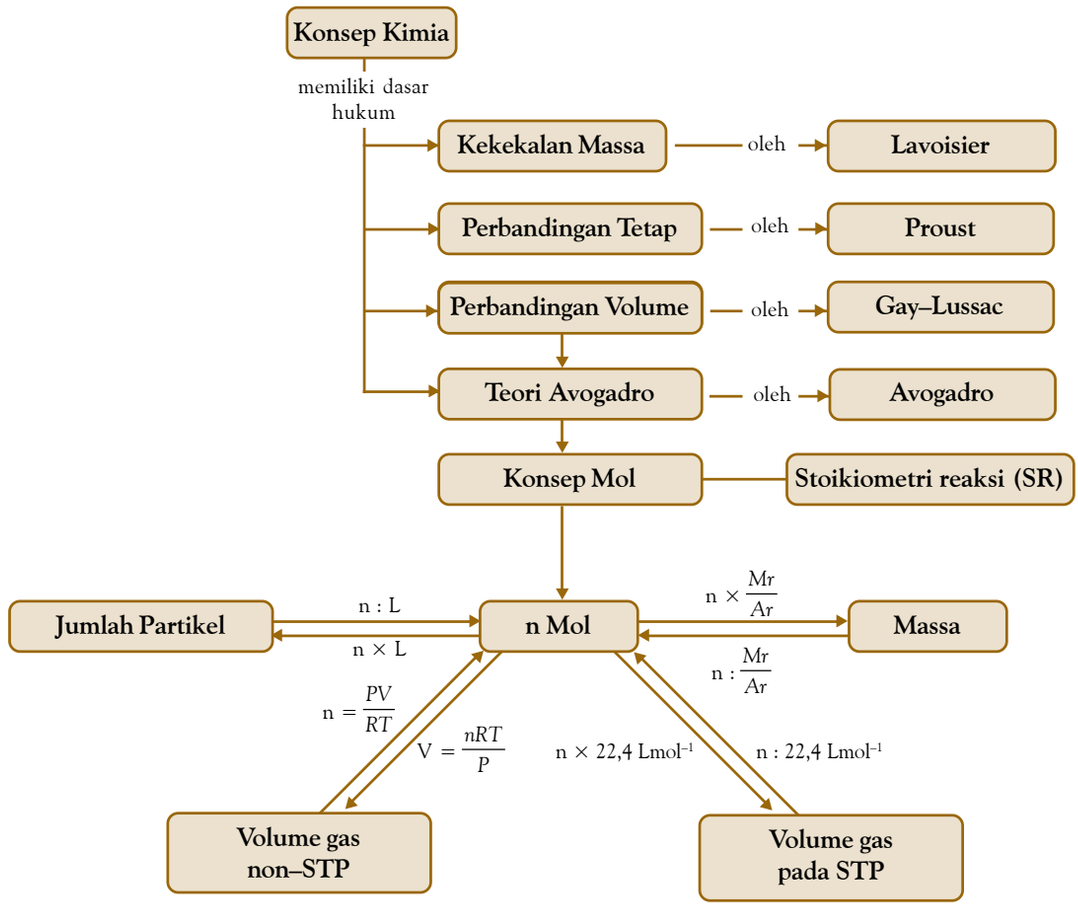
   $2\ Al\ (s) + 6\ HCl\ (aq) \longrightarrow 2\ AlCl_3\ (aq) + 3H_2\ (g)$

   Adapun tembaga tidak bereaksi.
   Jika 0,35 g paduan logam itu menghasilkan 415 mL H_2 diukur pada STP, berapa persen massa Al dalam paduan itu?
5. Batuan marmer mengandung $CaCO_3$ 96% berat. Jika 75 g marmer itu direaksikan dengan HCl, berapa gram gas klor yang terbentuk?

Rangkuman

1. Dalam reaksi kimia, massa zat sebelum dan sesudah reaksi selalu tetap (Hukum Kekekalan Massa)
2. Perbandingan massa unsur-unsur yang membentuk senyawa selalu tetap, tidak bergantung pada cara pembentukan maupun sumber senyawa tersebut (Hukum Perbandingan Tetap).
3. Jika diukur pada suhu dan tekanan sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana (Hukum Perbandingan Volume).
4. Pada suhu dan tekanan tetap, semua gas apapun yang volumenya sama akan mengandung jumlah molekul yang sama (Hukum Avogadro).
5. Satu mol setiap zat mengandung $6{,}022 \times 10^{23}$ partikel penyusun zat itu atau sebesar tetapan Avogadro (L) pada atom, molekul, maupun ion.
6. Massa molar (M_m) suatu zat menunjukkan massa satu mol zat dalam satuan gram. Satuan massa molar adalah gram per mol.
7. Volume molar (V_m) menunjukkan volume satu molar gas. Pada keadaan standar (0^oC dan 1 atm), volume molar gas adalah 22,4 liter per mol.
8. Untuk gas-gas pada keadaan bukan standar, perhitungan volume molar gas menggunakan persamaan gas ideal, yaitu $PV = nRT$.
9. Koefisien reaksi dalam suatu persamaan reaksi kimia, selain menunjukkan perbandingan volume dan jumlah partikel yang bereaksi juga menyatakan perbandingan mol zat-zat yang bereaksi. Perbandingan koefisien reaksi ini dinamakan rasio stoikiometri, disingkat RS.

Peta Konsep



Refleksi

Bagian manakah dari materi Bab 5 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Dengan mengetahui hukum dasar dan menggunakannya dalam perhitungan kimia, persamaan reaksi kimia dapat dipelajari secara lebih efisien dengan menerapkan Hukum–Hukum Dasar Kimia. Anda juga telah memahami konsep mol dan hubungannya dengan jumlah partikel serta besaran-besaran kimia lainnya dalam suatu zat. Selain itu, bab ini membantu Anda dalam mengembangkan keterampilan menerapkan prinsip yang logis dan membuat keputusan dengan membuktikan hukum-hukum tersebut.

Tahukah Anda manfaat lainnya dari mempelajari Hukum Dasar dan Perhitungan Kimia?

Evaluasi Kompetensi Bab 5

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Massa zat sebelum dan sesudah reaksi tetap. Pernyataan ini dikenal dengan hukum ....
   A. Dalton
   B. Lavoisier
   C. Proust
   D. Avogadro
   E. Priestley

2. Amonia mengandung 17,7% berat H dan 82,3% berat N. Jika 5,3 g gas H_2 direaksikan dengan N_2 berlebih selalu menghasilkan 30 g amonia. Data ini sesuai dengan hukum ....
   A. Lavoisier
   B. Proust
   C. Dalton
   D. Avogadro
   E. Gay–Lussac

3. Karbon dioksida mengandung 27,3% berat C dan 72,7% berat O. Jika 6 g karbon direaksikan dengan O_2 berlebih, berat CO_2 yang terbentuk sebanyak ....
   A. 6 g
   B. 12 g
   C. 16 g
   D. 18 g
   E. 22 g

4. Amonia mengandung 17,7% berat H dan 82,3% berat N. Jika 21 g gas N_2 direaksikan dengan H_2 berlebih, berat NH_3 yang terbentuk sebanyak ....
   A. 21,0 g
   B. 25,5 g
   C. 42,5 g
   D. 53,0 g
   E. 82,3 g

5. Unsur-unsur yang membentuk dua atau lebih senyawa harus merupakan kelipatan bilangan bulat dan sederhana. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum ....
   A. Lavoisier
   B. Proust
   C. Dalton
   D. Avogadro
   E. Gay–Lussac

6. Dari hasil percobaan ditemukan bahwa 63,6% N bereaksi tepat dengan 36,4% O. Pada percobaan lain, 46,7% N bereaksi tepat dengan 53,3% O. Data tersebut membuktikan Hukum ....
   A. Konservasi Massa
   B. Komposisi Tetap
   C. Perbandingan Berganda
   D. Perbandingan Volume
   E. Avogadro

7. Rasio volume gas-gas yang bereaksi adalah bulat dan sederhana. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum ....
   A. Lavoisier
   B. Proust
   C. Dalton
   D. Avogadro
   E. Gay–Lussac

8. Jika x mL gas H_2 direaksikan dengan 3x mL gas Cl_2 maka gas HCl yang dibentuk sebanyak ....
   A. x mL
   B. 2x mL
   C. 3x mL
   D. 4x mL
   E $3x^2$ mL

9. Pada persamaan reaksi:
   $C_2H_4(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
   Perbandingan volume gas-gas pereaksi dan hasil reaksi pada *P* dan *T* sama adalah ....
   A. 1 : 2 : 2 : 2
   B. 1 : 3 : 2 : 2
   C. 1 : 2 : 2 : 2
   D. 2 : 3 : 2 : 2
   E. 3 : 2 : 2 : 3

10. Volume O_2 yang dikonsumsi untuk pembakaran campuran 5 liter CH_4 dan 5 liter C_2H_4 adalah ....
    A. 5 liter
    B. 10 liter
    C. 15 liter
    D. 20 liter
    E. 25 liter

11. Amonia terurai menurut persamaan berikut:
    $NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + H_2(g)$
    Jika mula-mula terdapat *n* molekul NH_3 maka setelah amonia terurai sempurna akan diperoleh ....
    A. n molekul N_2
    B. 2n molekul N_2
    C. 3n molekul N_2
    D. (3/2)n molekul H_2
    E. 2n molekul H_2

12. Pada 25°C dan 1 atm, sejumlah x molekul gas O_2 volumenya 10 liter. Pada *P* dan *T* yang sama, jumlah molekul gas N_2 dalam 20 liter adalah ....
    A. X molekul
    B. 2x molekul
    C. 4x molekul
    D. 6x molekul
    E. 8x molekul

13. Pada *P* dan *T* tertentu, massa jenis O_2 1,5 g/L dan massa jenis gas X 0,50 g/L. Jika jumlah molekul O_2 sama dengan $2,0 \times 10^{23}$ molekul maka jumlah molekul gas X sebanyak ....
    A. $0,75 \times 10^{23}$ molekul
    B. $1,50 \times 10^{23}$ molekul

C. $2{,}00 \times 10^{23}$ molekul
D. $3{,}00 \times 10^{23}$ molekul
E. $4{,}50 \times 10^{23}$ molekul

14. Pada *P* dan *T* yang sama, gas N_2 bereaksi dengan gas H_2 membentuk NH_3.
$N_2(g) + H_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$
Jika N_2 yang bereaksi $0{,}25 \times 10^8$ molekul, jumlah molekul NH_3 yang dihasilkan sebanyak ....
A. $0{,}25 \times 10^8$ molekul
B. $0{,}50 \times 10^8$ molekul
C $1{,}00 \times 10^8$ molekul
D. $1{,}25 \times 10^8$ molekul
E. $1{,}50 \times 10^8$ molekul

15. Jumlah molekul dalam 0,5 mol NO_2 adalah ....
A. $0{,}5 \times 10^{23}$ molekul
B. $1{,}5 \times 10^{23}$ molekul
C. $2{,}0 \times 10^{23}$ molekul
D. $3{,}0 \times 10^{23}$ molekul
E. $4{,}5 \times 10^{23}$ molekul

16. Sebanyak 1 mol NaCl terurai menjadi Na^+ (*aq*) dan Cl^- (*aq*) maka jumlah ion Cl^- (*aq*) sebanyak ....
A. $3{,}01 \times 10^{23}$ molekul
B. $4{,}50 \times 10^{23}$ molekul
C. $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul
D. $9{,}03 \times 10^{23}$ molekul
E. $12{,}0 \times 10^{23}$ molekul

17. Jumlah mol 29,25 NaCl adalah ....
A. 0,25 mol
B. 0,50 mol
C. 1,00 mol
D. 1,25 mol
E. 1,50 mol

18. Jika tetapan Avogadro N dan A_r O = 16 maka jumlah molekul O_2 untuk 1 gram adalah ....
A. 32 N
B. 16 N
C. N
D. N/16
E. 1/32 N

19. Jika nilai tetapan Avogadro N maka massa satu molekul propena, C_3H_6 adalah ....
A. 42n
B. $\frac{N}{44}$
C. $\frac{42}{N}$
D. $\frac{1}{42N}$
E. $\frac{N}{42}$

20. Sebanyak 3 g karbon memiliki jumlah atom sama dengan ....
A. 16 g O_2
B. 14 g Fe
C. 2 g O_2
D. 28 g Fe
E. 15 g FeO

21. **Ebtanas 1994**:
Massa dari 0,5 mol gas SO_2 adalah ....
A. 96 g
B. 64 g
C. 48 g
D. 32 g
E. 24 g

22. Jumlah molekul paling sedikit terdapat dalam satu gram zat adalah ....
A. N_2
B. O_2
C. NO
D. NO_2
E. CO_2

23. Di antara molekul berikut, yang mengandung jumlah molekul paling sedikit adalah ....
A. 16 g CO_2
B. 8 g O_2
C. 4 g CH_4
D. 4 g N_2
E. 2 g H_2

24. Perbedaan antara massa molekul relatif CO_2 dan massa molar CO_2 adalah ....
A. 44 g dan 1 mol
B. 44 g dan 44 g/mol
C. 44 sma dan 44 g/mol
D. 44 sma dan 44 g
E. 44 g dan 44 g

25. Jika diketahui A_r K = 39; N = 14; O = 16, kandungan nitrogen dalam senyawa kalium nitrat (KNO_3) adalah ....
A. 13,9%
B. 15,1%
C. 11,7%
D. 20,0%
E. 25,6%

26. Jumlah molekul yang terdapat dalam 67,2 liter gas CH_4 pada STP adalah ....
A. $2{,}41 \times 10^{23}$ molekul
B. $12{,}04 \times 10^{23}$ molekul
C. $3{,}01 \times 10^{23}$ molekul
D. $18{,}06 \times 10^{23}$ molekul
E. $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul

27. **Ebtanas 2000**:
Massa dari $3{,}01 \times 10^{23}$ atom Ca (A_r = 40) adalah ....
A. 10 g
B. 20 g
C. 40 g
D. 60 g
E. 80 g

28. Jumlah molekul O_2 yang terdapat dalam 5,6 liter pada STP adalah ....

A. $1{,}505 \times 10^{23}$ molekul
B. $12{,}04 \times 10^{23}$ molekul
C. $3{,}01 \times 10^{23}$ molekul
D. $18{,}06 \times 10^{23}$ molekul
E. $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul

29. Pada keadaan standar, massa gas NO_2 dalam suatu wadah 15 liter adalah ....
A. 15,2 g
B. 30,8 g
C. 45,5 g
D. 67,5 g
E. 92,0 g

30. Volume 0,5 mol gas oksigen yang diukur pada 25°C dan 1 atm adalah ....
A. 11,2 liter
B. 22,4 liter
C. 24,44 liter
D. 28,25 liter
E. 30,00 liter

31. Volume dari 2,8 gram gas nitrogen yang diukur pada 25°C dan 0,5 atm adalah ....
A. 4,89 liter
B. 22,4 liter
C. 24,44 liter
D. 28,25 liter
E. 30,0 liter

32. Massa gas CO_2 yang terdapat dalam 10 liter diukur pada 25°C dan tekanan 1 atm adalah ....
A. 12 g
B. 19,6 g
C. 44 g
D. 64 g
E. 80 g

33. Pada suhu dan tekanan tertentu, volume 1 gram gas NO = 1,28 liter. Pada keadaan yang sama, volume gas yang terjadi pada pembakaran sempurna 4 g belerang adalah ....
A. 3,6 liter
B. 4,8 liter
C. 5,12 liter
D. 10,24 liter
E. 293 liter

34. Pembakaran sempurna gas propana ditunjukkan oleh persamaan berikut:
$C_3H_8(g) + ...O_2(g) \longrightarrow ....CO_2(g) + ...H_2O(\ell)$
Pada persamaan ini, perbandingan mol $O_2(g)$ terhadap $CO_2(g)$ adalah ....
A. 3: 2
B. 4:3
C. 5:3
D. 1:3
E. 3:1

35 Sebanyak 10 gram kapur bereaksi habis dengan asam sulfat berlebih menurut reaksi:
$CaCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow$
$CaSO_4(aq) + H_2O(\ell) + CO_2(g)$
Volume CO_2 yang dilepaskan pada STP adalah ....
A. 44,80 L
B. 22,40 L
C. 11,20 L
D. 5,60 L
E. 2,24 L

36. Jika 5 mol H_2SO_4 direaksikan dengan X mol NH_3 membentuk 3 mol $(NH_4)HSO_4$ dan Y mol $(NH_4)_2SO_4$ maka nilai X dan Y sebesar ....
A. X = 7 dan Y = 2
B. X = 5 dan Y = 2
C. X = 3 dan Y = 5
D. X = 7 dan Y = 5
E. X = 3 dan Y = 2

37. Jika 1 mol $KClO_3(s)$ dipanaskan hingga terurai menjadi $KCl(s)$ dan $O_2(g)$, gas O_2 yang dihasilkan adalah ....
A. 0,5 mol
B. 1,0 mol
C. 1,5 mol
D. 2,0 mol
E. 2,5 mol

38. Konsentrasi $H_2O(\ell)$ yang dihasilkan dari reaksi antara 5 mol $H_2(g)$ dan 5 mol $O_2(g)$ dalam tabung eudiometer adalah ....
A. 1,0 mol
B. 2,5 mol
C. 5,0 mol
D. 7,5 mol
E. 10,0 mol

39. Dalam kompor gas, 5 mol propana dibakar dengan 5 mol gas oksigen menghasilkan $CO_2(g)$ sebanyak ....
A. 3 mol
B. 5 mol
C. 10 mol
D. 15 mol
E. 30 mol

40. Senyawa karbon berupa gas memiliki rumus empiris CH_2. Jika pada 273 K dan 1 atm berat senyawa itu 14 g dan volumenya 5,6 liter maka rumus molekul senyawa itu adalah ....
A. CH_2
B. C_2H_4
C. C_3H_6
D. C_4H_8
E. C_5H_{10}

41. **UMPTN 1997/A**:
Reaksi yang terjadi antara $KClO_3$ dan HCl adalah
$KClO_3(aq) + 6HCl(aq) \longrightarrow KCl(s) + 3H_2O(l) + 3Cl_2(g)$
Diketahui A_r K = 39; Cl = 35,5; O = 16; H = 1. Untuk memperoleh 142 gram Cl_2 diperlukan $KClO_3$ sebanyak ...
A. 122,5 g
B. 81,7 g
C. 61,3 g
D. 40,8 g
E. 24,5 g

42. Pembakaran 12 gram senyawa karbon dihasilkan 22 gram gas CO_2 (M_r = 44). Persentase karbon dalam senyawa itu adalah ....
    A. 23%
    B. 27%
    C. 50%
    D. 55%
    E. 77%

43. Sebanyak 8 liter gas propana dibakar habis dengan gas oksigen menurut persamaan berikut.
    $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$
    Pada *P* dan *T* yang sama, volume gas CO_2 yang dihasilkan adalah ....
    A. 24 liter
    B. 12 liter
    C. 8 liter
    D. 5 liter
    E. 3 liter

44. **UMPTN 1999**:
    Sebanyak X gram FeS (M_r = 88) direaksikan dengan HCl menurut reaksi:
    $FeS(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow FeCl_2(aq) + H_2S(s)$
    Pada akhir reaksi diperoleh 8 liter gas H_2S. Jika pada keadaan tersebut satu mol gas H_2S volumenya 20 liter maka nilai X adalah ....
    A. 8,8
    B. 17,6
    C. 26,4
    D. 35,2
    E. 44,0

45. **UMPTN 1996/A**:
    Pada suhu dan tekanan sama, 40 mL P_2 tepat bereaksi dengan 100 mL Q_2 menghasilkan 40 mL gas P_xQ_y. Harga x dan y adalah ....
    A. 1 dan 2
    B. 1 dan 3
    C. 1 dan 5
    D. 2 dan 3
    E. 2 dan 5

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Logam seng bereaksi dengan belerang menghasilkan serbuk putih seng sulfida. Seorang siswa menemukan bahwa 65,4 gram seng dapat bereaksi dengan 32,1 gram belerang. Berapa gram seng sulfida yang dapat dihasilkan dari 20 gram logam seng?
2. Siklopropana tersusun atas 14,286% berat H dan 85,714% berat C. Jika dalam siklopropana terkandung 24 g H, berapa gram karbon yang terdapat dalam siklopropana?
3. Dalam suatu tabung yang volumenya 2 L terdapat gas oksigen sebanyak 2×10^7 molekul, diukur pada 25°C dan 1 atm. Berapa jumlah molekul metana yang terdapat dalam tabung yang volumenya 2 L jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama dengan gas oksigen?
4. Pada reaksi berikut:
    $Xe + F_2 \longrightarrow XeF_2$
    Menurut Hukum Avogadro, apakah Xe merupakan suatu molekul atau atom? Jelaskan.
5. Tanda tangan yang dituliskan dengan pensil memerlukan rata-rata 1 mg karbon. Jika pensil itu hanya mengandung karbon, berapa jumlah atom karbon untuk satu tanda tangan?
6. Kokain adalah zat yang secara alami dapat diekstrak dari daun tanaman coca. Jika rumus kimia untuk kokain adalah $C_{17}H_{21}O_4N$, berapa persen berat C, H, O, dan N dalam kokain?
7. Suatu paduan logam dari aluminium dan tembaga direaksikan dengan larutan HCl. Aluminium bereaksi menurut persamaan:
    $2\ Al\ (p) + 6\ HCl\ (aq) \longrightarrow 2\ AlCl_3\ (aq) + 3H_2\ (g)$
    Adapun tembaga tidak bereaksi. Jika 0,35 g paduan logam itu menghasilkan 415 mL H_2 diukur pada STP, berapa persen massa Al dalam paduan itu?

Proyek Semester 1

Unsur-Unsur dalam Suatu Materi

Di lingkungan sekitar rumah Anda banyak terdapat suatu unsur yang terkandung dalam materi-materi. Dapatkah Anda menuliskan materi-materi yang terdapat di sekitar rumah Anda? Dapatkah Anda menentukan unsur apa saja yang tekandung dalam materi tersebut? Carilah unsur-unsur apa saja dalam materi yang terdapat di sekitar rumah Anda. Perhatikanlah oleh Anda langkah-langkah kerja dari proyek semester 1 ini dan kerjakanlah secara berkelompok.

Tujuan

Menentukan atom, unsur, dan sifatnya dalam suatu unsur pada materi di sekitar rumah.

Alat dan Bahan

Materi di sekitar rumah dan tabel periodik

Langkah Kerja

1. Carilah materi-materi yang terdapat di sekitar rumah Anda, kemudian tentukan unsur apa saja yang tekandung dalam materi tersebut seperti pada tabel berikut.

Nama Materi	Nama Unsur yang Dikandung	Nomor Atom	Sifat Fisika	Sifat Kimia
Kapur tulis	.....	.....	.....	.....
Keramik	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....

2. Tuliskan nomor atomnya, kemudian tentukan unsur tersebut termasuk golongan dan periode berapa dalam sistem periodik unsur.
3. Tuliskan konfigurasi elektron dari unsur yang Anda temukan.
4. Tentukanlah unsur-unsur yang bersifat cair, padat, dan gas.
5. Tuliskan materi atau senyawa yang berikatan ion.
6. Tuliskan materi atau senyawa yang berikatan kovalen.
7. Tentukan dan tuliskan persamaan reaksi pada reaksi-reaksi yang terjadi di sekitar Anda.
8. Tentukanlah sifat kimia dan fisika dari unsur-unsur yang Anda temukan.

Buatlah laporan dari proyek semester ini.

Evaluasi Kompetensi Kimia
Semester 1

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

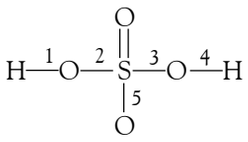
1. Berdasarkan penelitian terhadap tabung sinar katoda diketahui bahwa ....
   A. partikel alfa adalah inti atom helium
   B. rasio e/m untuk partikel sinar katoda bergantung pada gas yang dimasukkan ke dalam tabung.
   C. massa seluruh atom terkandung dalam inti yang sangat kecil.
   D. sinar katoda adalah berkas ion bermuatan negatif.
   E. rasio e/m elektron sekitar 1800 kali lebih besar dari rasio e/m proton.
2. Proton dinyatakan bermuatan positif sebab ....
   A. menuju kutub negatif (katode)
   B. bertumbukan dengan gas dalam tabung
   C. dapat melewati lubang-lubang katode
   D. diemisikan oleh katode
   E. dapat dibelokkan oleh medan magnet
3. Jumlah proton yang terdapat dalam atom dengan nomor atom 10 adalah ....
   A. 5 D. 15
   B. 9 E. 20
   C. 10
4. Di antara atom-atom berikut yang merupakan isotop satu dengan lainnya adalah ....

Atom	Nomor Massa	Nomor Atom
A	10	10
B	11	11
C	12	11
D	13	12

   A. A dan B D. B dan D
   B. A dan C E. D dan A
   C. B dan C
5. Suatu atom dengan 10 elektron memiliki konfigurasi elektron ....
   A. 2 2 6 D. 2 4 4
   B. 2 8 E. 2 8 2
   C. 2 2 4 2
6. Dalam sistem periodik modern, unsur-unsur golongan lantandia dan aktinida terletak pada periode ....
   A. 3 dan 4 D. 6 dan 7
   B. 5 dan 6 E. 7
   C. 4 dan 6
7. Suatu unsur berada dalam golongan IIA dan periode 4. Unsur tersebut memiliki nomor atom ....
   A. 12 D. 20
   B. 12 E. 38
   C. 19
8. Di antara unsur-unsur $_{3}P$, $_{12}Q$, $_{19}R$, $_{33}S$, dan $_{53}T$, yang terletak dalam golongan yang sama pada tabel periodik adalah ....
   A. P dan Q D. Q dan S
   B. P dan R E. S dan T
   C. R dan T
9. Spesi berikut yang memiliki jari-jari paling panjang adalah ....
   A. Na D. Mg^{2+}
   B. Na^{+} E. Al^{3+}
   C. Mg
10. Jika unsur-unsur diurutkan dari atas ke bawah dalam golongan yang sama maka ....
    A. sifat logam berkurang
    B. pembentukan ion negatip makin mudah
    C. jari-jari atom berkurang
    D. jumlah isotop unsur bertambah
    E. energi ionisasi berkurang
11. Kenaikan titik didih dan titik leleh dari F_2 ke I_2 disebabkan oleh meningkatnya ....
    A. keelektronegatifan
    B. afinitas elektron
    C. jari-jari atom
    D. potensial reduksi standar
    E. kekuatan asam
12. Di antara alotrop karbon berikut, yang dapat menghantarkan listrik adalah ....
    A. arang D. kokas
    B. intan E. jelaga
    C. grafit
13. Suatu unsur memiliki nomor atom 20. Jika unsur itu bereaksi membentuk senyawa ion, konfigurasi elektronnya menjadi ....
    A. 2 8 8 D. 2 8 10
    B. 2 8 8 2 E. 2 2 8 8
    C. 2 8 8 4
14. Unsur X memiliki konfigurasi elektron 2 8 5. Rumus senyawa yang mungkin akan terbentuk antara unsur X dengan kalsium ($_{20}Ca$) adalah ....
    A. CaX D. Ca_2X_3
    B. Ca_2X E. Ca_3X_2
    C. CaX_2

15. Dalam sistem periodik, unsur-unsur yang dapat membentuk ikatan kovalen terjadi antara golongan ....
A. IIIA dan VA
B. IIA dan VIA
C. IA dan VIIA
D. VIA dan VIIIA
E. VIIA dan VIIA

16. Dalam struktur molekul berikut yang menunjukkan ikatan kovalen koordinasi adalah nomor ....



A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 5

17. Logam tembaga banyak dipakai sebagai penghantar arus listrik dibandingkan besi. Hal ini disebabkan ....
A. tembaga lebih baik dari besi
B. tembaga lebih murah
C. besi mudah patah (getas)
D. tembaga lebih tahan terhadap cuaca
E. tembaga lebih mengkilap

18. Tata nama untuk senyawa dengan rumus Na_2SO_4 adalah ....
A. natrium sulfit
B. natrium sulfonat
C. natrium sulfat
D. natrium sulfida
E. natrium sulfurida

19. Tata nama untuk senyawa organik dengan rumus $CH_3–CH_2–C \equiv C–CH_2–CH_3$ adalah ....
A. heksana
B. heksuna
C. 3-heksuna
D. heksena
E. 3-heksena

20. Di antara zat berikut, yang menunjukkan bahwa rumus empiris sama dengan rumus molekul adalah ....
A. H_2O
B. H_2O_2
C. $C_2H_4O_2$
D. C_6H_6
E. B_2H_6

21. Reaksi pembakaran ferit dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi berikut.
$2FeS_2(s) + aO_2(g) \longrightarrow 2FeO(s) + bSO_2(g)$
Reaksi akan setara jika nilai a dan b ....
A. a = 3, b = 2
B. a = 4, b = 3
C. a = 5, b = 4
D. a = 3, b = 4
E. a = 4, b = 5

22. Perhatikan persamaan kimia berikut.
$\mathbf{a}NH_3(g) + \mathbf{b}O_2(g) \longrightarrow \mathbf{c}N_2(g) + \mathbf{d}H_2O(g)$
Koefisien reaksi a, b, c, d yang menunjukkan persamaan telah setara berturut-turut adalah ....
A. 2, 1, 1, 3
B. 2, 2, 1, 3
C. 4, 3, 2, 6
D. 4, 3, 2, 4
E. 3, 5, 2, 4

23. Jika di laboratorium terdapat larutan:
1. HCl
2. NH_4Cl
3. H_2SO_4
4. NaOH
5. Na_2CO_3
6. $Ba(NO_3)_2$

Pasangan larutan yang dapat bereaksi dan membentuk suatu endapan adalah ....
A. (1) dan (5)
B. (2) dan (3)
C. (1) dan (4)
D. (4) dan (5)
E. (3) dan (6)

24. **Ebtanas 1997**:
Dari reaksi di bawah ini yang *tidak* mengikuti Hukum Kekekalan Massa adalah ....
A. $2g\,H_2(g) + 16g\,O_2(g) \longrightarrow 18g\,H_2O(\ell)$
B. $32g\,S(s) + 64g\,Cu(s) \longrightarrow 96g\,CuS(s)$
C. $7g\,Fe + 4g\,S(s) \longrightarrow 11g\,FeS(s)$
D. $24g\,Mg + 14g\,N_2(g) \longrightarrow 52g\,Mg_2N_3(s)$
E. $8g\,Cu(s) + 2g\,O_2(g) \longrightarrow 10g\,CuO(s)$

25. Perbandingan H terhadap O dalam molekul air adalah 1 : 8. Jika 10 g gas H_2 direaksikan dengan O_2 berlebih, berat H_2O yang terbentuk sebanyak ....
A. 10 g
B. 20 g
C. 40 g
D. 80 g
E. 90 g

26. Perhatikan persamaan reaksi hipotetik berikut.
$P + Q \longrightarrow 2X$
Jika P dan Q merupakan molekul diatomik maka rumus molekul X yang benar adalah ....
A. PQ
B. P_2Q
C. PQ_2
D. P_2Q_2
E. PQ_3

27. Unsur M memiliki A_r = y dan massa jenis = ρ g/cm^3. Jika nilai tetapan Avogadro L maka volume satu atom M adalah ....
A. $\frac{y}{\rho L}$
B. $\frac{y\rho}{L}$
C. $\frac{yL}{\rho}$
D. $\frac{\rho}{yL}$
E. $\frac{\rho L}{y}$

28. Haemoglobin mengandung 0,33% massa besi dan massa molekul relatif 680. Jumlah atom besi per molekul haemoglobin adalah ....
    A. 1
    B. 2
    C. 3
    D. 4
    E. 5

29. Pada reaksi 27gram kalsium dengan 5,6 gram nitrogen dihasilkan kalsium nitrida menurut persamaan kimia berikut:
    $3Ca(s) + N_2(g) \longrightarrow Ca_3N_2(s)$
    Massa kalsium nitrida yang dihasilkan adalah ....
    A. 14,8 g
    B. 29,6 g
    C. 44,4 g
    D. 68,0 g
    E. 148,0 g

30. Sebanyak 26,75 g $NH_4Cl(s)$ dipanaskan sampai terurai menjadi $NH_3(g)$ dan $HCl(g)$. Volume NH_3 yang terbentuk jika diukur pada keadaan STP adalah ....
    A. 0,5 L
    B. 2,65 L
    C. 5,6 L
    D. 11,2 L
    E. 22,4 L

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Dalam hal apa model atom Bohr berbeda dari model atom Rutherford? Jelaskan.
2. Tuliskan konfigurasi elektron dari atom-atom berikut:
   a. $_{11}Na$, $_{12}Mg$, $_{13}Al$, $_{14}Si$, $_{15}P$, $_{16}S$, $_{17}Cl$.
   b. $_{19}K$, $_{20}Ca$, $_{31}Ga$, $_{34}Se$, $_{35}Br$, $_{36}Kr$.
3. Berikan contoh atau fakta yang menunjukkan tidak tepatnya Hukum Periodik yang diajukan oleh Mendeleev?
4. Jelaskan apa yang menjadi dasar penyusunan tabel periodik modern?
5. Gunakan sistem periodik untuk menentukan konfigurasi elektron kulit terluar dari atom: Si, Se, Cl, O, S, As, dan Ga.
6. Untuk setiap pasangan atom berikut, manakah yang diharapkan memiliki energi ionisasi lebih tinggi: Rb atau Sr; Po atau Rn; Xe atau Cs; Ba atau Sr; Bi atau Xe.
7. Gambarkan dengan struktur Lewis pembentukan senyawa ionik berikut.
   a. Kalsium dan brom; kalsium dan oksigen.
   b. Magnesium dan nitrogen; magnesium dan klor.
   c. Kalium dan belerang; barium dan fosfor.
8. Gambarkan struktur Lewis dengan mengikuti aturan oktet untuk setiap molekul dan ion berikut:
   a. HCN, PH_3, $CHCl_3$, NH_4^+, SeF_2.
   b. $POCl_3$, SO_4^{2-}, XeO_4, PO_4^{3-}, ClO_4^-.
   c. NF_3, SO_3^{2-}, PO_3^{3-}, ClO_3^-.
9. Molekul CS_2 dan CO_2 memiliki ikatan rangkap dua. Gambarkan struktur Lewisnya.
10. Tuliskan rumus kimia untuk senyawa berikut.
    a. Natrium bromida
    b. Belerang trioksida
    c. Tembaga(ii) sulfida
    d. Fosfor pentoksida
    e. Butana
    g. Kalsium hidroksida
    h. Karbon monoksida
    i. Silikon dioksida
    j. Raksa oksida
    k. Asam phosfat
11. Tembaga(II) sulfida berwarna hitam dan berupa padatan yang sukar larut. Senyawa tersebut diperoleh dari reaksi antara tembaga(II) sulfat dengan natrium sulfida. Tuliskan persamaan kimianya.
12. Larutan amonium klorida dan barium hidroksida dipanaskan. Campuran tersebut bereaksi menghasilkan gas. Tuliskan persamaan reaksinya.
13. Amonia mengandung 17,65% H dan 82,35% N. Jika 5,29 g hidrogen bereaksi sempuma dengan 24,71 gram nitrogen membentuk 30,0 g amonia. Tunjukkan bahwa data tersebut sesuai dengan Hukum Komposisi Tetap.
14. Batuan marmer mengandung $CaCO_3$ 96,0%. Jika 75 g marmer itu direaksikan dengan 350 mL HCl (massa jenis 1,15 g L^{-1}), berapa berat gas karbon dioksida yang terbentuk?
15. Aluminium bereaksi dengan asam sulfat menurut persamaan reaksi kimia berikut.
    $2\,Al(s) + 3H_2SO_4(aq) \longrightarrow 2\,Al(SO_4)_3(aq) + 3H_2(g)$
    Jika 6 g Al (A_r = 27) dicampurkan ke dalam 115 g asam sulfat (M_r = 98), berapa volume H_2 yang terbentuk diukur pada 25°C dan 1 atm?

Bab

6

Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000

Pada aliran air, perubahan energi potensial dapat mengakibatkan adanya arus listrik.

Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

Hasil yang harus Anda capai:

Memahami sifat-sifat larutan nonelektrolit dan elektrolit serta reaksi reduksi oksidasi.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

mengidentifikasi sifat larutan nonelektrolit dan elektrolit berdasarkan data hasil percobaan.

Reaksi-reaksi kimia dapat terjadi dalam keadaan gas, cair, larutan, dan padatan. Reaksi kimia dalam gas memerlukan pengendalian suhu dan tekanan. Reaksi dalam padatan memerlukan suhu sangat tinggi, sedangkan reaksi dalam larutan mudah dikendalikan. Reaksi dalam larutan secara teknologi lebih sederhana dan umumnya dilakukan dalam larutan. Untuk melakukan reaksi dalam larutan, Anda perlu memahami komposisi dan sifat-sifat larutan. Salah satunya adalah sifat kelistrikan larutan.

Air laut merupakan larutan elektrolit karena mengandung berbagai mineral, seperti NaCl, $MgCl_2$, dan garam-garam kalium. Larutan dibedakan menjadi larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit. Apakah larutan elektrolit itu? Apakah perbedaan larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit? Semua jawaban tersebut dapat Anda jawab setelah mempelajari bab ini.

A. Definisi dan Komposisi Larutan

B. Sifat Listrik Larutan

Tes Kompetensi Awal

1. Tuliskan contoh-contoh cairan yang dapat menghantarkan listrik.
2. Tuliskan contoh-contoh logam yang dapat menghantarkan listrik dan logam yang tidak dapat menghantarkan listrik.
3. Tahukan Anda, mengapa suatu zat dapat menghantarkan listrik?

A. Definisi dan Komposisi Larutan

Setiap hari, Anda berhubungan dengan air yang digunakan untuk minum, mandi, mencuci, dan keperluan lainnya. Semua air yang Anda gunakan sudah dalam bentuk larutan. Di alam, semua air berupa larutan, tidak ada air dalam keadaan murni (sebagai H_2O). Jika ada, itu merupakan hasil rekayasa manusia.

1. Definisi Larutan

Larutan didefinisikan sebagai *campuran dua atau lebih zat yang membentuk satu macam fasa (homogen) dan sifat kimia setiap zat yang membentuk larutan tidak berubah.* Arti homogen menunjukkan tidak ada kecenderungan zat-zat dalam larutan terkonsentrasi pada bagian-bagian tertentu, melainkan menyebar secara merata di seluruh campuran. Sifat-sifat fisika zat yang dicampurkan dapat berubah atau tidak, tetapi sifat-sifat kimianya tidak berubah.

Catatan *Note*

Larutan homogen adalah larutan dengan penyebaran molekul yang merata dalam suatu campuran.

Homogeneous solution is a solution with uniform molecular spread in a mixture.

Contoh:

a. Larutan dari campuran alkohol dan air. Sifat fisika dan kimia setiap zat tidak berubah.
b. Larutan dari campuran gula pasir dan air. Sifat fisika gula berubah dari kristalin menjadi molekuler, tetapi sifat-sifat kimianya tidak berubah.
c. Larutan dari campuran NaCl dan air. Sifat-sifat fisika NaCl berubah dari kristalin menjadi ion-ionnya, tetapi sifat kimia NaCl tidak berubah.

Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 6.1
Peristiwa pelarutan dari tablet *effervescent* (air sebagai pelarut dan tablet zat terlarut)

Ada dua komponen yang berhubungan dengan larutan, yaitu *pelarut* dan *zat terlarut*. Pelarut adalah zat yang digunakan sebagai media untuk melarutkan zat lain. Umumnya, pelarut merupakan jumlah terbesar dari sistem larutan. Zat terlarut adalah komponen dari larutan yang memiliki jumlah lebih sedikit dalam sistem larutan. Selain ditentukan oleh kuantitas zat, istilah pelarut dan terlarut juga ditentukan oleh sifat fisikanya (struktur). Pelarut memiliki struktur tidak berubah, sedangkan zat terlarut dapat berubah (perhatikan **Gambar 6.1**).

Contoh:
Sirup tergolong larutan. Di dalam sirup, jumlah air lebih banyak daripada gula. Oleh karena struktur air tidak berubah (air tetap berupa cair), sedangkan struktur gula berubah dari kristalin menjadi molekuler. Air tetap dinyatakan sebagai pelarut.

Larutan tidak terbatas pada sistem cairan, dapat juga berupa padatan atau gas. Udara di atmosfer adalah contoh larutan sistem gas (pelarut dan terlarut berwujud gas). Logam kuningan adalah contoh sistem larutan padat (campuran tembaga dan seng).

2. Komposisi Larutan

Apa yang dimaksud komposisi larutan? Komposisi larutan adalah perbandingan zat-zat di dalam campuran. Untuk menentukan komposisi larutan digunakan istilah *kadar* dan *konsentrasi*. Kedua istilah ini menyatakan kuantitas zat terlarut dengan satuan tertentu. Satuan yang digunakan untuk menyatakan kadar larutan adalah persen berat (%b/b), persen volume (%V/V), dan bagian per sejuta (bpj) atau ppm (*part per million*).

Kadar Larutan

Persen berat menyatakan fraksi berat zat terlarut terhadap berat larutan dalam satuan persen. Persen berat biasa diterapkan dalam campuran padat-cair atau padat-padat. Secara matematika, persen berat suatu zat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Persen berat zat A} = \frac{\text{berat zat A}}{\text{berat zat (pelarut + terlarut)}} \times 100\%$$

Contoh 6.1

Menghitung Komposisi Larutan Persen Berat

Bata tahan api dibuat melalui pembakaran campuran 250 g Al_2O_3, 300 g MgO, 2.000 g SiO_2, dan 150 g C. Berapa persen berat MgO dalam campuran bata tersebut?

Jawab

Berat total campuran = 2700 g

Persen berat MgO dalam campuran adalah: $\frac{300\text{ g}}{2700\text{ g}} \times 100\% = 11{,}11\%$

Persen volume menyatakan fraksi volume zat terlarut terhadap volume larutan dalam satuan persen. Persen volume biasa diterapkan untuk campuran cair-cair atau gas-cair. Secara matematik, persen volume suatu zat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Persen volume zat A} = \frac{\text{volume zat A}}{\text{volume (pelarut + terlarut)}} \times 100\%$$

Contoh 6.2

Menghitung Komposisi Larutan Persen Volume

Di dalam kemasan botol minuman tertera 5% alkohol. Berapa volume alkohol yang terdapat dalam 250 mL minuman tersebut?

Jawab

Volume alkohol dalam 250 mL minuman dengan kadar alkohol 5% adalah

$$\frac{5}{100} \times 250\text{ mL} = 12{,}5\text{ mL}$$

Untuk menyatakan kadar suatu zat yang kuantitasnya sangat sedikit, biasanya diungkapkan dalam satuan *bagian per sejuta* (bpj) atau dalam bahasa inggrisnya *part per million* (ppm). Ungkapan bpj suatu zat dinyatakan dengan rumus:

Kata Kunci

- Bagian per sejuta (bpj)
- Persen volume

Mahir Menjawab

Dalam 100 mg bahan terdapat 25 mg perak dan 10 mg emas.
Persentase perak dan emas dalam bahan tersebut berturut-turut adalah ....

A. 5% dan 12,5%
B. 12,5% dan 5%
C. 50% dan 20%
D. 10% dan 25%
E. 25% dan 10%

Pembahasan

Dengan menggunakan rumus persen berat:

- Persen perak $= \frac{25\text{ mg}}{100\text{ mg}} \times 100\%$
  $= 25\%$
- Persen emas $= \frac{10\text{ mg}}{100\text{ mg}} \times 100\%$
  $= 10\%$

Jadi, persentase perak dan emas dalam bahan berturut-turut 25% dan 10% (E).

Ebtanas 1997

Sumber: *CD Image*

Gambar 6.2
Minuman dengan kadar sari buah-buahan 15%.

$$Kadar\ zat\ A = \frac{kadar\ zat\ A}{kadar\ pelarut} \times 10^6\ bpj$$

Satuan pelarut dan terlarut dapat merupakan satuan berat atau satuan volume, dengan syarat kedua satuan sama atau disamakan terlebih dulu.

Contoh 6.3

Menghitung Bpj Suatu Zat

Air dari PDAM mengandung kaporit dengan kadar sangat sedikit, berfungsi sebagai desinfektan. Jika dalam 10 liter air PDAM ditemukan kaporit sebanyak 30 mg, berapa kadar kaporit dalam air itu?

Jawab

Oleh karena kedua komponen larutan berbeda satuan (air dalam liter, kaporit dalam gram) maka perlu dilakukan penyamaan satuan lebih dulu.
Besaran yang menghubungkan massa dan volume adalah berat jenis.
Massa jenis air adalah 1 g/mL.
Berat air = berat jenis air × volume air
= 1 g/mL × 10.000 mL = 10.000 g
Berat kaporit = 30 mg atau 0,03 g

$$\text{Kadar kaporit} = \frac{0{,}03\ g}{10.000\ g} x\ 10^6\ \text{bpj} = 3\ \text{bpj}$$

Jadi, kadar kaporit dalam air PDAM adalah 3 bpj.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apakah air minum instan (dalam botol plastik) tergolong larutan?
2. Alkohol sebanyak 750 mL dicampurkan dengan 250 mL air. Tentukan pelarut dan zat terlarutnya.
3. *Stainless steel* adalah paduan logam yang homogen, merupakan campuran besi, karbon, dan krom. Tentukan pelarut dan zat terlarutnya.
4. Berapa persen berat garam dapur dalam larutan yang dibuat dengan mencampurkan 10 g NaCl dalam 150 g air?
5. Pada label botol cuka tertulis kadar asam asetat 25%. Berapa volume asam asetat dalam 200 mL cuka?
6. Berapa berat kaporit yang terdapat di dalam 9.000 m^3 air kolam renang jika diketahui kadar kaporit dalam air kolam itu 2,5 ppm?

B. Sifat Listrik Larutan

Pada bab sebelumnya, Anda sudah belajar tentang sifat-sifat logam. Salah satunya, logam merupakan konduktor listrik yang baik (ingat teori lautan elektron pada logam). Apakah larutan dapat menghantarkan listrik? Jika ya, bagaimana prosesnya? Apakah sama dengan teori lautan elektron?

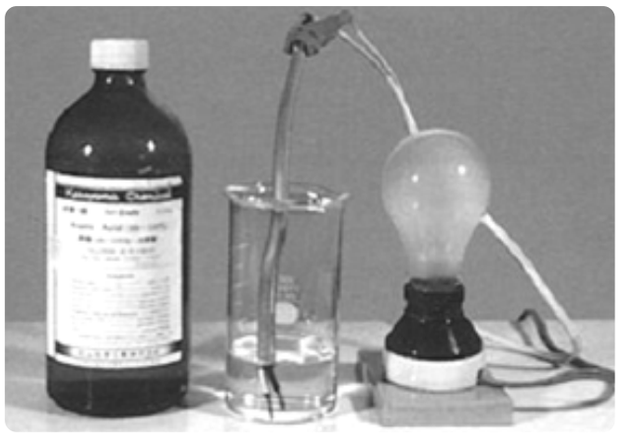
1. Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

Logam dapat menghantarkan listrik sebab adanya elektron yang dapat bergerak bebas. Aliran listrik sendiri adalah aliran elektron yang bergerak dari potensial tinggi ke potensial rendah.

Air murni tersusun atas molekul-molekul H_2O. Adakah elektron bebas dalam molekul H_2O? Molekul H_2O bersifat netral, tidak memiliki elektron bebas. Akibatnya, Anda dapat menduga bahwa air murni tidak memiliki potensi untuk menghantarkan listrik.

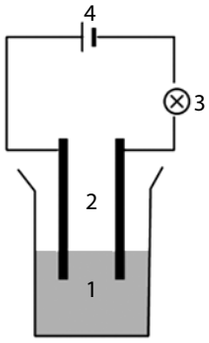
Bagaimana jika dalam air terdapat zat terlarut? Bergantung pada sifat zat terlarut, ada larutan yang dapat menghantarkan listrik ada juga yang tidak dapat menghantarkan listrik. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut *larutan elektrolit*, sedangkan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik disebut *larutan nonelektrolit*.

Untuk mengetahui daya hantar listrik dari larutan, Anda dapat mempelajari hasil percobaan berikut. Terdapat beberapa macam larutan dengan kadar tertentu, yang dilewatkan aliran listrik ke dalamnya. Indikator yang digunakan adalah lampu listrik kecil seperti pada **Gambar 6.3**.



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 6.3
Pengujian daya hantar listrik pada larutan



Skema/desain percobaan (Gambar 6.4)

Keterangan gambar disain:
1. Larutan uji
2. Elektrode
3. Lampu baterai
4. Sumber arus (AC/DC)

Gambar 6.4
Desain pengujian daya hantar listrik larutan

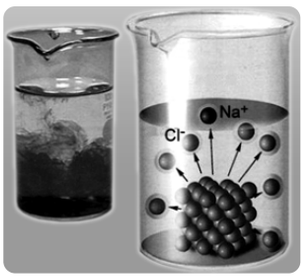
No.	Larutan
1.	Garam dapur 5% berat
2.	Alkohol 10% volume
3.	Gula pasir 5% berat
4.	Cuka 10% volume
5.	Asam Klorida 10% volume

Berdasarkan data hasil pengamatan, diketahui bahwa garam dapur (NaCl) dan asam klorida (HCl) dapat menyala dengan terang. Asam asetat atau cuka (CH_3COOH) menyala, tetapi redup. Adapun alkohol (C_2H_5OH) dan gula pasir ($C_{12}H_{22}O_{11}$) tidak menyala, mengapa?

Pada Bab Ikatan Kimia, Anda sudah belajar tentang senyawa ion dan senyawa kovalen. Bagaimana sifat listrik dari kedua senyawa itu?

Senyawa ion terbentuk melalui transfer elektron menghasilkan kation dan anion. Kedua spesi kimia ini memiliki muatan listrik positif dan negatif. Contohnya adalah garam dapur atau NaCl.

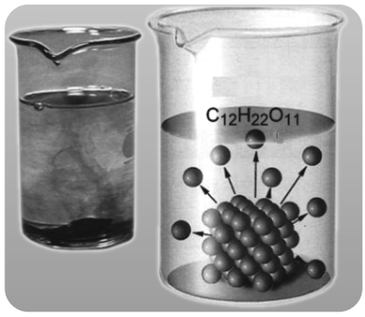
Jika garam dapur dilarutkan ke dalam air, akan *terurai membentuk ion-ionnya* sehingga dalam larutan NaCl terdapat spesi yang bermuatan listrik, yakni Na^+ dan Cl^- (perhatikan **Gambar 6.5**).



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 6.5
Model pelarutan NaCl

$$NaCl(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 6.6
Model pelarutan gula pasir

Pada saat elektrode dihubungkan dengan sumber arus, ion-ion Na^+ dan Cl^- akan bergerak menuju elektrode-elektrode yang berlawanan muatan dengan membawa muatan listrik. Jadi, listrik dapat mengalir dari satu elektrode ke elektrode lain melalui ion-ion dalam larutan.

Alkohol dan gula pasir tergolong senyawa kovalen. Apa yang terjadi jika kedua senyawa ini dilarutkan dalam air?

Oleh karena pembentukan ikatan kovalen tidak melalui transfer elektron maka *senyawa kovalen tidak terionisasi* (dengan beberapa pengecualian), melainkan *terurai secara molekuler* (perhatikan **Gambar 6.6**). Akibatnya, di dalam larutan tidak ada spesi yang dapat menghantarkan arus litrik.

$$C_2H_5OH(\ell) \longrightarrow C_2H_5OH(aq)$$
$$C_{12}H_{22}O_{11}(s) \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11}(aq)$$

Kegiatan Inkuiri

Setelah menyimak uraian tentang larutan elektrolit dan nonelektrolit, simpulkan dengan kalimat Anda sendiri, apa yang dimaksud dengan larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit.

Kata Kunci

- Elektrolisis
- Muatan listrik

Contoh 6.4

Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

Perhatikan data hasil percobaan yang ditabulasikan ke dalam tabel berikut.

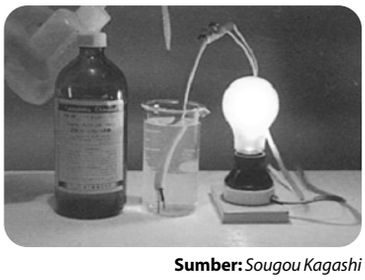
Larutan	Nyala Lampu	Gejala Di Elektroda
A	Terang	Terjadi gelembung
B	Terang	Terjadi gelembung
C	Redup	sedikit gelembung
D	Tidak	–

Manakah yang tergolong larutan elektrolit?

Jawab

Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik yang ditandai dengan lampu yang menyala dan di elektrode terbentuk gelembung gas akibat peristiwa elektrolisis. Jadi, larutan A, B, dan C, tergolong larutan elektrolit.

2. Elektrolit Kuat dan Elektrolit Lemah



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 6.7
Larutan elektrolit kuat (seperti HCl) dapat menghantarkan arus listrik ditunjukkan oleh nyala lampu yang terang.

Pada percobaan yang lain, HCl dan CH_3COOH terbentuk melalui ikatan kovalen, tetapi dapat menghantarkan arus listrik, mengapa?

Harus diingat bahwa semua asam terbentuk melalui ikatan kovalen, tetapi di dalam pelarut air, asam-asam akan terurai menjadi ion H^+ dan ion negatif sisa asam, dalam kasus ini adalah ion Cl^- dan ion CH_3COO^-. Oleh karena semua asam terionisasi di dalam pelarut air maka dapat diduga bahwa larutan asam dapat menghantarkan arus listrik melalui proses yang serupa dengan senyawa-senyawa ion.

Mengapa asam-asam yang berikatan kovalen dapat terionisasi dalam pelarut air? Mengapa HCl dapat menyalakan lampu dengan terang (perhatikan **Gambar 6.7**), sedangkan CH_3COOH kurang terang?

Atom hidrogen hanya memiliki satu elektron dan berperan sebagai elektron valensi. Jika elektron valensi lepas maka yang tersisa hanya inti atom hidrogen yang bermuatan positif. Gugus sisa asam memiliki kekuatan

untuk menarik pasangan elektron pada ikatan yang digunakan bersama dengan atom hidrogen. Kekuatan tarikan bergantung pada sifat dan struktur gugus sisa asam.

Jika asam dilarutkan dalam air, gugus sisa asam akan menarik pasangan elektron ikatan sehingga terurai membentuk ion sisa asam yang bermuatan negatif (kelebihan elektron) dan atom hidrogen yang sudah kehilangan elektron valensinya (membentuk ion H^+). Oleh karena daya tarik gugus sisa asam terhadap pasangan elektron ikatan beragam maka pembentukan ion H^+ dan ion sisa asam dalam pelarut air tidak sama.

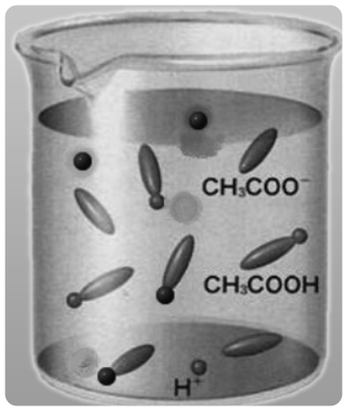
Asam-asam kuat seperti HCl, HNO_3, dan H_2SO_4, gugus sisa asamnya memiliki daya tarik relatif kuat terhadap pasangan elektron ikatan sehingga hampir semua molekul asam dalam air terionisasi. Dapat dikatakan bahwa asam-asam tersebut *terionisasi sempurna*.

$$HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Asam-asam lemah seperti CH_3COOH, H_2S, HCN, dan H_2SO_3, gugus sisa asamnya memiliki daya tarik kurang kuat sehingga tidak semua molekul-molekul asam ini dalam air terionisasi, tetapi hanya sebagian kecil. Sisanya tetap dalam bentuk molekulnya.

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

Tanda panah dua arah menunjukkan hanya sebagian kecil dari asam asetat terurai menjadi ion-ionnya. Umumnya tetap sebagai molekul (perhatikan **Gambar 6.8**).



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 6.8
Model pelarutan asam asetat

Contoh 6.5

Larutan Elektrolit Kuat dan Elektrolit Lemah

Mengapa larutan NH_4Cl 5% di dalam air dapat menghantarkan arus listrik dengan baik (lampu menyala terang), sedangkan larutan NH_3 10% menyala redup? Jelaskan.

Jawab

NH_4Cl tergolong senyawa ion. Jika dilarutkan dalam air akan terionisasi membentuk ion NH_4^+ dan ion Cl^-.

Persamaan ionisasinya:

$NH_4Cl(aq) \longrightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$

Oleh karena daya hantar listrik NH_4Cl baik, berarti ionisasinya sempurna.

NH_3 tergolong senyawa kovalen. Jika dilarutkan dalam air, sebagian kecil NH_3 dapat bereaksi dengan molekul-molekul air membentuk spesi bermuatan listrik.

Persamaan reaksinya:

$NH_3(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

Oleh karena hanya sebagian kecil dari molekul NH_3 yang bereaksi dengan air maka hanya ada sedikit ion-ion NH_4^+ dan OH^- dalam larutan NH_3 yang dapat menghantarkan arus listrik.

Dengan demikian, larutan NH_3 tergolong larutan elektrolit lemah.

Kegiatan Inkuiri

Setelah menyimak uraian tentang elektrolit kuat dan elektrolit lemah, simpulkan dengan kalimat Anda sendiri, apa yang dimaksud dengan larutan elektrolit kuat dan larutan elektrolit lemah.

Sekilas Kimia

Svante Arrhenius
(1859–1927)

Sumber: *Jendela Iptek: Kimia,* 1997

Arhenius adalah ilmuwan Swedia yang memenangkan hadiah Nobel atas karya di bidang ionisasi. Dia memperkenalkan pemikiran tentang senyawa yang terurai menjadi ion-ion dalam larutan.

Dia menjelaskan bahwa suatu senyawa kovalen asam bersifat elektrolit jika suatu atom cukup kuat menarik elektron ikatan. Atom itu kemudian menjadi gugus sisa asam.

Sekilas Kimia

Batuan Pembentuk Gua

$CaCO_3$ (batu kapur) adalah senyawa yang tidak larut dalam air, tetapi dapat larut jika direaksikan dengan air asam (H_2CO_3). Karbondioksida (CO_2) dalam udara dan tanah bereaksi dalam air membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat bereaksi dengan batu kapur menurut persamaan reaksi:

$H_2CO_3(aq) + CaCO_3(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2HCO_3^-(aq)$

Proses ini membentuk seluruh gua-gua di dunia, selain zat-zat lainnya yang dinamakan *stalaktit* dan *stalagnit*. Keduanya mendekorasi bentuk gua saat karbondioksida menguap dan $CaCO_3$ terbentuk ulang.

Sumber: *Introductory Chemistry,* 1997

Aktivitas Kimia 6.1

Daya Hantar Listrik dalam Larutan

Tujuan

Menyimpulkan daya hantar listrik dalam larutan

Alat

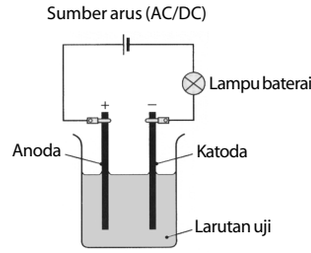
1. Gelas kimia
2. Lampu listrik kecil
3. Elektrode
4. Sumber listrik
5. Kabel

Bahan

1. Kalium klorida (KCl)
2. Sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
3. Etanol (C_2H_5OH)
4. Natrium iodida (NaI)
5. Seng bromida ($ZnBr_2$)
6. Asam klorida (HCl)
7. Glukosa ($C_6H_{12}O_6$)
8. Tembaga sulfat ($CuSO_4$)
9. Air

Langkah Kerja

1. Buatlah kelompok untuk melakukan percobaan yang terdiri atas 5 orang.
2. Buatlah rangkaian alat percobaan seperti skema/disain gambar berikut ini dengan menggunakan gelas kimia.



3. Buat larutan berikut dengan kadar tertentu.
   a. Kalium klorida 5% berat
   b. Sukrosa 5% berat
   c. Etanol 10% volume
   d. Natrium iodida 10% berat
   e. Seng bromida 5% berat
   f. Asam klorida 5% volume
   g. Glukosa 5% berat
   h. Tembaga sulfat 5% berat
4. Setiap larutan dilewatkan aliran listrik.
5. Amati pengaruhnya terhadap lampu listrik.
6. Buatlah data pengamatan seperti berikut ini.

No	Larutan	Lampu	Gejala di Elektrode	
		.....	Anode (+)	Katode (–) .....
1.	Kalium klorida 5% berat	.....	.....	.....
2.	Sukrosa 5% berat	.....	.....	.....
3.	Etanol 10% volume	.....	.....	.....
4.	Natrium iodida 10% berat	.....	.....	.....
5.	Seng bromida 5% berat	.....	.....	.....
6.	Asam klorida 5% volume	.....	.....	.....
7.	Glukosa 5% berat	.....	.....	.....
8.	Tembaga sulfat 5% berat			

Pertanyaan

1. Berdasarkan percobaan tersebut, larutan manakah yang dapat menghantarkan listrik dengan nyala terang? Kemukakan alasan Anda. Gejala apa yang terjadi pada elektrode?
2. Larutan manakah yang menghantarkan listrik dengan nyala lampu redup? Kemukakan alasan Anda. Gejala apa yang terjadi pada elektrode?
3. Larutan manakah yang tidak dapat menghantarkan listrik sama sekali? Kemukakan alasan Anda.

Tes Kompetensi Subbab B

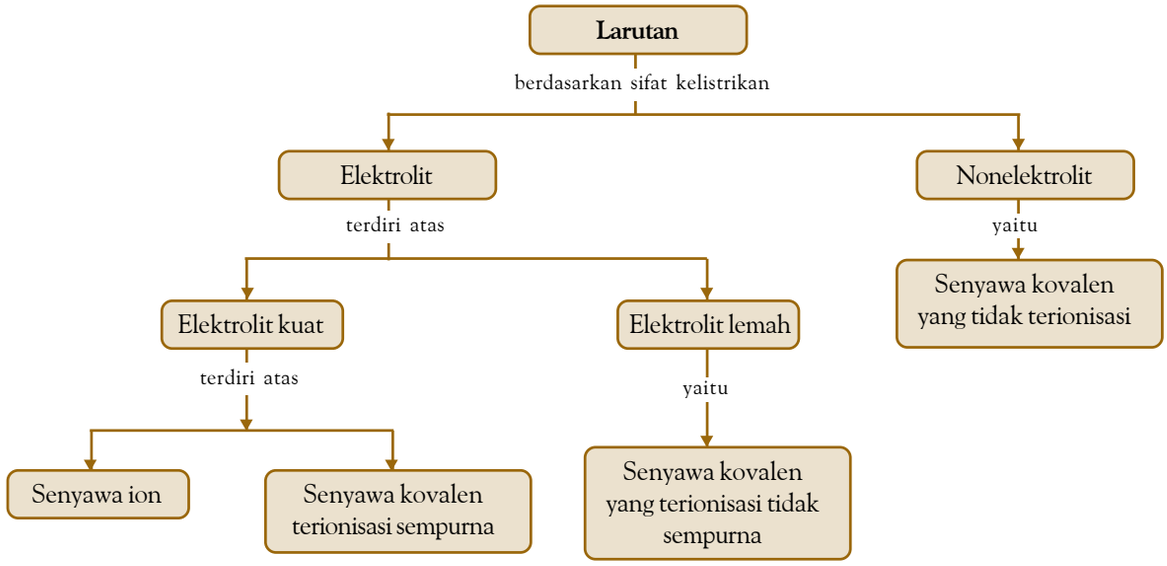
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Pilih oleh Anda di antara zat-zat berikut. Manakah yang berpotensi membentuk larutan elektrolit jika dilarutkan ke dalam air?
   a. $MgCl_2$
   b. H_2SO_4
   c. H_2CO (formalin)
   d. H_2O_2
   e. KNO_3
   f. NaOH
2. Data apa yang dapat menunjukkan perbedaan antara elektrolit kuat dan elektrolit lemah?
3. Mengapa HCl murni (HCl dalam bentuk gas) tidak dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan dalam larutan air, HCl dapat menghantarkan arus listrik?
4. Berdasarkan pengukuran, apakah air hujan tergolong larutan elektrolit lemah? Jelaskan.
5. Apakah air laut tergolong elektrolit kuat, lemah, atau nonelektrolit?

Rangkuman

1. Larutan adalah campuran homogen antara zat terlarut dan pelarut. Pelarut yang banyak digunakan adalah air karena kemampuannya melarutkan banyak zat.
2. Komposisi larutan dapat dinyatakan dengan kadar atau konsentrasi. Satuan yang dipakai untuk menyatakan kadar larutan adalah persen berat, persen volume, dan bpj (ppm).
3. Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan digolongkan menjadi larutan elektrolit dan nonelektrolit.
4. Larutan elektrolit bersifat menghantarkan arus listrik yang disebabkan oleh adanya ion positif dan negatif dalam larutan. Larutan elektrolit dapat dibuat dari senyawa ion dan kovalen.
5. Zat terlarut pada larutan elektrolit dapat terionisasi sempurna dan menghasilkan ion dalam jumlah maksimum, zat terlarut ini dinamakan elektrolit kuat. Jika zat terlarut hanya terionisasi sebagian maka hanya dihasilkan sedikit ion-ion dalam larutan zat terlarut dan dinamakan elektrolit lemah.
6. Larutan nonelektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena mengandung zat terlarut yang tidak dapat terionisasi.

Peta Konsep



Refleksi

Bagian manakah dari materi Bab 6 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru kimia Anda.

Pada bab ini, Anda telah memahami definisi larutan dan pembagiannya berdasarkan sifat kelistrikannya. Dengan mengetahui sifat kelistrikan dan larutan tersebut, Anda dapat mendeskripsikan jenis larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, dan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, dan bagaimana menghitung komposisinya.Tuliskanlah oleh Anda manfaat lainnya dari mempelajari sifat kelistrikan larutan.

Evaluasi Kompetensi Bab 6

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Di antara pernyataan berikut, yang *tidak* menunjukkan definisi larutan adalah ....
   A. membentuk satu fasa
   B. zat terlarut tersebar merata dalam medium pelarut
   C. bersifat homogen
   D. tidak ada interaksi antar partikel pelarut dan terlarut
   E. zat terlarut dapat berupa molekul atau ion
2. Campuran berikut yang *bukan* larutan adalah ....
   A. sirup
   B. fanta
   C. gula pasir
   D. kuningan
   E. perunggu
3. Udara merupakan larutan gas dalam gas. Komponen gas yang berperan sebagai pelarut adalah ....
   A. O_2 D. H_2
   B. N_2 E. CO_2
   C. H_2O
4. Air minum berikut yang *bukan* larutan adalah ....
   A. aqua galon
   B. air teh
   C. air isi ulang
   D. air ledeng
   E. aqua destilasi
5. Kaporit sebanyak 3 mg dilarutkan ke dalam satu liter air, kadar kaporit larutan adalah ....
   A. 1 ppm
   B. 2 ppm
   C. 3 ppm
   D. 4 ppm
   E. 5 ppm
6. Pada label botol tertulis 25% asam cuka, artinya dalam 100 mL larutan cuka terdapat asam cuka sebanyak ....
   A. 0,25 g
   B. 2,5 g
   C. 4 g
   D. 25 g
   E. 100 g
7. Pada label minuman beralkohol tertera "mengandung 5% alkohol". Dalam 100 mL minuman terdapat alkohol sebanyak ....
   A. 2 mL
   B. 5 mL
   C. 10 mL
   D. 25 mL
   E. 100 mL
8. **Ebtanas 1997**:
   Data hasil pengujian daya hantar listrik beberapa larutan:

Larutan	Pengamatan	
	Nyala Lampu	Gelembung Gas
1	Terang	Ada
2	Tidak menyala	Tidak ada
3	Tidak menyala	Ada
4	Tidak menyala	Tidak ada
5	Menyala	Ada

   Berdasarkan data tersebut, larutan nonelektrolit adalah larutan nomor ....
   A. 1 dan 5 D. 1 dan 4
   B. 2 dan 3 E. 2 dan 4
   C. 3 dan 5

   Untuk soal no. 9 dan 10 perhatikan tabel berikut.

Larutan	Nyala Lampu		
	Nyala	Redup	Mati
1	✓		
2	✓		
3			✓
4			✓
5		✓	

9. Berdasarkan data tersebut, larutan elektrolit kuat adalah larutan nomor ....
   A. 1 dan 5 D. 1 dan 2
   B. 2 dan 3 E. 2 dan 4
   C. 3 dan 5
10. Berdasarkan data tersebut, larutan elektrolit lemah adalah larutan nomor ....
    A. 1 dan 3 D. 3 dan 5
    B. 2 dan 5 E. 5 saja
    C. 3 dan 4
11. Di antara zat berikut, ketika di dalam air dapat membentuk larutan elektrolit kuat adalah ....
    A. gula pasir D. cuka
    B. alkohol E. garam dapur
    C. formalin
12. Di antara zat berikut, ketika di dalam air dapat membentuk larutan elektrolit lemah adalah ....
    A. gula pasir D. cuka
    B. alkohol E. garam dapur
    C. formalin

13. Di antara zat berikut, di dalam air yang bersifat elektrolit lemah dan berikatan kovalen adalah ....
    A. $MgCl_2$
    B. NH_4Cl
    C. CH_3COOH
    D. NaOH
    E. CCl_4
14. Di antara senyawa ion berikut, yang *tidak* dapat menghantarkan arus listrik di dalam air adalah ....
    A. $CaCO_3$
    B. $MgCl_2$
    C. KCl
    D. $Sr(NO_3)_2$
    E. $CaCl_2$
15. Di antara zat berikut, ketika di dalam air dapat membentuk larutan elektrolit lemah adalah ....
    A. HCl
    B. H_2SO_4
    C. HNO_3
    D. NH_3
    E. NaOH
16. Di antara campuran berikut, ketika dalam air membentuk larutan nonelektrolit adalah ....
    A. CH_3COOH + NaCl
    B. $C_2H_5OH + C_{12}H_{22}O_{11}$
    C. Spiritus + HCl
    D. C_2H_5OH + NaCl
    E. $C_{12}H_{22}O_{11} + CH_3COOH$
17. Jika $MgNH_4PO_4$ dilarutkan dalam air maka dalam larutan akan terdapat ion-ion ....
    A. Mg^{2+} dan $NH_4PO_4^{2-}$
    B. $MgNH_3^+$ dan PO_4^{3-}
    C. NH_4^+ dan $MgPO_4^-$
    D. $H_3PO_4^+$ dan MgN^-
    E. Mg^{2+}, NH_4^+ dan PO_4^{3-}
18. Spesi kimia yang menghantarkan listrik di dalam larutan KSCN adalah ....
    A. ion-ion S^{2-} dan KCN^{2+}
    B. ion-ion KS^+ dan CN^-
    C. ion-ion K^+ dan SCN^-
    D. molekul KSCN dan H_2O
    E. ion-ion K^+ dan H_2O
19. Ke dalam air ditambahkan cuka dan alkohol kemudian diuji sifat listriknya. Spesi kimia yang menghantarkan arus listrik adalah ....
    A. C_2H_5OH
    B. H_2O
    C. CH_3COOH
    D. $C_2H_3O_2^-$ dan H^+
    E. C_2H_5OH dan H_2O
20. NH_3 adalah senyawa kovalen, tetapi dalam air membentuk elektrolit lemah, alasannya adalah ....
    A. terurai menjadi ion N^- dan H^+
    B. bereaksi dengan air membentuk ion NH_4^+ dan OH^-
    C. NH_3 senyawa kovalen yang bermuatan
    D. terurai membentuk molekul NH_3^+
    E. air terionisasi menjadi H^+ dan OH^-

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Berikan contoh larutan yang terdiri atas:
    a. zat padat terlarut dalam cair;
    b. gas terlarut dalam gas;
    c. cair terlarut dalam cair;
    d. padat terlarut dalam padat.
2. Bagaimana menentukan secara eksperimen bahwa larutan itu elektrolit kuat, elektrolit lemah, dan nonelektrolit? Jelaskan.
3. Apakah air tergolong elektrolit atau nonelektrolit? Terangkan.
4. Identifikasi spesi kimia apa yang terdapat dalam larutan cair untuk tiap senyawa berikut:
    a. kalium nitrat;
    b. asam perklorat;
    c. kalium hidroksida;
    d. isopropil alkohol;
    e. asam sulfida.
5. Mengapa HCl kering dalam keadaan gas tergolong nonelektrolit, tetapi dalam larutan dalam air tergolong elektrolit kuat? Jelaskan.

Bab 7

Sumber: *www.mooseyscountrygarden.com*

Reaksi reduksi oksidasi terjadi pada baterai, *accu* kendaraan, dan proses fotosintesis.

Reaksi Reduksi Oksidasi

Hasil yang harus Anda capai:

memahami sifat-sifat larutan nonelektrolit dan elektrolit serta reaksi reduksi oksidasi.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan perkembangan konsep reaksi reduksi oksidasi dan hubungannya dengan tata nama senyawa serta penerapannya.

Selain reaksi penggabungan, reaksi penguraian, dan reaksi metatesis, masih terdapat satu jenis reaksi yang penting, yaitu reaksi reduksi-oksidasi (redoks). Reaksi ini memiliki aplikasi yang sangat penting sebab merupakan reaksi kimia yang menghasilkan energi listrik siap pakai, seperti pada baterai dan aki *(accumulator)*. Selain itu, pada proses pembakaran, fotosintesis, dan metabolisme makanan dalam sistem sel makhluk hidup juga terjadi reaksi redoks.

Bagaimanakah perkembangan dari konsep reaksi redoks? Bagaimanakah hubungan reaksi redoks dengan tata nama senyawanya? Anda dapat menjawab pertanyaan tersebut jika Anda pelajari bab ini dengan baik.

A. Pengertian Reduksi Oksidasi
B. Reaksi Reduksi Oksidasi
C. Aplikasi Reaksi Reduksi Oksidasi

Tes Kompetensi Awal

1. Tuliskan konfigurasi elektron dari besi.
2. Apakah yang Anda ketahui tentang elektron pada suatu atom?
3. Mengapa larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik? Jelaskan.

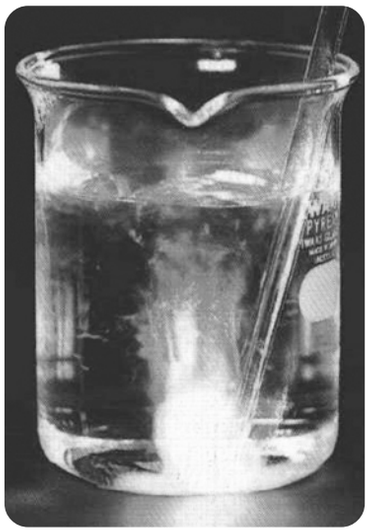
A. Pengertian Reduksi Oksidasi

Kata Kunci

- Oksida
- Pengikatan oksigen

Pada bab sebelumnya, Anda sudah mengenal beberapa macam reaksi. Sebutkan kembali reaksi apa saja yang Anda ketahui. Sekarang, Anda akan dikenalkan dengan salah satu macam reaksi yang melibatkan transfer elektron dari satu spesi kimia ke spesi kimia lain, dapat berupa senyawa, molekul, atau ion. Reaksi ini terjadi pada reaksi metabolisme zat makanan dalam tubuh, proses pemurnian logam-logam dari bijihnya, baterai, dan *accumulator*.

Makna reduksi oksidasi (redoks) mengalami perkembangan dari masa ke masa sejalan dengan perkembangan ilmu Kimia sendiri. Sebelum dikenal elektron, konsep redoks dihubungkan dengan reaksi kimia yang melibatkan oksigen dan hidrogen.



Sumber: *Saugou Kagashi*

Gambar 7.1
Fosfor putih dalam air diaerasi dengan udara sehingga terjadi reaksi oksidasi disertai nyala api dalam air.
$P_4(s) + 5O_2(g) \longrightarrow 2P_2O_5(g)$

1. Pengikatan Oksigen

Sejak dulu, para pakar kimia sudah mengetahui bahwa oksigen dapat bereaksi dengan banyak unsur. Senyawa yang terbentuk dari hasil reaksi dengan oksigen dinamakan *oksida* sehingga reaksi antara oksigen dan suatu unsur dinamakan *reaksi oksidasi* seperti contoh pada **Gambar 7.1**.

Karat besi adalah senyawa yang terbentuk dari hasil reaksi antara besi dan oksigen (besi oksida). Perkaratan besi merupakan salah satu contoh dari reaksi oksidasi. Persamaan reaksi pembentukan oksida besi dapat ditulis sebagai berikut.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

Pada reaksi tersebut, besi mengalami oksidasi dengan cara mengikat oksigen menjadi besi oksida.

Kebalikan dari reaksi oksidasi dinamakan *reaksi reduksi*. Pada reaksi reduksi terjadi pelepasan oksigen. Besi oksida dapat direduksi dengan cara direaksikan dengan gas hidrogen, persamaan reaksinya:

$$Fe_2O_3(s) + 3H_2(g) \longrightarrow 2Fe(s) + 3H_2O(g)$$

Contoh:

$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ (reaksi oksidasi)
$CO(g) + H_2(g) \longrightarrow C(s) + H_2O(g)$ (reaksi reduksi)
$2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$ (reaksi oksidasi)
$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(s) + 2H_2O(g)$ (reaksi oksidasi)

Contoh 7.1

Konsep Redoks Melibatkan Oksigen

Manakah di antara reaksi berikut yang tergolong reaksi reduksi-oksidasi menurut konsep pelepasan dan pengikatan oksigen?

A. $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(\ell) + O_2(g)$

B. $Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$

Jawab

Reaksi (a) terjadi pelepasan oksigen maka reaksinya tergolong reaksi reduksi.
Reaksi (b) terjadi pelepasan oksigen, tergolong reaksi reduksi.

2. Pelepasan dan Penerimaan Elektron

Konsep redoks yang melibatkan transfer elektron berkembang setelah diketahui adanya elektron dalam atom dan reaksi pembentukan senyawa ion (lihat kembali topik ikatan ion). Tuliskan pembentukan senyawa NaCl dari unsur-unsurnya. Spesi manakah yang melepaskan elektron dan yang menerima elektron?

Dalam konsep redoks, *peristiwa pelepasan elektron* dinamakan *oksidasi*, sedangkan *peristiwa penerimaan elektron* dinamakan *reduksi*. Pada pembentukan senyawa NaCl dari unsur-unsurnya, atom natrium mengalami oksidasi, sedangkan atom klorin mengalami reduksi. Penggabungan kedua proses itu dinamakan *reaksi redoks*.

Reaksi redoks pada peristiwa perkaratan besi dapat dijelaskan dengan reaksi berikut:

$2Fe \longrightarrow 2Fe^{3+} + 6e^-$ (oksidasi)

$3O_2 + 6e^- \longrightarrow 3O^{2-}$ (reduksi)

Pada reaksi tersebut, enam elektron dilepaskan oleh dua atom besi dan diterima oleh tiga atom oksigen membentuk senyawa Fe_2O_3. Oleh karena itu, peristiwa oksidasi selalu disertai peristiwa reduksi. Pada setiap persamaan reaksi, massa dan muatan harus setara antara ruas kanan dan ruas kiri (ingat kembali penulisan persamaan reaksi).

Persamaan reaksi redoks tersebut memiliki muatan dan jumlah atom yang sama antara ruas sebelah kiri dan sebelah kanan persamaan reaksi. Oksidasi besi netral melepaskan elektron yang membuatnya kehilangan muatan. Dengan menyamakan koefisiennya maka muatan pada kedua ruas persamaan reaksi menjadi sama. Penyetaraan pada reaksi reduksi oksigen juga menggunakan cara yang sama.

Contoh 7.2

Reduksi Oksidasi Berdasarkan Transfer Elektron

Manakah dari reaksi berikut yang mengalami oksidasi dan reduksi berdasarkan konsep transfer elektron?

$Mg(s) + Cl_2(g) \rightarrow MgCl_2(g)$

Jawab

Persamaan reaksi ionnya:

Oksidasi: $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

Reduksi: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

Reaksi keseluruhan: $Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$

Dari persamaan tersebut, dapat diketahui bahwa Mg melepaskan elektron dan Cl menerima elektron. Dengan demikian, Mg mengalami oksidasi dan Cl mengalami reduksi.

3. Reduktor dan Oksidator

Kata Kunci

- Pengoksidasi
- Pereduksi

Berdasarkan uraian sebelumnya, apa yang dapat Anda simpulkan mengenai zat-zat kimia dihubungkan dengan konsep redoks? Semua zat kimia dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok, yakni zat-zat yang mengalami oksidasi dan zat-zat yang mengalami reduksi.

Dalam reaksi redoks, *pereaksi yang dapat mengoksidasi pereaksi lain* dinamakan *zat pengoksidasi* atau *oksidator*. Sebaliknya, *zat yang dapat mereduksi zat lain* dinamakan *zat pereduksi* atau *reduktor*.

Pada **Contoh 7.2**, magnesium melepaskan elektron yang menyebabkan klorin mengalami reduksi. Dalam hal ini, magnesium disebut zat pereduksi atau reduktor. Sebaliknya, atom klorin berperan dalam mengoksidasi magnesium sehingga klorin disebut *oksidator*.

Contoh 7.3

Reduktor dan Oksidator

Kelompokkan pereaksi-pereaksi berikut ke dalam oksidator dan reduktor.

a. $4Cu(s) + O_2(g) \longrightarrow 2Cu_2O(s)$

b. $2Na(s) + H_2(g) \longrightarrow 2NaH(s)$

Jawab

$4Cu \longrightarrow 4Cu^+ + 4e^-$ (reduktor)

$O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$ (oksidator)

$2Na \longrightarrow 2Na^+ + 2e^-$ (reduktor)

$H_2 + 2e^- \longrightarrow 2H^-$ (oksidator)

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Manakah di antara reaksi berikut yang tergolong reaksi reduksi atau oksidasi menurut konsep pelepasan atau pengikatan oksigen/hidrogen?
   a. $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(\ell)$
   b. $CO(g) + H_2O(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2(g)$
   c. $Cu(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow CuSO_4(aq) + H_2(g)$
   d. $3Mg(s) + 2NH_3(g) \longrightarrow Mg_3N_2(g) + 3H_2(g)$
   e. $Ca(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow Ca(NO_3)_2(aq) + H_2(g)$

2. Manakah dari reaksi berikut yang mengalami oksidasi dan reduksi berdasarkan transfer elektron?
   a. $2Na(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + H_2(g)$
   b. $Zn(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + H_2(g)$
   c. $2Ca(s) + O_2(g) \longrightarrow 2CaO(s)$
   d. $2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$

3. Tentukan reduktor dan oksidator dari reaksi berikut:
   a. $Na(s) + H_2O(\ell) \longrightarrow NaOH(aq) + H_2(g)$
   b. $NH_3(g) + HCl(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$

B. Reaksi Reduksi Oksidasi

Perkembangan konsep redoks tidak berhenti sampai transfer elektron. Konsep tersebut berkembang terus sejalan dengan munculnya masalah dalam reaksi-reaksi redoks yang tidak dapat dijelaskan dengan konsep transfer elektron maupun dengan konsep pengikatan oksigen. Akan tetapi, hanya dapat dijelaskan dengan *konsep bilangan oksidasi*.

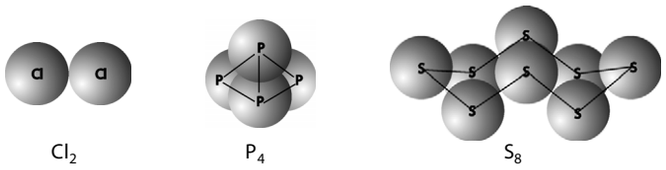
1. Bilangan Oksidasi dan Penentuan Bilangan Oksidasi

Apa yang dimaksud dengan bilangan oksidasi? Bilangan oksidasi adalah suatu bilangan yang menyatakan valensi atom dalam suatu senyawa yang dapat memiliki harga positif maupun negatif.

Bagaimana menentukan bilangan oksidasi (biloks) atom suatu unsur? Dalam hal ini, para pakar kimia bersepakat mengembangkan aturan yang berkaitan dengan biloks unsur, yaitu sebagai berikut.

a. Dalam bentuk unsur atau molekul unsur (**Gambar 7.2**), bilangan oksidasi atom-atomnya sama dengan nol.

Contoh:
Biloks Na dalam unsur Na = 0; biloks O dalam molekul O_2 = 0; biloks Cl dalam molekul Cl_2 = 0; biloks P dalam molekul P_4 = 0.



Cl_2 P_4 S_8

Gambar 7.2
Contoh molekul unsur: Cl_2, P_4, S_8

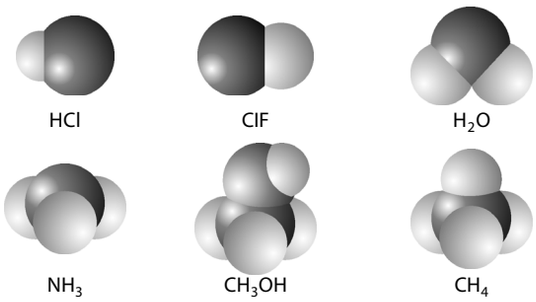
b. Dalam senyawa ion, bilangan oksidasi atom-atom sama dengan muatan kation dan anionnya.

Contoh:
Dalam senyawa NaCl, atom Na bermuatan +1 dan atom Cl bermuatan –1 sehingga bilangan oksidasi Na = +1 dan Cl = –1.

c. Bilangan oksidasi atom-atom yang lain ditentukan menurut aturan berikut.
   1) Biloks atom golongan IA dalam semua senyawa adalah +1. Biloks atom golongan IIA dalam semua senyawa adalah +2.
   2) Biloks atom-atom unsur halogen dalam senyawa biner adalah –1, sedangkan dalam senyawa poliatom bergantung pada senyawanya.
   3) Biloks atom oksigen dalam senyawa adalah –2, kecuali dalam peroksida (H_2O_2, Na_2O) sama dengan –1 dan dalam superoksida sama dengan $-\frac{1}{2}$.
   4) Biloks atom hidrogen dalam senyawa adalah +1, kecuali dalam senyawa hidrida sama dengan –1.

d. Jumlah total bilangan oksidasi dalam senyawa netral sama dengan nol (**Gambar 7.2**). Jumlah total bilangan oksidasi untuk ion sama dengan muatan ionnya.

Contoh:
Biloks total dalam molekul H_2O = 0; biloks total dalam ion CO_3^{2-} = –2; biloks total dalam ion NH_4^+ = +1.



HCl ClF H_2O

NH_3 CH_3OH CH_4

Gambar 7.3
Biloks total molekul-molekul sama dengan nol.

Mahir Menjawab

Bilangan oksidasi atom Mn tertinggi di antara senyawa berikut adalah ....

A. MnO_2 D. $KMnO_4$
B. Mn_2O_3 E. K_2MnO_4
C. Mn_3O_4

Jawab

A. biloks O = –2, MnO_2= 0
biloks MnO_2={biloks Mn+2 (biloks O)}
biloks Mn= +4

Dengan cara yang sama:
B. biloks Mn= –3
C. biloks Mn= +2
D. biloks Mn= +7
E. biloks Mn= +6

Jadi, biloks Mn tertinggi sama dengan +7 (D).

Ebtanas 1999–2000

Contoh 7.4

Menentukan Bilangan Oksidasi Atom dalam Senyawa Ion

Tentukan biloks setiap atom dalam senyawa dan ion berikut: NO_2, ClO_3^-, NH_4^+.

Jawab

Dalam NO_2:

- Biloks total molekul $NO_2 = 0$ (aturan d)
- Biloks O dalam $NO_2 = -2$ (aturan c.3)
- Biloks N dalam $NO_2 = \{\text{biloks N} + 2(\text{biloks O}) = 0\}$
  Jadi, biloks N dalam $NO_2 = +4$.

Dalam ion ClO_3^-:

- Biloks total ion $ClO_3^- = -1$ (aturan d)
- Biloks O dalam $ClO_3^- = -2$ (aturan c.3)
- Biloks Cl dalam $ClO_3^- = \{\text{biloks Cl} + 3(\text{biloks O}) = -1\}$
  Jadi, biloks Cl dalam $ClO_3^- = +5$.

Dalam ion NH_4^+:

- Biloks ion $NH_4^+ = +1$ (aturan d)
- Biloks H dalam $NH_4^+ = +1$ (aturan c.4)
- Biloks N dalam $NH_4^+ = \{\text{biloks N} + 4(\text{biloks H}) = +1\}$
  Jadi, biloks N dalam $NH_4^+ = -3$.

Kata Kunci

- Bilangan oksidasi
- Muatan ion

Pada contoh soal tersebut, atom N dapat memiliki biloks lebih dari satu, yakni –3 dan +4. Kenyataannya bukan hanya atom N, melainkan banyak atom-atom yang memiliki biloks lebih dari satu, terutama atom-atom unsur transisi dan beberapa atom nonlogam.

Bagaimana menentukan biloks atom yang memiliki lebih dari satu bilangan oksidasi, seperti yang terdapat dalam senyawa poliatom, misalnya $FeSO_4$, $Fe_2(SO_3)_3$, $KCrO_3$, dan $K_2Cr_2O_7$? Biloks atom dalam senyawa ion poliatom dapat ditentukan dengan mudah jika Anda mengetahui muatan setiap ion.

Dalam senyawa $FeSO_4$, atom Fe dan S memiliki biloks lebih dari satu sehingga sukar menentukan biloksnya secara langsung. Akan tetapi, jika Anda mengetahui muatan setiap ion, misalnya ion Fe = 2+ dan ion SO_4 = 2– (aturan d) maka biloks Fe dan S dapat ditentukan. Agar lebih mudah, perhatikan reaksi penguraian $FeSO_4$ berikut.

$$FeSO_4(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

Menurut aturan b, biloks ion sama dengan muatannya maka biloks Fe = +2. Biloks S ditentukan dengan cara yang sama seperti pada contoh soal sebelumnya, hasilnya biloks S = +6. Jadi, biloks atom-atom dalam $FeSO_4$ adalah Fe = +2, S = +6, dan O = –2.

Contoh 7.5

Menentukan Bilangan Oksidasi Atom dalam Senyawa Poliatom

Tentukan biloks atom-atom dalam $Fe_2(SO_3)_3$.

Jawab

Muatan ion dalam $Fe_2(SO_3)_3$ adalah
$Fe^{3+} = 3+$ dan $SO_3^{2-} = 2-$
Biloks Fe = +3 (aturan 4)
Biloks total ion $SO_3^{2-} = -2$ (aturan 4)
Biloks O dalam $SO_3^{2-} = -2$ (aturan 3.c)
Biloks S dalam $SO_3^{2-} = \{\text{biloks S} + 3(\text{biloks O}) = -2\}$.
Jadi, biloks S dalam $SO_3^{2-} = +4$.

2. Reaksi Reduksi Oksidasi dan Bilangan Oksidasi

Bagaimana bilangan oksidasi dapat menjelaskan reaksi redoks? Apa Anda cukup puas dengan konsep transfer elektron?

Tinjau reaksi antara SO_2 dan O_2 membentuk SO_3. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$$

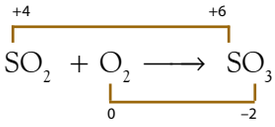
Jika dikaji berdasarkan konsep pengikatan oksigen maka reaksi tersebut adalah reaksi oksidasi. Jika dikaji berdasarkan transfer elektron maka Anda mungkin akan bingung, mengapa? Pada reaksi tersebut tidak terjadi transfer elektron, tetapi melalui penggunaan bersama pasangan elektron membentuk ikatan kovalen.

Oleh karena senyawa SO_3 merupakan senyawa kovalen (perhatikan **Gambar 7.4**) maka reaksi tersebut tidak dapat dijelaskan dengan konsep transfer elektron. Sesungguhnya, banyak reaksi redoks yang tidak dapat dijelaskan dengan transfer elektron maupun dengan pengikatan oksigen, di antaranya:

a) $CO_2(g) + 4H_2(g) \longrightarrow CH_4(g) + 2H_2O(\ell)$
b) $I_2(g) + 3Cl_2(g) \longrightarrow 2ICl_3(g)$
c) $Cu(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO_2(g) + H_2O(\ell)$
d) $Na_2S_2O_3(aq) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(\ell) + SO_2(g) + S(s)$

Oleh karena banyak reaksi redoks yang tidak dapat dijelaskan dengan konsep pengikatan oksigen maupun transfer elektron maka para pakar kimia mengembangkan konsep alternatif, yaitu perubahan bilangan oksidasi. Menurut konsep ini, jika dalam reaksi bilangan oksidasi atom meningkat maka atom tersebut mengalami oksidasi. Sebaliknya, jika bilangan oksidasinya turun maka atom tersebut mengalami reduksi.

Berdasarkan konsep bilangan oksidasi, apakah reaksi SO_2 dan O_2 tersebut merupakan reaksi redoks? Untuk mengetahui suatu reaksi tergolong reaksi redoks atau bukan menurut konsep perubahan bilangan oksidasi maka perlu diketahui biloks dari setiap atom, baik dalam pereaksi maupun hasil reaksi. Biloks dari SO_2, O_2, dan SO_3 adalah 0 (aturan d). Biloks O dalam SO_2 dan SO_3 = –2 (aturan c.3) maka biloks S dalam SO_2 = +4 dan biloks S dalam SO_3 = +6. Secara diagram dapat dinyatakan sebagai berikut.

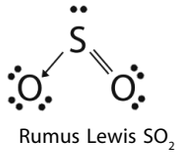


Berdasarkan diagram tersebut dapat disimpulkan bahwa:

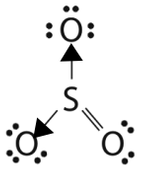
a) atom S mengalami kenaikan biloks dari +4 menjadi +6, peristiwa ini disebut oksidasi;
b) atom O mengalami penurunan biloks dari 0 menjadi –2, peristiwa ini disebut reduksi.

Dengan demikian, reaksi tersebut adalah reaksi redoks.

Manakah reduktor dan oksidator pada reaksi di atas? Oleh karena molekul O_2 menyebabkan molekul SO_2 teroksidasi maka molekul O_2 adalah oksidator. Molekul O_2 sendiri mengalami reduksi akibat molekul SO_2 sehingga SO_2 disebut reduktor.



Rumus Lewis SO_2



Rumus Lewis SO_3

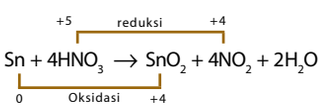
Gambar 7.4
Rumus struktur lewis SO_2 dan SO_3

Mahir Menjawab

Perhatikan reaksi redoks berikut:
$Sn + 4HNO_3 \longrightarrow SnO_2 + 4NO_2 + H_2O$
Senyawa yang berperan sebagai reduktor adalah ....

A. Sn
B. HNO_3
C. SnO_2
D. NO_2
E. H_2O

Pembahasan



Oksidator adalah N
Reduktor adalah Sn
Jadi, karena Sn menjadikan N mengalami reduksi maka Sn bertindak sebagai reduktor (A)

UMPTN 1999/B

Contoh 7.6

Reaksi Redoks Menurut Perubahan Bilangan Oksidasi

Tentukan manakah oksidasi dan reduksi serta reduktor dan oksidator pada reaksi berikut:

$CO_2(g) + 4H_2(g) \longrightarrow CH_4(g) + 2H_2O(g)$

Jawab

Tentukan biloks setiap atom.

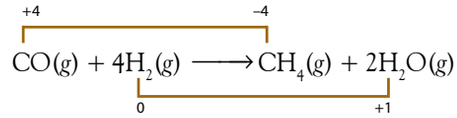
Dalam CO_2, biloks O = –2 dan C = +4.

Dalam H_2, biloks H = 0

Dalam CH_4, biloks H = +1, dan C = –4

Dalam H_2O, biloks H = +1 dan O = –2

Atom C mengalami penurunan biloks dari +4 menjadi –4 (reduksi) dan atom H mengalami kenaikan biloks dari 0 menjadi +1 (oksidasi). Dalam bentuk diagram dapat dinyatakan sebagai berikut:



Sebagai reduktor adalah molekul H_2 dan sebagai oksidator adalah molekul CO_2.

Catatan Note

Walaupun biloks yang berubah hanya satu atom dalam molekul, tetapi yang disebut reduktor atau oksidator bukan atomnya, melainkan molekulnya.

Eventhough oxidation number changes for only one atom in a molecule, reductor or oxidator is used to mention its molecul not atom itself.

Reaksi Disproporsionasi

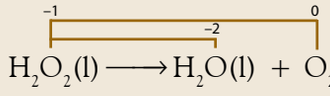
Apa yang dimaksud dengan *reaksi disproporsionasi*? Reaksi disproporsionasi atau disebut juga *reaksi swaredoks* adalah suatu reaksi yang mengalami oksidasi dan juga reduksi pada pereaksinya.

Contoh:

Hidrogen peroksida dipanaskan pada suhu di atas 60°C dan terurai menurut persamaan reaksi berikut:

$$H_2O_2(\ell) \longrightarrow H_2O(\ell) + O_2(g)$$

Biloks atom O dalam H_2O_2 adalah –1 (aturan c.3). Setelah terurai berubah menjadi –2 (dalam H_2O) dan 0 dalam (O_2). Persamaan kerangkanya:



Oleh karena molekul H_2O_2 dapat berperan sebagai oksidator dan juga reduktor maka reaksi tersebut dinamakan reaksi disproporsionasi atau reaksi swaredoks.

3. Tata Nama Senyawa dan Biloks

Pada bab sebelumnya, Anda telah belajar tata nama senyawa biner dan senyawa poliatom. Tata nama tersebut berlaku untuk zat molekuler atau senyawa ion yang mengandung kation hanya memiliki satu harga muatan atau biloks logam golongan IA dan IIA.

Untuk kation-kation logam yang memiliki lebih dari satu harga biloks (khususnya unsur-unsur transisi), tata namanya ditambah angka romawi dalam tanda kurung yang menunjukkan harga biloks. Angka romawi tersebut tidak terpisahkan dari nama kationnya.

Contoh:
$SnCl_2$ dan $SnCl_4$, keduanya memiliki unsur yang sama. Untuk membedakan nama kedua senyawa itu, harga biloks timah disisipkan ke dalam nama menurut aturan sebelumnya (timah klorida).
Biloks Sn dalam $SnCl_2$ adalah +2 dan dalam $SnCl_4$ adalah +4. Jadi, nama kedua senyawa itu adalah
$SnCl_2$: timah(II) klorida
$SnCl_4$: timah(IV) klorida

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Dalam molekul apa atom S memiliki biloks sama dengan nol?
2. Berapa biloks atom O dalam molekul ozon?
3. Berapa bilangan oksidasi Fe dalam senyawa $FeCl_3$ dan FeS?
4. Berapa biloks total atom-atom dalam $Mg(OH)_2$, Na_2SO_4, HSO_4^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, dan PO_4^{3-}?
5. Tentukan bilangan oksidasi atom-atom berikut.
   a. H_2O_2, Mg_3N_2, KO_2
   b. $Cr_2O_7^{2-}$, Cr_2O_3, CrO_2
   c. MnO_4^-, MnO_2, $MnCl_2$
   d. H_2SO_4, $HClO_3$, NaH
6. Tentukan biloks atom dalam senyawa poliatom berikut.
   a. $KCrO_3$, K_2CrO_4, $K_2Cr_2O_7$
   b. $MnSO_4$, MnO_2, $KMnO_4$
   c. $Cu(NO_3)_2$, $CuNO_2$, $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$
   d. KSCN, CH_3OH, $PbCO_3$
7. Berdasarkan konsep perubahan bilangan oksidasi, tentukan oksidasi dan reduksi serta oksidator dan reduktor dalam reaksi berikut.
   a. $2HI(g) \longrightarrow H_2(g) + I_2(g)$
   b. $2H_2O(\ell) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$
   c. $2CO_2(g) \longrightarrow 2CO(g) + O_2(g)$
   d. $O_3(g) + NO(g) \longrightarrow O_2(g) + NO_2(g)$
8. Tentukan bilangan oksidasi setiap atom dalam senyawa berikut, kemudian tentukan reaksi yang tergolong swaredoks.
   a. $Cl_2(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow HCl(aq) + HClO(aq)$
   b. $2HNO_3(aq) + 3Cu_2O(s) \longrightarrow 6Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + H_2O(\ell)$
   c. $NH_3(g) + HCl(g) \longrightarrow NH_4Cl(g)$
   d. $3Cu(s) + O_2(g) \longrightarrow Cu_2O(s) + CuO(s)$
   e. $(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \longrightarrow N_2(g) + 4H_2O(g) + Cr_2O_3(s)$
9. Tuliskan tata nama senyawa-senyawa berikut.
   a. $Fe_2(SO_4)_3$ dan $FeSO_4$
   b. CuCl dan $CuCl_2$
   c. $MnSO_4$, MnO_2, K_2MnO_4, $KMnO_4$
   d. Cr_2O_3, K_2CrO_4, $K_2Cr_2O_7$

C. Aplikasi Reaksi Reduksi Oksidasi

Secara kimia, reaksi redoks tidak berbeda dengan reaksi-reaksi kimia yang lain, tetapi dalam reaksi redoks ada perubahan bilangan oksidasi akibat perubahan muatan. Perubahan muatan ini disebabkan adanya transfer elektron dari satu atom ke atom lain. Jika transfer elektron ini dimanfaatkan akan menghasilkan energi listrik arus searah sebab *aliran listrik tiada lain adalah aliran elektron*.

1. Sel Volta Komersial

Kata Kunci
- Baterai kering
- Muatan listrik

Sel Volta adalah sumber energi listrik siap pakai yang dikemas dalam bentuk dan ukuran sesuai kegunaan. Sel Volta terdiri atas elektrode (anode dan katode) tempat terjadinya reaksi redoks. Kedua elektrode ini dicelupkan ke dalam zat kimia yang berperan sebagai medium aliran listrik dan sebagai oksidator atau reduktor.

Umumnya, sel Volta komersial berupa sel kering baterai dan *accumulator* (*accu*). Jenis baterai bermacam-macam di antaranya baterai seng-karbon, baterai litium, dan baterai nikel-kadmium (*nicad*).

Sekilas Kimia

Alessandro Volta (1745–1827)

Sumber: *www.thiel.edu*

Volta melakukan percobaan dengan membuat sel Volta. Dia menemukan arus listrik yang mengalir dari Cu menuju Zn melalui kardus basah. Ilmuwan Italia ini, mengamati bahwa dua logam yang bertemu menghasilkan "rasa pahit" ketika logam-logamnya ini menyentuh lidahnya. Percobaan selanjutnya meyakinkan dia bahwa hal ini disebabkan arus listrik. Inilah baterai pertama yang ditemukan.

a. Baterai Seng-Karbon

Baterai jenis seng-karbon atau *Leclanche* adalah baterai generasi pertama yang dikomersilkan, dipakai untuk lampu senter, jam dinding, radio, dan alat-alat elektronik lainnya. Baterai ini terdiri atas seng (anode) dan batang grafit (katode). Sebagai zat elektrolitnya adalah campuran MnO_2, NH_4Cl, dan serbuk karbon yang dikemas dalam bentuk pasta. Reaksi redoks yang terjadi sangat rumit, tetapi secara sederhana dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut.

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^- \quad \text{(anode)}$$
$$2MnO_2(s) + 2NH_4^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O \quad \text{(katode)}$$

Potensial sel yang dihasilkan adalah 1,5 V dan arus listrik yang mengalir akan berkurang jika dipakai. Potensial sel juga akan berkurang jika cuaca dingin.

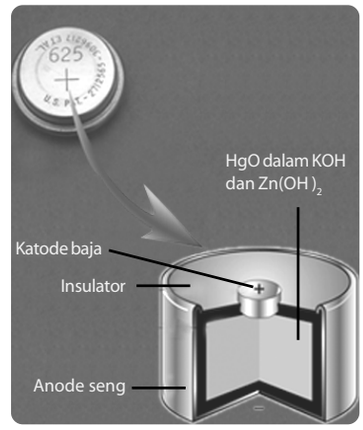
b. Baterai Merkuri

Sel Volta yang lain adalah sel merkuri atau disebut juga baterai kancing jenis *Ruben-Mallory*. Sel jenis ini banyak digunakan untuk baterai arloji, kalkulator, dan komputer. Baterai merkuri ini telah dilarang penggunaannya dan ditarik dari peredaran sebab bahaya yang dikandungnya (logam berat merkuri).

Baterai kancing ini terdiri atas seng (anode) dan merkuri(II) oksida (katode). Kedua elektrode tersebut berupa serbuk padat. Ruang di antara kedua elektrode diisi dengan bahan penyerap yang mengandung elektrolit kalium hidroksida (basa, alkalin) (perhatikan **Gambar 7.5)**. Reaksi redoks yang terjadi dalam sel adalah sebagai berikut.

$$Zn(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow ZnO(s) + H_2O(\ell) + 2e^- \quad \text{(anode)}$$
$$HgO(s) + H_2O(\ell) + 2e^- \longrightarrow Hg(\ell) + 2OH^-(aq) \quad \text{(katode)}$$

Potensial sel yang dihasilkan adalah 1,35 V.



Gambar 7.5
Baterai merkuri

Sumber: *wps.prenhall.com*

Kegiatan Inkuiri

Buktikan oleh Anda bahwa persamaan reaksi redoks pada baterai merkuri sudah setara. Hubungkan dengan massa dan muatan listriknya.

c. Baterai Litium

Sel kering tersebut (baterai seng-karbon dan baterai merkuri) tidak benar-benar kering sebab elektrolit yang dipakai masih berupa pasta. Sel kering yang benar-benar kering adalah sel jenis litium-iodin.

Sel litium-iodin adalah sel Volta dengan logam litium sebagai anode dan senyawa kompleks I_2 sebagai katode. Kedua elektrode ini dipisahkan oleh lapisan tipis dari litium iodida. Reaksi redoks yang terjadi adalah sebagai berikut.

$$2Li(s) \longrightarrow 2Li^+(aq) + 2e^- \quad \text{(anode)}$$
$$3I_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2I_3^-(aq) \quad \text{(katode)}$$

Potensial sel yang dihasilkan sebesar 3,6 V.

Baterai jenis litium berbeda dengan baterai seng-karbon dan baterai merkuri sebab baterai ini dapat diisi ulang (*rechargeable*). Baterai litium banyak dipakai untuk *mobilephone* (HP) dan mobil mainan.

d. Baterai Nikel-Kadmium

Selain baterai litium-iodin, baterai yang dapat diisi ulang lainnya adalah baterai nikel-kadmium (nicad). Sel nicad adalah baterai untuk penyimpan muatan. Sel nicad tergolong sel Volta yang terdiri atas kadmium sebagai anode, nikel oksida sebagai katode, dengan elektrolit kalium hidroksida.

Baterai nicad banyak digunakan untuk baterai penerang isi ulang. Reaksi sel selama pemakaian adalah sebagai berikut.

$$Cd(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Cd(OH)_2(s) + 2e^- \quad \text{(anode)}$$
$$2NiO_2H(s) + 2H_2O(\ell) + 2e^- \longrightarrow 2Ni(OH)_2(s) + 2OH^-(aq) \quad \text{(katode)}$$

2. Sel *Accumulator*

Sel Volta komersial jenis lain yang dapat diisi ulang adalah sel timbel atau dikenal dengan *accumulator* (*accu*), terdiri atas timbel oksida sebagai katode dan logam timbel berbentuk bunga karang sebagai anode. Kedua elektrode ini dicelupkan dalam larutan H_2SO_4 10% (perhatikan **Gambar 7.6**). Reaksi yang terjadi selama *accu* dipakai (*discharged*) adalah sebagai berikut.

$$Pb(s) + HSO_4^-(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2e^- \quad \text{(anode)}$$
$$PbO_2(s) + 3H^+(aq) + HSO_4^-(aq) + 2e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(\ell) \quad \text{(katode)}$$

Potensial sel yang dihasilkan dari reaksi tersebut, yaitu sekitar 2 V. Untuk memperoleh potensial sel sebesar 6 V, diperlukan tiga buah sel yang disusun secara seri. Berapa jumlah sel yang harus disusun seri untuk menghasilkan potensial sel 12 V?

Jika *accu* telah dipakai, *accu* dapat diisi ulang menggunakan arus listrik searah. Selama proses isi ulang, reaksi dalam sel merupakan kebalikan dari reaksi pemakaian. Reaksinya adalah sebagai berikut:

$$2PbSO_4(s) + 2H_2O(\ell) \longrightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4(aq)$$

Selama proses isi ulang, sejumlah air dalam *accu* terurai menjadi H_2 dan O_2, akibatnya *accu* kekurangan air. Oleh karena itu, *accu* yang sering dipakai dan diisi ulang, cairan elektrolitnya harus diganti dengan yang baru.

Sekilas Kimia

Baterai Alkalin

Pernahkah Anda mendengar sebutan baterai alkalin? Baterai alkalin termasuk jenis sel Volta. Elektron yang di hasilkan dari reaksi oksidasi terkumpul di anode dan mengalir melalui kawat eksternal menuju katode, tempat terjadinya reduksi. Perbedaan voltase atau potensial di antara dua elektrode sebanding dengan energi yang terbentuk.

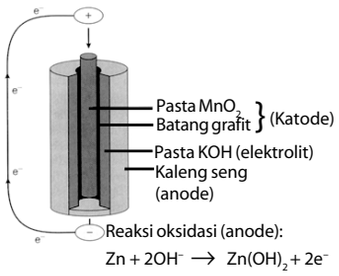
Reaksi sel keseluruhan:

$Zn(s) + 2MnO_2(s) + H_2O(\ell) \longrightarrow ZnOH_2(s) + Mn_2O_3(s)$

Voltase yang dihasilkan dari sel ini sama dengan 1,54 V. Voltase bergantung pada unsur dan senyawa dalam reaksi.

Reaksi reduksi(katode):

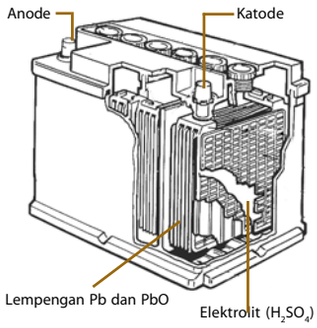
$2MnO_2 + H_2O + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_3 + 2OH^-$



Reaksi oksidasi (anode):

$Zn + 2OH^- \longrightarrow Zn(OH)_2 + 2e^-$

Sumber: *Chemistry in Context,* 1997



Sumber: *www.kampereerauto.nl*

Gambar 7.6
Accumulator atau aki kendaraan

Kata Kunci

- Elektrode
- Kereaktifan

Kegiatan Inkuiri

Pada saat *accu* diisi ulang, manakah yang berperan sebagai katode dan anode? Diskusikan dengan teman Anda.

3. Merancang Sel Volta Sederhana

Pada bab sebelumnya, Anda sudah belajar larutan elektrolit, yaitu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Selain itu, dalam reaksi redoks terjadi transfer elektron yang dapat menghasilkan energi listrik. Jika reaksi redoks dilakukan dalam larutan maka larutan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber arus listrik. Dapatkah Anda merancang sel Volta sederhana? Prinsip sel Volta adalah adanya elektrode sebagai tempat terjadinya reaksi reduksi (katode) dan oksidasi (anode), serta larutan sebagai media untuk menghantarkan arus listrik.

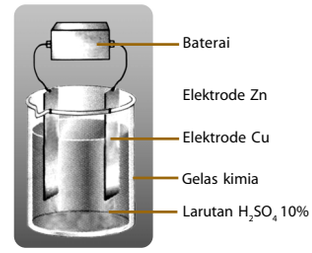
Aktivitas Kimia 7.1

Merancang Sel Volta Sederhana

Tujuan
Merancang sel Volta sederhana

Alat
1. Gelas kimia
2. Elektrode Zn
3. Elektrode Cu
4. Baterai
5. Lampu

Bahan
1. H_2SO_4 10%
2. Air



Langkah Kerja
1. Buatlah kelompok untuk melakukan penyelidikan ini.
2. Rancang sebuah sel Volta yang tersusun atas elektrode Zn dan Cu yang dicelupkan ke dalam larutan H_2SO_4 10%.
3. Amati apa yang terjadi.

Pertanyaan
1. Pada percobaan yang Anda lakukan, tunjukkan:
   a. katode dan anode;
   b. biloks setiap unsur yang mengalami perubahan;
   c. reduktor dan oksidator;
   d. arah aliran elektron;
   e. bukti terbentuknya gas hidrogen.
2. Apa yang terjadi pada lampu? Dapatkah lampu menyala?
3. Apa yang terjadi pada kedua elektrode selama lampu menyala?
4. Apakah perbedaan antara sel Volta dengan percobaan uji larutan elektrolit pada bab sebelumnya?
5. Adakah perbedaan prinsip antara sel Volta hasil rancang-bangun oleh Anda dengan sel *accumulator*?

Setelah Anda melakukan percobaan sel Volta berdasarkan hasil rancang-bangun sendiri, dapatkah Anda menjelaskan secara kimia terjadinya aliran listrik pada sel Volta? Mari kita bahas bersama.

Ketika logam Zn dan Cu dicelupkan ke dalam larutan H_2SO_4, keduanya bersaing untuk bereaksi dengan H_2SO_4. Oleh karena logam Zn lebih reaktif maka Zn bereaksi dengan H_2SO_4 membentuk $ZnSO_4$. Persamaan reaksinya:

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$$

Bagaimana hubungannya dengan aliran listrik atau aliran elektron yang dapat menyalakan lampu? Jika persamaan reaksi tersebut diuraikan maka Anda akan mengetahui sumber elektron dan arah aliran elektron.

Oleh karena reaksi tersebut adalah reaksi ion maka terjadi transfer elektron. Dalam hal ini, Zn melepaskan elektron membentuk Zn^{2+} (perhatikan **Gambar 7.7**). Persamaan reaksinya:

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

Elektron yang dihasilkan mengalir melalui rangkaian kawat menuju logam Cu. Aliran elektron ini dapat menyalakan lampu.

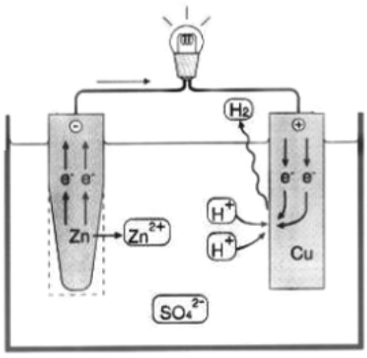
Pada elektrode Cu, elektron-elektron ditangkap oleh ion-ion H^+ yang terdapat dalam larutan membentuk H_2. Persamaan reaksinya:

$$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

Dengan demikian, reaksi redoks yang sesungguhnya terjadi dalam sel Volta rancangan Anda, yaitu sebagai berikut.

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

Reaksi totalnya: $Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 7.7
Mekanisme reaksi dan transfer elektron yang terjadi pada sel Volta

Tes Kompetensi Subbab C

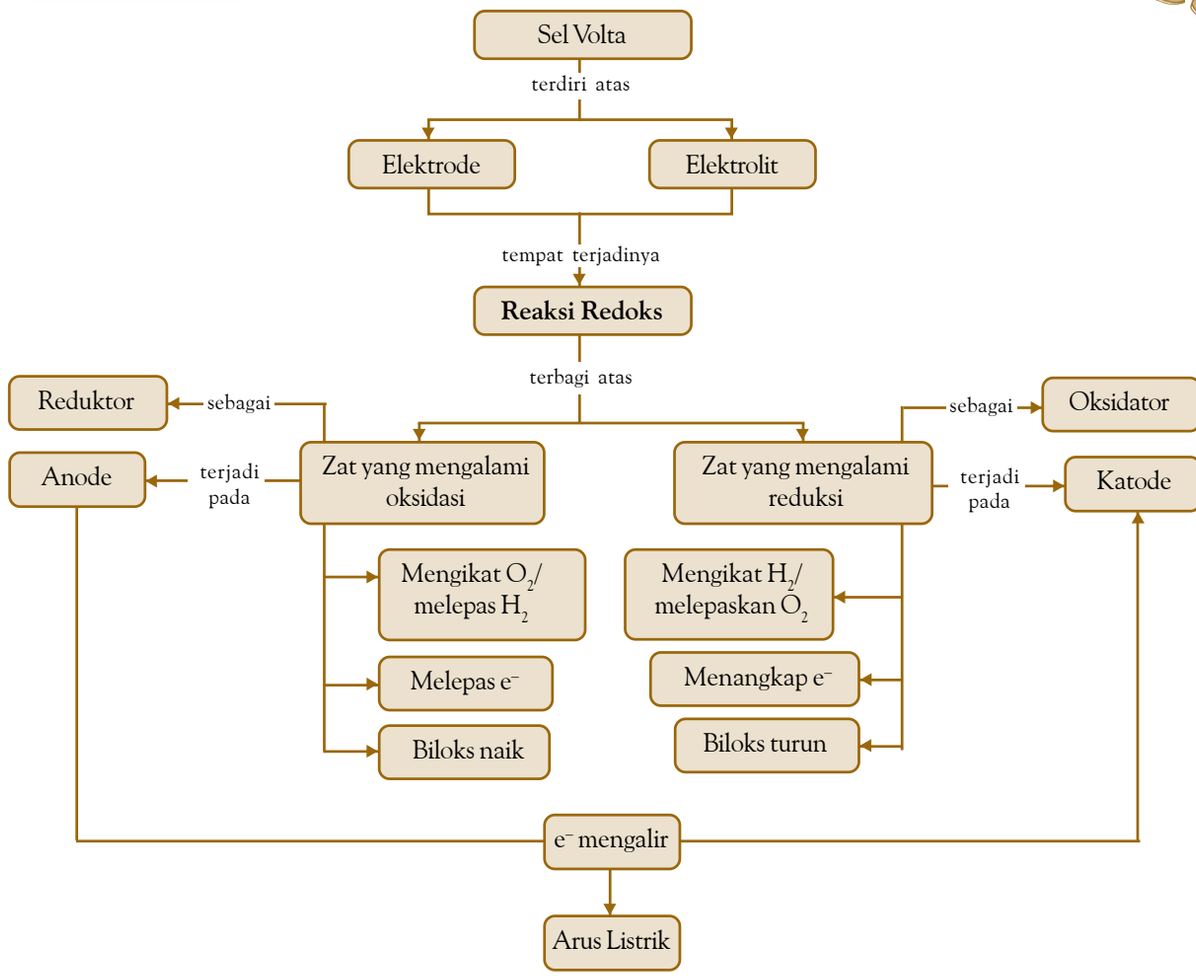
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Reaksi lengkap dalam sel *Leclanche* adalah:
   $Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2NH_4^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(\ell)$
   Tentukan biloks setiap atom, kemudian tentukan mana oksidator dan reduktor.
2. Tuliskan perubahan biloks yang terjadi pada reaksi salah satu sel Volta jenis isi ulang, kemudian tentukan reduktor dan oksidatornya.
3. Baterai isi ulang mana yang lebih baik ditinjau dari aspek keamanan lingkungan?
4. Berapa perubahan bilangan oksidasi timbel (Pb) pada reaksi saat dipakai dan saat diisi ulang?
5. Berapa massa molekul relatif H_2SO_4? Berapa mol H_2SO_4 dalam larutan H_2SO_4 10% jika dalam *accu* terdapat 500 gram larutan?
6. Gambarkan sel Volta sederhana yang tersusun atas elektrode Mg dan Cu yang dicelupkan ke dalam larutan HCl. Kemudian tunjukkan manakah:
   a. anode;
   b. katode ;
   c. arah aliran elektron.

Rangkuman

1. Pengertian reaksi reduksi oksidasi (redoks) mengalami perkembangan sebagai berikut.
   a. Pengikatan oksigen dan hidrogen
   b. Transfer elektron
   c. Perubahan bilangan oksidasi
2. Menurut konsep pengikatan oksigen/hidrogen, oksidasi adalah pengikatan atom oksigen atau pelepasan atom hidrogen. Reduksi adalah proses sebaliknya.
3. Menurut konsep transfer elektron, oksidasi adalah pelepasan elektron dan reduksi adalah penerimaan elektron.
4. Menurut konsep perubahan bilangan oksidasi, oksidasi adalah kenaikan bilangan oksidasi dan reduksi adalah penurunan bilangan oksidasi.
5. Bilangan oksidasi adalah suatu bilangan yang menyatakan valensi atom dalam suatu senyawa yang dapat memiliki harga positif maupun negatif.
6. Bilangan oksidasi unsur dalam senyawa ditentukan dengan suatu aturan.
7. Dalam reaksi redoks, zat yang dapat mengoksidasi zat lain dinamakan oksidator dan zat yang dapat mereduksi zat lain dinamakan reduktor.
8. Reaksi redoks dapat dimanfaatkan sebagai sumber arus listrik searah, seperti pada sel Volta atau dikenal dengan baterai dan *accumulator* (*accu*).
9. Sel Volta sederhana dapat dibangun dari dua buah elektrode yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit.

Peta Konsep



Refleksi

Pada bab ini, Anda telah mempelajari perkembangan konsep reaksi reduksi oksidasi dan bagaimana menetapkan bilangan oksidasi unsur, baik dalam senyawa sederhana maupun senyawa poliatom serta menghubungkannya dengan tata nama senyawa tersebut. Bagian manakah dari materi Bab 7 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Anda dapat memahami prinsip dasar dari sel Volta, seperti baterai dan *accu* yang dapat menghasilkan energi listrik. Proses yang melibatkan reaksi redoks tidak hanya sampai di situ. Peristiwa fotosintesis, pembakaran, dan metabolisme dalam sistem sel makhluk hidup terjadi dengan melibatkan reaksi redoks. Apakah manfaat dari mempelajari materi reaksi redoks? Pengetahuan apakah yang Anda peroleh?

Evaluasi Kompetensi Bab 7

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Di antara reaksi berikut, yang *bukan* reaksi redoks menurut konsep *pengikatan oksigen* adalah ....
   A. $CO\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow CO_2(g)$
   B. $Cl_2\,(g) + I_2(g) \longrightarrow 2Cl\,\,(g) + I_2(g)$
   C. $2H_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$
   D. $2SO_2\,(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$
   E. $Zn\,(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Zn(OH)_2(aq) + 2H_2(g)$

2. Di antara reaksi berikut, yang merupakan reaksi redoks menurut konsep *transfer elektron* adalah ....
   A. $H_2O_2(l) \longrightarrow H_2O\,(l) + O_2(g)$
   B. $2Na\,(s) + I_2(g) \longrightarrow 2NaI(s)$
   C. $2H_2\,(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$
   D. $2SO_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$
   E. $N_2\,(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

3. Dalam reaksi berikut, zat yang mengalami oksidasi menurut konsep transfer elektron pada huruf yang ditebali adalah ....
   A. $\mathbf{ZnO}\,(s) + 2HCl(s) \longrightarrow ZnCl_2\,(s) + H_2O(l)$
   B. $Cl_2(g) + 2\mathbf{I}^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + I_2(g)$
   C. $\mathbf{BaCl_2}\,(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow BaSO_4\,(s) + 2HCl(aq)$
   D. $\mathbf{SO_2}(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$
   E. $CO_2(g) + \mathbf{2H_2O}(l) \longrightarrow CH_4\,(aq) + 2O_2(g)$

4. Reaksi berikut yang termasuk reaksi oksidasi menurut konsep transfer elektron adalah ....
   A. $Mg^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow MgSO_4(s)$
   B. $NaCl\,(s) + Ba(OH)_2(aq) \longrightarrow BaCl_2\,(s) + H_2O\,(l) + NaOH(aq)$
   C. $CO\,\,(g) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \longrightarrow CO_2(g)$
   D. $Mg(s) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$
   E. $H_2O(l) \longrightarrow H^+(aq) + OH^-(aq)$

5. Dalam reaksi berikut:
   $14CuO(s) + 4NH_3(aq) \longrightarrow 2N_2O_4\,(g) + 6H_2O\,(l) + 14Cu(s)$
   Senyawa yang berperan sebagai oksidator adalah ....
   A. CuO D. $6H_2O$
   B. NH_3 E. O_2
   C. $2N_2O_4$

6. Pernyataan berikut yang *tidak* tepat adalah ....
   A. reduksi melibatkan penerimaan elektron
   B. oksidasi melibatkan kenaikan biloks
   C. reduktor adalah zat yang menyebabkan zat lain teroksidasi
   D. dalam reaksi redoks, oksidasi tidak terjadi tanpa reduksi
   E. oksidator adalah zat yang tereduksi

7. Bilangan oksidasi S dalam senyawa $Na_2S_2O_3$ adalah ....
   A. +2 D. –3
   B. +3 E. –2
   C. +4

8. Bilangan oksidasi P dalam HPO_4^{2-} adalah ....
   A. +2 D. +5
   B. +3 E. +6
   C. +4

9. Senyawa dengan biloks Cl sama dengan biloks Cl dalam senyawa ICl_3 adalah ....
   A. ClF_3 D. KCl
   B. $HClO$ E. $HClO_5$
   C. $HClO_3$

10. Bilangan oksidasi klorin dalam senyawa natrium hipoklorit, kalium klorit, dan kalium klorat berturut-turut adalah ....
    A. +3, +5, +7 D. –1, +3, +5
    B. +1, +5, +7 E. –1, +1, +3
    C. +1, +3, +5

11. Bilangan oksidasi krom dan selenium dalam senyawa $K_2Cr_2O_7$ dan $SeCl_4$ adalah ....
    A. +6 dan +4 D. +5 dan –4
    B. +6 dan –4 E. +3 dan +6
    C. +7 dan +4

12. Bilangan oksidasi iodium dalam ion $H_4IO_6^-$ adalah ....
    A. –1 D. +5
    B. +1 E. +7
    C. +3

13. Di antara ion berikut, unsur belerang yang memiliki bilangan oksidasi terendah adalah ....
    A. SO_4^{2-} D. S^{2-}
    B. HSO_4^- E. $S_2O_3^{2-}$
    C. HSO_3^-

14. Pada reaksi $2CO\,(g) + 2NO(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + N_2\,(g)$
    Bilangan oksidasi N berubah dari ....
    A. +2 ke 0 D. +3 ke +2
    B. +2 ke +1 E. +4 ke 0
    C. +3 ke +1

15. Berikut ini yang termasuk reaksi oksidasi berdasarkan kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi adalah ....
    A. $2HCrO_4^-(aq) \longrightarrow H_2Cr_2O_7\,(aq) + H_2O(l)$
    B. $Mg^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow MgSO_4(s)$
    C. $2NaCl(s) + Ba(OH)_2(aq) \longrightarrow BaCl_2\,(s) + H_2O(l)$
    D. $CO\,\,(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$
    E. $TiCl_4(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow TiO_2\,(s) + 4HCl\,(aq)$

16. Reaksi berikut yang merupakan reaksi redoks adalah ....
    A. $MnCO_3\,(s) \longrightarrow MnO(s) + CO_2(g)$
    B. $Cl_2\,(g) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Cl\,(aq) + I_2(g)$
    C. $BaCl_2\,(s) + H_2SO_4\,(aq) \longrightarrow BaSO_4\,(s) + 2HCl(g)$
    D. $SO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$
    E. $ZnO(s) + 2H^+\,(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2O(l)$

17. Pada reaksi $Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$, pernyataan yang benar adalah ....

A. aluminium melepaskan elektron dari intinya
B. aluminium direduksi menjadi Al^{3+}
C. reaksi akan berlangsung hanya jika ada zat lain yang menerima elektron
D. aluminium berperan sebagai oksidator
E. bilangan oksidasi ion aluminium adalah 0

18. Reaksi yang merupakan reaksi *swaredoks* atau reaksi disproporsionasi adalah ....
A. $CaCO_3(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$
B. $Cl_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Cl^-(aq) + ClO^-(aq) + H_2O(l)$
C. $2CrO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \longrightarrow H_2O(l) + Cr_2O_7^{2-}(aq)$
D. $Cu(H_2O)_4^{2+}(aq) + 4NH_3(aq) \longrightarrow Cu(NH_3)_4^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$
E. $Ca(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + H_2(g) + 2OH^-(aq)$

19. Pada reaksi berikut:
$2KMnO_4(aq) + 16HCl(aq) \longrightarrow 5Cl_2(g) + 2MnCl_2(s) + 2KCl(s) + 8H_2O(l)$
Hasil reduksinya adalah ....
A. Cl_2 D. KCl
B. $MnCl_2$ E. HCl
C. H_2O

20. Pada persamaan reaksi redoks berikut:
$2KMnO_4(aq) + 10KI(aq) + 8H_2SO_4(aq) \longrightarrow 2MnSO_4(aq) + 5I_2(g) + 6K_2SO_4(aq) + 8H_2O(\ell)$
Bilangan oksidasi Mn berubah dari ....
A. $+14 \rightarrow +8$ D. $+7 \rightarrow +2$
B. $+7 \rightarrow +4$ E. $-1 \rightarrow +2$
C. $-2 \rightarrow +2$

21. Dalam reaksi antara asam sulfat pekat panas dan kalium iodida:
$8I^-(aq) + H_2SO_4(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 4I_2(g) + H_2S(g) + 4H_2O(l)$
Pernyataan yang benar adalah ....
A. I^- direduksi D. H^+ dioksidasi
B. H^+ direduksi E. H_2SO_4 pengoksidasi
C. H_2S pereduksi

22. Zat berikut mengandung belerang. Di antara zat itu yang *tidak* dapat direduksi adalah ....
A. SO_2 D. S^{2-}
B. SO_3^{2-} E. $S_2O_3^{2-}$
C. H_2SO_4

23. Di antara zat berikut yang *tidak* dapat dioksidasi adalah ....
A. SO_2 D. S^{2-}
B. SO_3^{2-} E. $S_2O_3^{2-}$
C. H_2SO_4

24. Nama yang tepat untuk senyawa $FeSO_4$ adalah ....
A. besi sulfat D. besi(II) sulfat
B. fero sulfat E. besi(III) sulfat
C. feri sulfat

25. **Ebtanas 2000:**
Nama kimia dari senyawa As_2O_3 adalah ....
A. arsen dioksida D. diarsen trioksida
B. arsen(II) oksida E. arsen(III) oksida
C. diarsen oksida

26. Nama kimia untuk senyawa Cu_2O adalah ....
A. tembaga oksida D. tembaga(II) oksida
B. kupro oksida E. tembaga monoksida
C. tembaga(I) oksida

27. Reaksi yang terjadi pada proses berikut adalah reaksi redoks, *kecuali* ....
A. fotosintesis D. baterai
B. metabolisme E. penguapan air
C. pembakaran

Perhatikan reaksi berikut untuk menjawab soal no. 28 dan 29.

Reaksi pada sel Volta jenis seng-karbon:

$Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2NH_4Cl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(\ell)$

28. Zat yang berperan sebagai oksidator adalah ....
A. Zn D. NH_4Cl
B. MnO_2 E. Mn_2O_3
C. $ZnCl_2$

29. Logam seng berperan sebagai ....
A. oksidator D. anode
B. elektrolit E. penerima elektron
C. sirkuit elektron

30. Jika dalam sel Volta terdapat elektrode logam seng dan tembaga dalam larutan H_2SO_4, yang berperan sebagai oksidator adalah ....
A. Zn D. H^+
B. Cu E. H_2O
C. SO_4^{2-}

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Apa keterbatasan konsep redoks berdasarkan pengikatan oksigen dibandingkan dengan serah terima elektron?
2. Tentukan bilangan oksidasi semua atom pada setiap senyawa berikut: $KMnO_4$, NiO_2, $K_4Fe(CN)_6$, dan $(NH_4)_2HPO_4$
3. Pakar organik membahas reduksi dalam bentuk penambahan atom hidrogen. Misalnya, etilen, C_2H_4 direduksi menjadi etana, C_2H_6. Tunjukkan bahwa reaksi ini sejalan dengan perubahan bilangan oksidasi.
4. Tentukan manakah reaksi yang merupakan reaksi redoks dan identifikasi reduktor dan oksidatornya.
a. $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$
b. $O_3(g) + NO(g) \longrightarrow O_2(g) + NO_2(g)$
c. $HCl(g) + NH_3(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$
d. $2H_2O_2(\ell) \longrightarrow 2H_2O(\ell) + O_2(g)$
5. Jelaskan bagaimana operasi sel *accu*. Tuliskan persamaan reaksi sel ketika *accu* digunakan dan ketika *accu* diisi ulang.

Bab

8

Advanced Science: Chemistry, 2000

Komponen utama dari minyak bumi adalah hidrokarbon.

Hidrokarbon

Hasil yang harus Anda capai:

memahami sifat-sifat senyawa organik atas dasar gugus fungsi dan senyawa makromolekul.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

- mendeskripsikan kekhasan atom karbon dalam membentuk senyawa hidrokarbon.
- menggolongkan senyawa hidrokarbon berdasarkan strukturnya dan hubungannya dengan sifat senyawa.

Salah satu rumpun senyawa yang melimpah di alam adalah senyawa karbon. Senyawa ini tersusun atas atom karbon dan atom-atom lain yang terikat pada atom karbon, seperti hidrogen, oksigen, nitrogen, dan atom karbon itu sendiri. Salah satu senyawa karbon paling sederhana adalah hidrokarbon. Hidrokarbon banyak digunakan sebagai komponen utama minyak bumi dan gas alam.

Apakah kekhasan dari atom karbon? Bagaimanakah atom karbon membentuk senyawa hidrokarbon? Bagaimanakah menggolongkan senyawa hidrokarbon? Anda dapat memahaminya jika Anda pelajari bab ini dengan baik.

A. Karakteristik Atom Karbon
B. Identifikasi dan Klasifikasi Hidrokarbon
C. Hidrokarbon Alifatik Jenuh
D. Hidrokarbon Alifatik Tidak Jenuh

Tes Kompetensi Awal

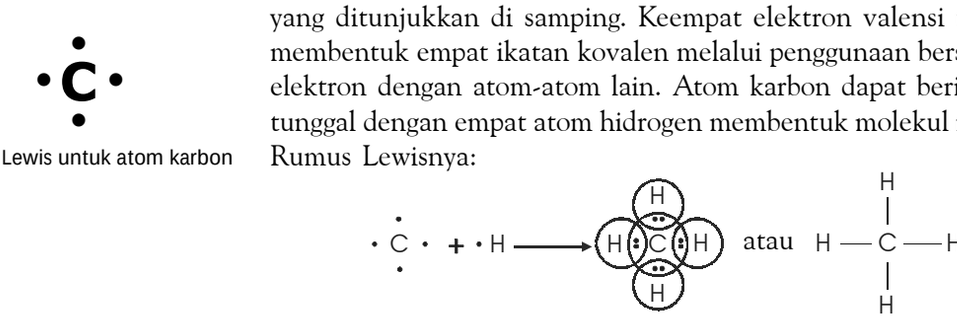
1. Tuliskan yang Anda ketahui tentang sifat-sifat atom karbon.
2. Apakah yang Anda ketahui tentang keistimewaan dari atom karbon?
3. Bagaimanakah atom karbon berikatan dengan logam dan bukan logam?
4. Tuliskan beberapa contoh senyawa organik yang Anda ketahui.

A. Karakteristik Atom Karbon

Sejauh ini, Anda telah mengenal sedikit tentang atom karbon, yaitu atom karbon memiliki nomor atom 6 dengan konfigurasi elektron $_6$C: 2 4. Di alam terdapat sebagai isotop ^{12}C, ^{13}C, dan ^{14}C. Dalam sistem periodik, atom karbon berada dalam golongan IVA dan periode 2. Atom karbon berikatan kovalen dengan atom bukan logam dengan valensi 4. Sesungguhnya, masih banyak sifat-sifat atom karbon yang perlu Anda ketahui.

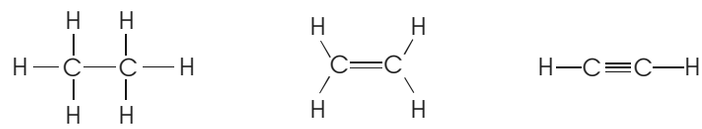
1. Kekhasan Atom Karbon

Atom karbon memiliki empat elektron valensi dengan rumus Lewis yang ditunjukkan di samping. Keempat elektron valensi tersebut dapat membentuk empat ikatan kovalen melalui penggunaan bersama pasangan elektron dengan atom-atom lain. Atom karbon dapat berikatan kovalen tunggal dengan empat atom hidrogen membentuk molekul metana (CH_4). Rumus Lewisnya:



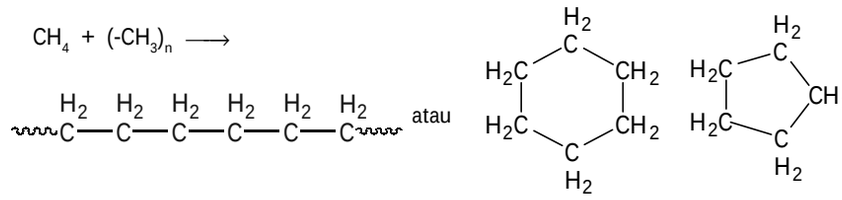
Rumus Lewis untuk atom karbon

Selain dapat berikatan dengan atom-atom lain, atom karbon dapat juga berikatan kovalen dengan atom karbon lain, baik ikatan kovalen tunggal maupun rangkap dua dan tiga, seperti pada etana, etena dan etuna (lihat pelajaran Tata Nama Senyawa Organik).



etana etena etuna

Kecenderungan atom karbon dapat berikatan dengan atom karbon lain memungkinkan terbentuknya senyawa karbon dengan berbagai struktur (membentuk rantai panjang atau siklik). Hal inilah yang menjadi *ciri khas* atom karbon.



Jika satu atom hidrogen pada metana (CH_4) diganti oleh gugus $-CH_3$ maka akan terbentuk etana (CH_3–CH_3). Jika atom hidrogen pada etana diganti oleh gugus $-CH_3$ maka akan terbentuk propana (CH_3–CH_2–CH_3) dan seterusnya hingga terbentuk senyawa karbon berantai atau siklik.

Catatan *Note*

Lewis menyatakan bahwa unsur-unsur selain gas mulia dapat mencapai kestabilan dengan cara bersenyawa dengan unsur lain atau unsur yang sama agar konfigurasi elektron dari setiap atom menyerupai konfigurasi elektron gas mulia.

Lewis states that elements except noble gases can reach stability by reacting with other elements, so the electron configuration have a similar noble gases configuration.

Contoh 8.1

Penulisan Struktur Hidrokarbon

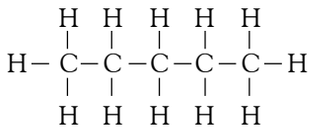
Tuliskan struktur senyawa hidrokarbon berikut.

a. Pentana

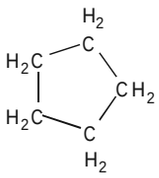
b. Siklopentana

Jawab

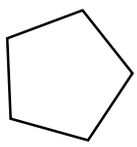
a. C_5H_{12}:



b. C_5H_{10}:



atau



Kata Kunci

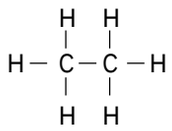
- Karbon kuartener
- Karbon primer
- Karbon sekunder
- Karbon tersier

2. Atom C Primer, Sekunder, Tersier, dan Kuartener

Berdasarkan kemampuan atom karbon yang dapat berikatan dengan atom karbon lain, muncul istilah atom karbon primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Istilah ini didasarkan pada jumlah atom karbon yang terikat pada atom karbon tertentu.

Atom karbon primer (dilambangkan dengan 1^0) adalah atom-atom karbon yang mengikat satu atom karbon tetangga.

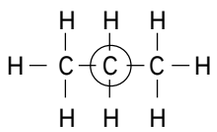
Contoh:
Dalam molekul etana (CH_3–CH_3) masing-masing atom karbon mengikat satu atom karbon tetangga. Oleh karena itu, dalam molekul etana terdapat dua atom C primer.



Masing-masing atom karbon mengikat satu atom karbon tetangga

Atom karbon sekunder (dilambangkan dengan 2^0) adalah atom-atom karbon yang mengikat dua atom karbon tetangga.

Contoh:
Dalam molekul propana (CH_3–CH_2–CH_3) atom karbon pada posisi kedua mengikat dua atom karbon tetangga. Oleh karena itu, dalam molekul propana terdapat satu atom C sekunder.

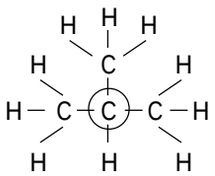


Atom karbon yang dilingkari, atom karbon sekunder

Atom karbon tersier (3^0) adalah atom-atom karbon yang mengikat tiga atom karbon tetangga.

Contoh:

Dalam molekul isobutana (CH_3–CH–CH_3) atom karbon pada posisi kedua mengikat tiga atom karbon tetangga. Oleh karena itu, dalam molekul isobutana terdapat satu atom C tersier.



Atom karbon yang dilingkari, atom karbon tersier

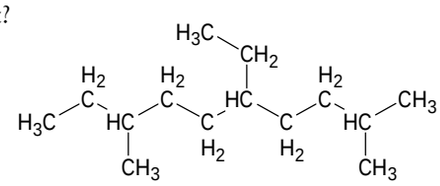
Kegiatan Inkuiri

Berdasarkan uraian dan contoh, nyatakan dengan kalimat Anda sendiri tentang atom karbon kuartener.

Contoh 8.2

Menentukan Atom C 1°, 2°, 3°, dan 4°

Berapa jumlah atom C primer, sekunder, tersier, dan kuartener yang terdapat dalam hidrokarbon berikut?



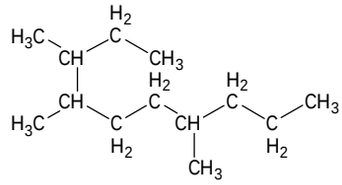
Jawab

Semua gugus CH_3 tergolong atom C primer, gugus CH_2 tergolong atom C sekunder, gugus CH tergolong atom C tersier, dan gugus C adalah kuartener.
Jadi, jumlah atom C primer ada 5 buah, atom C sekunder ada 6 buah, atom C tersier ada 3 buah, dan atom C kuartener tidak ada.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apakah yang menjadi ciri khas atom karbon? Jelaskan.
2. Berapakah jumlah atom C primer, sekunder, dan tersier dalam senyawa hidrokarbon berikut?



3. Tentukan bahwa atom karbon dapat berikatan dengan atom oksigen membentuk oksida karbon (CO dan CO_2). Gunakan rumus Lewis.
4. Gambarkan struktur hidrokarbon yang memiliki jumlah atom C primer 4, atom C sekunder 4, dan atom C tersier 2.

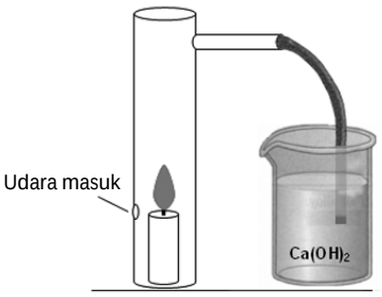
B. Identifikasi dan Klasifikasi Hidrokarbon

Anda tentu sudah mengetahui bahwa salah satu senyawa karbon yang paling sederhana adalah hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon hanya tersusun atas unsur karbon dan hidrogen. Akan tetapi, dari dua macam unsur ini dapat membentuk banyak senyawa, mulai dari gas alam, minyak bumi, batubara hingga lilin dan polistirena.

1. Identifikasi Karbon dan Hidrogen

Adanya unsur karbon dan hidrogen dalam senyawa hidrokarbon dapat diidentifikasi melalui percobaan sederhana. Percobaan sederhana ini dapat dilakukan di laboratorium sekolah maupun di rumah Anda.

Salah satu metodenya adalah dengan menggunakan lilin ($C_{20}H_{42}$) yang direaksikan dengan oksigen dari udara (dibakar), hasil pembakaran lilin dilewatkan ke dalam larutan $Ca(OH)_2$ 1%, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.1**.



Gambar 8.1
Identifikasi karbon dan hidrogen menggunakan metode pembakaran lilin.

Bagaimana mengidentifikasi adanya unsur karbon dan hidrogen dalam senyawa hidrokarbon atau senyawa organik? Untuk dapat menjawab ini, Anda harus memahami dulu reaksi yang terjadi.

Ketika lilin terbakar terjadi reaksi antara lilin dan oksigen dari udara. Jika pembakarannya sempurna, terjadi reaksi:

$$2C_{20}H_{42}(s) + 61O_2(g) \longrightarrow 40CO_2(g) + 42H_2O(g)$$

Gas CO_2 dan uap air hasil pembakaran akan mengalir melalui saluran menuju larutan $Ca(OH)_2$. Pada saat menuju larutan $Ca(OH)_2$, terjadi pendinginan oleh udara sehingga uap air hasil reaksi akan mencair. Hal ini dibuktikan dengan adanya tetesan-tetesan air yang menempel pada saluran. Oleh karena titik embun gas CO_2 sangat rendah maka akan tetap sebagai gas dan bereaksi dengan larutan $Ca(OH)_2$. Bukti adanya CO_2 ditunjukkan oleh larutan menjadi keruh atau terbentuk endapan putih dari $CaCO_3$ (perhatikan **Gambar 8.1**). Persamaan reaksinya:

$$CO_2(g) + Ca(OH)_2(aq) \longrightarrow CaCO_3(s) + H_2O(\ell)$$

Kegiatan Inkuiri

Mengapa pada pembakaran lilin terbentuk jelaga? Diskusikan dengan teman sekelas Anda.

Untuk lebih memahami identifikasi senyawa hidrokarbon, lakukanlah percobaan berikut dengan menggunakan metode lainnya, seperti pembakaran gula pasir halus ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Adapun senyawa bukan hidrokarbon, tetapi prinsipnya sama, yaitu mengandung karbon dan hidrogen. Untuk mengetahuinya, lakukanlah kegiatan berikut.

Aktivitas Kimia 8.1

Identifikasi Karbon dan Hidrogen

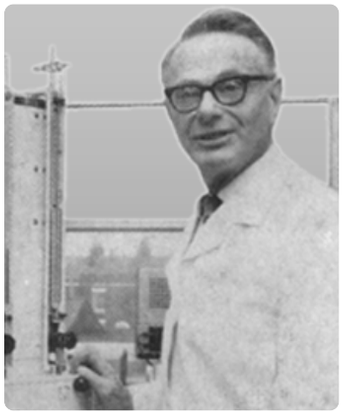
Tujuan
Mengidentifikasi adanya unsur karbon dan hidrogen dalam senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen.

Alat
1. Pembakar bunsen
2. Statif
3. Tabung reaksi

Bahan
1. Gula pasir
2. Katalis CuO
3. $Ca(OH)_2$ 1%

Sekilas Kimia

Hans Krebs
(1900–1981)



Sumber: *Jendela Iptek: Kimia*, 1997

Ahli kimia ini yang kali pertama mengusulkan serangkaian reaksi untuk menerangkan bagaimana glukosa (gula) diuraikan untuk menghasilkan karbon dioksida, air, dan energi.

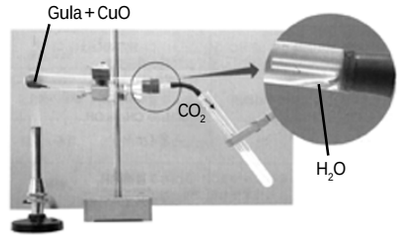
Catatan *Note*

Katalis adalah zat kimia yang dapat mempercepat reaksi.

Catalyst is chemical speed up the reaction.

Langkah Kerja

1. Susun alat seperti gambar berikut.



2. Campurkan gula pasir halus dengan CuO.
3. Panaskan campuran tersebut.
4. Hasil reaksi dilewatkan ke dalam larutan $Ca(OH)_2$ 1%.

Pertanyaan

1. Mengapa perlu dilakukan pembakaran gula pasir?
2. Bagaimana persamaan reaksi pembakaran gula pasir?
3. Apa yang terjadi ketika gula pasir dipanaskan?
4. Mengapa perlu digunakan katalis CuO?
5. Hasil reaksi apa yang didapatkan dalam tabung reaksi?
6. Jika pembakaran tidak sempurna (pasokan oksigen kurang), bagaimana kemungkinan hasil reaksinya? Tuliskan persamaan reaksinya.
7. Apa yang dapat Anda simpulkan dari hasil pengamatan tersebut?

Kata Kunci

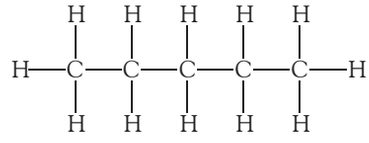
- Alifatik
- Alisiklik
- Aromatik
- Siklik

2. Klasifikasi Hidrokarbon

Pada dasarnya, senyawa karbon dapat digolongkan ke dalam senyawa *hidrokarbon* dan *turunannya*. Senyawa turunan hidrokarbon adalah senyawa karbon yang mengandung atom-atom lain selain atom karbon dan hidrogen, seperti alkohol, aldehida, protein, dan karbohidrat.

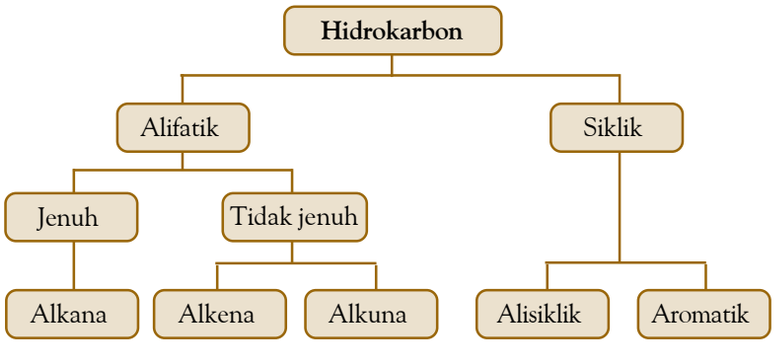
Ditinjau dari cara berikatan karbon-karbon, senyawa hidrokarbon dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar (perhatikan **Gambar 8.2**), yaitu:

a. *Senyawa hidrokarbon alifatik*, yaitu senyawa hidrokarbon yang membentuk rantai karbon dengan ujung terbuka, baik berupa rantai lurus atau bercabang. Senyawa alifatik dibedakan sebagai berikut
   1) *Senyawa hidrokarbon jenuh*, merupakan senyawa hidrokarbon yang berikatan kovalen tunggal. Contohnya, senyawa alkana.


atau $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

   Gas alam dan minyak bumi tergolong hidrokarbon alifatik.
   2) *Senyawa hidrokarbon tidak jenuh*, merupakan senyawa hidrokarbon yang berikatan kovalen rangkap dua atau rangkap tiga. Contohnya alkena dan alkuna.

b. *Senyawa hidrokarbon siklik*, yaitu senyawa hidrokarbon dengan ujung rantai karbon tertutup. Senyawa siklik dibedakan sebagai berikut.
   1) *Senyawa hidrokarbon alisiklik,* merupakan senyawa golongan alifatik dengan ujung rantai karbon tertutup. Contohnya sikloheksana dan sikloheksena.
   2) *Senyawa hidrokarbon aromatik,* merupakan senyawa benzena dan turunannya. Contoh hidrokarbon aromatik yaitu benzena, naftalena, toluena, dan sebagainya.



Gambar 8.2
Bagan penggolongan senyawa karbon

Contoh 8.3

Klasifikasi Hidrokarbon

Manakah di antara senyawa karbon berikut yang tergolong hidrokarbon?

a. C_4H_{10} (butana)
b. $C_4H_{10}O$ (butanol)
c. C_4H_8 (siklobutana)
d. $C_2H_4O_2$ (cuka)
e. C_2H_2 (asetilen)

Jawab

Hidrokarbon adalah senyawa karbon yang hanya mengandung karbon dan hidrogen. Jadi, yang tergolong hidrokarbon adalah (a), (c), dan (e).

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

Klasifikasikan senyawa karbon berikut ke dalam hidrokarbon dan turunan hidrokarbon.

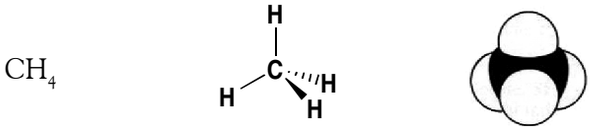
a. $C_2H_5–O–C_2H_5$ (dietileter)
b. $CH_3–CH_2–CH_3$ (propana)
c. $CH_3–CO–CH_3$ (propanon)
d. $C_2H_5–OH$ (etanol)

C. Hidrokarbon Alifatik Jenuh

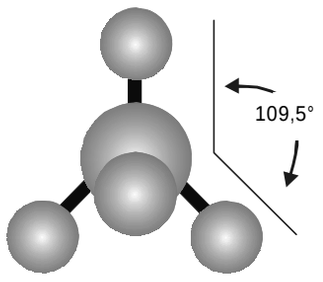
Berdasarkan jumlah ikatan antara atom karbon, senyawa alifatik dikelompokkan menjadi alifatik jenuh dan tidak jenuh. Pada alifatik jenuh, atom karbon dapat mengikat atom hidrogen secara maksimal. Senyawa yang tergolong alifatik jenuh adalah alkana dan sikloalkana.

1. Struktur dan Sifat Alkana

Senyawa golongan alkana paling sederhana adalah metana (CH_4) yang terdiri atas satu atom karbon dan empat atom hidrogen (Model molekul pada **Gambar 8.3**).



Rumus molekul | Bentuk struktur | Bentuk molekul



Gambar 8.3
Model molekul CH_4

Struktur molekul alkana yang lebih panjang, seperti etana, propana, butana, dan yang lainnya membentuk rantai yang memanjang. Struktur alkana dan senyawa karbon umumnya biasa dituliskan dalam bentuk rumus struktur yang dimampatkan, seperti empat deret alkana pertama berikut.

CH_4	$CH_3–CH_3$	$CH_3–CH_2–CH_3$	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$
CH_4 (metana)	C_2H_6 (etana)	C_3H_8 (propana)	C_4H_{10} (butana)

a. Deret Homolog

Perhatikan keempat contoh senyawa alkana di atas. Terlihat bahwa dari kiri ke kanan secara berurutan terdapat selisih jumlah gugus $–CH_2–$. Etana kelebihan satu gugus $–CH_2–$ dari metana, propana kelebihan satu gugus $–CH_2–$ dari etana, dan seterusnya.

Jika dalam suatu deret senyawa terdapat selisih jumlah gugus sebanyak $–CH_2–$ secara berurutan maka senyawa-senyawa tersebut merupakan *deret homolog*. Deret homolog adalah *senyawa-senyawa yang memiliki selisih gugus sebanyak $–CH_2–$ dari senyawa sebelumnya*. Senyawa-senyawa dalam deret homolog memiliki sifat kimia mirip, tetapi sifat-sifat fisika berubah sejalan dengan naiknya massa molekul seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 8.1**.

Kata Kunci

- Gugus alkil
- Isomer
- Titik didih
- Titik leleh

Tabel 8.1 Titik Leleh dan Titik Didih Alkana Rantai Lurus Berdasarkan Deret Homolog

Nama Senyawa	Rumus Molekul	Wujud Zat	Massa Molekul	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)
Metana	CH_4	Gas	16	–182,5	–164,0
Etana	C_2H_6	Gas	30	–183,3	–88,6
Propana	C_3H_8	Gas	44	–189,7	–42,1
Butana	C_4H_{10}	Gas	58	–138,4	0,5
Pentana	C_5H_{12}	Cair	72	–139,7	36,1
Heksana	C_6H_{14}	Cair	86	–95,0	68,9
Heptana	C_7H_{16}	Cair	100	–90,6	98,4
Oktana	C_8H_{18}	Cair	114	–56,8	124,7
Nonana	C_9H_{20}	Cair	128	–51,0	150,8
Dekana	$C_{10}H_{22}$	Cair	142	–29,7	174,1

Sumber: *Chemistry* (Zumdahl),1989

Simak **Tabel 8.1**, tentu Anda dapat melihat kecenderungan yang teratur antara titik didih dan titik leleh dengan naiknya massa molekul relatif alkana. Dengan demikian, terdapat hubungan antara massa molekul relatif alkana dan sifat-sifat fisikanya.

Kegiatan Inkuiri

Simpulkan dengan kalimat Anda sendiri, bagaimanakah hubungan antara massa molekul relatif alkana dan sifat-sifat fisiknya.

Dengan bertambahnya massa molekul, sifat fisika yang lain seperti wujud zat juga berubah. Pada suhu kamar, empat deret pertama alkana berupa gas, deret berikutnya cair, dan alkana yang lebih tinggi berwujud padat, misalnya aspal dan lilin.

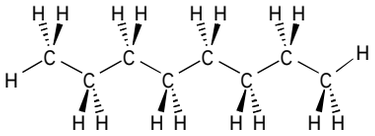
Semua alkana dapat bereaksi dengan oksigen membentuk gas karbon dioksida dan uap air. Persamaan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut.

$$C_nH_{2n+2} + O_2(g) \rightarrow n\ CO_2(g) + (n+1)\ H_2O(g)$$

b. Rumus Umum Alkana

Jika dicermati dengan saksama, deret homolog alkana memiliki keteraturan yang dapat dirumuskan secara matematika. Dapatkah Anda menentukan rumus umum alkana?

Dalam deret homolog terdapat selisih gugus sebanyak $–CH_2–$. Jika tambahannya sebanyak *n* gugus maka dapat ditulis sebagai $(–CH_2–)_n$ atau $–C_nH_{2n}–$. Dalam metana, kedua garis pada rumus $–C_nH_{2n}–$ menunjukkan jumlah atom hidrogen.



Struktur molekul oktana (C_8H_{18})

Kegiatan Inkuiri

Manakah di antara rumus berikut yang cocok untuk menyatakan rumus umum alkana?

a. C_nH_{2n} b. C_nH_{2n+2} c. $C_nH_{2n–2}$

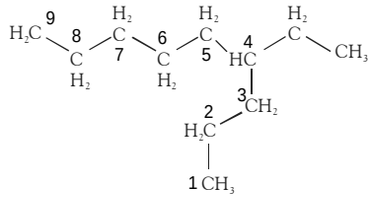
2. Isomer dan Tata Nama Alkana

Beberapa senyawa alkana sederhana telah Anda pelajari pada bab sebelumnya. Sekarang, akan diperkenalkan tata nama senyawa alkana rantai lurus yang bercabang.

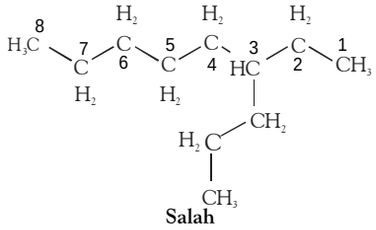
a. Tata Nama pada Alkana

Untuk alkana rantai bercabang, terdapat lima aturan pokok dari IUPAC yang telah disepakati, yaitu sebagai berikut.

1. Nama dasar alkana rantai bercabang ditentukan oleh rantai terpanjang atom karbon. Rantai terpanjang ini disebut *rantai induk*. Contoh:



Benar



Salah

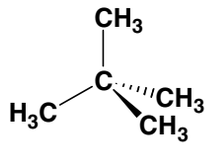
Rantai induk adalah rantai terpanjang. Pada contoh tersebut rantai induk mengandung 9 gugus, *bukan* 8 gugus.

2. Setiap cabang pada rantai induk disebut *gugus alkil*. Nama gugus alkil didasarkan pada nama alkana semula, tetapi akhiran *-ana* diganti menjadi *-il*. Contoh: metana menjadi metil. Perhatikan **Tabel 8.2**. Pada contoh nomor 1, terdapat satu gugus etil sebagai cabang dari rantai induk.

Tabel 8.2 Nama Gugus-Gugus Alkil pada Rantai Induk Alkana

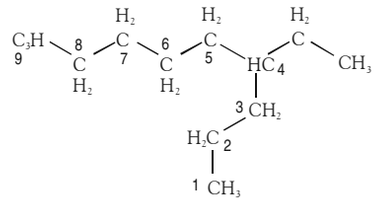
Struktur Gugus Alkil	Nama Alkil
$–CH_3$	Metil
$–CH_2CH_3$	Etil
$–CH_2CH_2CH_3$	Propil

$CH_3\overset{\vert}{C}HCH_3$	Isopropil
$-CH_2CH_2CH_2CH_3$	Butil
$CH_3\overset{\vert}{C}HCH_2CH_3$	*Sek*-butil
$-CH_2\overset{CH_3}{\overset{\vert}{C}}HCH_3$	Isobutil
$\begin{array}{c} CH_3 \\ \vert \\ -C-CH_3 \\ \vert \\ CH_3 \end{array}$	*Ter*-butil/ *t*-butil

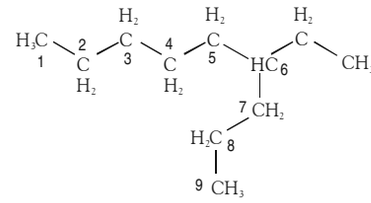


- Neopentana (trivial)
- 2,2-dimetilpropana (IUPAC)

3. Gugus alkil yang terikat pada rantai induk diberi nomor dengan urutan terkecil. Penomoran gugus alkil adalah sebagai berikut.



Benar

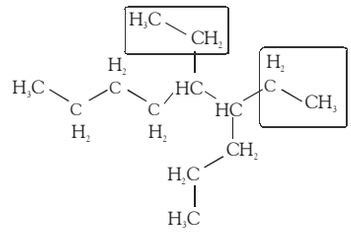


Salah

Dengan demikian, gugus etil diposisikan pada atom karbon nomor 4 dari rantai induk, *bukan* nomor 6.

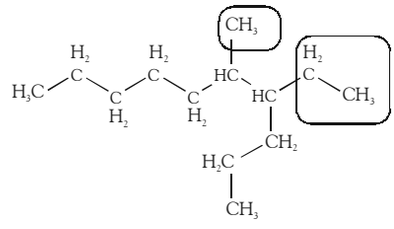
Jadi, nama untuk senyawa alkana di atas adalah **4-etilnonana**, *bukan* **6-etilnonana**.

4. Jika terdapat lebih dari satu gugus alkil yang sama maka penulisan nama gugus ditambah kata depan *di*–(dua gugus), *tri*–(tiga gugus), atau *tetra*–(empat gugus) yang diikuti dengan nama gugus alkil. Lihat contoh struktur berikut.



Nama senyawanya adalah **4,5-dietilnonana** *bukan* **4-etil-5-etilnonana**

5. Jika terdapat dua atau lebih cabang alkil yang berbeda, penulisan nama setiap cabang diurutkan berdasarkan alfabetis, seperti contoh berikut.



Nama senyawanya adalah **4-etil-5-metilnonana**, *bukan* **5-metil-4-etilnonana**).

Sekilas Kimia

Gas Minyak Bumi yang dicairkan LPG

Propana (t.d = –42°C) adalah alkana yang umum digunakan untuk memasak dan memanaskan atau lebih dikenal sebagai gas LPG. Keuntungan penggunaan propana di banding metana, yaitu propana mudah dicairkan dibawah tekanan sehingga gas dapat di simpan dengan jumlah yang besar dalam ruang yang kecil. Cairan tidak akan membakar sampai propana berubah menjadi fasa gas sehingga relatif lebih mudah dan aman untuk disimpan dan dipindahkan.

Pada suhu dingin, penggunaan propana lebih menguntungkan dibandingkan butana. Butana memiliki titik didih yang relatif tinggi (t.d -0,5°C), berarti pada cuaca dingin, cairan butana tidak akan menguap sehingga tidak membakar.

Sumber: *Heinemann Advanced Science: Chemistry*, 2000

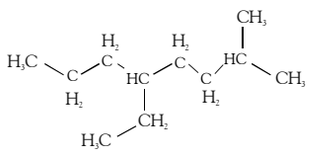
Perhatikan beberapa aturan tambahan berikut.

1. Nomor posisi dan nama gugus dipisahkan oleh garis, misalnya 2-metil, 3-etil, dan seterusnya.
2. Nama gugus dan nama rantai induk disatukan (tidak dipenggal). Contoh: metilheksana *bukan* metil heksana, etilpentana *bukan* etil pentana.
3. Jika terdapat lebih dari dua nomor berurutan maka penulisan nomor dipisah oleh koma. Contoh: 3,3-dimetil atau 1,2,3-trietil, dan seterusnya.

Contoh 8.4

Penataan Nama Senyawa Hidrokarbon Alifatik

1. Tuliskan nama untuk senyawa berikut.

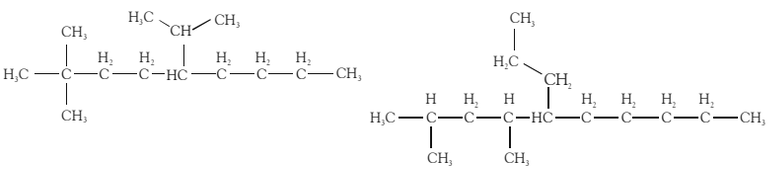


2. Gambarkan struktur molekul dari senyawa berikut:
   a. 2,2-dimetil-5-isopropilnonana
   b. 2,4-dimetil-5-propildekana

Jawab

1. Tahap penentuan nama senyawa tersebut, yaitu:
   a. tentukan rantai induk;
   b. tentukan gugus alkil;
   c. tentukan nomor terkecil untuk gugus alkil.

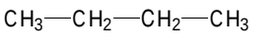
   Pada struktur soal, rantai induknya sebanyak 8 gugus (oktana) dengan 2 buah gugus alkil, yaitu metil dengan nomor urut 2 dan etil dengan nomor urut 5.
   Jadi, nama senyawa itu adalah 5-etil-2-metiloktana.

2. 

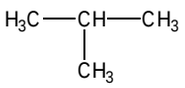
b. Isomer pada Alkana

Struktur alkana dapat berupa rantai lurus atau rantai bercabang. Dalam senyawa alkana juga ada yang rumus molekulnya sama, tetapi rumus strukturnya beda.

Butana memiliki rumus molekul C_4H_{10}. Selain itu, ada senyawa yang rumus molekulnya sama dengan butana, tetapi rumus strukturnya berbeda dan namanya juga berbeda. Perhatikan rumus struktur berikut.

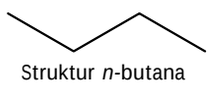


n-butana
(t.d : –0,5 °C, t.l : –135 °C)

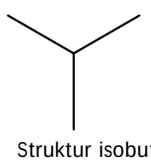


Isobutana (2-metilpropana)
(t.d : –10 °C, t.l : –145 °C)

Kedua senyawa tersebut dapat disintesis dan memiliki titik didih dan titik leleh berbeda. Senyawa *n*-butana titik didih dan titik lelehnya secara berturut-turut –0,5°C dan –135°C. Adapun senyawa isobutana atau 2-metilpropana titik didih dan titik lelehnya secara berturut-turut –10°C dan –145°C.



Struktur *n*-butana



Struktur isobutana

Bentuk isomer struktur butana

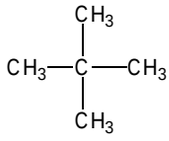
Untuk senyawa-senyawa tersebut disebut *isomer*. Oleh karena perbedaan hanya pada struktur maka isomer tersebut disebut *isomer struktur*.

Kegiatan Inkuiri

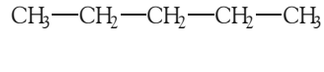
Berdasarkan uraian tersebut, simpulkan dengan kalimat Anda sendiri apa yang dimaksud dengan isomer.

Semakin banyak jumlah atom karbon dalam senyawa alkana, kemungkinan rumus struktur juga makin banyak. Oleh karena itu, jumlah isomer struktur juga akan bertambah.

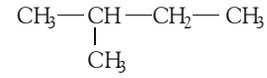
Pentana (C_5H_{12}) memiliki 3 isomer struktur, heksana (C_6H_{14}) memiliki 5 isomer struktur, dan dekana memiliki 75 isomer struktur. Struktur berikut merupakan ketiga isomer dari pentana.



Neopentana (2,2-dimetilpropana)
(t.d : 9 °C, t.l : –220 °C)



n-pentana
(t.d : 36 °C, t.l : –130 °C)



Isopentana (2-metilbutana)
(t.d : 28 °C, t.l : –160 °C)

Oleh karena strukturnya berbeda maka sifat-sifat fisika senyawa yang berisomer juga berbeda, tetapi sifat kimianya mirip. Perhatikan titik didih dan titik leleh isomer butana dan isomer pentana.

Isobutana (alkana yang bercabang) memiliki titik didih dan titik leleh lebih rendah dibandingkan *n*-butana (yang tidak bercabang). Hal ini disebabkan oleh struktur yang lebih rumit pada isobutana mengakibatkan gaya tarik antarmolekul lebih kecil dibandingkan struktur rantai lurus sehingga lebih mudah menguap.

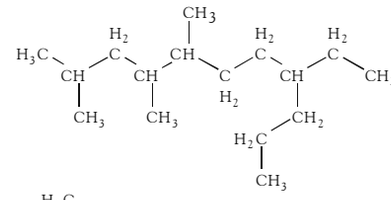
Pada senyawa pentana, titik didih dan titik leleh berkurang menurut urutan: *n*-pentana > isopentana > neopentana. Hal ini akibat dari bentuk struktur, yaitu neopentana lebih rumit dibandingkan isopentana. Demikian juga isopentana lebih rumit dari *n*-pentana.

Tes Kompetensi Subbab C

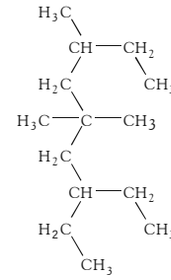
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

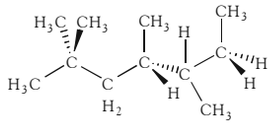
1. Bagaimana kereaktifan alkana dengan bertambahnya massa molekul? Bandingkan pembakaran gas LPG dan minyak tanah.
2. Mengapa di SPBU tidak boleh merokok atau menyalakan mesin motor? Hubungkan dengan titik didihnya.
3. Bagaimana wujud zat dari alkana dengan jumlah atom C_{20} ke atas?
4. Tuliskan rumus struktur untuk senyawa alkana berikut:
   a. 5-etil-3-isopropil-2-metiloktana
   b. 3-metil-3-ter-butilheptana
5. Berikan nama IUPAC untuk senyawa-senyawa berikut:

a.



b.



c. 

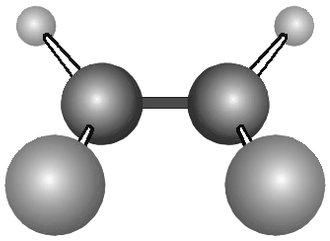
6. Tuliskan semua struktur yang mungkin dari senyawa C_6H_{14} (heksana). Berapa jumlah isomernya? Beri nama masing-masing isomer tersebut menurut aturan IUPAC.

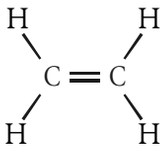
D. Hidrokarbon Alifatik Tidak Jenuh

Hidrokarbon tidak jenuh adalah hidrokarbon dengan satu atau lebih atom karbon mengikat atom hidrogen tidak maksimal atau memiliki ikatan rangkap. Alkena memiliki ikatan rangkap dua karbon-karbon (C=C) dan alkuna memiliki ikatan rangkap tiga karbon-karbon (C≡C).

1. Struktur dan Sifat Alkena

Alkena paling sederhana adalah etena yang memiliki rumus mampat $CH_2=CH_2$. Dalam alkena terdapat sekurang-kurangnya satu buah ikatan rangkap dua karbon-karbon, seperti pada **Gambar 8.4**.





Gambar 8.4
Model struktur molekul $CH_2 = CH_2$

Tiga deret pertama dari alkena rantai lurus dapat ditulis dalam bentuk struktur mampat sebagai berikut.

$CH_2=CH_2$	$CH_3CH=CH_2$	$CH_3CH_2CH=CH_2$	$CH=CHCH_3$
C_2H_4 (etena)	C_3H_6 (propena)	C_4H_8 (1-butena)	C_4H_8 (2-butena)

Sama halnya dengan alkana, senyawa-senyawa dalam golongan alkena membentuk deret homolog, dengan selisih antarsenyawa yang berurutan sebanyak $–CH_2–$.

Kata Kunci

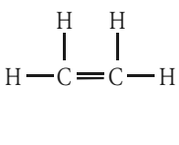
- Deret homolog
- Rangkap dua
- Rangkap tiga

Kegiatan Inkuiri

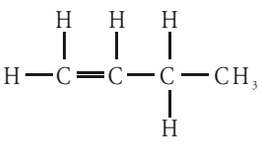
Berdasarkan deret homolog dan keempat contoh alkena tersebut, dapatkah Anda menentukan rumus umum alkena? Pilih salah satu di antara rumus umum berikut.

a. C_nH_{2n} b. C_nH_{2n+2} c. C_nH_{2n-2}

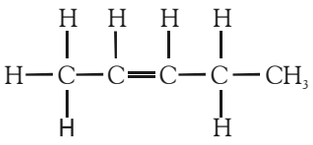
Secara umum, sifat fisika deret homolog alkena mirip dengan sifat fisika alkana, yakni makin besar massa molekul makin tinggi titik didih dan titik lelehnya.



Etena
(t.d –103,9°C)



Propena
(t.d –47°C)



2-butena
t.d 2,5°C)

Tabel 8.3 Sembilan Deret Pertama Alkena Rantai Lurus

Rumus Molekul	Tata Nama
C_2H_4	Etena
C_3H_6	Propena
C_4H_8	Butena
C_5H_{10}	Pentena
C_6H_{12}	Heksena
C_7H_{14}	Heptena
C_8H_{16}	Oktena
C_9H_{18}	Nonena
$C_{10}H_{20}$	Dekena

Aktivitas Kimia 8.2

Menguji Hidrokarbon Tidak Jenuh

Tujuan

Menguji senyawa hidrokarbon tidak jenuh pada margarin

Alat

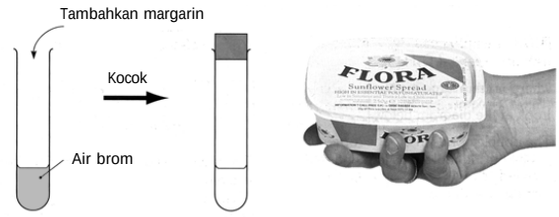
Tabung reaksi

Bahan

1. Margarin
2. Air Brom

Langkah Kerja

1. Masukkan sedikit air brom ke dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan margarin atau mentega ke dalam air brom.
3. Amati perubahan yang terjadi.



Pertanyaan

1. Apa yang dapat Anda amati dari percobaan tersebut?
2. Mengapa air brom berubah menjadi tidak berwarna?
3. Apa yang dapat Anda simpulkan dari hasil pengamatan ini?

2. Isomer dan Tata Nama Alkena

Sebelumnya, Anda telah mempelajari isomer dan tata nama alkana. Pada bagian ini, Anda akan mempelajari isomer dan tata nama pada alkena. Prinsipnya sama dengan alkana, namun ada beberapa perbedaan dalam hal jenis isomernya.

a. Tata Nama pada Alkena

Tata nama alkena didasarkan pada rantai terpanjang yang mengandung ikatan rangkap dua karbon-karbon. Seperti pada alkana, rantai terpanjang ini merupakan rantai induk.

Atom karbon rantai terpanjang diberi nomor mulai dari ujung rantai yang terdekat pada ikatan rangkap dua karbon-karbon sehingga posisi ikatan rangkap memiliki nomor terkecil. Aturan pencabangan sama seperti yang diberlakukan pada alkana.

Jika dalam molekul alkena terdapat lebih dari satu ikatan rangkap dua maka namanya ditambah *di- ...-ena*, misalnya 1,3-butadiena dan 1,3,5-dekatriena.

Contoh 8.5

Penulisan Nama Alkena Menurut IUPAC

Apa nama senyawa alkena berikut menurut aturan IUPAC?

a. $CH_3C(CH_3)=CHCH_2CH_3$

b. $CH_3CH_2CH_2CH_2C(CH_2CH_2CH=CHCH_3)=CHCH_3$

Jawab

a. Penomoran rantai karbon adalah

$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}=\overset{3}{C}H\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_3$ **Benar**

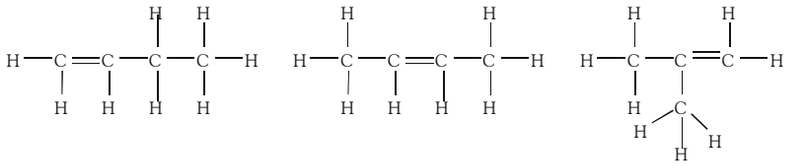
$\overset{5}{C}H_3\overset{4}{C}=\overset{3}{C}H\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}H_3$ **Salah**

Rantai terpanjang yang mengandung ikatan rangkap dua karbon-karbon memiliki lima atom karbon maka senyawa ini adalah *2*-pentena. Posisi ikatan rangkap dua berada pada atom karbon nomor 2. Gugus metil juga terikat pada atom karbon nomor 2 sehingga nama lengkap senyawa ini adalah 2-metil-2-pentena.

b. Rantai induk yang mengandung ikatan rangkap dua karbon-karbon adalah dari kanan ke arah bawah, yaitu sebanyak sembilan gugus, dua ikatan rangkap, dan gugus cabang adalah butil. Jadi, nama senyawa ini adalah 3-butil-2,7-nonadiena.

b. Isomer pada Alkena

Perhatikan struktur molekul berikut.

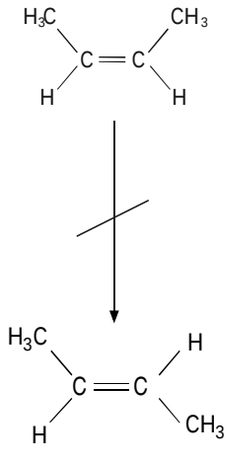


1-butena (t.d –5°C) | 2-butena (t.d 2,5°C) | 2-metil-2-propena (t.d –6°C)

Ketiga struktur tersebut memiliki rumus molekul sama, yakni C_4H_8, tetapi strukturnya beda. Jadi, dapat dikatakan bahwa ketiga senyawa itu berisomer struktur satu sama lain.

Bagaimana Anda menjelaskan perbedaan titik didih dari ketiga senyawa tersebut? Hubungkan dengan tingkat kerumitan molekul. Makin rumit struktur molekul, makin rendah titik didihnya.

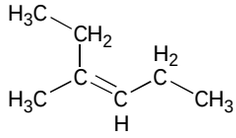
Ikatan rangkap dua karbon-karbon pada alkena tidak dapat memutar (melintir) sebab jika diputar akan memutuskan ikatan rangkap, tentunya memerlukan energi cukup besar. Oleh karena itu, alkena dikatakan memiliki struktur yang *rigid* (tegar) seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.5**.



Gambar 8.5
Pada alkena, tidak terjadi perputaran ikatan rangkap pada sumbu rotasinya.

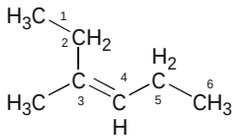
Mahir Menjawab

Nama yang benar untuk senyawa dengan rumus struktur:



A. 2-etil-2-pentena
B. 3-metil-3-heksena
C. 3-metil-3-heptena
D. 2-etil-3-pentena
E. 4-etil-3-pentena

Pembahasan



Tahapan menentukannya:

- Posisi ikatan rangkap pada rantai induk alkena dengan rantai terpanjang (6C) sehingga namanya: heksena
- Posisi ikatan rangkap diberi nama dengan nomor urut terendah. Jika posisi ikatan rangkapnya di tengah. Posisi cabang menjadi prioritas urutan dengan nomor terendah, jadi 3-heksena
- Kemudian, beri nama untuk gugus alkilnya, yaitu: 3-metil-3-heksena

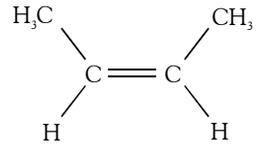
Jadi, jawabannya (B).

Ebtanas 1995-1996

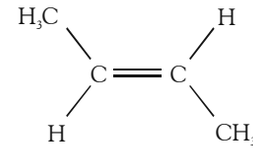
Kata Kunci

- Isomer posisi
- Isomer struktur

Akibat dari ketegaran, ikatan rangkap menimbulkan isomer tertentu pada alkena. Pada contoh berikut, ada dua isomer untuk 2-butena ($CH_3CH{=}CHCH_3$), yaitu *cis*-2-butena dan *trans*-2-butena.



cis-2-butena
(t.d. 3,7°C)



trans-2-butena
(t.d 0,9°C)

Isomer pada *cis*-2-butena dan *trans*-2-butena dinamakan *isomer geometri*. Isomer geometri adalah isomer yang terjadi akibat perbedaan lokasi atom-atom atau gugus atom dalam ruang tiga dimensi, sedangkan rumus molekul dan gugus terikatnya sama. Perbedaan titik didih antara *cis*-2-butena (3,7°C) dan *trans*-2-butena (0,9°C) menunjukkan bahwa kedua senyawa ini benar-benar ada dan berbeda, walaupun keduanya memiliki rumus molekul sama (C_4H_8) dan gugus terikatnya sama.

Pada alkena, selain isomer geometri dan isomer struktur, juga dikenal *isomer posisi*. Isomer posisi adalah isomer yang memiliki perbedaan posisi ikatan rangkap karbon-karbon dalam molekul yang sama. Contoh: 1-butena dan 2-butena.

Contoh 8.6

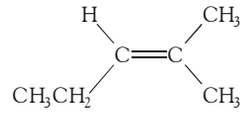
Meramalkan Isomer Geometri pada Alkena

Pada senyawa alkena berikut, apakah terdapat isomer geometri? Jika ada, gambarkan bentuk geometrinya dan berikan nama menurut IUPAC.

a. $CH_3CH_2CH{=}C(CH_3)_2$
b. $CH_3CH{=}CHCH_2CH_3$

Jawab

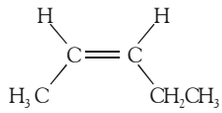
a. Rumus strukturnya adalah



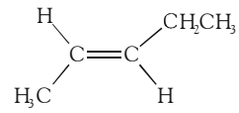
2-metil-2-pentena

Oleh karena terdapat dua gugus metil terikat pada atom kabon rangkap dua yang sama maka isomer geometri *tidak* terjadi pada senyawa ini sebab jika kedua gugus metil itu dipertukarkan lokasinya, tidak mengubah keadaan geometrinya.

b. Isomer geometri pada senyawa ini memungkinkan dapat memiliki geometri berbeda.



cis-2-pentena



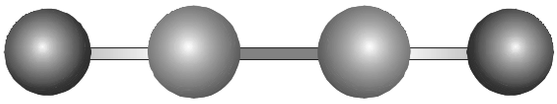
trans-2-pentena

3. Struktur dan Tata Nama Alkuna

Alkuna adalah hidrokarbon tidak jenuh yang mengandung ikatan rangkap tiga karbon-karbon. Alkuna paling sederhana adalah asetilen atau etuna (C_2H_2), dengan rumus struktur sebagai berikut.

$$H{-}C{\equiv}C{-}H$$

Bentuk tiga dimensi dari etuna ditunjukkan pada **Gambar 8.6**. Terlihat bahwa bentuk molekulnya adalah linear.

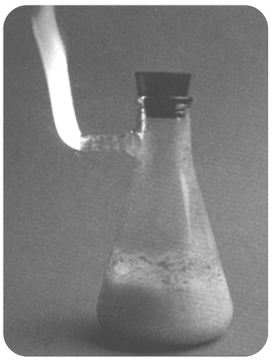


Gambar 8.6
Struktur molekul etuna (asetilen)

Etuna dapat dibuat dengan cara mereaksikan CaC_2 dan air yang digunakan sebagai sumber energi las besi, reaksi yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 8.7**.

Empat deret pertama dari alkuna dapat ditulis dalam bentuk struktur molekul yang dimampatkan. Perhatikan bentuk struktur molekul berikut.

$CH{\equiv}CH$	$CH_3C{\equiv}CH$	$CH_3CH_2C{\equiv}CH$	$CH_3CH_2CH_2C{\equiv}CH$
C_2H_2 (Etuna)	C_3H_4 (Propuna)	C_4H_6 (1-butuna)	C_5H_8 (1-pentuna)



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 8.7
Reaksi CaC_2(karbida) dan air menghasilkan etuna sebagai sumber energi las besi (las karbida)

Kegiatan Inkuiri

Berdasarkan keempat contoh senyawa alkuna, dapatkah Anda menentukan rumus umum alkuna?

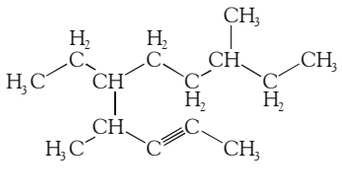
Aturan tata nama alkuna menurut aturan IUPAC sama seperti pada alkana atau alkena. Rantai induk ditentukan oleh rantai terpanjang yang mengandung ikatan rangkap tiga karbon-karbon dan akhiran untuk nama induk adalah *-una* sebagai pengganti *-ana* pada alkana.

Isomer yang terjadi pada alkuna adalah *isomer posisi* ikatan rangkap dan *isomer struktur* untuk gugus alkil, sedangkan isomer geometri pada alkuna tidak terjadi.

Contoh 8.7

Penamaan Alkuna Menurut IUPAC

Tuliskan nama IUPAC dari senyawa berikut.



Jawab

Rantai induk senyawa tersebut adalah dekuna (10 gugus). Ikatan rangkap tiga karbon-karbon terdapat pada atom karbon nomor 2, gugus metil terikat pada atom karbon nomor 4 dan 8, dan gugus etil terikat pada nomor 5. Jadi, namanya adalah 5-etil-4,8-dimetil-2-dekuna.

Mahir Menjawab

Simak kelompok senyawa hidrokarbon berikut:

1. C_2H_2; C_3H_4; C_4H_6
2. C_2H_4; C_3H_6; C_3H_8
3. C_2H_4; C_3H_6; C_4H_8
4. C_2H_6; C_3H_8; C_4H_{10}
5. C_2H_6; C_3H_8; C_4H_6

Rumus hidrokarbon yang merupakan pasangan kelompok senyawa tidak jenuh adalah ...

A. 1 dan 2
B. 1 dan 3
C. 2 dan 3
D. 2 dan 4
E. 4 dan 5

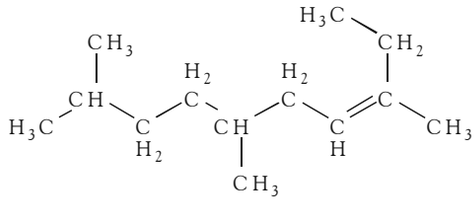
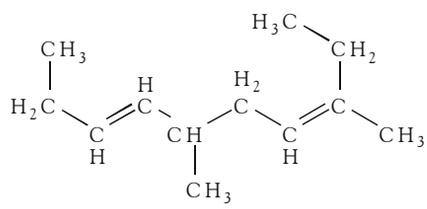
Pembahasan

Rumus alkana: C_nH_{n+2}
Rumus alkena: C_nH_{2n}
Rumus alkuna: C_nH_{n-2}
Alkena dan alkuna adalah hidrokarbon tidak jenuh. Hidrokarbon yang tidak jenuh terdapat semuanya pada kelompok 1 dan 3 (B).

Ebtanas 1999-2000

Tes Kompetensi Subbab D

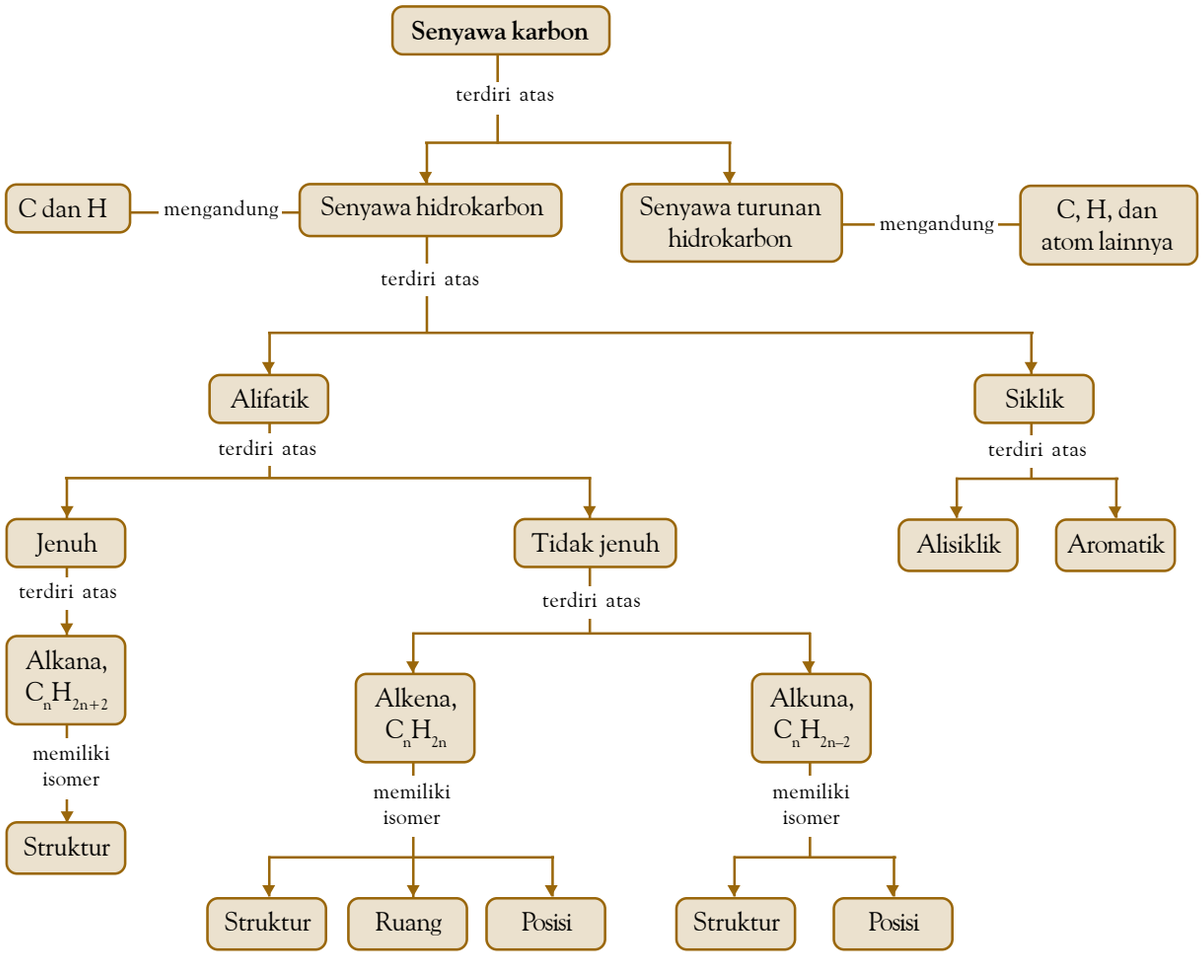
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Minyak goreng dari kelapa (minyak curah) membentuk padatan jika pagi hari dan dapat mencair jika dipanaskan, sedangkan minyak goreng instan tidak mencair. Semua minyak goreng mengandung ikatan rangkap dua. Bagaimana fakta ini dapat dijelaskan kaitannya dengan struktur alkena?
2. Tuliskan nama senyawa berikut berdasarkan aturan IUPAC.
   a. 
   b. 
3. Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut.
   a. 3,4-dimetil-2-heptena
   b. 2,4-dimetil-2,5-oktadiena
4. Apakah terdapat isomer geometri pada senyawa berikut?
   a. $CH_3CH_2CH{=}CHCH_2CH_3$
   b. $CH_3CH{=}CH_2$
5. Gambarkan rumus struktur untuk senyawa *trans*-1,3-heksadiena.
6. Gambarkan isomer posisi yang mungkin dari senyawa alkena dengan rumus molekul C_7H_{14}, kemudian tuliskan namanya.
7. Tuliskan nama senyawa berikut.
   a. $CH_3CH_2CH_2{-}C{\equiv}C{-}CH_3$
   b. $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle CH_2CH_2CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}C{\equiv}CH$
8. Gambarkan rumus struktur untuk 4,4-dimetil-2-isopropil-1-pentuna.

Rangkuman

1. Senyawa hidrokarbon adalah senyawa yang disusun oleh unsur karbon dan hidrogen. Senyawa hidrokarbon terbagi menjadi dua bagian besar, yaitu hidrokarbon alifatik (rantai terbuka) dan hidrokarbon siklik (rantai tertutup).
2. Pada hidrokarbbon alifatik, senyawa hidrokarbon dapat terdiri atas ikatan jenuh (tunggal) maupun ikatan tidak jenuh (rangkap).
3. Sifat khas atom karbon adalah dapat membentuk ikatan kovalen dengan semua atom karbon maupun atom unsur lain dapat membentuk ikatan kovalen yang panjang seperti rantai.
4. Alkana adalah hidrokarbon jenuh, disebut juga parafin. Rumus umum alkana adalah C_nH_{2n+2}.
5. Titik didih alkana makin meningkat sesuai dengan peningkatan jumlah atom karbonnya.
6. Tata nama senyawa hidrokarbon mengikuti aturan IUPAC.
7. Alkana dapat mengalami isomer struktur, yaitu senyawa dengan rumus molekul sama tetapi rumus strukturnya berbeda.
8. Alkena merupakan contoh dari hidrokarbon tidak jenuh berikatan rangkap dua. Alkena memiliki rumus umum C_nH_{2n}. Pada alkena, terjadi peristiwa isomer struktur, posisi, dan geometri.
9. Senyawa hidrokarbon jenuh yang berikatan rangkap tiga adalah alkuna. Alkuna memiliki rumus umum C_nH_{2n-2}. Pada alkuna, terjadi isomer posisi dan struktur.

Peta Konsep



Refleksi

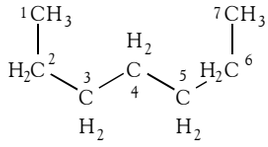
Pada bab ini, Anda telah mengetahui ciri khas atom karbon dan mempelajari senyawa karbon, yaitu hidrokarbon, yang merupakan komponen utama minyak bumi dan gas alam. Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau gurumu. Bagian manakah dari materi Bab 8 ini yang tidak Anda kuasai?

Selain itu, Anda juga dapat mengidentifikasi struktur senyawa hidrokarbon dan menghubungkannya dengan sifat fisiknya, serta menerapkan tata nama senyawa tersebut sesuai aturan. Tuliskan oleh Anda manfaat lainnya dari mempelajari senyawa hidrokarbon.

Evaluasi Kompetensi Bab 8

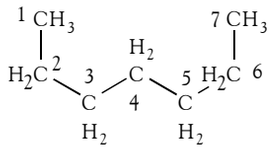
A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Atom C primer dalam senyawa berikut terdapat pada atom karbon nomor ....



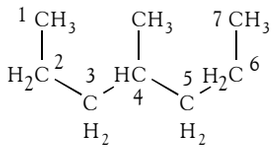
A. 1, 3, 5
B. 2, 4, 7
C. 3, 6, 7
D. 3, 6
E. 1, 7

2. Atom C sekunder dalam senyawa berikut terdapat pada atom karbon nomor ....



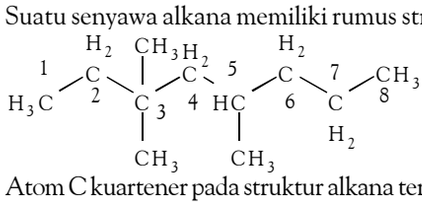
A. 1, 3, 5
B. 2, 4, 7
C. 3, 6, 7
D. 3, 4, 5
E. 1, 4, 7

3. Atom C tersier dalam senyawa berikut terdapat pada atom karbon nomor ....



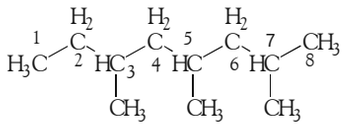
A. 3, 5, 8
B. 2, 4, 7
C. 3, 6, 7
D. 3, 4, 5
E. 4

4. **Ebtanas 1997**
Suatu senyawa alkana memiliki rumus struktur:



Atom C kuartener pada struktur alkana tersebut adalah atom C nomor ....
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 7

5. **Ebtanas 2000:**
Diketahui struktur berikut:



Atom C primer adalah atom C bernomor ....
A. 2, 4, 6
B. 3, 5, 7
C. 1, 8
D. 3, 7
E. 2, 4

6. Cara untuk membuktikan adanya CO_2 dari hasil pembakaran senyawa hidrokarbon adalah ....
A. dicairkan dan dibakar
B. dibakar dan direduksi
C. direaksikan dengan larutan $Ba(OH)_2$
D. direaksikan dengan uap H_2O
E. direaksikan dengan uap H_2O, kemudian dialiri arus listrik

7. Pernyataan berikut dapat dijadikan pembenaran adanya unsur hidrogen dalam hidrokarbon setelah dibakar adalah ....
A. terbentuk asap putih dari hasil pembakaran
B. adanya tetesan-tetesan embun di dalam pipa pengalir akibat pendinginan
C. larutan $Ca(OH)_2$ menjadi keruh setelah dilewati gas hasil pembakaran
D. terbentuk gas yang dapat dilihat dari gelembung dalam larutan $Ca(OH)_2$
E. tidak dapat dilihat dengan kasat mata karena air yang terbentuk berupa gas

8. Alkana tergolong senyawa hidrokarbon ....
A. alifatik jenuh
B. alifatik tidak jenuh
C. alisiklik tidak jenuh
D. aromatik
E. parafin siklik tidak jenuh

9. Di antara senyawa berikut, yang *bukan* alkana rantai lurus adalah ....
A. C_3H_8
B. C_4H_8
C. C_6H_{14}
D. C_5H_{12}
E. $C_{20}H_{42}$

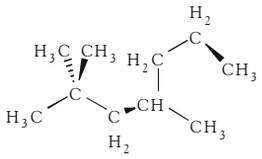
10. Perhatikan tabel sifat fisika alkana berikut.

Nama	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)
Butana	– 138,4	0,5
Pentana	– 139,7	36,1
Heksana	– 95,0	68,9
Heptana	– 90,6	98,4
Oktana	– 56,8	124,7

Senyawa yang berwujud gas pada suhu kamar adalah ....
A. butana
B. pentana
C. heksana
D. heptana
E. oktana

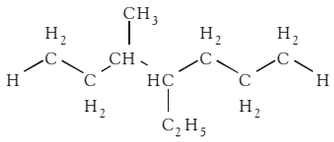
11. Alkana berikut yang memiliki titik didih paling tinggi adalah ....
    A. C_5H_{12}
    B. C_8H_{18}
    C. $C_{10}H_{22}$
    D. $C_{12}H_{24}$
    E. $C_{18}H_{38}$

12. Nama struktur kimia berikut adalah ....



    A. 2,2-dimetil-4-metilheptana
    B. 4,6,6-trimetilheptana
    C. *n*-dekana
    D. 2-metil-2-metil-4-metilheptana
    E. 2,2,4-trimetilheptana

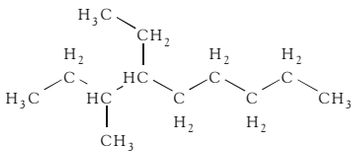
13. Nama senyawa alkana berikut adalah ....



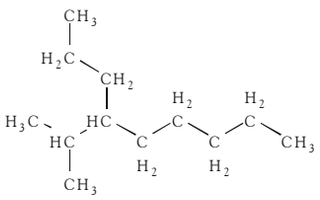
    A. 3-metilheptana
    B. 4-etilheptana
    C. 4-etil-3-metilheptana
    D. isodekana
    E. 3,4-dimetilheptana

14. Senyawa dengan nama 2-metil-3-isopropiloktana memiliki rumus struktur ....

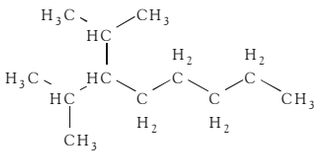
    A.



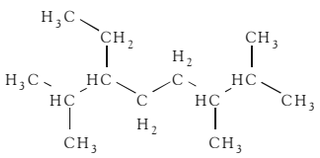
    B.



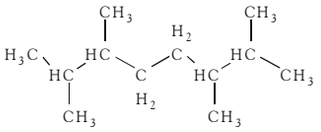
    C.



    D.



    E.

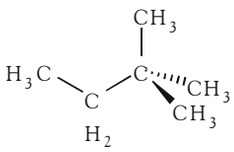


15. Pernyataan berikut tentang isomer yang paling tepat adalah ....
    A. isomer memiliki rumus struktur sama
    B. isomer mengandung kumpulan gugus sama
    C. isomer adalah hidrokarbon
    D. isomer menghasilkan zat yang sama jika terbakar sempurna dalam oksigen
    E. isomer memiliki titik didih yang sama

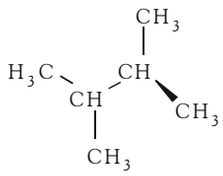
16. Senyawa yang *bukan* isomer dari oktana adalah ....
    A. 2-metilheptana
    B. 2,3-dimetilheksana
    C. 2,3,4-trimetilpentana
    D. 2,2-dimetilpentana
    E. 2,2,3,3,-tetrametilbutana

17. Isoheptana memiliki rumus struktur ....
    A. C_7H_{14}
    B. $CH_3(CH_2)_5CH_3$
    C. $C_6H_5CH_3$
    D. $(CH_3)_3C(CH_2)_2CH_3$
    E. $(CH_3)_2CH(CH_2)_3CH_3$

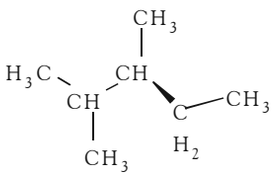
18. **Ebtanas 1998:**
    Rumus struktur yang bukan isomer dari C_6H_{14} adalah ....
    A.



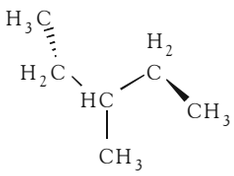
    B.



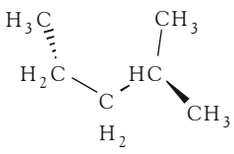
    C.



    D.



    E.



19. Dari senyawa karbon berikut yang termasuk sikloalkana adalah ....
A. CH_4 D. C_4H_{10}
B. C_2H_6 E. C_5H_{10}
C. C_3H_8

20. Siklobutana merupakan isomer dari ....
A. C_4H_{10}
B. C_6H_6
C. $CH_3C{\equiv}CCH_3$
D. $CH_2{=}CHCH{=}CH_2$
E. $CH_3CH{=}CHCH_3$

21. Rumus umum senyawa dengan struktur: $CH_3(CH_2)_{14}CH{=}CH{-}CH_3$ adalah ....
A. C_nH_{2n} D. C_nH_{2n-1}
B. C_nH_n E. C_nH_{2n-2}
C. C_nH_{2n+1}

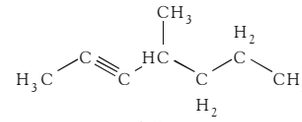
22. Senyawa karbon berikut yang *tidak* membentuk isomer cis- dan trans- adalah ....
A. $CH_3CH{=}CH(C_2H_5)$
B. $CH_3(Cl)C{=}CH(C_2H_5)$
C. $H_2C{=}CH(C_2H_5)$
D. $(CH_3)(C_2H_5)C{=}CH(CH_2OH)$
E. $CH_3CH{=}CHCH_3$

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Senyawa hidrokarbon memiliki deret homolog. Apa yang dimaksud dengan deret homolog? Jelaskan.
2. Bagaimana membuktikan adanya unsur C dan H dalam hidrokarbon? Bagaimana pula cara mengidentifikasinya?
3. Bandingkan kemudahan terbakar dari LPG, minyak tanah, dan lilin. Manakah yang lebih mudah? Mengapa? Jelaskan.
4. Bagaimana hubungan titik leleh dengan massa molekul senyawa hidrokarbon?
5. Minyak dan lemak tergolong hidrokarbon. Pada suhu kamar, minyak berupa cair, sedangkan lemak padat, mengapa? Jelaskan.
6. Tuliskan rumus struktur dari alkana berikut.
   a. 2,2-dimetil butana
   b. 3-etil-2-metil pentana
   c. 2,2,4-trimetil pentana
   d. 4,5-dimetil oktana
7. Tuliskan rumus struktur alkuna berikut.
   a. 2-heptuna
   b. 4-oktuna
   c. 6,6-dimetil-2-pentuna
8. Tuliskan nama alkana yang rumus strukturnya seperti berikut.

23. Senyawa berikut yang memiliki titik didih paling tinggi adalah ....
A. C_2H_4 D. $C_{10}H_{20}$
B. C_4H_6 E. C_6H_6
C. C_5H_{10}

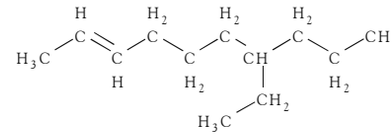
24. Nama senyawa dari rumus struktur berikut adalah ....



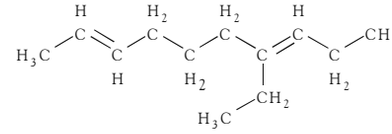
A. 4-propil-2-pentuna
B. 4-metil-2-heptuna
C. 4-metil-2-pentuna
D. 4-propil-2-pentuna
E. 4-metil-4-propil-2-butuna

25. Senyawa yang *bukan* merupakan isomer posisi dari 2-dekuna adalah…
A. 4-metil-2-nonuna
B. 2,2-dimetil-4-oktuna
C. 5-dekuna
D. 2,3,4-trimetil-6-dokuna
E. 2-etil-3-metil-5-heptuna

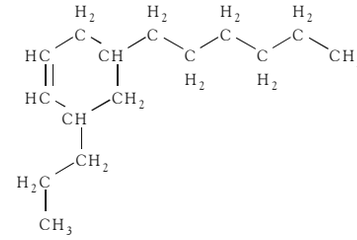
a.



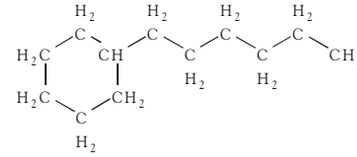
b.



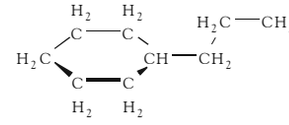
c.



d.



e.



Bab

9

Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000

Pengolahan minyak bumi diperlukan untuk bahan bakar kendaraan.

Minyak Bumi

Hasil yang harus Anda capai:

memahami sifat-sifat senyawa organik atas dasar gugus fungsi dan senyawa makromolekul.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan proses pembentukan minyak bumi dan teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi serta kegunaannya.

Salah satu senyawa hidrokarbon yang sangat penting bagi manusia saat ini adalah gas alam (*natural gas*) dan minyak bumi (*petroleum*). Minyak bumi sebagai sumber energi tidak asing lagi bagi negara-negara Arab, termasuk Indonesia. Minyak bumi tidak hanya digunakan sebagai bahan bakar mesin industri dan alat transportasi, tetapi juga sebagai bahan dasar untuk produk-produk rumah tangga, seperti plastik dan kosmetik.

Bagaimanakah proses pembentukan minyak bumi? Bagaimanakah teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi? Apakah kegunaan dari produk-produk hasil pengolahan minyak bumi? Anda dapat mengetahui semua jawaban tersebut dengan mempelajari bab ini.

A. Pembentukan dan Komposisi Minyak Bumi
B. Pengolahan Minyak Mentah
C. Aplikasi dan Dampak Lingkungan

Tes Kompetensi Awal

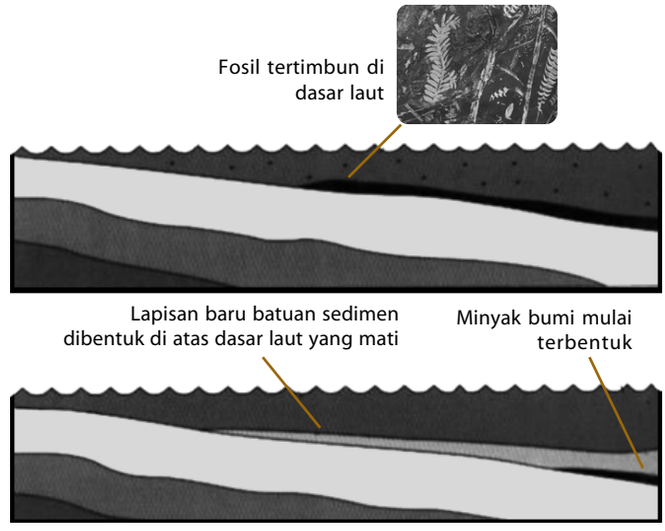
1. Apakah yang dimaksud dengan senyawa hidrokarbon?
2. Tuliskan kegunaan dari senyawa hidrokarbon.
3. Apakah yang Anda ketahui tetang hidrokarbon jika dihubungkan dengan minyak bumi?
4. Apakah yang dimaksud dengan minyak dan gas?

A. Pembentukan dan Komposisi Minyak Bumi

Istilah minyak bumi diterjemahkan dari bahasa latin (*petroleum*), artinya *petrol* (batuan) dan *oleum* (minyak). Nama petroleum diberikan kepada fosil hewan dan tumbuhan yang ditemukan dalam kulit bumi berupa gas alam, batubara, dan minyak bumi.

1. Pembentukan dan Eksplorasi

Minyak bumi terbentuk dari fosil-fosil hewan dan tumbuhan kecil yang hidup di laut dan tertimbun selama berjuta-juta tahun lampau. Ketika hewan dan tumbuhan laut mati, jasad mereka tertimbun oleh pasir dan lumpur di dasar laut. Setelah ribuan tahun tertimbun, akibat pengaruh tekanan dan suhu bumi yang tinggi, lapisan-lapisan lumpur dan pasir berubah menjadi batuan. Akibat tekanan dan panas bumi, fosil hewan dan tumbuhan yang terjebak di lapisan batuan secara perlahan berubah menjadi minyak mentah dan gas alam. Kedua bahan tersebut terperangkap di antara lapisan-lapisan batuan dan tidak dapat keluar (perhatikan **Gambar 9.1**).



Gambar 9.1
Pembentukan minyak bumi berasal dari fosil yang tertimbun di dasar laut.

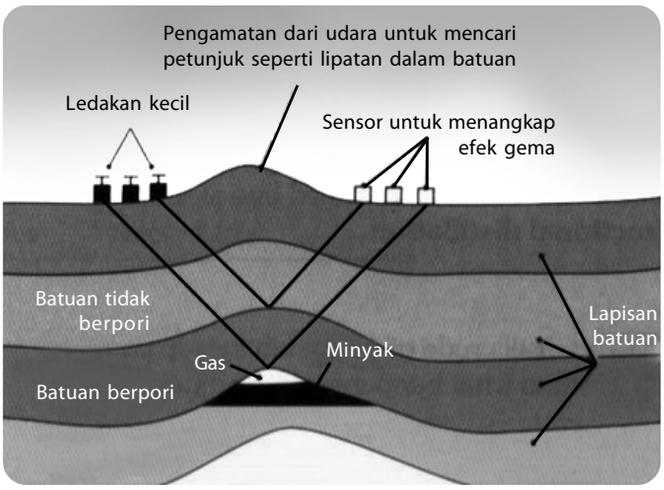
Sumber: *Chemistry For You*, 2001

Sekarang, minyak bumi banyak dijumpai di dasar laut dekat lepas pantai sehingga dibangun anjungan minyak bumi lepas pantai seperti pada **Gambar 9.2** dan daratan yang tidak jauh dari pantai. Hal ini akibat adanya gerakan kerak bumi yang menimbulkan pergeseran pada lapisan batuan, seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi.

Untuk mengetahui sumber minyak bumi diperlukan pengetahuan geologi dan pengalaman. Pekerjaan ini merupakan tugas dan tanggung jawab para insinyur pertambangan dan geologi.

Tahap pertama eksplorasi minyak bumi adalah mencari petunjuk di permukaan bumi seperti adanya lipatan-lipatan batuan. Lipatan-lipatan itu akibat tekanan gas dan minyak bumi yang merembes ke dalam batuan berpori sehingga minyak bumi dapat naik ke permukaan, tetapi tidak mencapai permukaan bumi karena tertahan oleh lapisan batuan lain.

Berdasarkan hasil pengamatan dan petunjuk struktur permukaan bumi, area selanjutnya diselidiki menggunakan pancaran gelombang seismik. Pancaran gelombang seismik digunakan untuk menentukan struktur batuan pada lapisan kulit bumi.



Sumber: *Chemistry For You,* 2001

Gelombang seismik diciptakan menggunakan ledakan kecil. Ledakan ini akan menghasilkan gelombang dan mengirimkannya sampai kedalaman tertentu. Jika ada struktur batuan yang menggelembung (*anti cline*), gelombang akan dipantulkan kembali. Pantulan ini dapat dideteksi oleh sensor sehingga dapat diketahui secara akurat posisi minyak bumi (perhatikan **Gambar 9.3**).

Untuk mengeluarkan minyak bumi dan gas alam dari lapisan batuan diperlukan pemboran lapisan bumi hingga mencapai ke dasar lapisan batuan yang mengandung minyak bumi. Kedalamannya dapat mencapai ratusan meter. Setelah dibor, pada awalnya minyak bumi akan memancar sendiri akibat tekanan lapisan bumi yang tinggi, tetapi makin ke atas tekanan ini makin lemah sehingga diperlukan tekanan dari luar. Ini dilakukan dengan cara memompa menggunakan air atau udara hingga minyak bumi dapat dipompa keluar. Pengangkutan minyak mentah dapat dilakukan dengan menggunakan kapal tanker seperti pada **Gambar 9.4**.

Sumber: *Chemistry For You,* 2001

Sumber: *Chemistry For You,* 2001

Gambar 9.2
Anjungan minyak bumi lepas pantai

Gambar 9.3
Eksplorasi minyak bumi dengan menggunakan sensor penangkap radar lipatan batuan.

Kata Kunci

- Eksplorasi
- Gelombang seismik
- Sensor

Gambar 9.4
Transportasi minyak mentah menggunakan kapal tanker.

2. Komposisi Minyak Bumi

Gas alam merupakan campuran dari alkana dengan komposisi bergantung pada sumbernya. Umumnya, mengandung 80% metana (CH_4), 7% etana (C_2H_6), 6% propana (C_3H_8), 4% butana dan isobutana (C_4H_{10}), dan 3% pentana (C_5H_{12}). Gas alam yang dipasarkan sudah diolah dalam bentuk cair, disebut LNG (*liquid natural gas*).

Minyak bumi hasil pertambangan yang belum diolah dinamakan minyak mentah (*crude oil*). Minyak mentah merupakan campuran yang sangat kompleks, yaitu sekitar 50–95% adalah hidrokarbon, terutama golongan alkana dengan berat molekul di atas 100–an; sikloalkana; senyawa aromatik; senyawa mikro, seperti asam-asam organik; dan unsur-unsur anorganik seperti belerang.

Hidrokarbon dalam minyak mentah terdiri atas hidrokarbon jenuh, alifatik, dan alisiklik. Sebagian besar komponen minyak mentah adalah hidrokarbon jenuh, yakni alkana dan sikloalkana.

Di Indonesia, minyak bumi terdapat di bagian utara pulau Jawa, bagian timur Kalimantan dan Sumatra; daerah Papua; dan bagian timur pulau Seram. Minyak bumi juga diperoleh di lepas pantai utara Jawa dan pantai timur Kalimantan.

Minyak bumi yang ditambang di Indonesia umumnya banyak mengandung senyawa hidrokarbon siklik, baik sikloalkana maupun aromatik. Berbeda dengan minyak dari Indonesia, minyak bumi dari negara-negara Arab lebih banyak mengandung alkana dan minyak bumi Rusia lebih banyak mengandung sikloalkana.

Catatan *Note*

Orang yang kali pertama menambang minyak bumi adalah **Edwin Drake** pada 1859 di Titusville, Pensilvania.

Edwin Drake is the first man who mined petroleum in 1859 at Titusville, Pensilvania.

Kegiatan Inkuiri

Carilah informasi tentang minyak bumi (melalui media internet, media cetak, dan buku). Bagaimana warna dan wujud dari minyak mentah? Jika minyak bumi mengandung belerang tinggi, apakah kualitas lebih baik atau kurang baik?

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan proses pembentukan minyak bumi.
2. Jelaskan proses eksplorasi minyak bumi.

B. Pengolahan Minyak Mentah

Minyak mentah merupakan campuran yang sangat kompleks maka perlu diolah lebih lanjut untuk dapat dimanfaatkan. **Gambar 9.5** merupakan tempat pengolahan minyak mentah menjadi fraksi-fraksi minyak bumi, seperti yang ada di SPBU dilakukan melalui penyulingan (*distillation*) bertingkat.

1. Penyulingan Minyak Bumi

Minyak yang ditambang masih berupa minyak mentah yang belum dapat digunakan. Untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan aplikasi lain, minyak mentah perlu diolah di kilang-kilang minyak melalui penyulingan bertingkat dengan *teknik fraksionasi*.

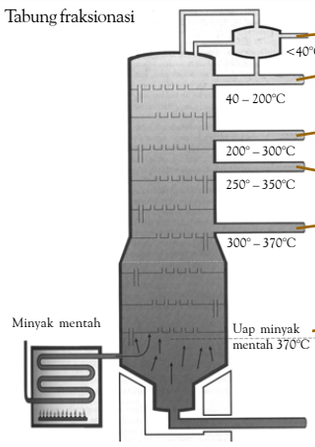
Prinsip dasar penyulingan bertingkat adalah *perbedaan titik didih* di antara fraksi-fraksi minyak mentah. Jika selisih titik didih tidak berbeda jauh maka penyulingan tidak dapat diterapkan (perhatikan **Tabel 9.1**).

Sumber: *Chemistry For You,* 2001

Gambar 9.5
Penyulingan minyak bumi pada malam hari

Hidrokarbon yang memiliki titik didih paling rendah akan terpisah lebih dulu, disusul dengan hidrokarbon yang memiliki titik didih lebih tinggi. Jadi, secara bertahap, senyawa hidrokarbon dapat dipisahkan dari campuran minyak mentah.

Tabel 9.1 Proses Penyulingan Minyak Mentah Menjadi Fraksi-Fraksi Minyak Bumi

Distilat	Jumlah Atom C	Aplikasi
	1 – 4 5 – 10 11 – 15 16 – 20 21 – 40 > 50	Bahan bakar gas, plastik,bahan kimia Bahan bakar cair (bensin), Bahan kimia Bahan bakar pesawat, bahan bakar kompor, bahan kimia Bahan bakar diesel, bahan kimia Pelumas, lilin, malam (*wax*) Aspal, zat anti bocor (*waterproof*)

Sumber: *Chemistry* (Zumdahl), 1989

Fraksi minyak mentah yang pertama keluar dari penyulingan adalah senyawa hidrokarbon dengan massa molekul rendah, kurang dari 70 sma. Fraksi ini dikemas dalam tabung bertekanan sampai mencair. Hasil pengolahan pada fraksi ini dikenal dengan LPG (*liquid petroleum gas*).

Setelah semua fraksi teruapkan, fraksi berikutnya yang keluar adalah fraksi gasolin. Suhu yang diterapkan untuk mengeluarkan fraksi ini berkisar antara 40 – 200°C.

Pada suhu tersebut, hidrokarbon mulai dari pentana sampai oktana dikeluarkan dari penyulingan (lihat titik didih pentana sampai oktana). Pada suhu kamar, wujud dari fraksi ini adalah cairan tak berwarna hingga agak kuning dan mudah menguap.

Demikian seterusnya hingga semua fraksi dapat dipisahkan secara bertahap berdasarkan perbedaan titik didihnya. Hasil fraksionasi itu menyisakan residu yang disebut aspal berwarna hitam pekat.

Kata Kunci

- *Cracking*
- Distilasi (penyulingan)
- Fragmen
- Fraksionasi
- Oktan
- *Reforming*

2. Perengkahan Minyak Bumi

Untuk memenuhi kebutuhan produk tertentu, hidrokarbon yang berantai panjang dapat dipecah menjadi lebih pendek melalui proses perengkahan (*cracking*). Sebaliknya, hidrokarbon rantai pendek dapat digabungkan menjadi rantai yang lebih panjang (*reforming*).

Untuk meningkatkan fraksi bensin dapat dilakukan dengan cara memecah hidrokarbon rantai panjang menjadi fraksi (C_5–C_9) melalui *perengkahan termal*. Proses perengkahan ini dilakukan pada suhu 500°C dan tekanan 25 atm.

Hidrokarbon jenuh rantai lurus seperti kerosin ($C_{12}H_{26}$) dapat direngkahkan ke dalam dua buah fragmen yang lebih pendek menjadi senyawa heksana (C_6H_{14}) dan heksena (C_6H_{12}).

$$C_{12}H_{26}(\ell) \xrightarrow{500^o, 25atm} C_6H_{14}(\ell) + C_6H_{12}(\ell)$$

Keberadaan heksena (alkena) dari hasil perengkahan termal dapat meningkatkan bilangan oktan sebesar 10 satuan. Akan tetapi, produk dari proses perengkahan ini umumnya kurang stabil jika disimpan dalam kurun waktu lama.

Oleh karena produk perengkahan termal umumnya kurang stabil maka teknik perengkahan termal diganti dengan *perengkahan katalitik* menggunakan katalis yang dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi. Perengkahan katalitik, misalnya alkana rantai panjang direaksikan dengan campuran silikon (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), ditambah gas hidrogen atau katalis tertentu.

Dalam *reforming*, molekul-molekul kecil digabungkan menjadi molekul-molekul yang lebih besar. Hal ini dilakukan guna meningkatkan produk bensin. Misalnya, butana dan propana direaksikan membentuk heptana. Persamaan reaksinya:

$$C_4H_{10}(g) + C_3H_8(g) \rightarrow C_7H_{16}(\ell) + H_2(g)$$

3. Bilangan Oktan

Fraksi terpenting dari minyak bumi adalah bensin. Bensin digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor (perhatikan **Gambar 9.6**). Sekitar 10% produk distilasi minyak mentah adalah fraksi bensin dengan rantai tidak bercabang.

Dalam mesin bertekanan tinggi, pembakaran bensin rantai lurus tidak merata dan menimbulkan gelombang kejut yang menyebabkan terjadi ketukan pada mesin. Jika ketukan ini dibiarkan dapat mengakibatkan mesin cepat panas dan mudah rusak.

Ukuran pemerataan pembakaran bensin agar tidak terjadi ketukan digunakan istilah *bilangan oktan*. Bilangan oktan adalah *bilangan perbandingan antara nilai ketukan bensin terhadap nilai ketukan dari campuran hidrokarbon standar*.

Campuran hidrokarbon yang dipakai sebagai standar bilangan oktan adalah *n-heptana* dan *2,2,4-trimetilpentana* (*isooktana*). Bilangan oktan untuk campuran 87% isooktana dan 13% *n*-heptana ditetapkan sebesar 87 satuan. Terdapat tiga metode pengukuran bilangan oktan, yaitu:

a. pengukuran pada kecepatan dan suhu tinggi, hasilnya dinyatakan sebagai bilangan oktan mesin;
b. pengukuran pada kecepatan sedang, hasilnya dinamakan bilangan oktan penelitian;

Sekilas Kimia

Perengkahan (*Cracking*) Alkana

Ketika alkana dipanaskan sampai temperatur tinggi dalam udara vakum, alkana akan pecah atau terpecah menjadi molekul yang lebih kecil. Perengkahan metana (CH_4) menghasilkan serbuk karbon murni, seperti yang digunakan pada ban mobil; pembentukan pelapis intan buatan; dan menghasilkan hidrogen, sebagai bahan mentah untuk industri kimia.

$CH_4(g) \longrightarrow C(s) + 2H_2(g)$

Perengkahan etana menghasilkan etena, salah satu bahan mentah yang penting dalam industri kimia (terutama dalam pembuatan plastik) sama halnya seperti hidrogen.

$C_2H_6(g) \longrightarrow CH_2{=}CH_2(g) + H_2(g)$

Sumber: *Heinemann Advanced Science: Chemistry*, 2000

c. pengukuran hidrokarbon murni, dinamakan bilangan oktan *road index*. Beberapa hidrokarbon murni ditunjukkan pada **Tabel 9.2**.

Tabel 9.2 Bilangan Oktan Hidrokarbon

Hidrokarbon	Bilangan Oktan Road Indeks
n-heptana	0
2-metilheptana	23
n-heksana	25
2-metilheksana	44
1-heptena	60
n-pentana	62
1-pentena	84
1-butena	91
Sikloheksana	97
2,2,4-trimetil pentana	100

Sumber: *Principles of Modern Chemistry*, 1987

Kegiatan Inkuiri

Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh dari data **Tabel 9.2**? Diskusikan dengan teman sekelas Anda.

Makin tinggi nilai bilangan oktan, daya tahan terhadap ketukan makin kuat (tidak terjadi ketukan). Ini dimiliki oleh 2,2,4-trimetilpentana (isooktana), sedangkan *n*-heptana memiliki ketukan tertinggi. Oleh karena 2,2,4-trimetilpentana memiliki bilangan oktan tertinggi (100) dan *n*-heptana terendah (0) maka campuran kedua senyawa tersebut dijadikan standar untuk mengukur bilangan oktan.

Untuk memperoleh bilangan oktan tertinggi, selain berdasarkan komposisi campuran yang dioptimalkan juga ditambah zat aditif, seperti *tetraetillead* (TEL) atau $Pb(C_2H_5)_4$. Penambahan 6 mL TEL ke dalam satu galon bensin dapat meningkatkan bilangan oktan 15–20 satuan. Bensin yang telah ditambah TEL dengan bilangan oktan 80 disebut *bensin premium*.

Metode lain untuk meningkatkan bilangan oktan adalah termal *reforming*. Teknik ini dipakai untuk mengubah alkana rantai lurus menjadi alkana bercabang dan sikloalkana. Teknik ini dilakukan pada suhu tinggi (500–600°C) dan tekanan tinggi (25–50 atm).

Sumber: *Introductory Chemistry*, 1997

Gambar 9.6
Pengisian BBM di SPBU

Mahir Menjawab

No	Jumlah atom C	Titik Didih (°C)
1.	C1–C4	<40
2.	C5–C10	40–180
3.	C11–C12	160–250
4.	C13–C25	220–350
5.	C26–C28	>350

Fraksi nomor urut 3 digunakan untuk ....

A. bahan bakar pesawat dan diesel
B. bensin premium
C. pembuatan LPG
D. bahan baku plastik
E. pembuatan parafin

Pembahasan
Fraksi minyak mentah dengan jumlah atom C11–15 disebut kerosin. Kerosin digunakan sebagai bahan bakar pesawat, bahan bakar kompor, dan bahan-bahan kimia. (A)

Ebtanas 1995-1996

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa pengolahan minyak mentah menggunakan distilasi bertingkat?
2. Pada saat menyuling bensin, apakah suhu akan naik terus hingga di atas 125°C walaupun fraksi bensin belum semuanya keluar? Ingat ketika Anda memasak air, apakah suhunya naik terus pada saat air mendidih.
3. Mengapa produk yang dihasilkan dari perengkahan secara termal kurang stabil? Hubungkan antara suhu proses dan titik didih produk.
4. Apakah bilangan oktan *road index* untuk senyawa berikut: lebih tinggi, lebih rendah, atau sama dengan *n*-heptana dan 2, 2, 4-trimetil pentana.
   a. *n*-oktana
   b. 2,2-dimetilpentana
5. Apakah yang dimaksud LPG? Apa bedanya dengan LNG?

C. Aplikasi dan Dampak Lingkungan

Minyak bumi selain digunakan untuk bahan bakar juga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai aplikasi, seperti polimer, karet sintetik, pupuk, detergen, pelarut, fiber, dan obat-obatan. Akan tetapi, selain bermanfaat, penggunaan minyak bumi juga memiliki dampak negatif pada lingkungan jika produk samping yang dihasilkan melebihi ambang batas tertentu.

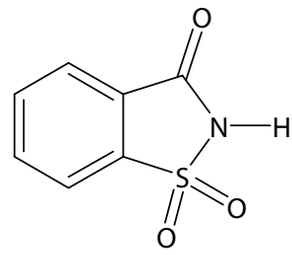
1. Aplikasi Lain Minyak Bumi

Sekitar 75% minyak mentah dimurnikan untuk kepentingan bahan bakar. Sisanya tetap sebagai minyak bumi untuk kepentingan pelarut, industri pelumas, dan obat-obatan.

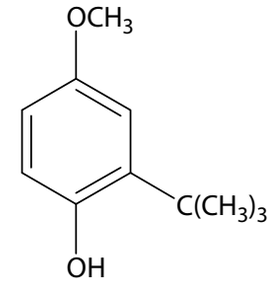
Minyak bumi dari golongan aromatik dan alifatik tidak jenuh yang memiliki massa molekul rendah sering disebut dengan nama *nafta*. Fraksi nafta ini banyak digunakan untuk bahan baku berbagai aplikasi.

Senyawa aromatik digunakan sebagai bahan baku untuk obat-obatan, detergen, zat warna, dan kosmetik. Beberapa senyawa aromatik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya pemanis (sakarin), pengawet (BHA, BHT, dan propilgalat), pewarna (indigotin biru, amaran merah, tartrazin kuning, dan eritrosin).

Senyawa alifatik tidak jenuh banyak digunakan untuk bahan baku polimer, pelarut, karet sintetik, dan juga fiber sintetik. Aplikasi lain dari fraksi nafta adalah sebagai bahan baku untuk membuat aerosol, antibeku, detergen, pigmen, alkohol, lem, peledak, herbisida, dan insektisida.



Sakarin (pemanis buatan)



BHA (pengawet)

2. Dampak Lingkungan

Pembakaran bensin yang mengandung zat aditif TEL akan membentuk timbel oksida (PbO). Senyawa ini dapat tertimbun dalam mesin. Agar PbO tidak tertimbun dalam mesin, biasanya ke dalam bensin ditambahkan *1,2-dibromometana*. Ketika pembakaran bensin di dalam mesin, PbO yang terbentuk bereaksi dengan 1,2-dibromometana menghasilkan $PbBr_2$ yang mudah menguap dan dibebaskan ke udara. Senyawa $PbBr_2$ yang dibebaskan dari pembakaran bensin menjadi polutan bagi udara di sekitarnya sebab senyawa timbel tergolong beracun pada batas ambang tertentu (logam B3 atau bahan beracun dan berbahaya).

Pencemaran lain dari dampak pembakaran minyak bumi adalah jika pembakaran tidak sempurna akan terbentuk gas CO dan jelaga. Jelaga sebagai hasil samping dari pembakaran minyak bumi dapat mencemari

Sekilas Kimia

Heinz Heinemann
(1913-2005)

Sumber: *chemistry.berkeley.edu*

Selama 60 tahun karirnya dalam industri kimia, Heinemann berkontribusi dalam penelitian dan pengembangan 14 macam proses bahan bakar fosil secara komersil. Dia menemukan proses *reforming* metana sebagai komponen utama gas alam yang dikonversikan menjadi bensin.

lingkungan karena berupa partikulat yang dapat masuk ke dalam paru-paru dan merusak sistem jaringan.

Beberapa polutan yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna minyak bumi antara lain karbon monoksida, oksida belerang, dan partikulat hidrokarbon.

a. Karbon Monoksida

Gas CO yang dibebaskan dari pembakaran jika terhirup dapat menimbulkan lelah dan pusing, bahkan pingsan. Hal ini berkaitan dengan reaktifitas sel darah merah terhadap gas CO.

Jika di udara banyak gas CO dan terhirup, haemoglobin akan mengikat gas CO daripada gas O_2. Akibatnya, orang yang menghirup CO akan kekurangan oksigen dalam darah. Jika keadaan ini terus berlanjut dapat menimbulkan kematian.

Konsentrasi CO 5% dalam darah sudah menimbulkan kelainan pada mekanisme kerja jantung dan paru-paru. Kadar CO 10 ppm di udara dapat menimbulkan penyakit bagi yang menghirupnya dan kadar gas CO 1300 ppm selama 30 menit dapat menimbulkan kematian.

Ciri-ciri orang yang menghirup gas CO dari udara, di antaranya timbul rasa lelah, sakit kepala, serta hilangnya keterampilan berpikir maupun ketangkasan tubuh. Oleh sebab itu, pengendara bermotor sering cepat merasa lelah dan pusing.

Badan Kesehatan Dunia (WHO), merekomendasikan kadar rata-rata gas CO di udara sebesar 9 ppm selama 8 jam atau 32 ppm selama 1 jam. Artinya, udara masih dianggap segar (sehat) jika selama 8 jam kadarnya < 9 ppm. Jika kadarnya 32 ppm, udara dinyatakan segar hanya dalam waktu 1 jam.

b. Oksida Belerang

Selain timbal dan gas CO, masih terdapat satu jenis gas yang juga bersifat racun, yaitu terbentuknya gas SO_2. Gas ini timbul disebabkan dalam bensin masih mengandung belerang. Belerang dioksida adalah gas yang tidak berwarna dan tidak mudah terbakar. Pada konsentrasi antara 0,3–1,0 ppm di udara dapat menimbulkan bau yang tidak sedap. Gas SO_2 dapat berubah menjadi gas SO_3. Pada kelembapan tinggi dapat terbentuk asam sulfat yang sangat korosif terhadap berbagai material logam maupun nonlogam, seperti bangunan dan cat rumah (perhatikan **Gambar 9.7**).

Gas SO_2 juga dapat menimbulkan reaksi fotokimia yang berakibat menurunnya daya penglihatan (visibilitas) karena terbentuk *smog* (kabut asap). Pada 1950, di London terjadi bencana kematian paling sedikit 4.000 orang akibat kabut asap.

Pada konsentrasi 0,20 ppm selama 24 jam di udara terbuka dapat menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan, seperti penyakit kanker dan *bronchitis akut*. Pengaruh ini timbul karena SO_2 yang dihirup bereaksi dengan uap air pada saluran pernapasan dan terbentuk asam sulfit (H_2SO_3). Persamaan kimianya:

$$SO_2(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$$

Catatan *Note*

Gejala keracunan gas CO:
Tahap 1: pusing-pusing, mual, dan lemah.
Tahap 2: sesak napas, serangan jantung dan otak, pingsan.
Tahap 3: kematian disertai bibir membiru.

The symptomps of being poisened by CO:
Step 1: *sick headache and weak.*
Step 2: *hard to breath, heart attack, dan collaps.*
Step 3: *death and lips look pale.*

Sumber: *Chemistry The Molecular Science*, 1997

Gambar 9.7
Patung mengalami proses pelapukan secara lambat oleh hujan asam.

Catatan Note

- **Hidrokarbon**
  Terjadi akibat pembakaran tidak sempurna, menyebabkan pemanasan global.
- **Karbon monoksida**
  Terjadi akibat pembakaran BBM tidak sempurna, bersifat racun yang menyebabkan kepala terasa pusing.
- **Oksida nitrogen**
  Menyebabkan mesin cepat panas dan hujan asam.
- **Partikel halus timbal**
  Menyebabkan kerusakan otak, khususnya pada anak-anak.
- **Belerang dioksida**
  Menyebabkan hujan asam.
- **Asap**
  Dibangun dari partikel karbon yang tidak terbakar. Partikel ini menyebabkan radang paru-paru.

- ***Hydrocarbon***
  It is formed by the impaired combustion that cause global warming.
- ***Carbon monoxide***
  It is caused by the impaired combustion of gasoline. It is toxic so that causes headache.
- ***Nitrogenoxide***
  It can causes acid rain and effect the engine to heat-up quickly.
- ***Soft lead particles***
  It causes brain damage, especially for kids.
- ***Sulphuric oxide***
  It causes acid rain.
- ***Smoke***
  It is formed by carbon particles which are not burned. These particles can cause lungs inflammation.

Gas SO_2 juga mengganggu pertumbuhan sejumlah tanaman. Pada konsentrasi rendah menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil. Pada konsentrasi tinggi menyebabkan kematian. Kadar SO_2 sebanyak 0,22–0,25 ppm dapat mematikan tanaman apel, sedangkan pada konsentrasi 0,20–0,23 ppm dapat mematikan tanaman kentang.

Ketika terjadi hujan, gas SO_2 dapat terbawa oleh air hujan dalam bentuk asam sulfit, H_2SO_3. Selain itu, gas SO_2 dapat teroksidasi menjadi gas SO_3 dan bereaksi dengan air hujan membentuk asam sulfat.

$$SO_2(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$$
$$SO_3(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow H_2SO_4(aq)$$

Peristiwa tersebut dinamakan *hujan asam*.

Hujan asam dapat dideteksi dari kualitas air hujan. Di Jakarta misalnya, pH air hujan berada dalam kondisi asam. Ambang batas pH air hujan 5,5. Jika pH air hujan di bawah 5 maka hampir semua vertebrata, invertebrata, dan mikroorganisme air akan mati.

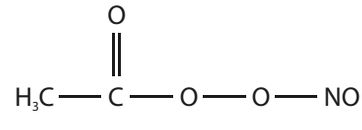
Oleh karena asam bereaksi dengan logam dan juga karbonat, hujan asam dapat menyebabkan korosif, baik terhadap material logam maupun bangunan. Contohnya keramik dan batu kapur, bahan utamanya kalsium karbonat ($CaCO_3$), akan hancur dengan adanya hujan asam.

c. Hidrokarbon (C_nH_x)

Hidrokarbon adalah campuran senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen dalam berbagai komposisi. Pada umumnya, senyawa hidrokarbon dianggap pencemar jika terdapat dalam konsentrasi cukup tinggi. Terdapat dua golongan besar berkaitan dengan pencemaran udara, yaitu deret olefin dan deret aromatik.

Sumber utama polutan hidrokarbon adalah proses pembakaran yang kurang sempurna dari bahan bakar minyak bumi serta dari proses penguapan minyak bumi. Beberapa uap hidrokarbon berbau tidak sedap dan hidrokarbon lain berperan pada proses fotokimia. Beberapa senyawa aromatik benzena dan turunannya diduga dapat menyebabkan kanker, sedangkan olefin pada konsentrasi rendah tidak membahayakan bagi hewan, tetapi pada beberapa jenis tanaman dapat menghambat pertumbuhan.

Hidrokarbon di udara dapat membentuk reaksi yang sangat kompleks, mengakibatkan bertambahnya konsentrasi ozon di udara dan terbentuknya senyawa organik seperti peroksiasetil nitrat (PAN), peroksibenzoil nitrat (PBzN), dan asam nitrat. Senyawa-senyawa tersebut berkerumun membentuk kabut. Oleh karena zat yang dihasilkan berasal dari reaksi fotokimia maka kabut yang terbentuk disebut *kabut fotokimia*.



Struktur molekul PAN

Kegiatan Inkuiri

Carilah informasi melalui media massa dan internet tentang proses pembuatan pupuk dari gas alam. Diskusikan di kelas Anda.

Tes Kompetensi Subbab C

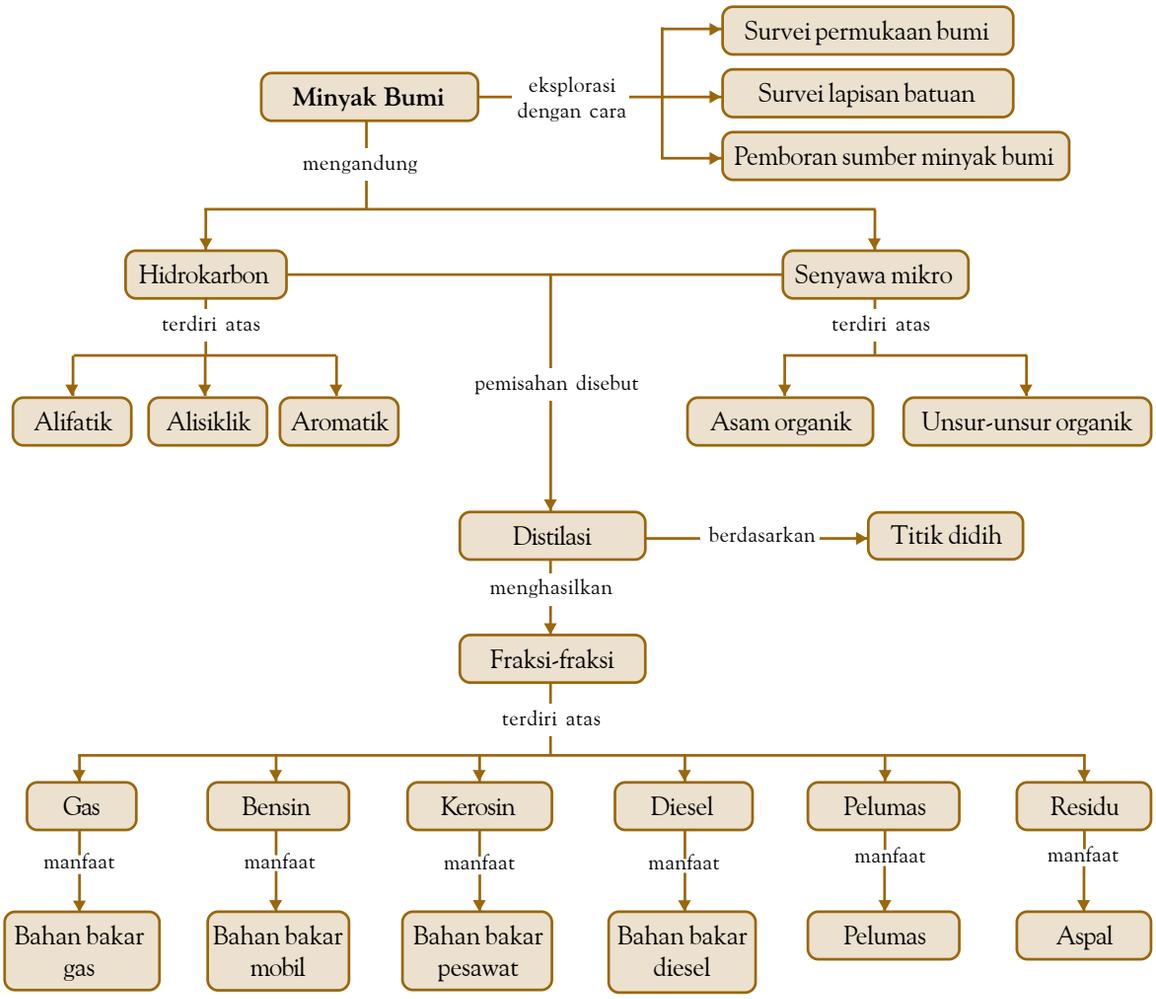
Kerjakanlah dalam buku latihan.

1. Mengapa gas buang dari kendaraan bermotor yang berbahan bakar diesel dan 2 tak lebih banyak asapnya dibandingkan bensin?
2. Tuliskan reaksi pembentukan gas CO dan SO_2 dari unsur-unsurnya. Mengapa gas tersebut tergolong bahan pencemar udara? Jelaskan.
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kabut fotokimia.

Rangkuman

1. Minyak bumi terbentuk jutaan tahun lampau dari hewan dan tumbuhan yang mati melalui proses tekanan dan panas bumi.
2. Eksplorasi minyak bumi dilakukan melalui tahap-tahap: (1) survei permukaan bumi sebagai petunjuk awal; (2) survei lapisan batuan melalui gelombang seismik yang dihasilkan dari ledakan kecil; (3) pengeboran sumber minyak bumi.
3. Dalam minyak bumi terdapat campuran hidrokarbon alifatik dan aromatik. Sekitar 50%–95%-nya adalah hidrokarbon alkana dengan berat molekul sedang, sikloalkana, dan senyawa aromatik.
4. Fraksi minyak bumi diperoleh melalui penyulingan (distilasi) bertingkat yang didasarkan pada perbedaan titik didih fraksi minyak bumi mentah.
5. Perengkahan (*cracking*) adalah proses pengubahan minyak bumi rantai panjang menjadi rantai pendek untuk meningkatkan produksi gasolin (bensin).
6. Mutu bensin dinyatakan dengan bilangan oktan. Makin tinggi bilangan oktan, makin baik bahan bakar tersebut, dalam arti tidak terjadi ketukan yang menyebabkan panas tinggi dan kerusakan pada mesin.
7. Minyak bumi selain sebagai sumber energi bahan bakar, juga dapat digunakan untuk bahan baku berbagai aplikasi, seperti pupuk, polimer, detergen, obat-obatan, pelarut, pewarna, dan pengawet makanan.
8. Hasil pembakaran minyak menyisakan berbagai masalah lingkungan. Pencemar yang dihasilkan dari pembakaran minyak bumi adalah timbel, jelaga, gas CO, gas SO_2, dan partikulat hidrokarbon.

Peta Konsep



Refleksi

Pada bab ini, Anda telah mempelajari asal usul minyak bumi dan gas alam serta bagaimana proses eksplorasinya. Anda juga telah memahami sifat dan komposisi minyak bumi serta pengolahannya sehingga dapat digunakan bagi kebutuhan hidup manusia sehari-hari, baik sebagai bahan bakar alat-alat transportasi, bahan bakar untuk memasak, dan sebagai zat aditif dalam produk makanan.

Akan tetapi, eksplorasi berlebihan dari minyak bumi dan gas alam ini menyebabkan cadangannya semakin berkurang. Padahal, bahan bakar ini tidak terbarukan. Oleh karena itu, tugas kita bersama adalah menghemat pemakaian minyak bumi dan gas alam itu. Dampak negatif yang diakibatkan oleh bahan bakar ini membuat kita berpikir dua kali untuk menggunakannya secara tidak bertanggung jawab. Dapatkah Anda menjelaskan manfaat lain dari mempelajari bab ini?

Jika Anda menemukan kesulitan dalam mempelajari bab ini, diskusikanlah dengan teman atau guru Anda.

Evaluasi Kompetensi Bab 9

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Minyak bumi terbentuk selama ribuan tahun berasal dari fosil ....
   A. dinosaurus
   B. paus
   C. tumbuhan
   D. binatang mamalia
   E. plankton dan tumbuhan

2. Faktor-faktor yang menyebabkan batuan fosil berubah menjadi minyak bumi adalah ....
   A. panas matahari
   B. tekanan dan panas bumi
   C. gempa tektonik
   D. badai tsunami
   E. letusan gunung dan lahar merapi

3. Untuk menentukan secara akurat keberadaan minyak mentah di dalam bumi dipakai teknik ....
   A. peledakan
   B. gelombang seismik
   C. pantauan udara
   D. gelombang kejut
   E. mikroskop

4. Minyak bumi umumnya bersumber di wilayah lepas pantai sampai laut dalam. Hal ini terjadi karena ....
   A. akibat pergeseran lapisan bumi
   B. pembentukan fosil berasal dari hewan laut
   C. memiliki dasar bumi yang dalam
   D. sudah menjadi hukum alam
   E. akibat sering terjadi gempa tektonik di laut

5. Minyak bumi tergolong sumber energi *tidak* terbarukan sebab ....
   A. proses pembentukan memerlukan waktu ribuan tahun
   B. alam tidak dapat menciptakan lagi minyak bumi
   C. dapat didaur ulang dari hasil pembakaran
   D. tidak dapat dibuat oleh manusia dengan teknologi apapun
   E. minyak bumi bukan sumber energi baru

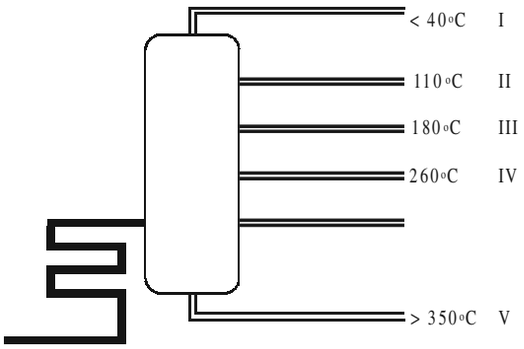
6. Senyawa berikut yang *tidak* tergolong fraksi minyak bumi adalah ....
   A. alkana, sikloalkana
   B. alkena, aromatik
   C. asam lemak jenuh dan tidak jenuh
   D. butana, heksana, propana
   E. kerosin, solar, aspal

7. Fraksi minyak bumi terbanyak adalah ....
   A. alkana dan sikloalkana
   B. aldehida dan aromatik
   C. sikloalkana dan aromatik
   D. LPG, LNG, dan aspal
   E. bensin premium dan solar

8. Prinsip dasar dari pemisahan minyak bumi adalah perbedaan ....
   A. warna
   B. viskositas
   C. titik didih
   D. massa molekul
   E. kereaktifan

9. Teknik yang diterapkan untuk memisahkan fraksi minyak bumi adalah ....
   A. ekstraksi
   B. destilasi bertingkat
   C. permurnian bertingkat
   D. dekantasi
   E. magnetisasi

Untuk menjawab soal no 10 dan 11, perhatikan gambar pengolahan minyak bumi berikut ini.



10. Campuran LPG terdapat pada bagian ....
    A. I
    B. II
    C III
    D. IV
    E. V

11. Fraksi III adalah ....
    A. LPG
    B. kerosin
    C. residu
    D. gasolin
    E. pelumas

12. **Ebtanas 1996:**
    Dari hasil penyulingan minyak bumi:

No.	Jumlah Atom C	Titik Didih/°C
1.	C1 – C4	< 40
2.	C5 – C10	40 – 180
3.	C11 – C12	160 – 250
4.	C13 – C25	220 – 350
5.	C26 – C28	> 350

    Fraksi nomor urut 3 digunakan untuk ....
    A. bahan bakar pesawat dan diesel
    B. bensin premium
    C. pembuatan LPG
    D. bahan baku Plastik
    E. pembuatan parafin

13. Ketika suhu dalam kolom fraksionasi mencapai 110°C, fraksi minyak bumi yang menguap adalah yang mengandung jumlah atom karbon ....

A. 1 – 5
B. 6 – 10
C. 13 – 20
D. 21 – 30
E. 50 ke atas

14. Fraksi gasolin dalam minyak bumi memiliki jumlah atom karbon berkisar antara ....
A. 1 – 5
B. 6 – 10
C. 13 – 20
D. 21 – 30
E. 50 ke atas

15. Fraksi minyak mentah yang tersisa dalam kolom fraksionasi dapat digunakan sebagai ....
A. bahan bakar untuk memasak
B. bahan bakar untuk kendaraan
C. aspal untuk mengeraskan jalan
D. pelarut senyawa karbon
E. pelumas mesin

16. Proses pengubahan molekul hidrokarbon yang berantai panjang menjadi molekul yang lebih pendek dinamakan ....
A. distilasi
B. *reforming*
C. ekstraksi
D. perengkahan
E. destruksi

17. Proses penggabungan molekul hidrokarbon yang berantai pendek menjadi yang lebih panjang dinamakan ....
A. distilasi
B. *reforming*
C. ekstraksi
D. perengkahan
E. destruksi

18. **Ebtanas 1998:**
Komposisi dari bensin premium dengan bilangan oktan 80 adalah ....
A. 20% *n*-heptana dan 80% isooktana
B. 20% isooktana dan 80% *n*-heptana
C. 20% *n*-heksana dan 80% isooktana
D. 20% isooktana dan 80% *n*-heksana
E. 20% *n*-pentana dan 80% isooktana

19. Dari penyataan berikut:
- Alkana bercabang dan sikloalkana terbakar lebih merata daripada alkana rantai lurus.
- Alkana rantai pendek (C4) terbakar lebih merata daripada alkana rantai panjang (C7).
- Alkena terbakar lebih merata dari alkana.

Pembakaran paling merata adalah campuran dari ....
A. alkana bercabang dan alkena
B. alkana rantai pendek dan alkena
C. alkana rantai panjang dan alkena
D. sikloalkana dan alkana rantai pendek
E. alkana bercabang rantai pendek dan alkena

20. Komposisi bensin dari campuran 87% isooktana dan 13% *n*-heptana memiliki bilangan oktan sebanyak ....
A. 80
B. 87
C. 96
D. 100
E. 113

21. Zat aditif yang dapat meningkatkan bilangan oktan adalah ....
A. timbel oksida
B. timbel sulfat
C. tetraetiltimbel
D. trietiltimbel
E. trinitrotoulena

22. Penambahan TEL ke dalam bensin premium menghasilkan endapan hitam PbO dan tertimbun dalam mesin motor. Untuk menghindari hal ini biasanya ditambahkan ....
A. CH_2Br_2
B. $PbSO_4$
C. $PbCl_2$
D. PbS
E. $Pb(C_2H_3O_2)_2$

23. Bahaya gas karbon monoksida terhadap manusia adalah ....
A. mempercepat perkaratan logam
B. mengurangi kadar CO_2 di udara
C merusak lapisan ozon
D. menyebabkan penyakit paru-paru
E. mudah bereaksi dengan haemoglobin

24. Gas pencemar yang mengakibatkan terjadinya kabut fotokimia adalah ....
A. SO_2
B. CO_2
C. C_nH_x
D. NO
E. CO

25. Pencemar udara yang mengakibatkan terjadinya hujan asam adalah ....
A. CO
B. CO_2
C. SO_2
D. N_2
E. freon

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. a. Bagaimana proses pembentukan minyak bumi di alam.
   b. Bagaimanakah pengolahan minyak bumi dan kegunaan setiap fraksi.
   c. Bagaimana dampak pembakaran minyak bumi terhadap lingkungan.
2. Sumber energi apakah yang terbarukan? Kemukakan pendapat Anda tentang sumber energi baru dan terbarukan.
3. Sifat-sifat apa yang dimiliki oleh fraksi minyak mentah yang lebih mudah terbakar daripada minyak mentah yang sukar terbakar? Bandingkan bensin dan minyak tanah.
4. Mengapa dengan bertambahnya jumlah atom karbon dalam fraksi minyak bumi, viskositasnya (kekentalan) meningkat?
5. Jika bensin, minyak tanah, dan minyak pelumas dicampurkan, kemudian dimasukkan ke dalam alat suling:
   a. manakah fraksi yang pertama keluar dari alat destilasi?
   b. Manakah yang memiliki titik didih paling tinggi dan paling rendah?

Bab 10

Sumber: *Sougou Kagashi*

Material-material baru diciptakan agar hidup manusia lebih praktis.

Kimia Terapan

Hasil yang harus Anda capai:

memahami sifat-sifat senyawa organik atas dasar gugus fungsi dan senyawa makromolekul.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan kegunaan dan komposisi senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari dalam bidang pangan, sandang, papan, perdagangan, seni dan estetika.

Tujuan ditumbuhkembangkannya ilmu Kimia adalah untuk meningkatkan taraf hidup manusia melalui penemuan dan pengembangan material-material baru (*new materials*) sehingga tercapai kesejahteraan, kenyamanan, dan keindahan yang didambakan setiap individu. Dengan berkembangnya material-material baru, hidup terasa menjadi serba praktis, mudah, dan instan. Namun, pengembangan material baru perlu didukung oleh teknologi sehingga terjalin kerja sama antara perkembangan ilmu Kimia dan teknologi secara sinergi.

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia sangat bergantung pada produk-produk yang mengandung komposisi kimia tertentu untuk memenuhi kebutuhannya. Apakah kegunaan dari senyawa kimia yang terkandung di dalam produk sehari-hari? Pelajarilah bab ini dengan baik agar Anda dapat memahaminya.

A. Kimia Material
B. Kimia dalam Pertanian
C. Kimia dalam Makanan dan Obat-obatan

Tes Kompetensi Awal

1. Tuliskan kandungan senyawa-senyawa dalam obat sakit kepala.
2. Tuliskan kandungan senyawa dalam makanan ringan, penyedap rasa, dan penambah aroma.
3. Tuliskan kandungan senyawa dalam pupuk dan pestisida.
4. Apakah yang Anda ketahui tentang polimer?

A. Kimia Material

Sejak dimulainya era kimia modern pada abad ke-19, para pakar kimia telah mengembangkan material baru dan juga memproses material yang terdapat di alam (*natural product*) untuk dijadikan fiber, pelapis, perekat, dan material-material dengan sifat-sifat listrik, magnetik, dan optik tertentu. Saat ini, kita telah memasuki era millennium dengan teknologi tinggi. Teknologi ini dapat dimanfaatkan guna menemukan dan mengembangkan material baru yang berguna. Beberapa contoh material baru yang dapat memengaruhi kehidupan dan peradaban manusia pada masa sekarang dan akan datang, misalnya sebagai berikut.

1. *Display panel* datar yang menggantikan tabung sinar katode (*CRT*) pada televisi dan monitor komputer.
2. Bahan berskala nanometer (*nanomaterial*) yang mampu menyimpan informasi besar dengan volume kecil (seperti: *hardisk*, *flashdisk*).
3. Material pengganti bagian-bagian tubuh (*biomaterial*), seperti penguat (penyambung) lutut dan pinggul.
4. Baterai generasi baru dan desain sel bahan bakar yang memungkinkan munculnya mobil bertenaga listrik yang hemat energi dan ramah lingkungan.

1. Kristal Cair

Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000

Gambar 10.1
Material kristal cair dipakai pada layar monitor laptop.

Kristal cair merupakan materi yang sangat menarik dengan sifat-sifat di antara cairan sejati dan kristal padat. Kristal cair yang dikenal sekarang merupakan hasil pekerjaan seorang peneliti Austria, **Frederick Reinitzer** beberapa abad lalu. Pada beberapa tahun terakhir, kristal cair masih terus dikembangkan oleh kalangan praktisi untuk diterapkan mulai untuk sensor suhu, layar kalkulator, sampai monitor televisi dan komputer (LCD = *liquid crystal display*) (perhatikan **Gambar 10.1**).

a. Gejala Kristal Cair

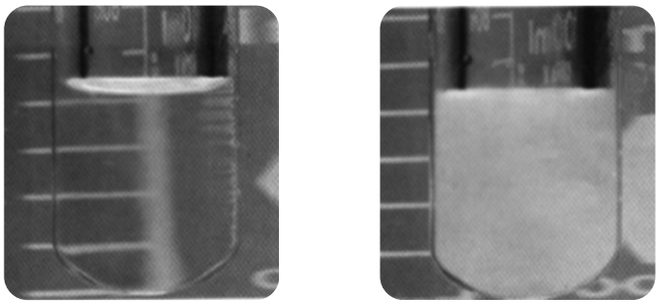
Zat padat kristalin umumnya memiliki struktur molekul yang teratur. Jika zat padat ini dipanaskan sampai mencair, gaya antarmolekul akan pecah dan molekul-molekul bergerak secara acak (*random*).

Pada 1888, Reinitzer menemukan bahwa senyawa organik, *kolesterol benzoat* memiliki sifat yang tidak wajar. Jika kolesterol benzoat dipanaskan sampai meleleh pada suhu 145°C, terbentuk cairan seperti susu. Pada 179°C, cairan seperti susu itu tiba-tiba bening. Ketika didinginkan terjadi proses sebaliknya. Pada 179°C, cairan bening berubah menjadi seperti susu dan memadat pada 145°C (perhatikan **Gambar 10.2**).

Perubahan fasa dari padat menjadi cair dari kolesterol benzoat tidak langsung, tetapi melalui *fasa antarmadya* dahulu. Fasa antarmadya adalah fasa kristal cair, yaitu sebagian molekul memiliki struktur padat dan

sebagian bergerak bebas seperti cairan. Oleh karena beraturan sebagian, kristal cair dapat menjadi sangat kental dan memiliki sifat-sifat antarmadya antara fasa padat dan fasa cair. Daerah antarmadya ini ditandai oleh suhu transisi yang tegas, seperti yang dilakukan Reinitzer.

Pemanfaatan kristal cair ini didasarkan pada fakta bahwa *gaya antarmolekul lemah yang mempertahankan molekul tetap bersama di dalam kristal cair. Kristal cair sangat mudah dipengaruhi oleh perubahan suhu, tekanan, dan medan magnet.*



(a) (b)

Sumber: *Chemistry The Central Science,* 2000

Gambar 10.2
a. Lelehan kolesterol benzoat di atas 179°C (bening)
b. Kolesterol benzoat antara suhu 179°C dan 145°C, terbentuk fasa kristal cair seperti susu

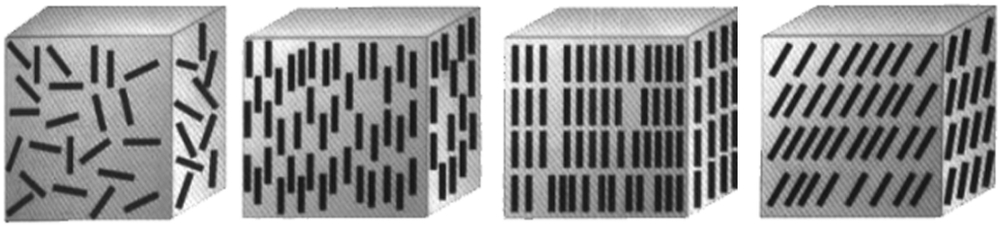
b. Jenis Fasa Kristal cair

Fasa-fasa yang terjadi pada kristal cair bergantung pada suhu. Jenis-jenis fasa kristal cair adalah sebagai berikut.

1) *Fasa nematik,* yaitu fasa pada kristal cair yang paling sederhana dan terbentuk kali pertama ketika didinginkan. Dalam fasa ini kecenderungan molekul (orientasi) sejajar pada arah tertentu, tetapi ujung-ujungnya molekul tidak beraturan, seperti pada cairan biasa.
2) *Fasa smektik*, yaitu fasa kedua dari kristal cair. Bentuk orientasi smektik bisa bermacam-macam. Dua di antaranya adalah bentuk smektik A dan smektik C, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 10.3.** Dalam fasa smektik terdapat orientasi yang beraturan.
3) *Fasa kolesterik*, yaitu fasa ketiga dari kristal cair. Nama fasa diambil dari fakta bahwa kristal ini umumnya berasal dari molekul kolesterol.

Pada suhu rendah, kristal cair akan membeku membentuk padatan kristalin. Orietansi molekul membentuk kisi kristal tiga dimensi yang beraturan.

Kata Kunci
- Fasa antarmadya
- Fasa nematik
- Fasa smektik
- Fasa kolesterik
- Kristal cair
- Susunan heliks

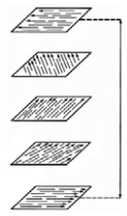


Cairan normal Fasa nematik Fasa smektik A Fasa smektik C

Sumber: *Chemistry The Central Science,* 2000

Gambar 10.3
Jenis fasa kristal cair

Orientasi molekul berubah secara beraturan dari bidang ke bidang membentuk susunan heliks. Jarak antara bidang dan orientasi yang sama dinamakan *bumbungan* (*pitch, P*).

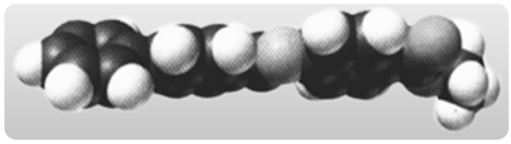


Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000

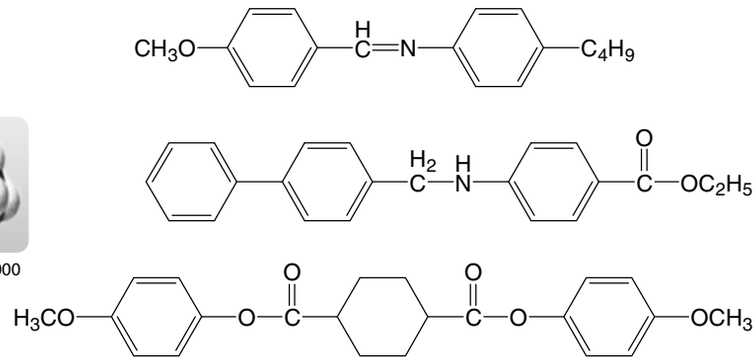
Gambar 10.4
Pitch (P) adalah jarak bidang dengan orientasi sama.

Fasa kristal cair kolesterol dapat mendifraksi cahaya sangat kuat dengan panjang gelombang sebanding dengan bumbungan. Jika suhu berubah, nilai bumbungan juga berubah sehingga warna cahaya yang terdifraksi dapat digunakan sebagai sensor suhu.

Struktur molekul kristal cair umumnya memiliki bentuk molekul yang memanjang dan bersifat tegar. Artinya, tidak membentuk lipatan-lipatan, seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.5**.



Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000

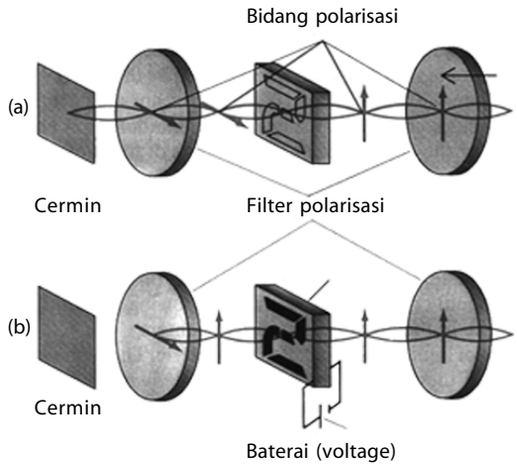


Gambar 10.5
Struktur molekul kristal cair pada kolesterol benzoat

c. Prinsip Kerja Kristal Cair

Orientasi tertentu dari kristal cair sangat peka, terutama pada permukaan yang bersentuhan atau adanya medan listrik dan medan magnet. Kepekaan ini menjadi dasar penggunaan kristal cair dalam bahan layar elektronik.

Jika kristal cair nematik ditempatkan dalam suatu sel dengan orientasi tertentu, filter polarisasi ditempatkan agar hanya cahaya dengan polarisasi tertentu yang dapat melewatinya. Tanpa medan listrik, cahaya akan dilewatkan melalui kristal cair dan filter. Cahaya ini akan direfleksikan oleh cermin sehingga tayangan yang muncul berwarna putih seperti pada **Gambar 10.6** (a).



Gambar 10.6
a. Prinsip kerja kristal cair sebelum diberi medan listrik
b. Prinsip kerja kristal cair setelah diberi medan listrik

Jika medan listrik diterapkan ke dalam bagian yang akan ditayangkan, orientasi molekul akan diperkuat dalam daerah itu dan menimbulkan perbedaan polarisasi cahaya. Cahaya yang berotasi ditahan oleh filter kedua dan pada bagian yang akan ditayangkan muncul warna hitam, seperti pada **Gambar 10.6** (b).

Jika medan listrik dimatikan, molekul kristal cair kembali ke orientasi semula secara cepat dan tayangan kembali putih. Jam digital, kalkulator, monitor komputer laptop, layar TV lebar, dan bahan tayangan lain menggunakan aplikasi seperti ini.

Kegiatan Inkuiri

Mengapa layar monitor laptop tidak boleh disentuh? Hubungkan dengan struktur molekul dari kristal cair.

2. Polimer

Menurut **Jons Jacob Berzelius**, senyawa dengan rumus empiris sama, tetapi massa molekulnya berbeda dinamakan polimer. Polimer didefinisikan sebagai *senyawa dengan massa molekul besar dan merupakan gabungan dari monomer-monomer pembentuknya.*

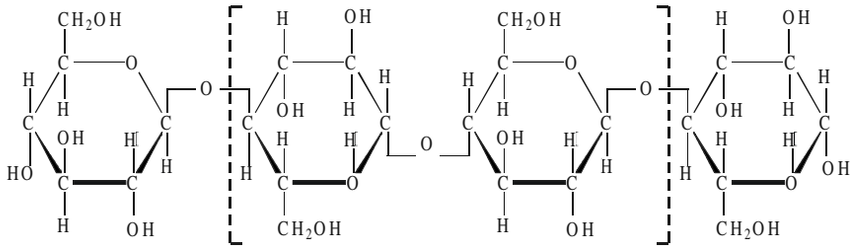
Polimer yang berasal dari alam disebut *polimer alam*. Polimer yang dapat dibuat di laboratorium maupun diproduksi dalam jumlah besar di industri, dikenal dengan *polimer sintetik*.

a. Polimer Alam

Polimer yang terjadi secara alami dikenal sebagai polimer alam, seperti selulosa, protein, dan karet alam. Berikut dibahas secara lebih terperinci mengenai polimer alam.

1) Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang banyak dijumpai dalam dinding sel tanaman. Selulosa merupakan polimer yang terbentuk dari monomer β –D–glukosa melalui ikatan β $(1 \rightarrow 4)$ *glikosidik*. Panjang rantai beragam, dari ratusan sampai ribuan unit glukosa.

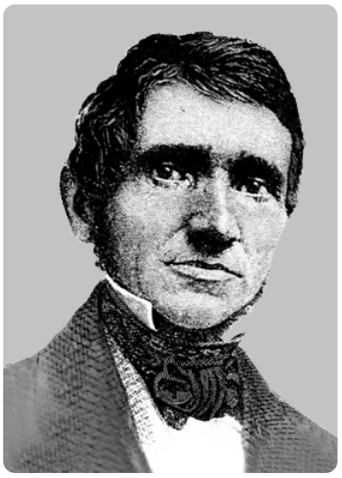


Kayu mengandung sekitar 50% berat selulosa dan kapas hampir 90% mengandung selulosa. Selulosa dari *serat* kayu mengandung banyak pengotor yang dapat dimurnikan dengan cara melarutkannya ke dalam campuran NaOH dan CS_2. Dalam proses pelarutan ini akan terbentuk cairan kental. Jika cairan kental itu dimasukkan ke dalam pipa berpori pada bak asam, dihasilkan fiber selulosa yang dikenal sebagai *rayon*. Proses serupa digunakan untuk membuat film tipis selulosa yang dikenal sebagai kertas *selofan*.

Pada setiap monomer selulosa mengandung tiga gugus –OH yang dapat bereaksi dengan asam nitrat membentuk ester nitrat dan dikenal dengan *selulosa nitrat*. **John Wesley Hyatt** (1869) menemukan bahwa campuran selulosa nitrat dan yang dilarutkan dalam alkohol menghasilkan plastik yang dinamakan *seluloid*. Selulosa nitrat atau seluloid digunakan sebagai bahan baku pembuatan sisir hingga bola bilyar. Selulosa nitrat mudah terbakar sehingga saat ini sudah banyak digantikan oleh plastik jenis lain.

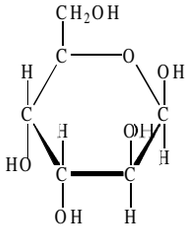
Sekilas Kimia

Charles Goodyear
(1800–1860)



Sumber: *Jendela Iptek: Kimia,* 1997

Charles Goodyear merupakan seorang penemu asal Amerika. Dia memanaskan karet dengan sulfur dan menemukan bahwa karet ini tetap fleksibel pada kisaran temperatur tertentu. Dia menamakan proses ini dengan "vulkanisasi", diambil dari nama dewa Romawi yang menggambarkan api (*vulcan*).



Gambar 10.7
Monomer selulosa (β -D-glukosa).

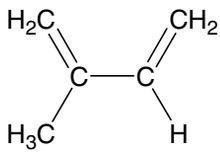
Kegiatan Inkuiri

Diskusikan dengan teman-teman Anda, persamaan dan perbedaan antara selulosa dan pati (amilum).

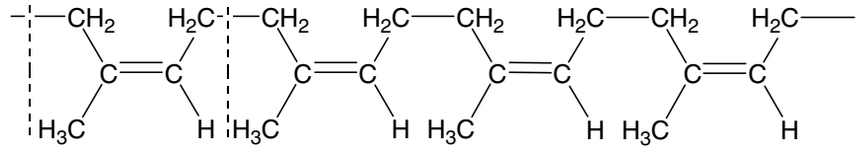
2) Karet Alam

Karet alam tersusun atas satuan monomer *cis*–1,4–isoprena dengan panjang rantai rata-rata sekitar 5.000 satuan isoprena. Masalah utama karet alam adalah taktisitas atau cara penyusunan polimer yang teratur (*isotaktik*).

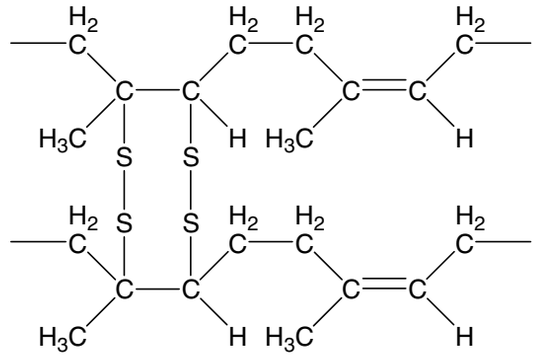
Masalah taktisitas karet alam dapat diselesaikan oleh **Charles Goodyear** (1839). Dia menemukan metode vulkanisasi karet alam dengan belerang sehingga karet alam dapat diubah elastisitasnya. Vulkanisasi karet alam melibatkan pembentukan ikatan silang –S–S– di antara rantai poliisoprena. Vulkanisasi karet berguna untuk menghasilkan karet alam dengan derajat elastisitas sesuai harapan.



cis-1,4-isoprena



Pada vulkanisasi karet alam, penyisipan rantai-rantai pendek dari atom belerang akan mengikat secara silang di antara dua rantai polimer karet alam. Jika jumlah ikatan silang relatif besar, polimer dari karet alam menjadi lebih tegar.



Gambar 10.8
Pada vulkanisasi karet alam, makin banyak ikatan silang, makin tegar karet yang terbentuk

b. Polimer Sintetik

Hampir semua peralatan terbuat dari bahan polimer, mulai dari alat-alat dapur sampai alat picu jantung buatan. Sampai saat ini, penelitian dan pengembangan bahan polimer masih terus dilakukan dalam upaya menemukan aneka penerapan bahan polimer. Sesuai dengan mekanisme pembuatannya, polimer sintetik tinggi dapat digolongkan menjadi *polimer adisi* dan *polimer kondensasi.*

1) Polimer Adisi

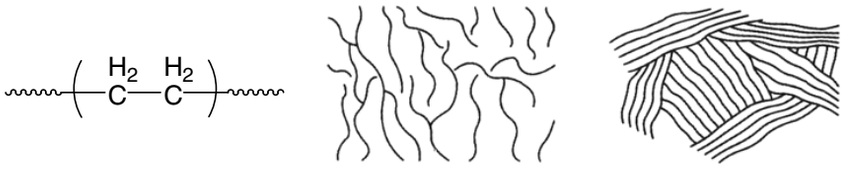
Polimer adisi adalah polimer yang terjadi melalui reaksi adisi, yaitu reaksi yang melibatkan senyawa yang mengandung ikatan rangkap, kemudian diubah menjadi ikatan tunggal. Contoh polimer adisi adalah

polietilen (PE), *polipropilen* (PP), *politetrafluoroetilen*, *polivinilklorida* (PVC), dan *akrilik*.

a) Polietilen (PE)

Secara kimia, PE sangat *inert*. Polimer ini tidak larut dalam pelarut apapun pada suhu kamar, tetapi dapat menggembung dalam cairan hidrokarbon (bensin) dan karbon tetraklorida (CCl_4). PE tahan terhadap asam dan basa, tetapi dapat rusak oleh asam nitrat pekat. Jika dipanaskan secara kuat, PE membentuk ikatan silang yang diikuti oleh pemutusan ikatan secara acak pada suhu lebih tinggi, tetapi tidak terdepolimerisasi.

PE dibagi menjadi dua jenis, yaitu PE kerapatan tinggi (HDPE) dan PE kerapatan rendah (LDPE) seperti di tunjukkan pada **Gambar 10.9**. Plastik HDPE bersifat kenyal, tidak mudah sobek, dan tahan terhadap kelembapan. Bahan kimia plastik HDPE banyak digunakan untuk pembungkus, dus, isolator listrik, pelapis kabel, dan lain-lain.



Struktur polietilen LDPE HDPE

Sumber: *Heinemann Advance Science: Chemistry*, 2000

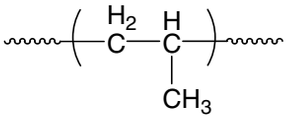
Gambar 10.9
LDPE dan HDPE

Tabel 10.1 Sifat-Sifat Fisik Polietilen

Sifat	Polietilen	
	HDPE	LDPE
Dapat dipotong dengan mudah	×	✓
Tidak pecah	✓	✓
Dapat dilipat	×	✓
Tenggelam dalam air	✓	×
Menjadi lunak akibat panas	×	✓

b) Polipropilen (PP)

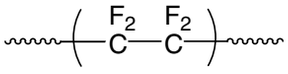
Plastik PP bersifat tegar dan stabil terhadap panas, tekanan, rengkahan, dan bahan kimia. Plastik PP lebih kuat dari PE. PP banyak digunakan untuk botol kemasan karena dapat dibentuk lebih tipis. Kursi plastik yang dapat ditumpuk juga terbuat dari PP.



Struktur polipropilen

c) Politetrafluoroetilen (Teflon)

Politetrafluoroetilen tahan terhadap korosi dan pelarut organik. Dari hasil pengujian, hanya lelehan logam alkali atau alkali yang dilarutkan dalam amonia yang dapat mendegradasi polimer ini. Politetrafluoroetilen banyak digunakan untuk insulator listrik, peralatan kimia, dan peralatan rumah seperti pada **Gambar 10.10** sebab tahan terhadap air dan suhu tinggi hingga 350°C.



Struktur politetra fluoroetilen

Kata Kunci

- Bakelit
- Monomer
- Taktisitas

Mahir Menjawab

Terdapat lima buah polimer:
1. polivinilasetat;
2. selulosa;
3. poliisoprena;
4. polivinilklorida;
5. polietena.

Polimer alam adalah ...
A. 1 dan 2
B. 1 dan 3
C. 2 dan 3
D. 3 dan 4
E. 4 dan 5

Pembahasan
1. Polimer sintetik
2. Polimer alam
3. Polimer alam
4. Polimer sintetik
5. Polimer sintetik

Jadi, nomor 1 dan 2 adalah polimer alam. Jawaban adalah (C)

Ebtanas 2000

Tabel 10.2 Produk dari Polimer Sintetik

Polimer	Produk
PE	Kantong plastik, lembaran plastik, dan alat-alat dapur
PP	Botol, jeriken, dan kursi
PVC	Pipa air, *waterproof*, isolasi listrik, dan rak susun
PS (polistiren)	Kemasan (tempat minum) bantalan, dan *styrofoam*
Teflon	Pot, alat dapur, dan wadah
PMMA	Pengganti gelas/kaca

d) Polivinilklorida (PVC)

Sekitar 20% klorin digunakan untuk membuat monomer vinilklorida ($CH_2=CHCl$), sebagai bahan baku plastik poliviliklorida (PVC). Substituen klorin pada rantai polimer menjadikan PVC lebih tahan terhadap api dibandingkan PE.

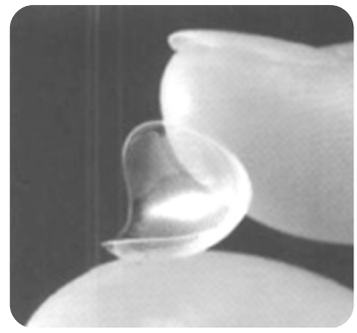
Plastik PVC memiliki gaya tarik antara rantai polimer sehingga meningkatkan kekerasan plastik jenis ini. Sifat-sifat PVC dapat divariasikan sesuai fungsinya dengan cara mengubah sifat keplastisan, stabilisasi, pengisi, dan celupannya sehingga menjadikan PVC sebagai plastik serbaguna.

Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 10.10
Teflon

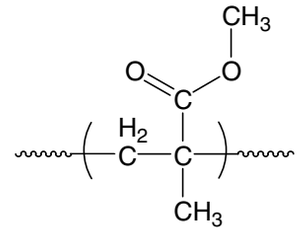
e) Polimetilmetakrilat (Polimer Akrilik)

Salah satu polimer akrilik adalah polimetilmetakrilat (PMMA), dikomersialkan dengan nama dagang *Lucite* dan *Plexiglass*. PMMA berupa kristal bening yang sangat ringan sehingga banyak digunakan untuk jendela pesawat terbang dan lensa cahaya. PMMA yang sangat transparan digunakan untuk *contact lens* seperti pada **Gambar 10.11**.



Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 10.11
PPMA digunakan untuk lensa kontak.



PPMA

Catatan Note

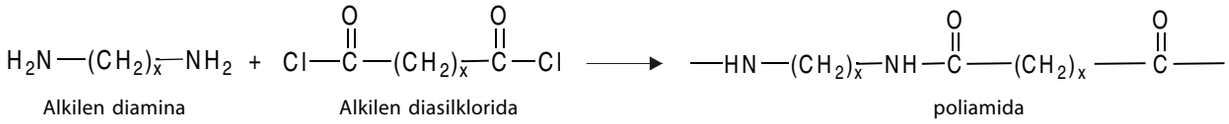
Alkohol merupakan senyawa organik yang mengandung gugus –OH terikat pada atom karbon.

Alcohol is organic compound which have –OH function groups bonding to carbon atom.

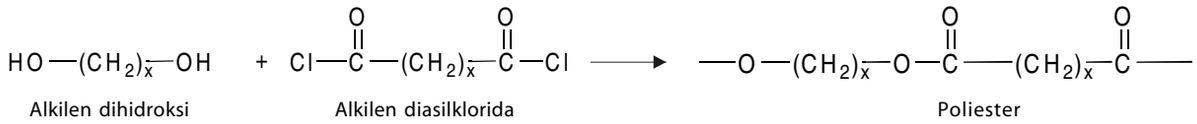
2) **Polimer Kondensasi**

Polimer kodensasi yaitu polimer yang terbentuk melalui reaksi kondensasi. Reaksi ini melibatkan pembentukan senyawa tidak jenuh dari senyawa jenuh. Plastik sintetis pertama adalah *bakelit*, yang dikembangkan oleh **Baekland** (1905). Monomer bakelit merupakan hasil reaksi formaldehid (H_2CO) dan fenol (C_6H_5OH) membentuk fenol tersubstitusi. Pada suhu di atas 100°C, fenol-fenol ini terkondensasi membentuk polifenoksi. Polifenoksi digunakan untuk membuat asesoris, seperti gantungan kunci. Untuk pengerasnya digunakan katalis.

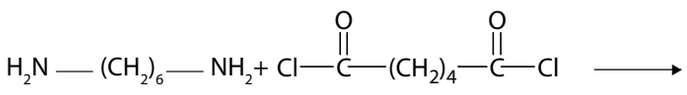
Carothers dan koleganya (1920) menemukan rumpun polimer kondensasi yang dikenal sebagai poliamida dan poliester. Poliamida diperoleh melalui reaksi diasilklorida dan diamina.

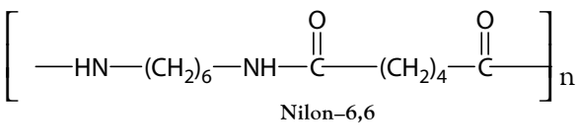


Poliester dibuat melalui reaksi alkil diasilklorida dengan dihidroksi. Reaksi polimerisasinya adalah sebagai berikut.



Fiber sintetik yang pertama dibuat adalah *nilon*. Fiber ini dapat dilihat dengan cara menuangkan larutan heksametilen diamina dalam pelarut air ke dalam larutan adipoilklorida dalam pelarut CH_2Cl_2.

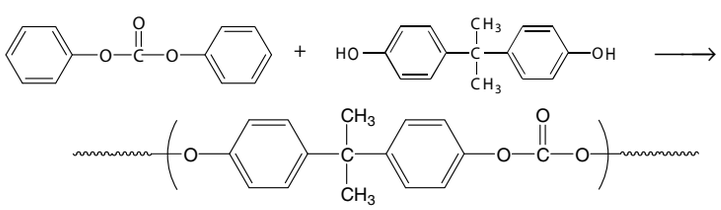


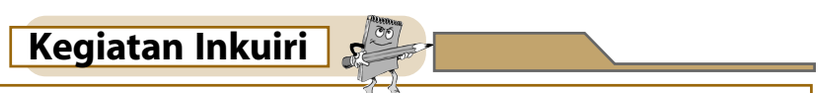


Polimer **nilon-6,6** terbentuk pada antarmuka antara kedua fasa pereaksi membentuk film tipis. Jika film itu disentuh, kemudian ditarik, akan tampak serat nilon seperti benang (perhatikan **Gambar 10.12**).

Polimer tersebut dinamakan nilon–6,6 sebab polimer dibentuk dari diamin yang memiliki enam atom karbon dan adipoil yang juga mengandung enam atom karbon.

Polikarbonat terbentuk melalui polimerisasi esterkarbonat dan suatu alkohol. Polikarbonat yang dihasilkan dipasarkan dengan nama dagang *Lexan*. Lexan memiliki ketahanan tinggi terhadap panas dan cuaca sehingga banyak digunakan untuk pengaman gelas, rangka jendela, dan helm.

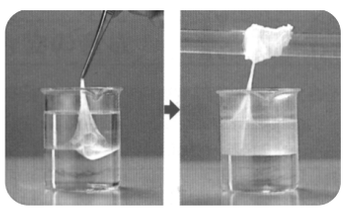




Bagaimana terjadinya reaksi adisi dan reaksi kondensasi dalam senyawa organik? Diskusikan dengan teman sekelas Anda.

3. Keramik

Keramik adalah material-material padat anorganik nonlogam. Material tersebut dapat berupa kristalin atau nonkristalin. Keramik nonkristalin meliputi gelas dan material lain dengan struktur tidak beraturan (*amorf*), sedangkan yang kristalin memiliki struktur beraturan.

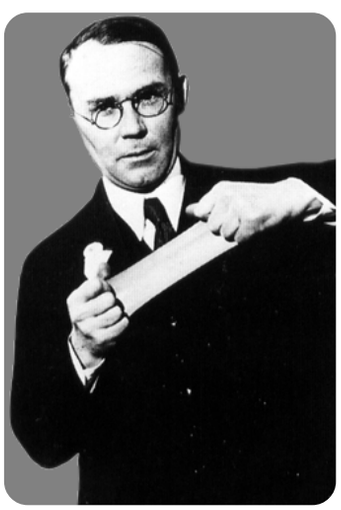


Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 10.12
Nilon–6,6.

Sekilas Kimia

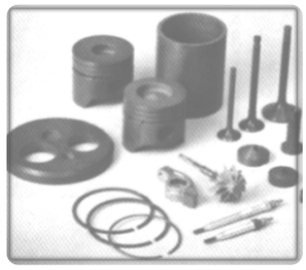
Wallace H. Carothers
(1896–1937)



Sumber: *Jendela Iptek: Kimia*, 1997

Carothers menggunakan dua larutan kimia (asam dan diamin) untuk membuat nilon-6,6. Jika kedua larutan ini dipertemukan, cairan tersebut dapat ditarik menjadi benang-benang yang lebih kuat daripada serat-serat alami.

Penemuan ini memberi dukungan besar terhadap industri tekstil dan mengakibatkan terjadinya revolusi dalam pabrik kain.



Sumber: *Chemistry The Central Science,* 2000

Gambar 10.13
Suku cadang mesin yang dibuat dari keramik silikon nitride (Si_3N_4) menggantikan logam.

Keramik dapat memiliki struktur jaringan kovalen, ikatan ion, atau gabungan keduanya. Secara umum bersifat keras, getas, dan stabil terhadap suhu sangat tinggi. Contoh umum keramik, misalnya semen, keramik cina, bata tahan api, insulator listrik, dan suku cadang mesin seperti **Gambar 10.11**.

Bahan-bahan keramik berasal dari berbagai bahan kimia meliputi silikat, oksida logam, karbida (karbon dan logam), nitrida (nitrogen dan logam), atau alumina (Al_2O_3). Simak **Tabel 10.13** untuk mengetahui sifat-sifat bahan keramik.

Tabel 10.3 Sifat-Sifat Bahan Keramik dengan Baja Lunak Sebagai Pembanding

Material	Titik Leleh (°C)	Kerapatan (g/cm^3)	Kekerasan (Mohs)	Modulus Elastisitas	Koefisien Termal
Al_2O_3	2050	3,8	9	34	8,1
SiC	2800	3,2	9	65	4,3
ZrO_2	2660	5,6	8	24	6,6
BeO	2550	3,0	9	40	10,4
Baja lunak	1370	7,9	5	17	15

Sumber: *Chemistry The Central Science,* 2000

a. Aplikasi Keramik

Objek-objek keramik banyak yang lebih tegar dan kuat ketika dibentuk dari campuran kompleks dua atau lebih material. Campuran seperti ini dinamakan *komposit*. Komposit lebih efektif dibentuk melalui penambahan *fiber* keramik ke dalam material keramik. Pembentukan fiber keramik dapat diilustrasikan, misalnya dengan silikon karbida (SiC) atau karborundum.

Komposit keramik secara luas digunakan sebagai alat pemotong logam. Misalnya, alumina diperkuat dengan silikon karbida yang digunakan untuk memotong dan pengeras logam paduan berbasis nikel. Material keramik juga digunakan untuk roda penggiling dan ampelas sebab memiliki kekerasan yang tinggi.

Beberapa keramik, seperti kuarsa (kristal SiO_2) merupakan *piezo elektric*. Kuarsa ini dapat membangkitkan potensial listrik jika bahan tersebut ditekan secara mekanik.

Salah satu kegunaan material keramik yang sangat populer adalah keramik untuk lantai (*tile ceramic*) dengan permukaan mengkilap. Selain memiliki nilai estetika yang indah, keramik juga dapat melindungi panas dari bumi sehingga lantai tetap terasa dingin.

b. Keramik Superkonduktor

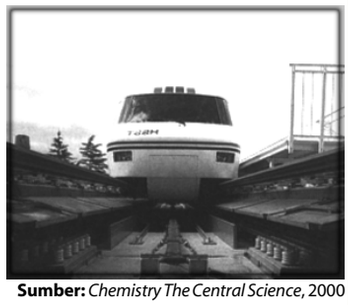
Superkonduktor adalah bahan yang kehilangan tahanan listrik jika didinginkan sampai suhu tertentu. Ini berarti, arus listrik yang mengalir pada bahan superkonduktor tidak akan kehilangan panas, tidak seperti arus listrik dalam bahan konduktor biasa (banyak panas terbuang).

Sekali arus dilewatkan ke dalam bahan superkonduktor, secara terus-menerus listrik mengalir tanpa batas dan tanpa hambatan. Sifat menarik lainnya dari superkonduktor adalah memiliki diamagnetis sempurna yang menolak semua medan magnet secara sempurna.

Sekilas Kimia

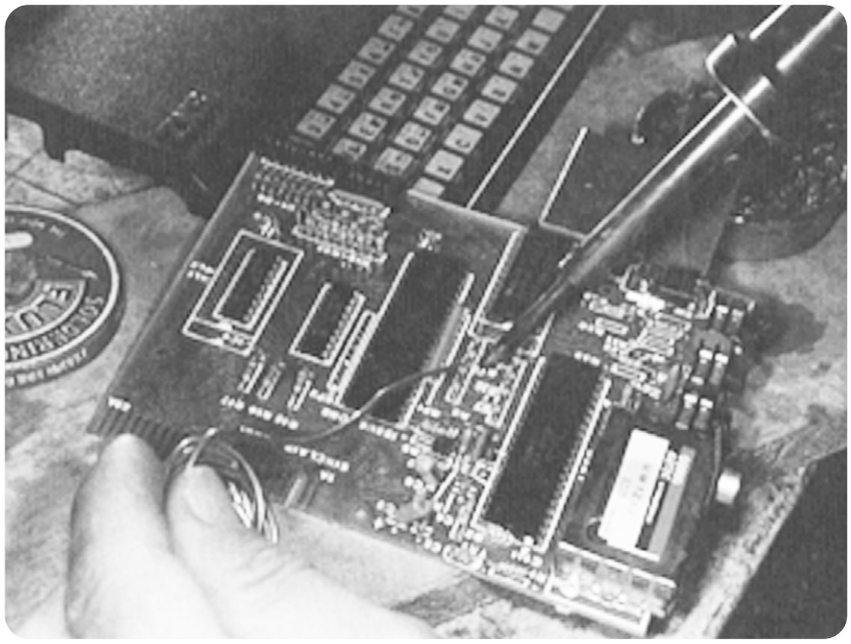
Kereta Magnetik

Kereta magnetik dengan material superkonduktor mampu melaju dengan kecepatan 450 km per jam dan penumpang merasa seakan-akan naik pesawat terbang. Kereta magnetik dapat dibuat berkat temuan material super-konduktor suhu tinggi yang memiliki sifat diamagnetik sempurna, menolak medan magnet sehingga pergerakan kereta tidak menempel pada rel melainkan melaju dengan melayang.

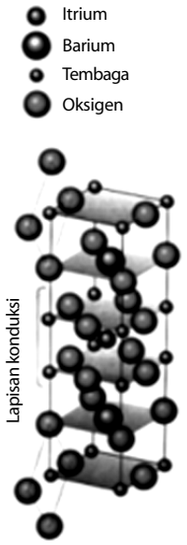


Sumber: *Chemistry The Central Science,* 2000

Senyawa, seperti itrium-barium-tembaga oksida ($YBa_2Cu_3O_7$) bersifat superkonduktor pada 95 K dan $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+x}$ memiliki tahanan nol pada 1 atm dan 133 K. Superkonduktor dengan sifat-sifat dapat menghantarkan arus listrik dengan tahanan nol dapat menghemat energi di dalam banyak aplikasi, seperti generator listrik, motor listrik, dan pada *chip* komputer yang lebih cepat dan lebih kecil (perhatikan **Gambar 10.14**).



Sumber: *Chemistry The Central Science,* 2000



Gambar 10.14
Sel satuan dari superkonduktor $YBa_2Cu_3O_7$ diaplikasikan pada chip komputer.

4. Film Tipis

Film tipis kali pertama dikembangkan untuk tujuan seni dekorasi seperti pada **Gambar 10.15**. Pada abad ke-17, para seniman mempelajari bagaimana mengecat pola pada objek keramik dengan larutan garam perak, kemudian dipanaskan agar garam terurai meninggalkan film tipis.

Saat ini, film tipis digunakan untuk tujuan dekorasi dan proteksi, membentuk konduktor, resistor, dan jenis-jenis film lainnya dalam sirkuit mikroelektronik. Film tipis dapat dikembangkan dari bahan-bahan meliputi logam, oksida logam, dan bahan organik.

Film tipis tidak memiliki batasan dengan ketebalan tertentu, tetapi umumnya memiliki ketebalan antara 0,1–300 μm. Hal ini berbeda dengan pelapisan seperti cat dan vernis yang secara umum lebih tebal.

Agar film tipis berguna harus memiliki beberapa sifat-sifat berikut:

a. harus stabil secara kimia dalam lingkungan yang diterapkan;
b. melekat baik pada permukaan yang dilapisi;
c. memiliki ketebalan yang homogen;
d. dapat dimurnikan secara kimia atau komposisi kimianya dapat dikendalikan;
e. memilki kerapatan imperfeksi rendah.

Film tipis sangat penting dalam mikroelektronik, terutama digunakan untuk konduktor, resistor, dan kapasitor. Film tipis secara luas digunakan sebagai pelapis optik pada lensa untuk mengurangi refleksi cahaya dari permukaan lensa, sekaligus melindungi lensa (perhatikan **Gambar 10.16a**).

Sumber: *Sougou Kagahi*

Gambar 10.15
Bangunan futuroscope (Prancis) dibuat dari kaca yang dilapisi dengan film tipis logam untuk merefleksikan cahaya yang jatuh padanya.

Film tipis metalik dalam jangka waktu lama digunakan untuk lapisan pelindung pada logam. Biasanya diendapkan dari larutan menggunakan arus listrik (penyepuhan), seperti lapisan perak atau krom.

Permukaan peralatan dari logam dilapisi dengan film tipis keramik untuk meningkatkan kekerasannya. Misalnya, mata bor untuk baja keras dilapisi dengan film tipis titanium nitrida atau tungsten karbida (perhatikan **Gambar 10.16b**).

(a) (b)

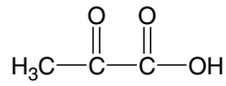
Gambar 10.16
(a) Film tipis digunakan secara luas sebagai pelapis optik pada lensa (b) Pelapis mata bor

Sumber: *Sougou Kagahi; www.novelvar.com*

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan: (a) kristal cair, (b) fasa nematik dan smektik, (c) prinsip kerja kristal cair.
2. Fiber sintetik dikenal dengan nilon 6,6 memiliki struktur:
   $(–NH(CH_2)_5CO–)_n$
   Tuliskan bentuk polimer dari nilon 6,6 dengan monomer tersebut.
3. Polivinil klorida (PVC) adalah polimer adisi dari vinil klorida ($CH_2=CHCl$). Tuliskan bentuk dari polimer ini.
4. Poliester dibentuk dari monomer asam laktat:



5. Dalam hal apa material keramik berbeda dari polimer organik? Jelaskan berdasarkan struktur molekul dan sifat-sifat fisikanya.
6. Keramik cenderung keras, stabil terhadap suhu tinggi, dan getas. Bagaimana sifat-sifat ini diterangkan dari aspek struktur dan ikatan?
7. Jelaskan apa yang dimaksud dengan superkonduktor. Mengapa material superkonduktor berharga tinggi?
8. Jelaskan sifat-sifat yang harus dimiliki oleh film tipis agar dapat digunakan.

digunakan untuk implantasi jaringan dalam tubuh. Gambarkan struktur dari polimer ini.

B. Kimia dalam Pertanian

Anda tentu akan berterima kasih kepada para ilmuwan kimia yang sudah mampu menemukan dan mengembangkan berbagai material yang sangat berguna untuk meningkatkan sandang, papan, seni, dan estetika. Pada topik berikut, Anda akan banyak mengetahui peranan kimia dalam upaya meningkatkan pertanian, khususnya pupuk dan pestisida.

1. Fungsi dan Pengaruh Unsur Hara

Pada dasarnya, makhluk hidup, baik manusia, hewan, dan tanaman memerlukan makanan untuk tumbuh dan berkembang biak. Tanaman mengambil makanan dari tanah. Tanah yang gembur dan subur dapat

menghasilkan tanaman yang subur (perhatikan **Gambar 10.17**). Kesuburan tanaman merupakan akibat dari terpenuhinya kebutuhan berbagai senyawa dan mineral, yang disebut *unsur hara*.

Unsur-unsur C, H, dan O sebagian besar dikonsumsi dalam bentuk senyawa CO_2 dan H_2O. Senyawa CO_2 diserap dari udara melalui klorofil daun, sedangkan H_2O diserap dari tanah melalui akar. Unsur-unsur lain diserap dari tanah melalui akar.

Unsur N terdapat banyak di udara dalam bentuk N_2, tetapi tidak dapat digunakan langsung karena tanaman pada umumnya menggunakan unsur N dalam bentuk senyawa nitrat. Selain itu, pada tanaman kacang tanah, akarnya dapat mengikat langsung gas N_2 dari udara.

Unsur N diperlukan tanaman untuk pertumbuhan, terutama untuk pembentukan batang dan daun. Secara khusus, unsur N berguna untuk pembentukan protein, lemak, dan enzim. Kekurangan unsur N dapat menyebabkan tanaman menjadi kurus dan kerdil.

Unsur lain yang banyak diperlukan adalah fosfor dan kalium. Unsur fosfor diperlukan tanaman untuk pembentukan akar dan asimilasi tanaman. Kekurangan unsur fosfor dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan pertumbuhan juga terhambat.

Unsur kalium berguna untuk pembentukan protein dan karbohidrat melalui peningkatan proses fotosintesis bersama-sama dengan unsur Mg. Selain itu, unsur K dapat memperkuat bunga dan buah sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman. Kekurangan unsur K dapat menimbulkan daun mengerut dan keriting serta timbul bercak cokelat kemerah-merahan yang akhirnya layu, mengering, dan mati.

Selama pertumbuhan, tanaman mengambil unsur-unsur N, P, dan K dari tanah. Tanaman yang tidak dikonsumsi oleh manusia akan mati dan mengembalikan unsur-unsur tersebut ke dalam tanah.

Pada lahan tanah yang tanamannya dipanen akan mengalami kekurangan unsur-unsur tersebut. Dengan kata lain, lahan pertanian sudah berkurang kesuburannya.

Pada pola pertanian tradisional, para petani menanam polong-polongan guna mengembalikan kesuburan tanah. Hal ini disebabkan akar polong-polongan mampu mengikat nitrogen dari udara dan diubah menjadi senyawa amonia dengan bantuan bakteri tanah. Untuk lahan sangat luas, pola tradisonal dinilai kurang ekonomis. Sebagai upaya pengganti penyediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, pakar kimia mengembangkan material, dinamakan *pupuk*.

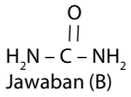
Mahir Menjawab

Pupuk urea adalah pupuk yang memiliki rumus molekul ....

A. KCl
B. $CO(NH_2)_2$
C. $(NH_4)_2SO_4$
D. $CaSO_4$
E. $Ca(H_2PO_4)_2$

Pembahasan

Rumus molekul urea



Jawaban (B)

Ebtanas 1999

Sumber: *www.lindseyteak.com*

Gambar 10.17
Pemenuhan kebutuhan unsur hara dari pupuk menjadikan tanaman subur.

2. Pupuk Buatan

Tujuan pemupukan adalah untuk menyempurnakan kebutuhan unsur-unsur hara bagi tanaman. **Gambar 10.18** merupakan kegiatan pemupukan yang dilakukan manusia untuk menyempurnakan unsur hara yang terkandung di dalam tanah dan bermanfaat bagi tanaman.

a. Pupuk Nitrogen

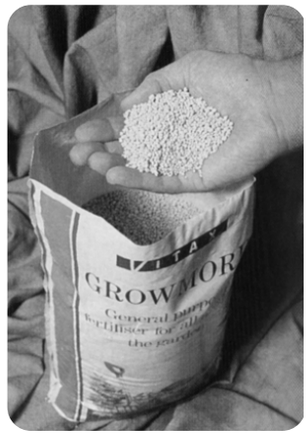
Jenis pupuk nitrogen yang banyak digunakan adalah pupuk *urea* dan pupuk ZA (amonium nitrat). Kadar nitrogen dalam pupuk urea sekitar 46,7%. Kadar ini cukup tinggi untuk tanaman sehingga penggunaan urea harus tepat. Agar mudah dalam penggunaan pupuk nitrogen perlu diubah dari bentuk padat menjadi pelet seperti pada **Gambar 10.19**.

Sumber: *Chemistry For You,* 2001

Gambar 10.18
Kegiatan pemupukan pada lahan pertanian.

Tabel 10.4 Kadar Nitrogen dalam Pupuk

Pupuk	Kadar Nitrogen
Urea	±45%
ZA	± 20%



Sumber: *Chemistry For You,* 2001

Gambar 10.19
Pupuk nitrogen padat di ubah menjadi pelet sehingga mudah disemprotkan.

Urea diproduksi melalui reaksi antara amonia dan karbon dioksida pada suhu 140°C dan tekanan 100 atm. Persamaan reaksinya:

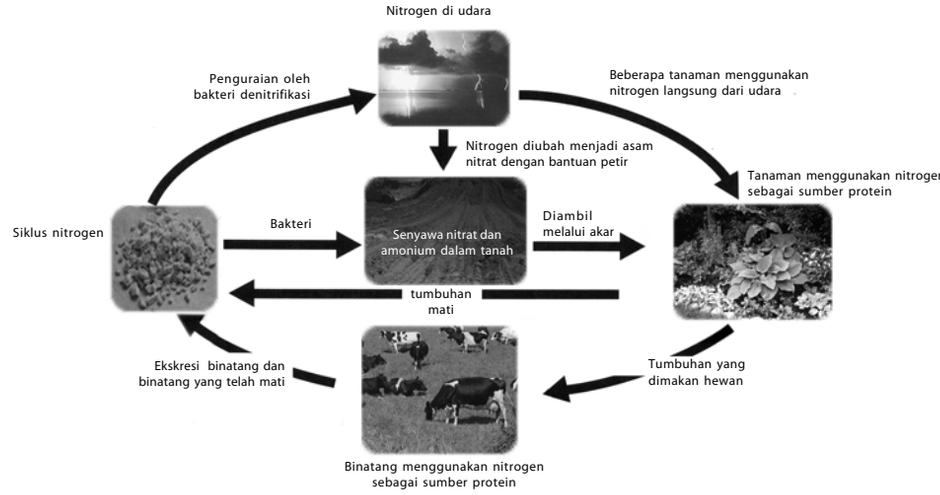
$$2NH_3(g) + CO_2(g) \longrightarrow NH_2CONH_2(s) + H_2O(\ell)$$

Dalam air, urea bersifat netral dan mudah larut. Urea dikonsumsi oleh tanaman tidak langsung, tetapi harus diubah dulu menjadi senyawa nitrat oleh bakteri tanah.

Pupuk ZA dihasilkan dari reaksi antara amonia dan asam nitrat, persamaan reaksinya:

$$NH_3(g) + HNO_3(aq) \longrightarrow NH_4NO_3(s)$$

Pupuk ZA dapat dikonsumsi langsung oleh tanaman. Akan tetapi, kendalanya dalam air, pupuk ZA bersifat asam sehingga tanah menjadi asam. Oleh karena itu, pupuk ZA kurang tepat dipakai sebagai pupuk dasar, kecuali dicampur dengan kapur agar tanah menjadi netral.



Sumber: *Chemistry For You,* 2001

Gambar 10.20
Siklus nitrogen di udara

Kedua jenis pupuk nitrogen tersebut menggunakan bahan baku amonia. Di industri, amonia disintesis dari gas nitrogen yang berasal dari udara. Hal ini menunjukkan alam merupakan sumber bahan industri pupuk yang salah satunya siklus nitrogen seperti pada **Gambar 10.20**.

Kegiatan Inkuiri

Lakukan penyelidikan keasaman tanah di daerah tempat tinggal Anda, kemudian diskusikan apa yang harus dilakukan jika tanah bersifat asam atau basa.

b. Pupuk Fosfor

Sumber utama untuk pembuatan pupuk yang mengandung unsur fosfor adalah deposit batuan yang mengandung fosfat, yaitu kalsium fosfat (Ca_3PO_4). Batuan fosfat tidak digunakan langsung sebagai pupuk karena tidak larut dalam air. Batuan fosfat terlebih dahulu diolah dengan menambahkan asam sulfat untuk mengubah bentuk ion PO_4^{3-} menjadi bentuk ion $H_2PO_4^-$. Reaksi kimianya:

$$Ca_3(PO_4)_2(s) + 2H_2SO_4(aq) + 4H_2O(\ell) \longrightarrow Ca(H_2PO_4)_2(s) + 2(CaSO_4.2H_2O)(s)$$

Pupuk fosfor yang dibuat dengan cara di atas disebut pupuk superfosfat. Di pasaran, dikenal dengan nama pupuk *ES* (*Enkel Superfosfat*). Pupuk ES berupa padatan berwarna keabu-abuan. Pupuk ini kurang diminati petani karena mahal dan kadar fosfornya rendah.

Jika asam yang digunakan sebagai pereaksi adalah asam fosfat (H_3PO_4) maka reaksi yang terjadi:

$$Ca_3(PO_4)_2(s) \ + \ 4H_3PO_4(aq) \longrightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2(s)$$

Pupuk yang terbentuk dinamakan pupuk *TSP* (*Tripel Superfosfat*). Pupuk TSP berupa butiran yang mudah larut dalam air. Oleh karena itu, agar pupuk ini tidak ikut terbawa air hujan, pemakaiannya harus dikubur dalam tanah agak dalam.

Pupuk fosfat dapat juga diproduksi dalam bentuk senyawa yang mengandung nitrogen, yaitu senyawa amonium fosfat [$(NH_4)H_2PO_4$ dan $(NH_4)_2HPO_4$]. Pupuk ini dibuat melalui reaksi amonia dan asam fosfat.

Tabel 10.5 Kadar Fosfor dalam Pupuk

Pupuk	Kadar Fosfor
ES	±20%
TSP	± 50%

c. Pupuk Kalium

Jenis pupuk kalium yang beredar di pasaran dikenal dengan nama pupuk *KCl* dan pupuk *ZK*. Pupuk ZK adalah senyawa kalium sulfat (K_2SO_4). Kedua jenis pupuk ini berbentuk butiran berwarna putih. Di pasaran, kedua pupuk ini dibedakan menurut kadar kaliumnya karena kedua pupuk ini tidak murni, tetapi mengandung pengotor. Kadar kalium dalam kedua pupuk tersebut dapat dilihat pada **Tabel 10.6**.

Tabel 10.6 Kadar Kalium dalam Pupuk

Pupuk	Kadar Kalium
ZK 90	±45%
ZK 96	± 50%
KCl 80	± 50%
KCl 90	± 53%

Selain pupuk yang mengandung satu macam unsur hara, masih ada jenis pupuk lain yang merupakan campuran unsur-unsur hara seperti pupuk *NP* (mengandung unsur N dan P) dan pupuk *NPK* (mengandung unsur N, P, K). Komposisinya dapat dilihat pada **Tabel 10.7**.

Tabel 10.7 Beberapa Jenis Pupuk Campuran

Jenis Pupuk	Diamofos	Sendawa	NPK	Nitrofoska	Rustika
Kadar N (%)	20	13	15	16	15
Kadar P (%)	50	–	15	16	15
Kadar K (%)	–	44	10	21	15

Oleh karena unsur K berperan dalam proses fosforilasi bersama-sama dengan unsur Mg maka industri pupuk membuat pupuk campuran yang mengandung unsur Mg. Misalnya, pupuk kalium magnesium sulfat yang mengandung sekitar 25% K dan 10% Mg.

Pupuk yang harus dipakai oleh petani bergantung pada kesuburan tanah dan jenis tanaman yang akan diberi pupuk. Oleh sebab itu, sebelum menggunakan pupuk tertentu perlu mengetahui dulu kesuburan tanah (kadar unsur hara yang terdapat dalam tanah) dan jenis tanaman yang akan ditanamnya.

Untuk itu, para petani tradisional perlu diberi penyuluhan tentang pemakaian jenis pupuk dan penyuluh perlu meneliti terlebih dulu kadar unsur hara yang terdapat di dalam tanah agar jenis pupuk (kadar unsur hara dalam pupuk) yang akan diberikan cocok dengan jenis tanaman yang akan ditanamnya.

Kata Kunci

- Fungisida
- Herbisida
- Insektisida
- Rodentisida
- Toksisitas

Kegiatan Inkuiri

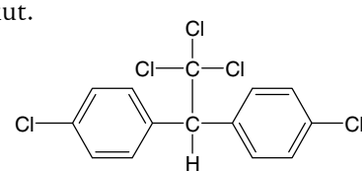
1. Lakukan kegiatan lapangan untuk mencari informasi pupuk yang beredar di pasaran (nama dagang dan komposisi kimianya).
2. Lakukan kegiatan survei lapangan untuk mencari informasi tentang materi dan cara penyuluhan kepada petani.

3. Pestisida

Hama bersaing dengan manusia untuk mendapatkan makanan yang ditanam oleh para petani. Oleh karena itu, jika petani ingin meningkatkan hasil produksinya maka petani harus mengurangi atau membasmi hama tanaman.

Pakar kimia telah mengembangkan material untuk mengatasi masalah hama, yaitu dengan cara menggunakan pestisida. Pestisida berasal dari kata *pest* (perusak) dan *cide* (membunuh) sehingga kata pestisida dapat diartikan sebagai membunuh perusak. Pestisida adalah zat kimia yang berfungsi mencegah, mengendalikan, atau membunuh serangga (*insektisida*), tumbuhan (*herbisida*), dan jamur (*fungisida*).

Penggunaan pestisida makin marak sejak ditemukannya senyawa yang disebut DDT (*diklorodifenil-trikloroetan*). DDT merupakan senyawa organik yang memiliki kemampuan untuk membunuh insektisida, dengan struktur kimia seperti berikut.



DDT (diklorodifenil-trikloroetana)

Kali pertama DDT ditemukan oleh **Othmar Zeidler** pada 1874. Pada waktu itu belum diketahui manfaatnya. Setelah 65 tahun kemudian, diketahui oleh **Paul Mueler** bahwa DDT dapat membunuh serangga. Pada 1942, sebuah perusahaan tempat Mueler bekerja memproduksi DDT dan dikirim ke Amerika untuk diuji coba. Pada 1984, Mueler mendapat Hadiah Nobel atas penemuan tersebut.

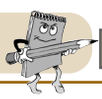
Sejak perang dunia II, DDT digunakan secara luas untuk berbagai tujuan, seperti:

a. menghentikan wabah penyakit yang disebarkan melalui serangga, seperti malaria, demam kuning, dan tifus;
b. membunuh hama tanaman kapas sehingga pada saat itu produksi kapas menjadi melimpah.

Setelah diketahui manfaat DDT bagi pertanian, pestisida jenis lain mulai banyak diteliti dan dikembangkan. Penggunaan pestisida harus hati-hati sebab pestisida yang beredar di pasaran boleh jadi:

a. mengganggu kesehatan manusia;
b. merusak atau mengganggu sistem ekologi lingkungan;
c. menimbulkan kematian bagi serangga tertentu yang justru dibutuhkan untuk membantu kesuburan tanah, seperti bakteri nitrifikasi.

Kegiatan Inkuiri



Cari dan catatlah pestisida yang dijual bebas di toko-toko dan supermarket tentang:
a. komposisi kimia;
b. kegunaan;
c. efek samping dan risiko bahayanya.

a. Penggolongan Pestisida

Berdasarkan tingkat toksisitas (racun) dan kegunaannya, pestisida dikelompokkan ke dalam empat golongan, yaitu golongan A, golongan B, golongan C, dan golongan D.

1) Pestisida golongan A

Pestisida digolongkan ke dalam kelompok ini didasarkan pada fungsinya, yaitu sebagai insektisida, herbisida, fungisida, dan rodentisida.

Isektisida adalah jenis pestisida yang berfungsi mencegah dan membasmi serangga. Isektisida juga digunakan di rumah-rumah untuk membasmi nyamuk, kecoa, laba-laba, dan sejenisnya. Contoh insektisida: DDT, aldrin, paration, malation, dan karbaril. Namun, saat ini penggunaan produk tersebut dalam rumah tangga telah dibatasi.

Herbisida adalah jenis pestisida yang berfungsi mencegah dan membasmi tanaman yang merugikan petani seperti alang-alang dan rumput liar. Contoh herbisida: 2,4–D, 2,4,5–T, pentaklorofenol, dan amonium sulfonat.

Fungisida adalah pestisida khusus untuk jamur. Selain racun bagi jamur, juga dapat dipakai untuk racun tanaman dan racun serangga. Contoh fungisida adalah organomerkuri dan natrium dikromat.

Rodentisida adalah pestisida khusus untuk membasmi tikus. Contoh rodentisida adalah senyawa arsen.

Kata Kunci

- *Paration*
- *Malation*

2) Pestisida Golongan B

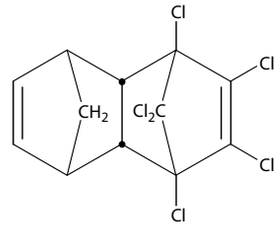
Pestisida digolongkan ke dalam golongan B didasarkan pada jenis bahan kimia yang terkandung di dalamnya. Jenis-jenis pestisida yang digolongkan menurut cara ini dapat dilihat pada **Tabel 10.8**.

Tabel 10.8 Pestisida Golongan B

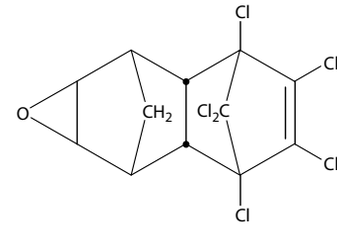
Pestisida	Bahan
Organik	Kimia organik
Anorganik	Kimia anorganik
Organoklor	Senyawa karbon mengandung klor
Organofosfat	Senyawa karbon mengandung fosfat
Karbamat	Senyawa karbon mengandung asam karbamat
Fumigan	Racun berasap
Mikrobial	Bahan kimia dari mikroorganisme
Botanikal	Bahan kimia tanaman

a) Organoklor

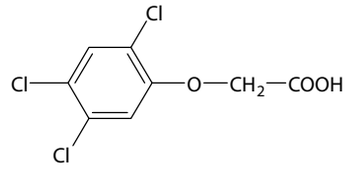
Selain DDT, jenis pestisida yang tergolong terklorinasi adalah aldrin, dieldrin, heksaklorobenzena (BHC), 2,4-D dan 2,4,5-T. Aldrin dan dieldrin digunakan sebagai racun serangga (insektisida), sedangkan 2,4-D dan 2,4,5-T digunakan sebagai racun tanaman (herbisida).



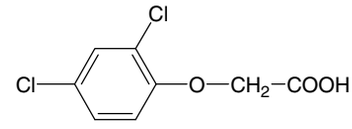
Aldrin



Dieldrin



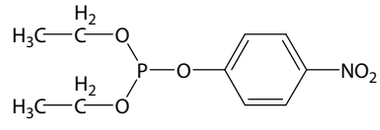
2,4,5-Triklorofenoksiasetat (2,4,5-T)



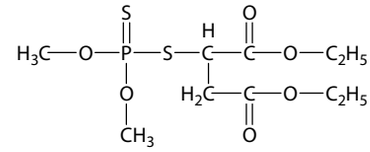
2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D)

b) Organofosfat

Senyawa pestisida yang mengandung fosfat di antaranya paration dan malation. Kedua senyawa ini tergolong insektisida.



O,O-Dietil-*O*-*p*-nitrofeniltiofosfat
(Paration)

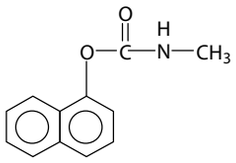


S-(1,2-Dikarbetoksietil)-*0-0*-dimetilditiofosfat
(Malation)

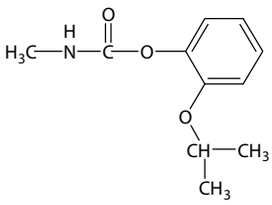
Paration sangat efektif digunakan untuk mencegah hama pengganggu buah-buahan, tetapi pestisida ini sangat beracun bagi manusia. Berbeda dengan *paration*, *malation* sangat efektif untuk serangga tertentu dan efek racunnya tidak terlalu kuat bagi manusia.

c) Karbamat

Contoh dari pestisida yang mengandung karbamat adalah isopropil N-fenilkarbamat (IPC), sevin, dan baygon.



N-metil-1-naftilkarbamat (Sevin)



Baygon

Isopropil N–fenilkarbamat digunakan sebagai herbisida terutama untuk mengontrol pertumbuhan rumput tanpa memengaruhi tanaman utama. Adapun sevin dan baygon tergolong insektisida.

3. Pestisida Golongan C

Pestisida digolongkan ke dalam golongan C didasarkan pada pengaruhnya terhadap hama. Beberapa jenis pestisida menurut golongan ini terdapat pada **Tabel 10.9**.

Tabel 10.9 Pestisida Golongan C

Jenis	Pengaruh
Repelant	Dapat menjauhkan serangga
Defoliant	Dapat menggugurkan daun
Perencat	Dapat menggagalkan pertumbuhan

4. Pestisida Golongan D

Pestisida dapat juga digolongkan berdasarkan cara tindakannya terhadap hama. Perhatikan tabel berikut.

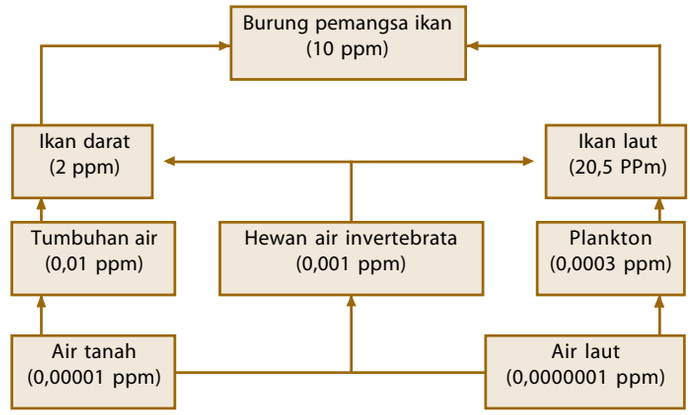
Tabel 10.10 Pestisida Golongan D

Jenis Racun	Cara Tindakan
Racun perut	Membunuh jika termakan
Racun sentuh	Membunuh jika menyentuh kulit
Racun sistemik	Membunuh jika masuk ke dalam sistem organisme
Racun pracambah	Membunuh terhadap benih

b. Pengendalian Pestisida

Pestisida yang digunakan untuk meningkatkan produksi pertanian dapat menyebar dan mencemari tempat lain. Jika hal ini terjadi, pestisida dapat meracuni ikan dan merusak ekologi lingkungan.

Pestisida dapat juga terakumulasi pada makhluk hidup. Konsentrasi pestisida pada mahluk hidup dapat berlipat ganda akibat berbagai aktivitas. Hasil penelitian menunjukkan, pestisida yang mencemari lingkungan dapat terakumulasi melalui alur seperti pada diagram berikut.



Gambar 10.21
Diagram alir pencemaran pestisida

Oleh sebab itu, pemakaian pestisida perlu dikendalikan guna menghindari masalah-masalah keracunan atau efek samping yang tidak diharapkan. Keracunan dapat terjadi terhadap seseorang jika pestisida termakan atau uapnya terhisap.

Dengan demikian, penggunaan pestisida harus selalu mengikuti petunjuk yang benar demi menghindari keracunan terhadap pengguna atau masyarakat umum. Beberapa hal yang perlu diperhatikan jika menggunakan pestisida adalah sebagai berikut.

(a) Kenali jenis hama atau penyakit tanaman yang akan dibasmi.
(b) Kenali keunggulan dan kelemahan setiap pestisida yang terpilih.
(c) Ikuti aturan pemakaian pestisida yang terpilih dan pastikan pemakaiannya tidak mengancam lingkungan sekitarnya.

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Uraikan secara ringkas perbedaan antara pestisida, insektisida, herbisida, dan fungisida.
2. Mengapa pestisida harus digunakan secara hati-hati? Bagaimana cara mengendalikan penggunaan pestisida yang baik dan aman?

C. Kimia dalam Makanan dan Obat-Obatan

Disadari atau tidak, sejumlah zat kimia telah banyak Anda konsumsi baik langsung atau tidak langsung. Bahan-bahan kimia yang dikonsumsi secara langsung misalnya *zat aditif* pada makanan. Bahan-bahan kimia yang dikonsumsi secara tidak langsung misalnya pupuk dan pestisida.

Kebanyakan makanan yang diproduksi dalam skala industri biasanya mengandung zat-zat aditif yang ditambahkan langsung kepada makanan. Zat-zat tersebut berguna sebagai penambah aroma, cita rasa, pengawet, maupun pewarna.

1. Zat Aditif pada Makanan

Untuk menghasilkan makanan yang berkualitas, para ahli kimia berusaha membuat zat aditif makanan. Zat aditif makanan adalah zat kimia yang tidak biasa dimakan secara langsung, tetapi ditambahkan ke dalam makanan untuk menghasilkan sifat dan rasa tertentu, seperti cita rasa, bentuk, aroma, warna, dan tahan lama (awet).

Berbagai zat aditif tradisional sudah sejak dulu digunakan untuk meningkatkan kesempurnaan makanan. Misalnya, makanan dicampur dengan rempah-rempah guna membangkitkan selera makan sebab rempah-rempah dapat meningkatkan cita rasa pada makanan.

Dengan berkembangnya berbagai jenis makanan dan teknologi makanan, berkembang pula zat aditif buatan yang diolah secara kimia. Zat aditif yang ditambahkan ke dalam makanan dapat dicampur langsung ke dalam makanan yang sudah diproses atau ketika makanan itu diproses, bahkan ketika makanan siap saji.

a. Pemanis Buatan

Pada mulanya, penggunaan pemanis buatan diberikan kepada konsumen yang menghindari konsumsi gula berkalori tinggi, seperti penderita diabetes dan kegemukan. Seiring dengan berkembangnya konsumsi terhadap makanan, produk makanan kini banyak mengandung pemanis buatan. Pemanis makanan tradisional biasanya menggunakan gula tebu atau gula aren (kelapa). Pemanis buatan yang diizinkan oleh Depkes (Departemen Kesehatan) adalah sakarin, aspartam, dan sorbitol.

Sakarin adalah senyawa turunan benzena berupa kristal putih yang hampir tidak berbau. Rasa manis sakarin 800 kali dari rasa manis gula tebu. Sakarin ditambahkan ke dalam minuman atau biskuit dengan dosis tidak melebihi 1 g per hari.

Kata Kunci

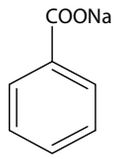
- Aspartam
- Karsinogen
- Sakarin
- Siklamat
- Sorbitol
- Zat aditif

Aspartam berupa serbuk berwarna putih, tidak berbau, dan bersifat higroskopis. Rasa manis aspartam sama dengan 200 kali dibandingkan gula tebu. Untuk setiap kg berat badan, jumlah aspartam yang boleh dikonsumsi setiap harinya adalah 40 mg. Aspartam sangat dianjurkan untuk *tidak ditambahkan* ke dalam makanan anak-anak, terutama yang sudah mengandung sodium glutamat (vetsin).

Bahan pemanis lain yang dibolehkan pemakaiannya antara lain adalah siklamat dan sorbitol. Di Amerika Serikat, garam-garam siklamat sudah dilarang penggunaannya sebab berpotensi karsinogen (penyebab kanker). Hasil metabolisme siklamat merupakan senyawa yang bersifat karsinogen.

b. Pengawet Buatan

Penambahan zat pengawet pada makanan berguna untuk melindungi makanan agar tidak cepat membusuk dan dapat bertahan dalam kurun waktu lama tanpa mengurangi nilai gizi maupun rasanya. Jenis bahan pengawet dapat berupa zat organik maupun zat anorganik. Bahan pengawet berperan dalam menghambat proses fermentasi, pengasaman, dan proses penguraian lain akibat adanya mikroorganisme dalam makanan.



Struktur molekul Na–benzoat

Bahan-bahan pengawet yang banyak digunakan adalah belerang dioksida, asam benzoat, asam propionat, asam sorbat, senyawa kalium dan natrium dari nitrat atau nitrit. Kuantitas bahan kimia pengawet yang diizinkan bergantung pada jenis makanan yang diawetkan.

Asam benzoat berfungsi mengendalikan pertumbuhan jamur dan bakteri. Pemakaian asam benzoat dengan kadar >250 ppm dapat memberikan efek samping berupa alergi. Pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan iritasi pada lambung dan saluran pencernaan.

Asam propionat dapat digunakan untuk mencegah hama berupa binatang kapang yang menyerang roti dan kue kering, sedangkan asam sorbat digunakan untuk mencegah *kapang* dalam keju.

c. Antioksidan

Bahan tambahan makanan yang lain adalah zat yang berperan sebagai antioksidan dan anti kempal atau penstabil. Zat antioksidan adalah zat yang berfungsi untuk mencegah oksidasi pada makanan. Contoh zat antioksidan: asam askorbat, asam sitrat, butilated hidroksi anisol (BHA), butilated hidroksi toulena (BHT), paraben (*p*-hidroksibenzoat), dan propilgalat.

Makanan pada umumnya tidak stabil. Contoh, jika lemak atau minyak dibiarkan di udara terbuka maka akan teroksidasi dan menimbulkan bau tengik. Reaksi oksidasi ini menguraikan makanan menjadi molekul-molekul kecil sehingga merusak bahan makanan. Bahkan dapat menimbulkan racun terhadap makanan.

Masalah oksidasi dapat diatasi dengan menambahkan zat antioksidan ke dalam bahan makanan. Bahan tersebut berfungsi menghambat oksidasi pada makanan.

Zat anti kempal adalah zat yang mampu mencegah terjadinya penggumpalan bahan makanan berbentuk serbuk. Contoh zat anti kempal yaitu kalium silikat, silikon dioksida, dan kalsium fosfat.

Beberapa zat tertentu pada masa lalu pernah digunakan sebagai bahan tambahan makanan, tetapi setelah dikaji lebih banyak bahayanya dibandingkan manfaatnya sehingga zat-zat tambahan makanan tersebut dilarang penggunaannya.

Beberapa zat tambahan yang dilarang, yaitu boraks dan turunannya; asam salisilat dan garamnya; formalin; kalium klorat; dulsin; minyak nabati yang dibrominasi; dietil pirokarbonat; nitropirazon; dan kloramphenikol.

d. Pewarna Makanan

Pewarna dari bahan alam jumlahnya sangat terbatas dan pada saat makanan diolah, pewarna dari bahan alam biasanya pudar. Selain itu, pewarna bahan alam tidak tahan lama karena pembusukan.

Pewarna buatan bertujuan menjadikan makanan seolah-olah memiliki banyak warna dan menimbulkan daya tarik tersendiri. Pewarna buatan umumnya berasal dari senyawa aromatik diazonium.

Beberapa pewarna buatan yang diizinkan oleh Depkes untuk ditambahkan ke dalam makanan dapat dilihat pada **Tabel 10.11**.

Tabel 10.11 Pewarna Makanan yang Diizinkan Oleh Depkes

Nama	Nama Niaga
Amaran	*Food red 2*
Biru berlian	*Food blue 2*
Eritrosin	*Food red 3*
Hijau FCF	*Food green 3*
Indigotin	*Food blue 1*
Hijau S	*Food green 4*

Beberapa pewarna berbahaya dan dilarang penggunaannya karena berpotensi menimbulkan karsinogen, yaitu *auramin* (merek dagang, *basic yellow* 2), *ponceau 3R* (*solvent yellow* 5), *sudan I* (*food yellow* 14), dan *rhodamin B* (*food red* 15).

Tabel 10.12 Pewarna Makanan yang Dilarang

Nama	Nama Niaga
Auramin	*Basic Yellow 2*
Ponceau 3R	*Solvent Yellow5*
Sudan I	*Food yellow 14*
Rhodamin B	*Food red 15*

Selain pewarna makanan, ada juga zat pemutih makanan, seperti hidrogen peroksida, benzoil peroksida, kalium iodat, dan aseton peroksida. Zat pemutih ini berguna memperbarui warna makanan tanpa merusak komposisi bahan makanan.

Tepung yang masih baru biasanya berwarna kuning kecokelatan. Untuk itu, zat pemutih ditambahkan ke dalam tepung agar tampak putih dan menarik. Hidrogen peroksida digunakan untuk memutihkan warna susu yang akan dijadikan keju. Selain itu, juga digunakan untuk memutihkan kulit sapi dan mengembangkannya menjadi bahan kerupuk kulit.

e. Pecita Rasa dan Aroma

Zat pemberi aroma atau pecita rasa (zat penambah cita rasa) pada makanan adalah zat yang dapat memberikan, menambah, dan mempertegas rasa serta aroma suatu produk makanan. Misalnya, zat pecita rasa buatan seperti monosodium glutamat atau vetsin (perhatikan **Gambar 10.22**). Zat ini tidak memiliki cita rasa jika dimakan langsung, tetapi dapat menimbulkan cita rasa khas jika ditambahkan ke dalam makanan.

Vetsin adalah asam amino karboksilat yang diperlukan tubuh untuk membentuk protein. Namun, pemakaian vetsin yang berlebihan dapat menimbulkan penyakit bagi manusia, khususnya pada bayi dapat menimbulkan kerusakan otak.

Pecita rasa buatan biasanya dipakai untuk mengembalikan rasa yang hilang selama makanan diproses. Kebanyakan pecita rasa berasal dari senyawa kimia golongan ester.

Senyawa ester paling banyak digunakan untuk pecita rasa dan pemberi aroma buah-buahan. Beberapa senyawa ester yang biasa ditambahkan ke dalam minuman ringan di antaranya, yaitu:

1) benzaldehida ditambahkan ke dalam minuman agar memiliki rasa dan aroma seperti buah lobi-lobi;
2) etilbutirat ditambahkan ke dalam minuman agar memiliki rasa dan aroma seperti buah nanas;
3) oktil asetat ditambahkan ke dalam minuman agar memiliki rasa dan aroma seperti buah jeruk;
4) amil asetat ditambahkan ke dalam minuman agar memiliki rasa dan aroma seperti buah pisang;
5) amil valerat ditambahkan ke dalam minuman agar memiliki rasa dan aroma seperti buah apel.

Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 10.22
Monosodium glutamat sebagai pecita rasa.

2. Kimia Obat-obatan

Pada umumnya, obat-obatan yang diproduksi dapat dikelompokkan ke dalam obat *analgesik*, *antibiotik*, *psikiatrik*, dan *hormon*. Hampir setengah dari obat-obatan yang telah diproduksi berasal dari tumbuhan dan mikroorganisme yang diolah secara kimia. Sisanya berasal dari hasil

Kata Kunci

- Analgesik
- Antibiotik
- Psikiatrik
- Hormon
- *Chemoteraphy*

racikan bahan kimia yang disebut obat sintetik. Teknik pengobatan menggunakan prinsip kimia disebut *chemoteraphy*.

Selain obat-obatan yang dikembangkan secara kimia, terdapat obat-obatan tradisonal. Obat tradisonal adalah obat-obatan yang diperoleh dari sumber alam tanpa diproses secara kimia. Obat tradisional biasanya diperoleh dari tumbuhan, hewan, atau mineral alam.

a. Zat Analgesik

Analgesik adalah sejenis obat yang digunakan untuk mengurangi rasa sakit. Jika Anda merasa sakit fisik, otak akan mengeluarkan zat kimia yang disebut analgesik. Dengan berkembangnya ilmu Kimia dan Farmasi, para pakar berhasil menemukan struktur molekul analgesik dan mampu membuat analgesik tiruan. Obat analgesik dipasarkan dan dikemas dengan nama dagang tertentu, seperti *aspirin*, *parasetamol*, dan *kodei*na.

Sumber: *Sougou Kagashi*

Gambar 10.23
Aspirin, berfungsi untuk mengurangi rasa sakit.

1) Aspirin

Pada abad ke-19, asam salisilat berhasil diekstrak dari pohon *willow*. Asam ini digunakan untuk menurunkan deman. Akan tetapi, karena rasanya pahit maka perusahaan Bayer membuat obat yang sejenis yaitu *asetil salisilat* atau nama dagangnya *aspirin*.

Aspirin berfungsi mengurangi rasa sakit, seperti sakit kepala atau sakit gigi (perhatikan **Gambar 10.23**). Aspirin juga dapat digunakan untuk menurunkan suhu tubuh. Akan tetapi, untuk mengurangi rasa sakit, penggunaan aspirin harus hati-hati sebab bahan ini dapat melukai dinding usus dan memiliki sifat candu (ketagihan).

2) Parasetamol

Parasetamol dipasarkan kali pertama dengan nama dagang *panadol*. Parasetamol memiliki kegunaan yang sama seperti aspirin, yaitu mengurangi rasa sakit (**Gambar10.24** menunjukkan contoh parasetamol). Namun, parasetamol tidak begitu berbahaya jika dibandingkan dengan aspirin sebab parasetamol tidak melukai dinding usus.

3) Kodein

Kodein adalah salah satu bahan kimia aktif yang terdapat dalam madat atau candu. Pengaruh kodeina sama seperti morfin, yaitu digunakan untuk mengurangi rasa sakit, tetapi morfin dapat menimbulkan ketagihan, sedangkan kodein tidak menimbulkan ketagihan.

Sumber: *cgi.ebay.de*

Gambar 10.24
Parasetamol digunakan untuk mengurangi rasa sakit.

Kodein merupakan salah satu senyawa kimia yang ditambahkan ke dalam obat sakit kepala atau obat batuk agar pasien menjadi ngantuk. Pengaruh kodein lebih kuat dibandingkan aspirin. Selain itu, kodein dapat juga bertindak sebagai *depresan*, yaitu dapat mengurangi sebagian aktivitas otak dan saraf.

Pemakaian kodein dalam dosis tinggi dan dalam kurun waktu lama dapat menyebabkan ketagihan, ini dapat mengancam kesehatan. Kodein dosis tinggi menyebabkan penglihatan kurang terang, tingkah laku seperti orang mabuk, dan bingung.

b. Zat Antibiotik

Antibiotik adalah bahan kimia yang dapat membunuh bakteri atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang berjangkit di dalam tubuh. Pada umumnya, zat antibiotik yang dipakai berasal dari bakteri

Penicilium dan bakteri *Streptomyces*. Mikroorganisme yang dapat menghasilkan antibiotik umumnya hidup di dalam tanah.

Ada beberapa jenis antibiotik yang beredar di pasaran, seperti antibiotik yang dapat membunuh berbagai jenis bakteri (memiliki spektrum luas), tetapi ada juga antibiotik yang bertindak secara khusus terhadap bakteri tertentu. Oleh sebab itu, antibiotik tidak boleh dijual bebas, tetapi harus dengan resep dokter.

Antibiotik yang baik adalah antibiotik yang mampu membunuh bakteri, tetapi tidak merusak jaringan sel dalam tubuh. Antibiotik dapat dikonsumsi secara langsung melalui pencernaan (dalam bentuk pil atau tablet) atau dapat juga disuntikkan ke dalam tubuh pasien.

Zat antibiotik tidak baik dikonsumsi jika tidak sakit sebab bakteri memiliki kemampuan untuk memproduksi zat yang kebal terhadap antibiotik itu. Pada akhirnya, jika Anda sakit akibat bakteri tersebut maka antibiotik yang dikonsumsi tidak mampu membunuh bakteri tersebut sebab sudah kebal terhadap zat antibiotik.

Kata Kunci

- Antibiotik
- Depresan
- Kodein
- Morfin
- Stimulan

1) Penisilin

Pada mulanya, penisilin hanya dapat dihasilkan dari mikroorganisme *Penicilium*. Saat ini, beberapa jenis penisilin sudah dapat disintesis. Penisilin efektif untuk membunuh bakteri *Staphylococci*. Penyakit yang dapat disembuhkan dengan antibiotik ini di antaranya *gonorhoe*, *sifilis*, dan radang paru-paru (*pneumonia*).

Setelah dikaji cukup lama, akhirnya diketahui bahwa bagian aktif dari penisilin adalah *asam 6–amino–penicillamat*, disingkat dengan *6-apa*. Sejak ditemukan bagian aktif ini, berbagai jenis antibiotik sintetik telah dibuat berdasarkan struktur molekul 6–apa.

Pada umumnya, penisilin merupakan obat antibiotik yang aman untuk dikonsumsi (**Gambar 10.25**) merupakan contoh penisilin), tetapi ada juga sebagian pasien yang alergi terhadap penisilin. Pasien seperti ini biasanya setelah mengonsumsi penisilin merasa gatal-gatal dan kulit menjadi bercak merah. Jika ini terjadi maka pengobatan dengan penisilin harus dihentikan.

Sumber: *idealimiz.com*

Gambar 10.25
Penisilin adalah obat antibiotik yang kali pertama ditemukan oleh Sir Alexander Flemming.

2) Streptomisin

Penisilin dapat membunuh berbagai jenis bakteri, tetapi penisilin tidak berpengaruh terhadap bakteri seperti *Tuber colocys* dan beberapa bakteri lainnya. Untuk mengatasi bakteri penyebab TBC digunakan antibiotik lain, yaitu *streptomisin*.

Streptomisin adalah antibiotik untuk mengobati penyakit yang disebabkan oleh bakteri Tuber Colocys (TBC). Streptomisin dihasilkan oleh mikroorganisme genus *Streptomyces*.

Streptomisin tidak boleh dikonsumsi melalui pencernaan karena dapat melukai dinding usus sehingga obat ini harus diberikan kepada pasien melalui penyuntikan. Efek samping dari streptomisin umumnya demam, kulit bercak, muntah, dan sakit tenggorokan.

Beberapa jenis bakteri mampu menyesuaikan diri dan kebal terhadap antibiotik, yang dipakai selama pengobatan. Jika ini terjadi maka pengobatan dengan antibiotik tersebut tidak akan sembuh. Gejala ini biasanya muncul pada penderita yang tidak disiplin memakan obat.

c. Zat Psikiatris

Psikiatris adalah jenis obat-obatan yang dapat memengaruhi bagian tertentu dari sistem saraf. Jika obat ini dikonsumsi maka orang yang mengonsumsinya akan melakukan tindakan di luar kesadaran atau di luar kendali sistem saraf. Kebanyakan obat psikiatris bertindak secara langsung kepada sistem saraf. Terdapat berbagai jenis obat psikiatris seperti *stimulan* dan *depresan*.

Sumber: *CD Image*

Gambar 10.26
Penyalahgunaan narkoba dapat mengakibatkan kerusakan sistem saraf.

1) Stimulan

Stimulan digunakan untuk mempercepat tindakan sistem saraf. Jadi, jika seseorang mengonsumsi obat ini dapat menyebabkan orang tersebut merasa lebih percaya diri.

Zat stimulan yang berasal dari tubuh contohnya adalah adrenalin, yaitu sejenis stimulan yang dihasilkan oleh kelenjar adrenal dalam tubuh. Stimulan berkerja dengan cara memacu kerja jantung lebih kuat dan cepat sehingga tubuh kita merasa lebih siap menghadapi berbagai kecemasan.

Dengan adanya stimulan maka organ-organ dalam tubuh akan bertindak lebih tangkas dari biasanya. Terdapat beberapa jenis stimulan di antaranya amfetamin, kokain, dan obat-obatan tergolong narkoba seperti pada **Gambar 10.26**.

a) Amfetamin

Amfetamin digunakan untuk mengurangi rasa cemas yang berlebihan dan mengurangi selera makan sehingga berat badan turun. Di samping itu, amfetamin juga digunakan untuk menjaga gairah hidup. Dengan mengonsumsi amfetamin, pengguna merasa lebih berenergi, lebih gembira, dan senang berbicara.

Pasien yang banyak mengonsumsi amfetamin dalam dosis tinggi akan menjadi agresif dan ganas serta sering mengkhayal. Hal ini akan menimbulkan perasaan yang tidak menentu serta sering mendengar suara-suara yang tidak jelas sumbernya.

Obat-obatan yang termasuk amfetamin di antaranya *dextro-amfetamin* (dexedrina) dan *metamfetamin* (methedrina). Kedua obat ini sangat efektif untuk mengobati penyakit kecemasan dan sering muram. Obat ini juga dapat menimbulkan ketagihan.

b) Kokain

Kokain adalah sejenis alkaloid yang dapat diekstrak dari pohon koka (*Erythroxylon coca*). Kokain merupakan stimulan yang kuat dan digunakan sebagai obat bius dalam pembedahan lokal seperti mulut, mata, dan telinga. Namun, obat ini dapat menimbulkan ketagihan dan tergolong narkoba.

Jenis alkaloid lain meliputi sejumlah obat-obatan adalah *morfin* dan *quinin* (kina). Morfin diekstrak dari bunga madat dan quinin diekstrak dalam kulit pohon kina. Senyawa lain yang sejenis adalah *heroin* dan *LSD* (*lysergic acid diethylamida*).

Sumber: *www.safebryo.cz*

Gambar 10.27
Barbiturat digunakan bagi penderita sakit jiwa.

2) Depresan

Depresan adalah jenis obat-obatan yang berfungsi mengurangi aktivitas sebagian otak dan mengurangi aktivitas sistem saraf. Orang yang mengonsumsi obat jenis ini akan merasa ngantuk dan merasa gembira. Ada beberapa jenis obat-obatan yang tergolong obat depresan

di antaranya adalah *barbiturat* (perhatikan **Gambar 10.27**) dan *trankuilizer*. Barbiturat dan trankuilizer bertindak sebagai sedatif dan juga hipnotik, yaitu obat yang dipakai untuk penderita sakit jiwa. Sedatif bersifat sebagai obat penenang, sedangkan hipotik menyebabkan pasien tidak tenang.

Pemakaian dosis tinggi barbiturat akan tampak berperilaku seperti orang mabuk dan suara kurang jelas bahkan dapat mengakibatkan hilangnya keseimbangan tubuh. Dosis yang terlampau tinggi dapat menimbulkan kematian karena menyumbat saluran nafas.

Trankuilizer dipakai sebagai pengganti barbiturat. Reaktivitas obat ini sama dengan barbiturat, keunggulannya tidak menyebabkan ketagihan. Trankuilizer biasanya digunakan bagi pasien yang mengikuti program psikoterapi.

d. Hormon

Hormon merupakan salah satu senyawa karbon yang dihasilkan oleh kelenjar tubuh. Hormon sintetik telah berhasil dikembangkan. Hormon sintetik digunakan untuk menghasilkan hormon ketika kelenjar pasien yang memproduksi hormon telah rusak, misalnya akibat pembedahan atau kelenjar tidak dapat berfungsi secara normal.

Hormon dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan, yaitu golongan peptida dan golongan steroid. Golongan peptida terdiri atas molekul-molekul asam amino yang larut dalam air, misalnya *insulin*. Steroid merupakan molekul besar yang dihasilkan dari kolesterol. Hormon ini lebih larut dalam lemak daripada di dalam air. Contoh hormon ini yaitu *kortison*.

Sumber: *co.weld.co.us*

Gambar 10.28
Insulin tidak boleh dikonsumsi melalui mulut sebab insulin sejenis protein.

1) Hormon Insulin

Insulin adalah sejenis hormon yang berperan mengendalikan keseimbangan glukosa dalam darah (perhatikan **Gambar 10.28**). Insulin dihasilkan oleh sel pankreas. Hormon insulin membiarkan sel tubuh menggunakan glukosa dalam darah.

Tanpa insulin, konsentrasi glukosa dalam darah akan meningkat. Jika hal ini dibiarkan maka glukosa akan ditemukan dalam air seni. Keadaan ini dinamakan penyakit *diabetes mellitus*. Pengobatan penyakit ini dilakukan dengan menyuntikkan insulin ke dalam tubuh. Akan tetapi, jika insulin berada pada konsentrasi yang tinggi dalam darah maka kadar gula dalam darah akan menjadi telampau rendah. Jika ini terjadi, dapat menyebabkan keadaan *hipoglikemia*. Gejalanya, pasien akan berkeringat, lemah, dan kabur penglihatan.

2) Kortison

Kortison merupakan salah satu obat steroid. Pada mulanya hormon ini diperoleh dari korteks kelenjar adrenal. Pada 1946, pakar kimia telah berhasil menyintesis kortison dari empedu.

Kortison biasanya digunakan untuk mengobati penyakit *rheumatoid arthritis*. Penyakit ini mengakibatkan persendian tulang menjadi bengkak, sakit, dan kejang-kejang. Kortison juga digunakan mengobati penyakit radang paru-paru, bengkak, asma, dan penyakit kulit yang disebabkan alergi.

Tes Kompetensi Subbab C

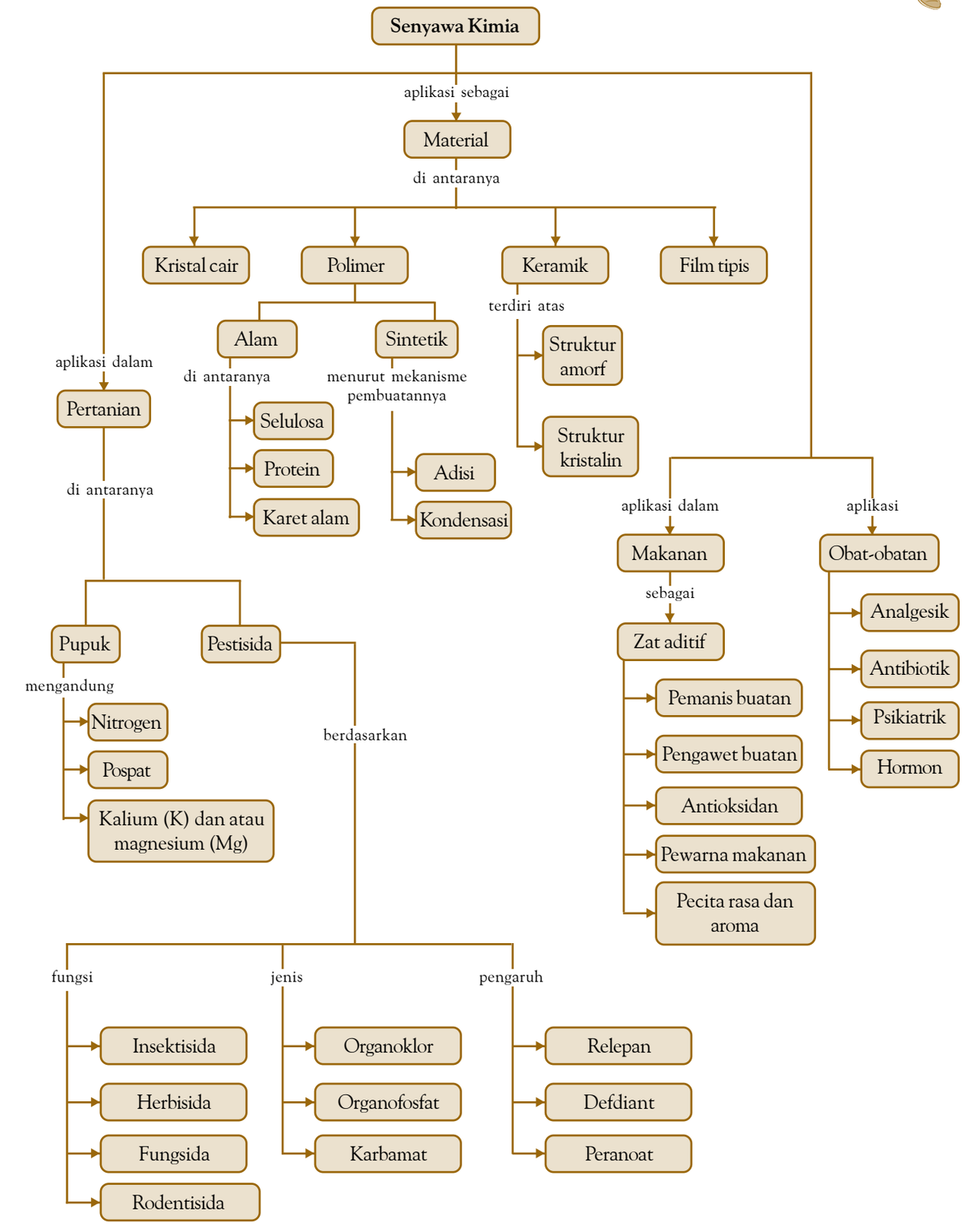
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa makanan perlu diawetkan? Jelaskan penggunaan beberapa bahan pengawet yang biasa digunakan.
2. Selain bahan pengawet, bahan tambahan makanan lain sering digunakan seperti pewarna, pecita rasa, dan antioksidan. Jelaskan secara singkat tentang fungsi dan kegunaan setiap zat aditif tersebut.
3. Apakah yang dimaksud dengan bahan analgesik? Berikan contohnya.
4. Antibiotik adalah suatu jenis obat yang digunakan untuk memberantas berjangkitnya kuman atau bakteri yang merugikan. Apakah sumber mikroorganisme yang mengandung zat antibiotik? Berikan contohnya.
5. Apakah yang dimaksud dengan masalah psikiatris? Tuliskan tiga jenis obat untuk menyembuhkan penyakit psikiatris?

Rangkuman

1. Tujuan ilmu Kimia adalah untuk menemukan dan mengembangkan material baru yang berguna bagi manusia, sebagai upaya untuk meningkatkan taraf hidup manusia ke arah yang lebih mudah, praktis, cepat, dan instan.
2. Material baru yang sudah dan masih terus dikembangkan adalah kristal cair, polimer, keramik, dan film tipis.
3. Material baru yang sedang dalam pengembangan dengan aplikasi saat ini masih terbatas adalah nanomaterial dan biomaterial.
4. Pupuk dan pestisida adalah zat kimia yang digunakan untuk tujuan peningkatan hasil produksi pertanian. Pupuk buatan merupakan zat kimia yang mengandung unsur N, P, dan K atau perpaduannya.
5. Membunuh hama seperti serangga, jamur, rodensia, dan tumbuhan pengganggu. Jenis senyawa pestisida terdiri atas senyawa yang mengandung klor, fosfor dan senyawa karbamat.
6. Dalam makanan olahan ditambahkan zat aditif yang berfungsi sebagai pemanis, pengawet, pewarna, pemberi aroma dan citarasa, penggempal/pengeras.
7. Pada umumnya, obat-obatan yang diproduksi dapat dikelompokkan ke dalam obat *analgesik*, *antibiotik*, *psikiatrik*, dan *hormon*.

Peta Konsep


Senyawa Kimia
aplikasi sebagai
Material
di antaranya
Kristal cair
Polimer
Keramik
Film tipis
terdiri atas
Struktur amorf
Struktur kristalin
Alam
Sintetik
di antaranya
menurut mekanisme pembuatannya
Selulosa
Protein
Karet alam
Adisi
Kondensasi
aplikasi dalam
Pertanian
di antaranya
Pupuk
Pestisida
mengandung
Nitrogen
Pospat
Kalium (K) dan atau magnesium (Mg)
berdasarkan
aplikasi dalam
aplikasi
Makanan
Obat-obatan
sebagai
Zat aditif
Pemanis buatan
Pengawet buatan
Antioksidan
Pewarna makanan
Pecita rasa dan aroma
Analgesik
Antibiotik
Psikiatrik
Hormon
fungsi
jenis
pengaruh
Insektisida
Herbisida
Fungsida
Rodentisida
Organoklor
Organofosfat
Karbamat
Relepan
Defdiant
Peranoat

Refleksi

Pada bab ini Anda telah mengetahui aplikasi kimia secara umum dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam bidang sandang, pangan, papan, perdagangan, seni maupun estetika. Perlunya memahami komposisi dari senyawa kimia tersebut adalah agar tidak terjadi penyalahgunaan yang justru mengakibatkan kerugian. Akan tetapi, masih banyak lagi aplikasi atau kegunaan dari senyawa kimia selain yang telah dibahas sebelumnya. Dapatkah Anda menyebutkan salah satu di antaranya?

Hal penting yang harus Anda ingat, jika Anda ingin menjadi seorang kimiawan, jadilah seorang kimiawan yang dapat menggali potensi yang telah disediakan oleh Maha Pencipta dengan tujuan menjadikan kehidupan ini lebih baik. Tentunya, dapat bertanggung jawab terhadap apa yang Anda lakukan.

Evaluasi Kompetensi Bab 10

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Seandainya di alam tidak terjadi proses-proses kimia maka ....
   A. di alam tidak ada kehidupan
   B. lebih baik dari keadaan sekarang
   C. tidak ada industri kimia dan persenjataan
   D. tidak akan terjadi perang dunia
   E. tidak memengaruhi apapun
2. Keunggulan televisi menggunakan layar LCD dibandingkan layar tabung sinar katode ....
   A. lebih mahal
   B. praktis dan gambar lebih halus
   C. layar dapat cembung atau datar
   D. pemakaian listrik lebih irit
   E. dapat digunakan untuk monitor komputer
3. Berikut ini yang *bukan* tergolong pengembangan material baru adalah ....
   A. pengolahan bijih logam menjadi logam
   B. pembuatan komposit
   C. pelapisan lensa dengan oksida logam yang sangat tipis
   D. sintesis senyawa yang memiliki orientasi tertentu dengan adanya medan magnet
   E. pembuatan material yang berukuran nano
4. Suatu materi dikategorikan sebagai kristal cair dengan struktur nematik jika memiliki orientasi ....
   A. teratur dalam keacakan
   B. teratur sempurna
   C. acak sempurna
   D. kadang-kadang teratur
   E. berubah-ubah seperti cairan biasa
5. Peralatan *display* berikut menggunakan bahan dari kristal cair, *kecuali* ....
   A. kalkulator digital
   B. jam tangan digital
   C. papan reklame (*billboard*)
   D. televisi layar datar dan tipis
   E. *handphone*
6. Kertas selofan dibuat dari polimer ....
   A. selulosa nitrat
   B. selulosa asetat
   C. seluloid
   D. selulosa sulfida
   E. karet alam
7. Karet alam merupakan polimer dari ....
   A. etena
   B. propena
   C. asetilena
   D. 1,4-isoprena
   E. 1,3-butadiena
8. Polimer yang dibentuk melalui reaksi polimerisasi adisi adalah ....
   A. tetoron
   B. teflon
   C. dakron
   D. nilon
   E. orlon
9. Semua polimer berikut dibuat melalui polimerisasi adisi, *kecuali* ....
   A. PVC
   B. nilon
   C. karet buatan
   D. polipropilen
   E. polietilen
10. PVC adalah suatu polimer plastik sebagai hasil polimerisasi dari ....
    A. $ClHC{=}CHCl$
    B. $ClHC{=}CCl_2$
    C. $H_2C{=}CHCl$
    D. $H_2C{=}CCl_2$
    E. $Cl_2C{=}CCl_2$
11. Nilon dapat dibuat melalui *swa-kondensasi* asam 6-aminoheksanoat ($NH_2(CH_2)_5CO_2H$). Satuan berulang dari polimer ini ....
    A. $(–NH(CH_2)_5CO–)$
    B. $(–NH(CH_2)_5CO_2H–)$
    C. $(–NH_3(CH_2)_5CO_2–)$
    D. $(–NH(CH_2)_5NHCO(CH_2)_5CO–)$
    E. $(–NH(CH_2)_5CO(CH_2)_5–)$
12. Senyawa berikut yang *bukan* bahan dasar keramik adalah ....
    A. SiO_2
    B. MgO
    C. C_2H_6
    D. Al_2O_3
    E. CaC_2

13. Material berikut yang *bukan* contoh dari keramik adalah ....
    A. semen
    B. porselen
    C. tembikar
    D. *piezo electric*
    E. teflon

14. Komposit keramik merupakan campuran dari ....
    A. keramik dan gelas
    B. semen dan pasir
    C. oksida logam dan bahan organik
    D. logam dan bukan logam
    E. oksida logam dan oksida bukan logam

15. Sifat-sifat khas yang dimiliki oleh keramik super-konduktor adalah ....
    A. keras tetapi getas
    B. insulator panas dan listrik yang sempurna
    C. tidak memiliki resistensi listrik
    D. menghasilkan medan magnet dan listrik
    E. dapat menghantarkan panas dan listrik

16. Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh material untuk dijadikan film tipis adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
    A. stabil secara kimia terhadap cuaca
    B. dapat melekat baik pada objek
    C. memiliki kerapatan imperfeksi rendah
    D. memiliki komposisi kimia yang tetap
    E. ketebalannya homogen

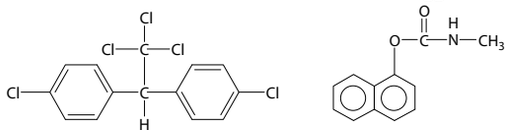
17. Unsur nitrogen penting bagi tumbuh-tumbuhan terutama untuk ....
    A. membentuk klorofil
    B. mempercepat pembentukan buah
    C. mempercepat tunas
    D. menambah kecepatan akar menyerap air
    E. membantu fotosintesis

18. Unsur-unsur yang berguna bagi tumbuhan dan terdapat dalam pupuk buatan adalah ....
    A. N, P, Al
    B. N, K, Mg
    C. N, P, K
    D. Cl, P, K
    E. Mg, S, P

19. **Ebtanas 1997**:
    Berikut ini merupakan contoh pupuk: (1) pupuk kandang, (2) urea, (3) kompos, (4) pupuk hijau, (5) tripel superfosfat, (6) ammonium sulfat.
    Jenis pupuk buatan adalah ....
    A. 1, 2, 3
    B. 1, 3, 4
    C. 2, 5, 6
    D. 2, 3, 4
    E. 4, 5, 6

20. Jenis pupuk yang mengandung fosfor adalah ....
    A. ZA
    B. Urea
    C. TSP
    D. ZK
    E. KCl

21. Perhatikan rumus struktur dari racun serangga berikut.



    Kedua pestisida tersebut tergolong senyawa ....
    A. organoklor dan organokarbamat
    B. organokarbamat dan organofosfat
    C. organokarbamat dan organologam
    D. organofosfat dan organoklor
    E. keduanya organologam

22. Pestisida yang mengandung atom klorin adalah ....
    A. IPC
    B. paration
    C. malation
    D. endrin
    E. PAN

23. Herbisida tergolong pestisida untuk membunuh…
    A. kecoa, nyamuk, tikus
    B. jamur, bakteri, dan lumut
    C. tikus
    D. alang-alang dan rumput
    E. jamur dan serangga

24. Di antara senyawa organik berikut, yang *tidak* digunakan sebagai pestisida adalah ....
    A. organoklor
    B. organofosfat
    C. organokarbamat
    D. organonitrat
    E. organologam

25. Asam askorbat ditambahkan ke dalam vitamin untuk digunakan sebagai pengawet. Asam askorbat berguna untuk ....
    A. memberikan rasa pada vitamin
    B. menjadikan vitamin mudah dicerna
    C. meningkatkan kerja vitamin
    D. mencegah vitamin dari oksidasi
    E. mengoksidasi bakteri

26. **Ebtanas 1998**:
    Monosodium glutamat, siklamat, dan sodium benzoat berturut-turut adalah zat aditif pada makanan yang berguna sebagai ....
    A. penyedap rasa, pengawet, pemanis
    B. penyedap rasa, pemanis, pengawet
    C. pengawet, penyedap rasa, pemanis
    D. pemanis, pengawet, penyedap rasa
    E. pemanis, penyedap rasa, pengawet

27. Cara yang cocok mengawetkan pisang untuk diekspor adalah ....
    A. pemekatan
    B. pendehidrasian
    C. pendinginan
    D. pengasaman
    E. pengemasan vakum

28. Senyawa berikut merupakan zat aditif untuk mengawetkan makanan, *kecuali* ....
    A. asam askorbat
    B. indigotin
    C. cuka
    D. natrium benzoat
    E. natrium klorida

29. Bahan pewarna berikut yang sudah dilarang pemakaiannya pada makanan adalah ....
    A. Rhodamin B
    B. Amaran
    C. Eritrosin
    D. Tartrazin
    E. Indigotin

30. Zat aditif yang biasa dipakai untuk meningkatkan aroma dan rasa buah pisang pada makanan adalah ....
    A. benzaldehida
    B. oktil asetat
    C. amil valerat
    D. etilbutirat
    E. amil asetat
31. Zat berikut tergolong antioksidan, *kecuali* ....
    A. BHA
    B. paraben
    C. benzoat
    D. BHT
    E. propilgalat
32. Senyawa yang merupakan zat antibiotik adalah ....
    A. streptomisin
    B. parasetamol
    C. kodein
    D. morfin
    E. aspirin
33. Antibiotik yang dapat digunakan untuk mengobati penyakit TBC adalah ....
    A. streptomisin
    B. parasetamol
    C. kodein
    D. penisilin
    E. kokain
34. Obat yang tergolong stimulan adalah ....
    A. antibiotik
    B. analgesik
    C. hormon
    D. psikiatris
    E. panadol
35. Aspirin dapat dipakai untuk ....
    A. membunuh bakteri yang menyebabkan penyakit
    B. merendahkan kadar gula dalam darah
    C. mengurangi rasa sakit dan demam
    D. mengobati penyakit pneumonia
    E. membunuh mikroorganisme dalam tubuh

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Dalam hal apakah kristal cair fasa nematik sama dengan cairan biasa? Dalam hal apa pula berbeda sifat fisikanya?
2. Jelaskan perbedaan antara fasa nematik dan fasa smektik secara molekuler.
3. Jelaskan perbedaan antara plastik LDPE dan HDPE? Mengapa terjadi perbedaan? Jelaskan secara molekuler.
4. Tuliskan persamaan kimia yang menyatakan pembentukan (a) polikloropropena dari kloro-propena ($CH_2=CH(Cl)=CH_2$), (b) poliakrilonitril dari akrilonitril ($CH_2=CH–CN$).
5. Mengapa material keramik umumnya bersifat getas (tidak lentur)?
6. Kalsium superfosfat dan urea merupakan pupuk yang lebih berpengaruh dibandingkan dengan pupuk kalsium fosfat dan amonium. Mengapa demikian? Jelaskan.
7. Apakah perbedaan pupuk alam dan pupuk buatan ditinjau dari kandungan zat kimianya?
8. Zat aditif pada makanan dapat menguntungkan dan merugikan konsumen. Tuliskan beberapa keuntungan dan kerugian dari zat aditif tersebut bagi manusia.

Proyek Semester 2

Pengujian Pengaruh Udara, Asam, dan Air terhadap Pengaratan Besi

Tahukah Anda penyebab dari pengaratan besi? Pengaratan besi dapat terjadi karena teroksidasinya besi oleh udara. Pada proyek semester kali ini, Anda akan diajak untuk menyelidiki pengaruh udara dan air terhadap pengaratan besi. Perhatikanlah oleh Anda langkah-langkah kerja dari proyek semester berikut dan kerjakanlah secara berkelompok.

Tujuan

Menguji pengaruh udara, asam, dan air terhadap pengaratan besi.

Alat dan Bahan

6 buah paku besi, 6 buah wadah transparan (gelas), air, dan tutup wadah

Langkah Kerja

1. Masukkan setiap paku ke dalam setiap wadah, kemudian berilah label A, B, C, D, E dan F pada setiap wadah.
2. Tuangkan air ke dalam wadah A dan C hingga paku terendam (hanya wadah A dan C yang direndam air).
3. Masukkan asam klorida 0,1 M pada wadah E dan F.
3. Tutup wadah A, B dan E (hanya wadah A, B, dan E yang ditutup).
4. Simpan setiap wadah di udara terbuka secara berdampingan.
5. Amatilah perubahan yang terjadi setiap 2 hari sekali dan catat perubahan yang terjadi pada setiap paku. Lakukan ini selama 14 hari.

Buatlah laporan dari proyek semester ini

Evaluasi Kompetensi Kimia
Semester 2

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Di antara materi berikut yang *bukan* campuran homogen adalah ....
   A. air laut
   B. udara
   C. air teh
   D. aloi
   E. lumpur

2. Di antara zat berikut di dalam air dapat membentuk larutan nonelektrolit di dalam air adalah ....
   A. $MgCl_2$
   B. NaOH
   C. NH_3
   D. CCl_4
   E. HCl

3. Air laut dapat menghantarkan arus listrik sebab dalam air laut terkandung ...
   A. ion-ion H^+ dan Cl^-
   B. molekul H_2O dan $CaCO_3$
   C. ion-ion Na^+, Mg^{2+}, Cl^-, Ca^{2+}
   D. mineral-mineral
   E. gas-gas terlarut

4. HCl adalah senyawa kovalen, tetapi dalam air dapat menghantarkan arus listrik sebab ....
   A. atom Cl dapat menarik pasangan elektron ikatan sehingga bermuatan negatif
   B. atom H dan Cl bersifat ionik
   C. molekul HCl bermuatan listrik
   D. bereaksi dengan air membentuk H^+ dan Cl^-
   E. menguraikan molekul air menjadi ion-ionnya

5. Manakah di antara reaksi berikut yang merupakan reaksi reduksi menurut konsep *pengikatan oksigen*?
   A. $ZnO(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(s) + H_2O(l)$
   B. $Cl_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2Cl(g) + I_2(g)$
   C. $BaCl_2(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2HCl(aq)$
   D. $SO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_3(aq)$
   E. $CO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow CH_4(aq) + 2O_2(g)$

6. Perhatikan reaksi yang berlangsung pada suhu 800– 1600°C berikut.
   $FeO(s) + CO(g) \rightarrow Fe(s) + CO_2(g)$
   Senyawa yang berperan sebagai reduktor adalah ....
   A. FeO
   B. CO
   C. Fe
   D. CO_2
   E. H_2

7. Hidrogen peroksida terurai menjadi oksigen dan air menurut persamaan:
   $H_2O_2(\ell) \rightarrow H_2O(\ell) + O_2(g)$.
   Dalam reaksi tersebut H_2O_2 ....
   A. direduksi menjadi O_2 dan dioksidasi menjadi H_2O
   B. dioksidasi menjadi O_2 dan direduksi menjadi H_2O
   C. dioksidasi menjadi O_2 dan H_2O
   D. direduksi menjadi O_2 dan H_2O
   E. terurai tanpa mengalami reaksi redoks

8. Reaksi berikut yang *bukan* merupakan reaksi redoks adalah ....
   A. $(NH_4)_2Cr_2O_7(aq) \rightarrow N_2(g) + 4H_2O(l) + Cr_2O_3(s)$
   B. $CuCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CuSO_4(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$
   C. $H_2S(g) + 2H_2O(l) + 3Cl_2(g) \rightarrow SO_2(g) + 6HCl(aq)$
   D. $Mg(s) + CuSO_4(s) \rightarrow MgSO_4(s) + Cu(s)$
   E. $3CH_3CHOHCH_3(aq) + 2Cr_2O_3(s) \rightarrow 3CH_3COCH_3(aq) + 2Cr(OH)_3(s)$

9. Pada reaksi:
   $FeI_2(aq) + Cl_2(g) \rightarrow FeCl_2(aq) + I_2(s)$
   molekul klorin ....
   A. mengoksidasi ion I
   B. mengoksidasi ion Fe^{2+}
   C. mereduksi ion I
   D. mereduksi ion Fe^{2+}
   E. berperan sebagai reduktor

10. Pada baterai litium terjadi reaksi:
    $2Li(s) \rightarrow 2Li^+(aq) + 2e^-$ (anode)
    $3I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I_3(s)$ (katode)
    Reaksi lengkapnya adalah ....
    A. $2Li(s) \rightarrow 2Li^+(aq)$
    B. $3I2(s) \rightarrow 2I_3(aq)$
    C. $2Li(s) + 3I_2(s) \rightarrow 2LiI_3(aq)$
    D. $2Li(s) + 3I_2(s) \rightarrow 2LiI(aq) + 2I_2(s)$
    E. $2Li(s) + 3I_2(s) \rightarrow 2LiI_2(aq) + 2I(aq)$

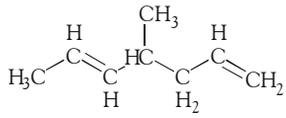
11. Reaksi lengkap yang terjadi pada baterai sel merkuri adalah
    $Zn(s) + HgO(s) \rightarrow ZnO(s) + Hg(\ell)$
    Biloks Hg dalam reaksi di atas adalah ....
    A. 0
    B. +1
    C. +2
    D. –1
    E. –2

12. Accu mobil tersusun atas elektrode-elektrode ....
    A. Pb dan PbO_2
    B. PbO_2 dan PbO_2
    C. $PbSO_4$ dan $PbSO_4$
    D. PbO_2 dan $PbSO_4$
    E. Pb dan $PbSO_4$

13. Pernyataan berikut yang *tidak* menunjukkan kekhasan atom karbon adalah ....
    A. dapat membentuk empat ikatan kovalen
    B. dapat berikatan dengan atom karbon lain membentuk rantai karbon
    C. berikatan dengan atom karbon lain membentuk rantai lurus maupun siklik
    D. dapat berikatan dengan atom unsur lain
    E. berikatan ion dengan atom karbon lain

14. Rumus umum dari alkana adalah ....
    A. C_nH_n
    B. C_nH_{2n}
    C. C_nH_{n+1}
    D. C_nH_{n+2}
    E. C_nH_{2n-2}

15. Nama hidrokarbon berikut yang sesuai dengan aturan IUPAC adalah ....
    A. 1-metil-2,2 dimetil butana
    B. tetrametil butana
    C. 1,1-dimetil-2,2-dimetil butana
    D. 3,3-dimetil isoheksana
    E. 2,3,3-trimetilpentana
16. Nama kimia dari struktur berikut adalah ....



    A. 4-metil-2,2-heptena
    B. 4-metilheptuna
    C. 4-metil-1,5-heptudiena
    D. 4-metil-2,6-heptediena
    E. 4-metil-1,5-heptediena
17. Rumus umum dari alkuna adalah ....
    A. C_nH_n
    B. C_nH_{2n}
    C. C_nH_{n+1}
    D. C_nH_{n+2}
    E. C_nH_{2n-2}
18. Senyawa alkuna yang dipakai untuk las listrik adalah ....
    A. C_2H_2
    B. C_3H_4
    C. C_5H_{10}
    D. C_2H_4
    E. C_2H_6
19. Tujuan dari ilmu Kimia adalah ....
    A. memanfaatkan bahan alam
    B. memelihara kelestarian alam
    C. meningkatkan apresiasi terhadap seni
    D. mengembangkan materi baru
    E. mengolah bahan alam menjadi barang
20. Vulkanisasi karet alam bertujuan meningkatkan ....
    A. kekenyalan dan kelenturan
    B. ketegaran
    C. kemudahan dibentuk barang
    D. daya jual dan daya saing
    E. kegetasan
21. Pemanis berikut yang memiliki rasa manis sekitar dua ratus kali dibandingkan gula tebu ....
    A. glutamat
    B. aspartam
    C. histidin
    D. sakarin
    E. sorbitol
22. Jika 100 kg pupuk urea (46% N) disebar secara merata pada 1 hektar (10.000 m^2) tanah maka setiap m^2 tanah akan mendapat tambahan N ....
    A. 28g
    B. 14g
    C. 10g
    D. 4,6g
    E. 2,33g
23. Di antara pernyataan berikut yang *bukan* pengaruh langsung dari akumulasi pestisida adalah ....
    A. keracunan makanan akibat jamur
    B. pencemaran alam sekitar
    C. terbentuk hama lain dari pestisida
    D. peningkatan hasil pertanian
    E. kematian tanaman
24. **Ebtanas 1997:**
    Berikut jenis zat aditif yang terdapat pada makanan: (1) oktil asetat; (2) natrium benzoat; (3) natrium glutamat, (4) natrium siklamat. (5) etil butirat. Zat yang berfungsi sebagai pengawet makanan adalah ....
    A. 1
    B. 2
    C. 3
    D. 4
    E. 5
25. Obat berikut yang tergolong analgesik, tetapi bukan narkoba adalah ....
    A. morfin
    B. heroin
    C. kokain
    D. kodein
    E. LSD

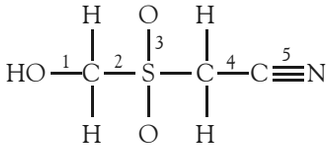
B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Ke dalam 1000 liter air sumur ditambahkan kaporit sebanyak satu sendok makan atau sekitar 3 gram. Berapa kadar kaporit dalam air itu dalam satuan bpj?
2. Apakah senyawa ion yang kurang larut dipandang sebagai elektrolit kuat, elektrolit lemah, atau nonelektrolit? Jelaskan.
3. Mengapa senyawa-senyawa kovalen umumnya membentuk larutan nonelektrolit di dalam air?
4. Adakah persamaan antara konsep redoks berdasarkan serah terima elektron dan konsep redoks berdasarkan perubahan bilangan oksidasi? Jelaskan beserta contohnya.
5. Tentukan bilangan oksidasi klor pada setiap anion berikut: OCl^-, ClO_2^-, ClO_3^-, ClO_4^-.
6. Proses Oswald untuk produksi komersial asam nitrat melibatkan tiga tahap reaksi berikut:
   $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$
   $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$
   $4NO_2(g) + O_2(g) + 2H_2O(\ell) \rightarrow 4HNO_3(aq)$
   a. Reaksi manakah yang merupakan reaksi redoks?
   b. Tentukan reduktor dan oksidatornya.
7. Apakah yang dimaksud dengan isomer? Apa sebabnya peristiwa isomer banyak dijumpai pada senyawa karbon?
8. Tuliskan struktur alkena yang memiliki nama:
   a. 2-metil-3-heksena
   b. 3,3,2-trimetil-1-pentena
   c. 3,2-dimetil-2-heksena
9. Apakah yang dimaksud dengan bilangan oktan? Bensin premium memiliki bilangan oktan 80. Apa yang dimaksud dengan bilangan 80 itu?
10. Jelaskan dalam bentuk ikatan, mengapa hidrokarbon yang lebih berat (jumlah atom karbon banyak) seperti minyak diesel memiliki titik didih lebih tinggi dibandingkan dengan hidrokarbon lebih ringan, seperti propana?
11. Jelaskan prinsip kerja dari kristal cair di dalam kalkulator digital?
12. Sebutkan tiga macam pupuk buatan yang berguna untuk memperkokoh tanaman dan membantu pembentukan protein.
13. Kebanyakan penyakit dapat diobati dengan menggunakan obat-batan modern.
    a. Apakah kegunaan aspirin?
    b. Mengapa aspirin kadang-kadang diberikan kepada orang yang berpenyakit jantung?
    c. Bagaimanakah cara membuat aspirin?

Evaluasi Kompetensi Kimia
Akhir Tahun

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Pernyataan berikut tentang partikel atom yang *tidak* berdasarkan fakta, tetapi opini adalh ....
   A. proton, elektron, dan neutron adalah partikel dasar penyusun atom
   B. proton dan neutron terdapat dalam inti atom
   C. elektron bergerak mengelilingi inti atom
   D. proton bermuatan positif, neutron tidak bermuatan
   E. elektron bermuatan negatif
2. Suatu isotop memiliki nomor atom 15 dan nomor massa 32. Dalam isotop itu terdapat ....
   A. 15 proton, 32 elektron, 15 neutron
   B. 15 elektron, 32 proton, 15 neutron
   C. 15 elektron, 15 proton, 17 neutron
   D. 15 elektron, 17 proton, 32 neutron
   E. 15 proton, 16 elektron, 17 neutron
3. Satuan massa atom yang digunakan untuk mengukur zat adalah massa atom relatif (A_r), bukannya nomor massa, alasannya adalah ....
   A. massa atom relatif merupakan bilangan bulat dan sederhana
   B. setiap unsur memiliki nomor massa lebih dari satu
   C. unsur-unsur di alam cukup melimpah
   D. isotop-isotop unsur tidak dapat dipisahkan dalam suatu zat
   E. massa atom bersifat relatif
4. Massa atom relatif X tiga kali lebih besar dari massa atom C–12. Massa atom relatif Z dua kali lebih kecil dari massa atom X. Jadi, massa atom Z adalah ....
   A. 18 D. 72
   B. 36 E. 84
   C. 48
5. Suatu atom memiliki nomor massa 40 dan neutron 20. Konfigurasi elektron atom tersebut adalah ....
   A. 2 8 8 2 D. 2 8 4 6
   B. 2 8 10 E. 2 8 2 8
   C. 8 8 4
6. Susunan unsur-unsur dalam tabel periodik sekarang didasarkan pada ....
   A. nomor massa D. volume atom
   B. nomor atom E. jari-jari atom
   C. massa atom relatif
7. Konfigurasi elektron atom X: 2 8 8 6. Dalam sistem periodik, unsur ini terletak pada golongan dan periode ....
   A. IA dan 2 D. VIA dan 4
   B. IIA dan 4 E. IVA dan 4
   C. IVA dan 6
8. Penyataan berikut tentang sifat-sifat periodik unsur yang *tidak tepat* adalah ....
   A. dari atas ke bawah dalam satu golongan energi ionisasi makin kecil
   B. dari kiri ke kanan dalam satu periode afinitas elektron makin besar
   C. dari atas ke bawah dalam satu golongan jari-jari atom makin besar
   D. dari kiri ke kanan dalam satu periode keelektronegatifan makin besar
   E. dari kiri ke kanan dalam satu periode sifat logam bertambah
9. Unsur X adalah unsur golongan IIA dan Z adalah unsur golongan VA. Rumus senyawa yang dapat dibentuk dari kedua unsur ini adalah ....
   A. X_2Z D. XZ
   B. XZ_2 E. XZ_3
   C. X_3Z_2
10. Dalam sistem periodik modern, unsur-unsur yang dapat membentuk ikatan kovalen terjadi antara golongan ....
    A. IIIA dan VA D. IVA dan VIIA
    B. IIA dan VIA E. VIIIA dan VIIIA
    C. IA dan VIIA
11. Ikatan kovalen rangkap dua terdapat dalam molekul ....
    A. C_2H_6 D. CaC_2
    B. HCN E. CO_2
    C. CCl_4
12. Dalam struktur molekul berikut yang menunjukkan ikatan kovalen koordinasi adalah nomor ....



    A. 1 D. 4
    B. 2 E. 5
    C. 3
13. Sifat mengkilap pada logam disebabkan oleh ....
    A. adanya transisi elektron
    B. memebentuk lautan elektron
    C. kisi kation yang stabil
    D. pergerakan elektron yang bebas
    E. kedudukan elektron yang terikat kuat pada inti
14. Soda api adalah nama trivial untuk senyawa ....
    A. H_2O E. NaOH
    B. Na_2CO_3 E. NaBr
    C. KCl

15. Rumus kimia untuk butana adalah ....
A. C_3H_8 D. C_4H_8
B. C_3H_6 E. C_5H_{10}
C. C_4H_{10}

16. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui suatu molekul memiliki rumus empirik CH_2. Jika Mr zat itu 56 maka rumus molekulnya adalah ....
A. C_2H_4 D. C_6H_{12}
B. C_4H_8 E. C_6H_{14}
C. C_4H_{10}

17. Perhatikan persamaan reaksi setara berikut.
$X + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(\ell) + CO_2(g)$
Senyawa X adalah ....
A. $Ca(NO_3)_2$ D. $Ca(OH)_2$
B. $CaCO_3$ E. $CaSO_4$
C. $Ca(HCO_3)_2$

18. Perhatikan persamaan kimia berikut.
$KClO_3(s) \rightarrow KCl(s) + O_2(g)$
Reaksi akan setara jika koefisien O_2 adalah ....
A. 1 D. 4
B. 2 E. 5
C. 3

19. Persamaan kimia berikut yang setara adalah ....
A. $H_2O_2(\ell) \rightarrow 2H_2O(\ell) + O_2(g)$
B. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$
C. $H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O(\ell) + SO_2(g)$
D. $PCl_5(g) \rightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$
E. $NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

20. Amonia mengandung 17,7% berat H dan 82,3% berat N. Jika 5,3 g gas H_2 direaksikan dengan N_2 berlebih selalu menghasilkan 30 g amonia. Data ini sesuai dengan Hukum ...
A. Lavoisier D. Avogadro
B. Proust E. Gay–Lussac
C. Dalton

21. Unsur-unsur yang membentuk dua atau lebih senyawa harus merupakan kelipatan bilangan bulat dan sederhana. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum ....
A. Kekekalan Massa
B. Perbandingan Berganda
C. Perbandingan Tetap
D. Perbandingan Volume
E. Perbandingan Molekul

22. Definisi yang tepat untuk satuan mol adalah ....
A. berat gas O_2 yang sama dengan 32 g
B. bilangan yang ditemukan oleh Avogadro sebesar $6{,}02 \times 10^{23}$
C. jumlah partikel yang terkandung dalam suatu zat sebanyak $6{,}02 \times 10^{23}$
D. satuan jumlah partikel zat untuk berat tertentu
E. jumlah partikel zat yang setara dengan 12 gram karbon

23. Jika nilai tetapan Avogadro N maka massa untuk satu molekul O_2 adalah ....
A. 32N gram D. 1/(32N) gram
B. N/32 gram E. N(1/32) gram
C. 32/N gram

24. Suatu unsur Z memiliki massa atom relatif, Ar, dan massa jenis ρ g/cm^3. Jika tetapan Avogadro adalah N maka volume satu atom Z adalah ....
A. $\frac{A_r}{\rho N}$ D. $\frac{\rho N}{A_r}$
B. $\frac{\rho}{A_r N}$ E. $\frac{A_r N}{\rho}$
C. $\frac{A_r \rho}{N}$

25. Pada suhu dan tekanan sama, 40 mL P_2 tepat bereaksi dengan 100 mL Q_2 menghasilkan 40 mL gas P_xQ_y. Harga x dan y adalah ....
A. 1 dan 2 D. 2 dan 3
B. 1 dan 3 E. 2 dan 5
C. 1 dan 5

26. Dalam air ledeng mengandung kaporit 3 ppm. Kadar kaporit dalam 10 liter air ledeng ....
A. 3×10^{-1} g D. 3 g
B. 3×10^{-2} g E. 30 g
C. 3×10^{-3} g

27. Perhatikan tabel berikut.

Larutan	Hasil Pengamatan		
	Nyala	Redup	Mati
1		✓	
2	✓		
3			✓
4	✓		
5		✓	

Berdasarkan data di atas, larutan elektrolit kuat adalah larutan nomor ....
A. 1 dan 5 D. 1 dan 2
B. 2 dan 3 E. 2 dan 4
C. 3 dan 5

28. Di antara reaksi berikut yang *tidak dapat* dijelaskan dengan konsep pengikatan oksigen atau pelepasan hidrogen adalah ....
A. $H_2O_2(l) \rightarrow H_2O(l) + O_2(g)$
B. $2Na(s) + H_2(g) \rightarrow 2NaH(s)$
C. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$
D. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$
E. $H_2(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$

29. Pernyaatan berikut yang *tidak tepat* adalah ....
A. reduksi adalah pengikatan hidrogen
B. oksidasi melibatkan kenaikan biloks
C. konsep perubahan bilangan oksidasi lebih unggul dari konsep yang lain
D. dalam reaksi redoks, oksidasi terjadi setelah semua zat tereduksi
E. oksidator adalah zat yang tereduksi

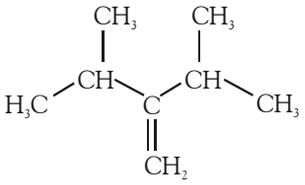
30. Bilangan oksidasi S dalam H_2S, SO_2, dan H_2SO_4 berturut-turut adalah ....
A. –2, +2, +4
B. +2, –2, +6
C. +4, +2, +6
D. –2, +4, +6
E. –2, +2, +4

31. Pada reaksi: $2CO + 2NO \rightarrow 2CO_2 + N_2$
Bilangan oksidasi C berubah dari ....
A. +2 ke 0
B. +2 ke +1
C. +2 ke +4
D. +3 ke +2
E. +4 ke 0

32. Salah satu kekhasan atom karbon adalah ....
A. dapat berikatan ion dengan atom-atom lain
B. berikatan kovalen dengan atom karbon lain membentuk rantai lurus atau siklik
C. hanya dapat membentuk senyawa organik
D. bervalensi lebih dari satu
E. hanya memiliki biloks +4

33. Semakin tinggi massa molekul relatif dari senyawa hidrokarbon maka ....
A. titik didih meningkat, tetapi titik leleh turun
B. wujud zat berubah dari gas cair padat
C. hanya dapat membentuk senyawa organik
D. bervalensi lebih dari satu
E. memiliki biloks +4

34. Nama senyawa alkana berikut adalah ....



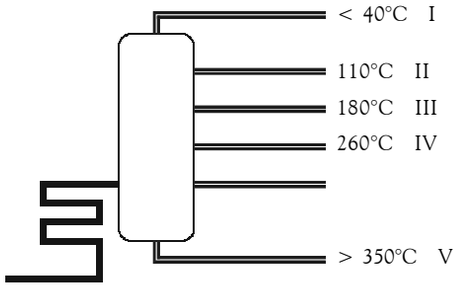
A. 2,4-dimetilpentana
B. 2-isopropil-3-metil-2-butena
C. 2-propil-3-metil-1-butena
D. 2,4-dimetilisobutena
E. diisopropilpropena

35. Rumus struktur berikut yang *bukan* isomer dari pentana adalah ....
A. $H_3C - CH_2 - CH_2 - C(CH_3) - CH_3$
B. $H_3C - CH(CH_3) - CH(CH_3) - CH_3$
C. $H_3C - CH_2 - C(CH_3)_2 - CH_3$
D. $H_3C - CH_2 - CH(CH_3) - CH_2 - CH_3$
E. $H_3C - C(CH_3)_2 - CH_3$

36. Minyak bumi tergolong sumber energi *tidak* terbarukan, sebab ....
A. minyak bumi tidak dibentuk lagi oleh alam
B. dapat didaur ulang dari hasil pembakaran minyak bumi
C. pembentukan minyak bumi memerlukan waktu ribuan tahun
D. minyak bumi bukan sumber energi baru
E. sumber minyak bumi dapat diperbarui melalui teknologi

37. Pemisahan (distilasi) minyak mentah dipisahkan ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan ....
A. titik didih
B. keketantalan
C. gugus fungsional
D. struktur molekul
E. berat molekul

38. Perhatikan gambar pengolahan minyak bumi di bawah ini.



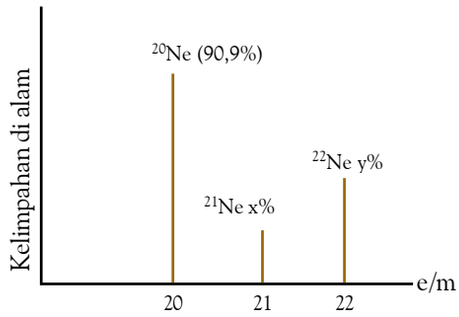
Bensin diperoleh pada fraksi ....
A. I
B. II
C. III
D. IV
E. V

39. Monomer dari karet alam adalah ....
A. oksirana
B. 2-propena
C. 1,2-dihidroksietana
D. 1,4-isoprena
E. 1,3-butadiena

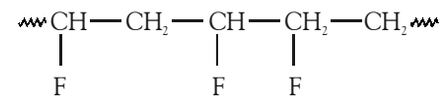
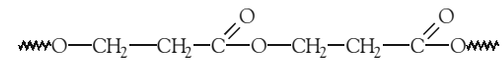
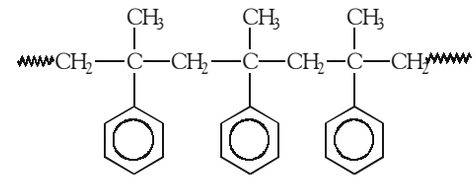
40. Zat berikut yang *bukan* antioksidan adalah ....
A. BHA
B. paraben
C. alizarin
D. BHT
E. propilgalat

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Spektrum massa atom neon ditunjukkan pada grafik berikut:



Jika A_r Ne = 20,18, berapakah nilai x dan y?

2. Reaksi antara 13 gram logam divalen dan HCl menghasilkan 4,48 liter gas pada STP. Jika logam tersebut mempunyai 35 neutron, tentukan letaknya pada tabel periodik.
3. Suatu senyawa berupa gas memiliki komposisi berikut: C = 25,0%; H = 2,1%; F = 39,6%; dan O = 33,3%. Massa molekul relatif gas itu adalah 48 sma. Tuliskan rumus Lewis untuk senyawa tersebut.
4. Seterakan reaksi berikut menjadi persamaan kimia lengkap dengan fasanya.
   a. $H_2SO_4(aq) + Ca\ (s) \rightarrow CaSO_4(s) + H_2\ (g)$
   b. $PCl_5\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow HCl(aq) + H_3PO_4\ (s)$
   c. $Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow PbO(s) + NO_2(g) + O_2\ (g)$
   d. $3Cu(s) + HNO_3(l) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2(s) + NO(g) + H_2O(l)$
5. Gas hidrogen dilewatkan ke dalam Fe_2O_3 pada 400°C. Uap air terbentuk bersama-sama dengan endapan berwarna hitam, yaitu suatu senyawa yang tersusun atas 72,3% massa Fe dan 27,7% massa O. Tuliskan persamaan kimianya.
6. Suatu baja karbon (paduan besi dan karbon) diolah dengan asam sulfat dan hanya besi yang bereaksi, sedangkan karbon tidak berubah. Reaksinya sebagai berikut.
   $2Fe(s) + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow Fe_2(SO_4)_3(aq) + 3H_2(g)$.
   Jika dari berat cuplikan 2,358 g menghasilkan 0,1228 g gas hidrogen, berapakah persentase besi dalam paduan logam tersebut?
7. Suatu campuran reaksi mengandung 25g PCl_3 dan 45g PbF_2. Berapakah massa $PbCl_2$ yang diperoleh dari reaksi berikut? $3PbF_2\ (s) + 2PCl_3\ (\ell)\ \ 2PF_3\ (g) + 3PbCl_2\ (s)$
8. Tentukan bilangan oksidasi klor pada setiap anion berikut: OCl, ClO_2; ClO_3; dan ClO_4.
9. Berikan nama sistematis hidrokarbon berikut.
   a. $CH_3 - CH(CH_3) - CH(C_2H_5) - CH_2 - CH_2 - CH_3$
   b. $CH_2 = CH - CH(CH_3) - CH_3$
   c. $CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$
   d. $CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH = CH_2$
10. Monomer apakah yang digunakan untuk membentuk polimer berikut.
    a. 
    b. 
    c. 

Apendiks 1

Kunci Jawaban

Bab 1 Struktur Atom

Tes Kompetensi Subbab A

1. Pada tabung sinar katode, sinar katode dapat dibelokkan oleh medan listrik menuju kutub positif listrik sehingga dikatakan sinar katode tersebut memiliki massa. Sinar katode dianggap sebagai elektron.
3. Karena ion hidrogen hanya mengandung satu proton
5. Jika ukuran neutron lebih kecil dari proton maka neutron akan terpental kembali ketika menumbuk proton, tetapi oleh karena neutron memiliki ukuran/massa yang relatif lebih besar dari proton maka ketika terjadi tumbukan proton yang terlepas keluar dari parafin.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Pada atom netral, nomor atom sama dengan jumlah proton. Jadi, nomor atom netral berturut-turut adalah 10, 15, dan 20.
3. nomor atom = jumlah elektron = 19
   nomor atom = jumlah neutron + nomor atom
   20 = jumlah neutron + 19
   jumlah neutron = 1
5. Atom *x* dan atom *y* akan membentuk unsur yang sama karena nomor atomnya sama, yaitu 20. Berbeda dengan atom *z*.

Tes Kompetensi Subbab C

1. Isotop adalah jumlah proton sama, tetapi nomor massa beda. Jadi yang merupakan isotop dari A adalah C.

Tes Kompetensi Subbab D

1. $A_r C = 12 \times \frac{98,9}{100} + 13 \times \frac{1,1}{100} = 12,011$ sma

Tes Kompetensi Subbab E

1. Model atom karbon:

   Model atom besi:

   Bentuk sama tetapi berbeda dalam ukuran atomnya.
3. Muatan positif atom terpusat dalam inti atom, sedangkan muatan negatif dari elektron bergerak mengelilingi inti atom. Proton dan neutron berada dalam inti atom.
5. Matahari sebagai inti atom dan planet-planet sebagai elektronnya.
7. DE = Dnh/2p = (4–1)h/2p

Tes Kompetensi Subbab F

1. *z* = 5, konfigurasi elektron: 2 3
   z = 11, konfigurasi elektron: 2 8 1
   z = 16, konfigurasi elektron: 2 8 6
3. *z* = 31, konfigurasi elektron: 2 8 18 3
   z = 38, konfigurasi elektron: 2 8 18 8 2
   z = 52, konfigurasi elektron: 2 8 18 18 6
5. a. Konfigurasi elektron $_9F$ = 2 7
      elektron valensi atom $_9F$ = 7
   b. Konfigurasi elektron $_{13}Al$ = 2 8 3
      elektron valensi atom $_{13}Al$ = 3
   c. Konfigurasi elektron $_{16}S$ = 2 8 6
      elektron valensi atom $_{16}S$ = 6
   d. Konfigurasi elektron $_{53}I$ = 2 8 18 18 7
      elektron valensi atom $_{53}I$ = 7

Evaluasi Kompetensi Bab 1

I. Pilihan ganda

1.	C	11.	C	21.	B	31.	D
3.	D	13.	E	23.	A	33.	A
5.	E	15.	C	25.	A	35.	C
7.	B	17.	C	27.	C		
9.	B	19.	C	29.	B		

II. Esai

1. Setiap sinar terusan yang dihasilkan dari berbagai gas pengganti hidrogen selalu bermuatan positif yang besarnya merupakan kelipatan dari $+1,6 \times 10^{-19}$ C.
3. $A_r N = \frac{98,9}{100}14,0031 + \frac{0.38}{100}15,0002 = 13,906$
5. a. 2, b. 4, c. 5, d. 6, e. 7

Bab 2 Sistem Periodik

Tes Kompetensi Subbab A

1. Unsur-unsur disusun untuk memudahkan dalam mempelajari sifat-sifatnya.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Tergantung dari nama Anda, misalnya BrAm.

Tes Kompetensi Subbab C

1. a. Jumlah elektron 5: konfigurasi elektronnya 2 3, berada pada periode ke-2 dan golongan 13/VII A.
   b. Jumlah elektron 12: konfigurasi elektronnya 2 8 2, berada pada periode ke-3 dan golongan 2/II A.
   c. Jumlah elektron 17: konfigurasi elektron 2 8 7, berada pada periode ke-3 dan golongan 17/VII A.
   d. Jumlah elektron 20: konfigurasi elektronnya 2 8 8 2, berada pada periode ke-4 dan golongan 13/II A.
3. Klorin

Tes Kompetensi Subbab D

1. Dalam periode yang sama, dari kiri ke kanan jari-jari atom turun (mengecil) dan bertambah jika dari kanan ke kiri. Jika dari atas ke bawah, jari-jari atom akan bertambah.
3. Energi ionisasi: P < S < Cl akibat bertambahnya muatan inti.
5. Afinitas elektron: F > Cl > Br > I
7. Dalam unsur-unsur golongan IA, orbit terluar masih memungkinkan untuk menerima elektron dari luar, sedangkan pada golongan IIA orbit terluarnya sudah penuh.
9. Keelektronegatifan = Li(1,0) < Mg(1,2) < Ga(1,6). Jadi, kecenderungan skala keelektronegatifan dari atas ke bawah secara diagonal bertambah.

Tes Kompetensi Subbab E

1. Litium
3. Karena konfigurasi elektron gas mulia memiliki valensi penuh sehingga bersifat stabil.

Evaluasi Kompetensi Bab 2

I. Pilihan ganda

1.	B	11.	C	21.	B
3.	A	13.	C	23.	D
5.	B	15.	C	25.	E
7.	A	17.	B		
9.	D	19.	E		

II. Esai

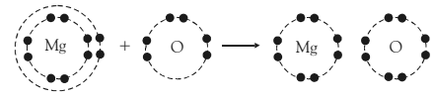
1. Sesuai dengan jumlah elektron valensi dari konfigurasi elektron atom-atom
3. Sudah jelas (lihat tabel periodik)
5. Ukuran atau jari-jari atom:
   a. Se > S (kulit elektron pada Se bertambah)
   b. C > N (tarikan inti terhadap elektron valensi N meningkat)
   c. Na > Ne (kulit elektron pada Na bertambah)
   d. $Fe^{2+} > Fe^{3+}$ (tarikan inti lebih kuat pada Fe^{3+})
   e. $S^{2-} > S$ (tolakan antar elektron valensi pada S^{2-} meningkat))
   f. $O^- > O^+$ (tolakan antar elektron valensi dalam O^- lebih kuat, jadi mengembang)

Bab 3 Ikatan Kimia

Tes Kompetensi Subbab A

1. a. Na : melepaskan elektron valensi
   b. C : menangkap elektron valensi
   c. N : menangkap elektron valensi dan menggunakan elektron valensi secara bersamaan.
   d. O : menangkap elektron dan menggunakan elektron valensi secara bersamaan.

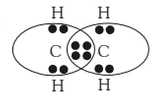
Tes Kompetensi Subbab B

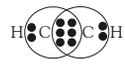
1. 

$Mg^{2+} + O^{2-} \rightarrow MgO$

3. Atom S memiliki konf. elektron $_{16}S = 2\ 8\ 6$ dan atom Na = 2 8 1. Untuk membentuk konfigurasi elektron serupa gas mulia (2 8 8) maka atom S kekurangan 2 elektron sehingga diperlukan 2 atom Na.

Tes Kompetensi Subbab C

1. Jika membentuk ikatan kovalen maka energi yang diperlukan untuk membentuk senyawa seperti NaCl atau CaO menjadi sangat besar dan senyawa yang terbentuk menjadi tidak stabil sehingga tidak memungkinkan terbentuk ikatan kovalen.
3. a. 

   b. 

5. Atom fosfor: 3 ikatan kovalen
   Atom belerang: 2 ikatan kovalen
   Atom iodin: 1 ikatan kovalen
7. Adanya sepasang elektron yang digunakan bersama berasal dari salah satu atom yang berikatan.

Tes Kompetensi Subbab D

1. Tergantung dari pendapat Anda sendiri
3. Tergantung dari pendapat Anda sendiri
5. Atom logam saling berikatan membentuk kristal logam, sedangkan ikatan ion tidak.

Tes Kompetensi Subbab E

1. a. Zat P
   b. Senyawa kovalen polar: zat Q dan senyawa kovalen nonpolar: zat R
   c. Zat S
   d. Zat R

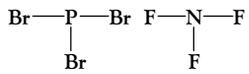
Evaluasi Kompetensi Bab 3

I. Pilihan ganda

1.	C	11.	D	21.	E
3.	D	13.	B	23.	D
5.	E	15.	E	25.	E
7.	C	17.	A	27.	A
9.	D	19.	C	29.	E

II. Esai

1. Berikut ini yang memiliki konfigurasi elektron gas mulia:
   a. Sc = $[A_r]$
   b. Ba = [Xe]
   c. $S^{2-} = [A_r]$; $P^{3-} = [A_r]$; $H^- = [He]$

3. 
   H–S–H dan seterusnya
5. Rumus Lewis H_2O_2: H–O–O–H
7. Dalam keadaan padat kation dan anion berada dalam kisi kristal yang kaku sehingga tidak dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan dalam lelehannya kation dan anion bergerak agak bebas sehingga dapat menghantarkan arus listrik.

Bab 4 Rumus dan Persamaan Kimia

Tes Kompetensi Subbab A

1. a. Natrium bromida
   b. Kalsium klorida
   c. Barium oksida
3. a. Natrium nitrat dan natrium nitrit
   b. Kalium fosfat dan kalium fosfit
   c. Natrium bromat dan natrium bromit
5. a. Ozon
   b. Kalium sianida
   c. Kalium tiosianat
   d. Kalsium karbonat
7. a. 2–butena
   b. Butuna
   c. Butuna
   d. 2–butuna

Tes Kompetensi Subbab B

1. $M_r\ H_2SO_4 = 98$
   $M_r\ HClO_3 = 84{,}5$
   $M_r\ HNO_2 = 47$
   $M_r\ CO_2 = 44$
   $M_r\ NaOH = 40$
3. C_3H_8
5. a. $3NH_4^+(aq) + PO_4^{3-}(aq) \rightarrow (NH_4)_3PO_4(aq)$
   b. $2Na^+(aq) + s^{2-}(aq) \rightarrow Na_2S(s)$
   c. $Na^+(aq) + 2H^+(aq) + 3PO_4^{2-}(aq) \rightarrow NaH_2PO_4(aq)$
   d. $Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$
7. a. $MgCl_2$: magnesium klorida
   b. $CaHSO_4$: kalsium hidrogen sulfat

Tes Kompetensi Subbab C

1. $Na^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow NaCl(aq)$
3. a. $2H_2O(\ell) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$
   b. $2O_3(g) \rightarrow 3O_2(g)$
   c. $Na_2CO_3(g) + 2HCl(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(\ell) + CO_2(g)$
   d. $C_2H_6O(\ell) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(\ell)$

Tes Kompetensi Subbab D

1. a. $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$
   (reaksi pembakaran)
   b. $Cl_2O_7(g) + H_2O(\ell) \rightarrow 2HClO_4(aq)$
   (reaksi penggabungan)
   c. $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$
   (reaksi penguraian)
   d. $Br_2(l) + H_2O(\ell) \rightarrow HBr(aq) + HBrO(aq)$
   (reaksi metatesis)
   e. $SO_3(g) + H_2O(\ell) \rightarrow H_2SO_4(aq)$
   (reaksi pendesakan)

Evaluasi Kompetensi Bab 4

I. Pilihan ganda

1.	B	11.	C	21.	C
3.	E	13.	D	23.	B
5.	B	15.	B	25.	B
7.	C	17.	E	27.	D
9.	A	19.	A	29.	E

II. Esai

1. Sudah jelas (m) natrium hidrogen karbonat (n) natrium karbonat
3. Pengubahan dalam persamaan reaksi:
   a. $2HgO(s) \longrightarrow 2Hg(\ell) + O_2(g)$
   b. $2NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$
   c. $LiH(s) + H_2O(\ell) \longrightarrow LiOH(aq) + H_2(g)$
   d. $MgO(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2O(\ell)$
5. $2O_3(g) + NO(g) \longrightarrow NO_2(g) + 2O_2(g)$

Bab 5 Hukum Dasar

Tes Kompetensi Subbab A

1. $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

   $\frac{100\,g}{100\,g\,mol^{-1}} = 1\ \text{mol}$

   Berat gas CO_2 yang diproduksi = 1 mol × 44 g mol^{-1} = 44 g
3. $Cu(s) + O_2(g) \rightarrow Cu_2O(s)$
   64g 16g 80g

   Persen massa Cu = $\frac{64\,g}{80\,g} = 80\%$

   Persen massa O = $\frac{16\,g}{80\,g} = 20\%$

   Perbandingan massa Cu : O = 80 : 20 = 4 : 1
5. $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$
   12g 16g 28g

   Persen massa C = $\frac{12\,g}{28\,g} = 42{,}86\%$

   Persen massa O = $\frac{16\,g}{28\,g} \times 100\% = 57{,}14\%$

   Perbandingan massa C : O dalam CO = 42,86 : 57,14 = 3 : 4
7. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$

   Jumlah molekul HCl = $\frac{1v}{2v} = 15 \times 10^{23}$ molekul

   Jumlah molekul $Cl_2 = H_2 = 7{,}5 \times 10^{23}$ molekul

Tes Kompetensi Subbab B

1. Jumlah molekul CH_4 dalam 1g adalah 3,75 × 1022 molekul
   Jumlah molekul CH_4 dalam 25g = 93,75 × 1022 molekul

3. a. $\frac{0{,}7525\times10^{23}\ atom\ Cu}{6{,}02\times10^{23}\ atom\ mol^{-1}} = 0{,}125\ \text{mol}$

   b. $\frac{0{,}86\times10^{23}\ atom\ CO_2}{6{,}02\times10^{23}\ atom\ mol^{-1}} = 0{,}14\ \text{mol}$

   c. $\frac{1{,}505\times10^{23}\ ion\ Na^+}{6{,}02\times10^{23}\ ion\ mol^{-1}} = 0{,}25\ \text{mol}$

Tes Kompetensi Subbab C

1. a. Berat NaCl = 0,5 mol × 58,5 g mol^{-1} = 29,25g,
   b. Berat KCl = 37,25 g,
   c. Berat NaOH = 20g,
   d. Berat HCl = 18,25g,
   e. Berat H_2SO_4 = 49g,
   f. Berat CO_2 = 22g,
   g. Berat NH_3 = 8,5g,
   h. Berat HNO_3 = 31,5g.

3. Mol unsur X = $\frac{3{,}0\times10^{23}\ atom}{6{,}02\times10^{23}\ atom\ mol^{-1}} = 0{,}5\ \text{mol}$

   Ar X = $\frac{4g}{0{,}5mol} = 8\ \text{g mol}^{-1}$

5. Mol senyawa = $\frac{3{,}01\times10^{23}\ molekul}{6{,}02\times10^{23}\ molekul\ mol^{-1}} = 0{,}5\ \text{mol}$

   Mr senyawa = $\frac{22g}{0{,}5mol} = 44\ \text{g mol}^{-1}$

7. Untuk jumlah molekul (mol) yang sama, volume gas NO sama dengan volume gas CO_2.

   Jumlah mol NO = $\frac{14g}{30g}\ \text{mol}^{-1} = 0{,}47\ \text{mol}$

   Volume 1 mol NO = $\frac{1mol}{0{,}47mol}\times1L = 2{,}12\ \text{L}$

   (Jika jumlah mol CO_2 sama dengan NO maka volumenya sama 2,12 L)

9. $n = \frac{PV}{RT} = \frac{\frac{700\ mmHg}{760\ mmHg\ atm^{-1}}2{,}5L}{0{,}082L\ atm\ mol^{-1}K^{-1}298K} = 0{,}09\ \text{mol}$

   Jumlah molekul N_2 = 0,09 mol × 6,02 × 1023 molekul mol^{-1} = 0,57 × 1023 molekul

Tes Kompetensi Subbab C

1. $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$
   Jumlah mol $CaCO_3$ = 50 mol
   Jumlah mol CO_2 = mol $CaCO_3$ = 50 mol
   Volume CO_2 = 50 mol × 22,4 L mol^{-1} = 1120 liter

3. $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$

   Jumlah mol O_2 = $\frac{2g}{32g\ mol^{-1}} = 0{,}0625\ \text{mol}$

   Volume NO_2 = $\frac{4}{1}\times0{,}0625\ \text{mol} \times 22{,}4\ \text{L mol}^{-1} = 5{,}6\ \text{L}$

5. $CaCO_3(s) + 2HCl(g) \rightarrow CaCl_2(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$

   Berat $CaCO_3$ dalam marmer = $\frac{96}{100}\times75\text{g} = 72\text{g}$

   Jumlah mol $CaCO_3$ = $\frac{72g}{100gmol^{-1}} = 0{,}72\ \text{mol}$

   Jumlah mol CO_2 = mol $CaCO_3$ = 0,72 mol

Evaluasi Kompetensi Bab 5

I. Pilihan ganda

1.	B	11.	D	21.	D	31.	C	41.	B
3.	E	13.	C	23.	D	33.	B	43.	A
5.	C	15.	D	25.	D	35.	E	45.	E
7.	E	17.	B	27.	B	37.	C		
9.	B	19.	C	29.	B	39.	A		

II. Esai

1. $Zn(s) + S(s) \longrightarrow ZnS(s)$
   65,4 g 32,1 g 98 g

   20g $\frac{20g}{65{,}4g}\times98g = 30\ \text{g}$

3. Pada *P* dan *T* yang sama, jumlah molekul sama jika volumenya sama (hukum Avogadro). Jika volumenya 2 kali lipat maka jumlah molekulnya dua kali lipat juga, yaitu: 4×10^7.

5. A_r C = 12 maka massa molarnya = 12 g/mol
   Dalam 1 mol atau 12 gram karbon terkandung 6,02 × 10^{23} atom C
   Dalam 1 mg akan terdapat:

   $\frac{1\text{mg C}}{12000\text{ mg C}}\times6{,}02\times10^{23}\text{atom C} = 50\times10^{18}\text{ atom}$

7. Dihitung mulai dari arah berlawanan: mol H_2 mol Al berat Al persen Al.

   Mol H_2 = $\frac{415\text{mL}}{22400\text{ mL mol}^{-1}} = 0{,}0185\ \text{mol}$

   Mol Al = (2/3) × 0,0185 mol = 0,01235 mol
   Berat Al = 0,01235 mol × 13 g mol^{-1} = 0,16 g

   Persen Al dalam paduan = $\frac{0{,}16\text{ g}}{0{,}35\text{ g}}\times100\% = 45{,}88\%$

Evaluasi Kompetensi Kimia Semester 1

I. Pilihan ganda

1.	D	11.	A	21.	C	31.	D
3.	C	13.	C	23.	A	33.	D
5.	C	15.	A	25.	C		
7.	B	17.	E	27.	D		
9.	D	19.	E	29.	A		

II. Esai

1. Kesamaannya:
   a. Atom tersusun dari inti atom dan elektron
   b. Inti atom bermuatan positif dan elektron negatif
   c. Massa atom terpusat pada inti atom
   Perbedaannya:
   Pergerakan elektron dalam mengelilingi inti atom. Menurut Rutherford gerakan elektron sembarang, menurut Bohr berada pada lintasan-lintasan (tingkat energi) tertentu.
3. Dapat dilihat pada Sistem periodik menurut Mendeleev: Contohnya Cr dan Mn.
5. $_{14}$Si: 2 8 4; $_{34}$Se: 2 8 18 6; $_{17}$Cl: 2 8 7: $_{8}$O: 2 6; $_{16}$S: 2 8 6; $_{33}$As: 2 8 18 5; $_{31}$Ga: 2 8 18 3
7. Gambar struktur Lewis pembentukan senyawa ionik berikut:
   $_{20}Ca + {}_{35}Br \longrightarrow CaBr_2$ (gambarkan dua kulit terakhir).
9. Struktur molekul CO_2 dan CS_2: O = C = O S = C = S
11. $CuSO_4(aq) + NaS(aq) \longrightarrow CuS(s) + Na_2SO_4(aq)$
13. $N_2(g) + H_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$ (17,65% H dan 82,35% N)
    24,71 g 5,29 g 30 g

    Persen N: $\frac{24{,}71\text{ g}}{30\text{ g}} \times 100\% = 82{,}36\%$

    Persen H: $\frac{5{,}29\text{g}}{30\text{g}} \times 100\% = 17{,}64\%$

    Sesuai dengan Hukum Komposisi Tetap dari Proust
15. Dihitung mulai dari: mol Al; mol H_2SO_4; menentukan pereaksi pembatas (jumlah mol paling kecil); mol $H_2 \longrightarrow$ volume H_2.

    $$\text{Mol Al} = \frac{6\text{ g}}{13\text{ g mol}^{-1}} = 0{,}46\text{ mol}$$

    $$\text{Mol } H_2SO_4 = \frac{115\text{ g}}{98\text{ g mol}^{-1}} = 1{,}17\text{ mol}$$

    Oleh karena jumlah mol paling sedikit adalah Al maka volume H_2 yang terbentuk ditentukan oleh mol Al.
    Mol H_2 = (3/2) × 0,46 mol = 0,69 mol
    Volume H_2 yang terbentuk:

    $$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0{,}69\,mol\ 0{,}082\ L\ atm\ mol^{-1}K^{-1}\ 298K}{1atm}$$
    $$= 16{,}86\text{ liter}$$

Bab 6 Larutan

Tes Kompetensi Subbab A

1. Ya, sebab dalam air minum terlarut berbagai mineral yang diperlukan tubuh.
3. Pelarut adalah besi (bahan utama) dan logam lain adalah terlarut (merupakan unsur kelumit)
5. $\frac{25}{100} \times 200\text{ mL} = 500\text{ mL}$

Tes Kompetensi Subbab B

1. $MgCl_2$, H_2SO_4, KNO_3, NaOH semuanya terurai di dalam air membentuk ion-ionnya.
3. Dalam wujud gas, HCl sebagai senyawa kovalen membentuk molekul kovalen. Di dalam air, HCl terionisasi membentuk ion H^+ dan ion Cl^- sehingga dapat menghantarkan arus listrik.
5. Air laut tergolong elektrolit kuat, sebab terlarut berbagai macam garam yang terionisasi sempurna dengan konsentrasi tinggi, seperti NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgSO_4$.

Evaluasi Kompetensi Bab 6

I. Pilihan ganda

1.	D	11.	E
3.	E	13.	C
5.	C	15.	D
7.	B	17.	E
9.	D	19.	D

II. Esai

1. Sudah jelas
3. Air murni tergolong non elektrolit, sebab air tidak terurai menjadi ion-ionnya, tetapi tetap sebagai molekul. Walaupun terurai sangat kecil sekira 10^{-7} M.
5. HCl dalam keadaan gas tidak terurai, sebab tidak ada yang mengaktivasi menjadi ion-ionnya, sedangkan dalam larutan air, molekul-molekul air mengaktivasi molekul-molekul HCl hingga terjadi reaksi H_2O dan H^+ membentuk H_3O^+ dan Cl^-.

Bab 7 Reaksi Redoks

Tes Kompetensi Subbab A

1. a. Reaksi oksidasi $C_6H_{12}O_6$
   b. Reaksi oksidasi CO
   c. Reaksi oksidasi Cu
   d. Reaksi reduksi NH_3
3. a. Na (reduktor), H_2O (oksidator)
   b. Bukan reaksi redoks

Tes Kompetensi Subbab B

1. S_8
3. Biloks Fe = +3
   Biloks Fe = +2

5. a. Dalam H_2O_2, H = +1 dan O = –1. Dalam Mg_3N_2: Mg = +2 dan N = –3. Dalam KO_2: K = +1 dan $O = -\frac{1}{2}$

b. Dalam $Cr_2O_7^-$: Cr = +6 dan O = –2
Dalam Cr_2O_3: Cr = +3 dan O = –2
Dalam CrO_2: Cr = +4 dan O = –2.

c. MnO_4^-, Mn = +7
MnO_2, Mn = +4.
$MnCl_2$, Mn = +2

d. H_2SO_4, S = +6
$HClO_3$, Cl = +5
NaH, Na = +1 dan H = –1.

7. a. Reduktor (oksidasi): HI, Oksidator (reduksi): HI
b. Reduktor (oksidasi): H_2O, Oksidator (reduksi): H_2O
c. Reduktor (oksidasi): CO_2, Oksidator (reduksi): CO_2
d. Reduktor (oksidasi): NO, Oksidator (reduksi): O_3

9. a. Besi(III) sulfat dan besi(II) sulfat
b. Tembaga(I) klorida dan tembaga(II) klorida
c. Mangan(II) sulfat, mangan(IV) oksida, kalium-permanganat, kalium manganat
d. Krom(III) oksida, kalium kromat, kalium dikromat

Tes Kompetensi Subbab C

1. Biloks Zn = 0 dan Zn^{2+} = +2 (Zn: reduktor). Biloks Mn dalam MnO_2 dan Mn_2O_3 = +4 → +3 (oksidator)
3. Baterai jenis litium sebab bahan yang dipakai tidak bersifat racun dibandingkan Cd (tergolong limbah B3)
5. M_r H_2SO_4 = 98.

$$\text{Massa } H_2SO_4 \text{ dalam larutan} = \frac{10}{100} \times 500\text{ g} = 50\text{ g}$$

$$\text{Jumlah } H_2SO_4 = \frac{50g}{98g\ mol^{-1}} = 0{,}51\text{ mol}$$

Evaluasi Kompetensi Bab 7

I. Pilihan ganda

1.	B	11.	A	21.	B
3.	B	13.	D	23.	C
5.	A	15.	D	25.	E
7.	A	17.	C	27.	E
9.	D	19.	B	29.	D

II. Esai

1. Keterbatasannya adalah tidak dapat menentukan reaksi redoks atau bukan, jika dalam reaksi redoks yang melibatkan transfer elektron *tidak* melibatkan oksigen atau hidrogen.
Contoh:
$Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow NaCl(s)$
$Mg(s) + N_2(g) \rightarrow Mg_3N_2(s)$
Kedua reaksi tersebut menurut konsep transfer elektron adalah reaksi redoks, tetapi konsep pelepasan atau pengikatan oksigen/hidrogen tidak dapat menjelaskannya, sebab tidak melibatkan atom hidrogen atau oksigen.

3. Catatan biloks H dalam C_2H_4 dan C_2H_6 = +1, dalam H_2 = 0

$$\overset{-2}{C_2H_4} + \overset{0}{H_2} \rightarrow \overset{-3}{C_2H_6}$$

H_2 mengalami oksidasi dan C_2H_4 mengalami reduksi. Ini juga sejalan dengan konsep penerimaan hidrogen (reduksi)

5. **Reaksi sel *accu* ketika dipakai:**

$Pb(s) + HSO_4^-(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2e^-$
$PbO_2(s) + 3H^+(aq) + HSO_4^-(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(\ell)$

Reaksi total:

$Pb(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(\ell)$

Reaksi *accu* ketika diisi-ulang:

$PbSO_4(s) + 2H_2O(\ell) \rightarrow PbO_2(s) + 3H^+(aq) + HSO_4^-(aq) + 2e^-$
$PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + HSO_4^-(aq)$

Reaksi total:

$2PbSO_4(s) + 2H_2O(\ell) \rightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4(aq)$

Bab 8 Hidrokarbon

Tes Kompetensi Subbab A

1. Kekhasan atom karbon: dapat membentuk ikatan kovalen dengan semua atom karbon maupun atom unsur lainnya dan dapat membentuk rantai lurus, bercabang atau siklik.
3. CO_2 $\quad$ CO

Tes Kompetensi Subbab B

1. a. Turunan hidrokarbon
b. Hidrokarbon
c. Turunan hidrokarbon
e. Turunan hidrokarbon

Tes Kompetensi Subbab C

1. Kereaktifan berkurang karena titik didihnya makin besar (diperlukan energi tambahan untuk terbakar).
3. Padat
5. a. 8 – etil – 2, 4, 5 – trimetilundekana
b. 3 – etil – 5, 5, 7 – trimetilnonana
c. 2, 2, 4, 5 – tetrametilheptana

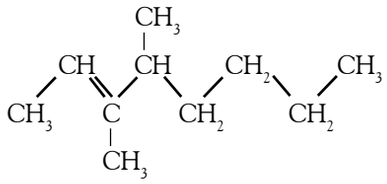
Tes Kompetensi Subbab D

1. Dalam minyak goreng instan terdapat banyak ikatan rangkap sedangkan dalam minyak curah sangat sedikit. Adanya ikatan rangkap menimbulkan tolakan antar-

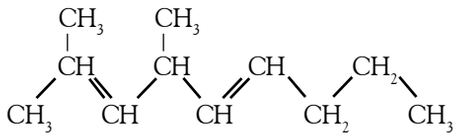
molekul minyak sehingga terjadi regangan (antarmolekul agak berjauhan) yang menimbulkan titik leleh lebih rendah.

3. Rumus struktur:

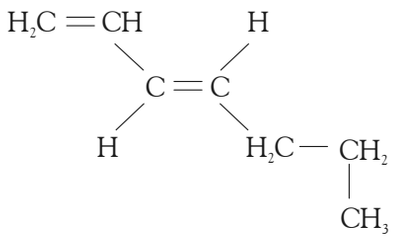
a.



b.



5.



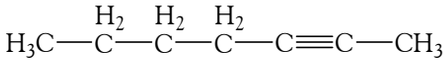
7. a. 2-heksuna,
   b. 3-propil-1-heksuna

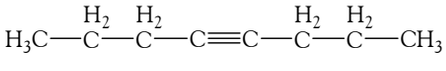
Evaluasi Kompetensi Bab 8

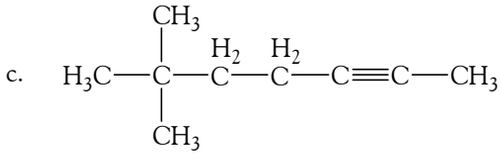
I. Pilihan ganda

1.	E	11.	E	21.	A
3.	E	13.	C	23.	D
5.	C	15.	D	25.	D
7.	B	17.	E		
9.	B	19.	E		

II. Esai

1. Deret pada senyawa hidrokarbon yang berbeda sebanyak gugus $-CH_2-$ dari senyawa sebelumnya.
3. Urutan lebih mudah terbakar adalah LPG, minyak tanah dan lilin.
   Hal ini berkaitan dengan panjang ikatan antar karbon-karbon. Makin panjang rantai karbon, makin kuat gaya antar molekul, makin tinggi titik didih, makin sulit terbakar.
5. Dalam minyak terdapat ikatan rangkap tidak jenuh, sedangkan dalam lemak tidak memiliki ikatan rangkap tidak jenuh. Adanya ikatan rangkap ini menimbulkan gaya antarmolekul kurang kuat sehingga minyak mudah mencair.
7. a. 

   b. 

c. 

Bab 9 Minyak Bumi

Tes Kompetensi Subbab A

1. Minyak bumi terbentuk dari fosil hewan-hewan kecil yang hidup di laut dan tertimbun selama jutaan tahun

Tes Kompetensi Subbab B

1. Distilasi bertingkat bertujuan memisahkan zat yang sangat kompleks berdasarkan perbedaan titik didih. Oleh karena minyak bumi bersifat kompleks (mengandung berbagai senyawa) maka harus dipisahkan secara bertahap (bertingkat).
3. Sebab produk yang dihasilkan tidak tahan terhadap suhu dan tekanan sangat tinggi sehingga mudah berubah menjadi senyawa lain.
5. LPG (*liquid petrol gas*) adalag gas yang diperoleh dari hasil minyak bumi, sedangkan LNG (*liquid nature gas*) adalah gas yang diperoleh dari alam langsung.

Tes Kompetensi Subbab C

1. Sebab diesel menggunakan hidrokarbon dengan rantai lebih panjang dari bensin sehingga pembakaran kurang sempurna. Demikian juga 2 tax, bensin dicampur oli yang dapat menimbulkan pembakaran tidak sempurna.
3. Fotokimia adalah reaksi-reaksi kimia di udara dengan bantuan cahaya matahari yang membentuk kabut berasap.

Evaluasi Kompetensi Bab 9

I. Pilihan ganda

1.	E	11.	B	21.	C
3.	B	13.	B	23.	E
5.	A	15.	C	25.	C
7.	A	17.	B		
9.	B	19.	E		

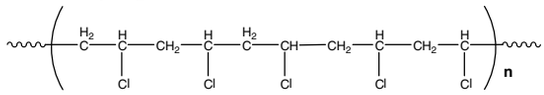
II. Esai

1. a., b., c. telah diterangkan dalam materi
3. Minyak mentah yang mudah terbakar adalah yang memiliki rantai karbon tidak terlalu panjang, sehingga pada saat pembakaran, ikatan antarrantai karbon mudah diputuskan dengan energi tidak terlalu besar.
5. a. Pertama yang keluar adalah yang memiliki titik didih paling rendah, yaitu bensin, disusul minyak tanah, dan terakhir pelumas.
   b. Titik didih paling rendah adalah bensin. Titik didih paling tinggi adalah pelumas.

Bab 10 Kimia Terapan

Tes Kompetensi Subbab A

1. a. Kristal cair adalah perubahan fasa padat menjadi cairan sebagian dengan struktur fasa padat beraturan, sedangkan cairan tidak beraturan.
   b. Fasa nematik adalah molekul-molekul kristal cair yang menunjukkan orientasi sejajar pada arah tertentu, tetapi ujung-ujung molekul tidak beraturan, seperti pada cairan biasa.
   Fasa smektik adalah fasa yang memiliki orientasi beraturan yang terletak pada bidang. Dalam setiap bidang, molekul-molekul ini dapat memiliki orientasi yang berbeda sehingga seperti tidak beraturan.
   c. Tanpa medan magnet, cahaya akan dilewatkan melalui kristal cair dan filter. Cahaya ini akan direfleksikan oleh cermin sehingga tayangan seolah-olah tidak muncul. Jika medan listrik diterapkan, orientasi molekul akan diperkuat dalam daerah tertentu, menimbulkan perbedaan polarisasi cahaya. Cahaya yang berotasi diblok oleh filter kedua dan pada bagian yang akan ditayangkan muncul warna.

3. 

5. Keramik adalah polimer anorganik bukan logam yang berikatan kovalen atau ion atau keduanya, sedangkan polimer organik adalah polimer rantai karbon yang berikatan kovalen. Struktur kermaik dapat berupa rantai panjang seperti polimer organik dan juga dapat membentuk jaringan raksasa seperti pada gelas. Polimer organik tidak dapat membentuk jaringan raksasa.
7. Superkonduktor adalah material yang tidak memiliki tahanan listrik pada suhu tertentu. Ini berarti, arus listrik yang mengalir pada bahan superkonduktor tidak akan kehilangan panas (energi terbuang). Akibatnya, material superkonduktor berharga tinggi. Selain itu juga proses pembuatannya cukup mahal.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Pestisida adalah zat kimia yang digunakan untuk mencegah, mengendalikan, atau membunuh hama yang merugikan.
   Pestisida untuk serangga (*insektisida*), untuk tumbuhan (*herbisida*), dan untuk jamur (*fungisida*).

Tes Kompetensi Subbab C

1. Berguna untuk melindungi makanan agar tidak cepat membusuk dan dapat bertahan dalam kurun waktu lama tanpa mengurangi nilai gizi, maupun rasanya. Bahan-bahan pengawet yang banyak digunakan adalah belerang dioksida, asam benzoat, asam propionat, asam sorbat, senyawa kalium dan natrium dari nitrat atau nitrit. (Keterangan lihat di uraian buku)
3. Analgesik adalah sejenis obat yang digunakan untuk mengurangi rasa sakit. Jika Anda merasa sakit fisik, otak kita akan mengeluarkan zat kimia yang disebut analgesik. Contoh aspirin, parasetamol, dan kodeina
5. Masalah psikiatris adalah suatu tindakan di luar kesadaran atau di luar kendali sistem saraf. Contoh obat: amfetamin, kokain, barbiturat.

Evaluasi Kompetensi Bab 10

I. Pilihan ganda

1.	A	11.	A	21.	A	31.	C
3.	A	13.	E	23.	D	33.	A
5.	C	15.	C	25.	E	35.	C
7.	D	17.	C	27.	E		
9.	B	19.	C	29.	A		

II. Esai

1. Kesamaannya adalah dalam komposisi molekul secara umum tampak sama, yakni random. Dalam struktur nematik, walaupun komposisi molekul secara umum acak, tetapi memiliki orientasi yang arahnya sama. Ini dapat dianalogikan pada partikel-partikel angin. Komposisi partikel angina benar-benar acak, tetapi memiliki arah yang sama, misalnya sama-sama bergerak ke arah timur.
3.

Sifat	Polietilen	
	HDPE	LDPE
Dapat dipotong dengan mudah	×	✓
Tidak pecah	✓	✓
Dapat dilipat	×	✓
Tenggelam dalam air	✓	×
Menjadi lunak akibat panas	×	✓

Plastik PE dengan kerapatan rendah diproduksi melalui polimerisasi radikal bebas pada 200°C dan 1000 atm. PE dengan kerapatan tinggi diproduksi menggunakan katalis Ziegler-Natta pada suhu di bawah 100°C dan tekanan kurang dari 100 atm. Akibat perbedaan proses pembuatannya, menghasilkan produk yang memiliki sifat fisika berbeda.
Perbedaan tersebut disebabkan polietilen kerapatan tinggi (HDPE) memiliki struktur sangat rapat dan rantai polimernya lebih panjang dibandingkan LDPE. Makin panjang rantai, makin kuat polimer yang dibentuk, sehingga kerapatannya makin tinggi.

5. Hal ini disebabkan oleh struktur keramik yang kaku akibat dari ikatan antar atom-atom pada tulang punggung keramik, misalnya aluminium karbida $(AlC)_n$. Ikatan antara aluminium dan karbon sebagai tulang punggung keramik tidak seperti pada polimer organik membentuk rantai yang kuat, pada keramik ikatan antar SiC hanya dipersatukan secara sintering (leleh permukaan), akibatnya tidak lentur.

7. Pupuk alam memiliki kandungan dan komposisi kimia sangat beragam, sedangkan pupuk buatan memiliki kandungan dan komposisi kimia tetentu (baik jenis unsurnya maupun kadar unsurnya).

Evaluasi Kompetensi Kimia Semester 2

I. Pilihan ganda

1.	E	11.	C	21.	B
3.	C	13.	E	23.	A
5.	E	15.	E	25.	D
7.	B	17.	E		
9.	A	19.	D		

II. Esai

1. 1 ppm = 1 mg per liter
   3000 mg/1000 liter = 3 ppm
3. Sebab molekul-molekul senyawa kovalen tidak memiliki kecenderungan untuk membentuk ion-ionnya di dalam larutan. Akibat proses pembentukannya melalui penggunaan bersama pasangan elektron.
5. Dalam OCl^-, Cl = +1
   Dalam ClO_2, Cl = +3
   Dalam ClO_3; Cl = +5
   Dalam ClO_4, Cl = +7
7. Isomer adalah rumus molekul sama tetapi struktur berbeda. Hal ini disebabkan dalam senyawa karbon dapat memiliki berbagai bentuk struktur, yang merupakan dampak dari kekhasan atom karbon.
9. Bilangan oktan adalah bilangan yang menyatakan ukuran pemerataan pembakaran bensin agar tidak terjadi ketukan. Nilai bilangan oktan merupakan perbandingan antara nilai ketukan bensin terhadap nilai ketukan dari campuran hidrokarbon standar.
   Angka 80 adalah nilai perbandingan antara nilai ketukan bahan bakar terhadap nilai ketukan dari campuran hidrokarbon standar.
11. Pada prinsipnya sama dengan yang dibahas dalam contoh di buku.
13. a. Tergolong analgesik yang berfungsi untuk mengurangi rasa sakit dan demam.
    b. Aspirin dapat juga diberikan kepada pasien yang memiliki penyakit jantung, berguna untuk mengencerkan darah, tetapi harus diminum bersama-sama obat pelapis lambung (obat sejenis maag) agar lambung terhindar dari aspirin.
    c. Melalui reaksi asilasi asam salisilat. Reaksinya lihat di buku.

Evaluasi Kompetensi Kimia Akhir Tahun

I. Pilihan ganda

1.	C	11.	E	21.	B	31.	C
3.	D	13.	A	23.	C	33.	B
5.	A	15.	C	25.	E	35.	E
7.	D	17.	B	27.	E	37.	A
9.	C	19.	D	29.	D	39.	C

II. Esai

1. $A_r Ne = \sum m_1 \times Z_1$

$$20{,}18 = 20 \times \frac{90{,}9}{100} + 21\frac{x}{100} + 22\frac{y}{100}$$

$y = 8{,}9$ dan $x = 0{,}2$

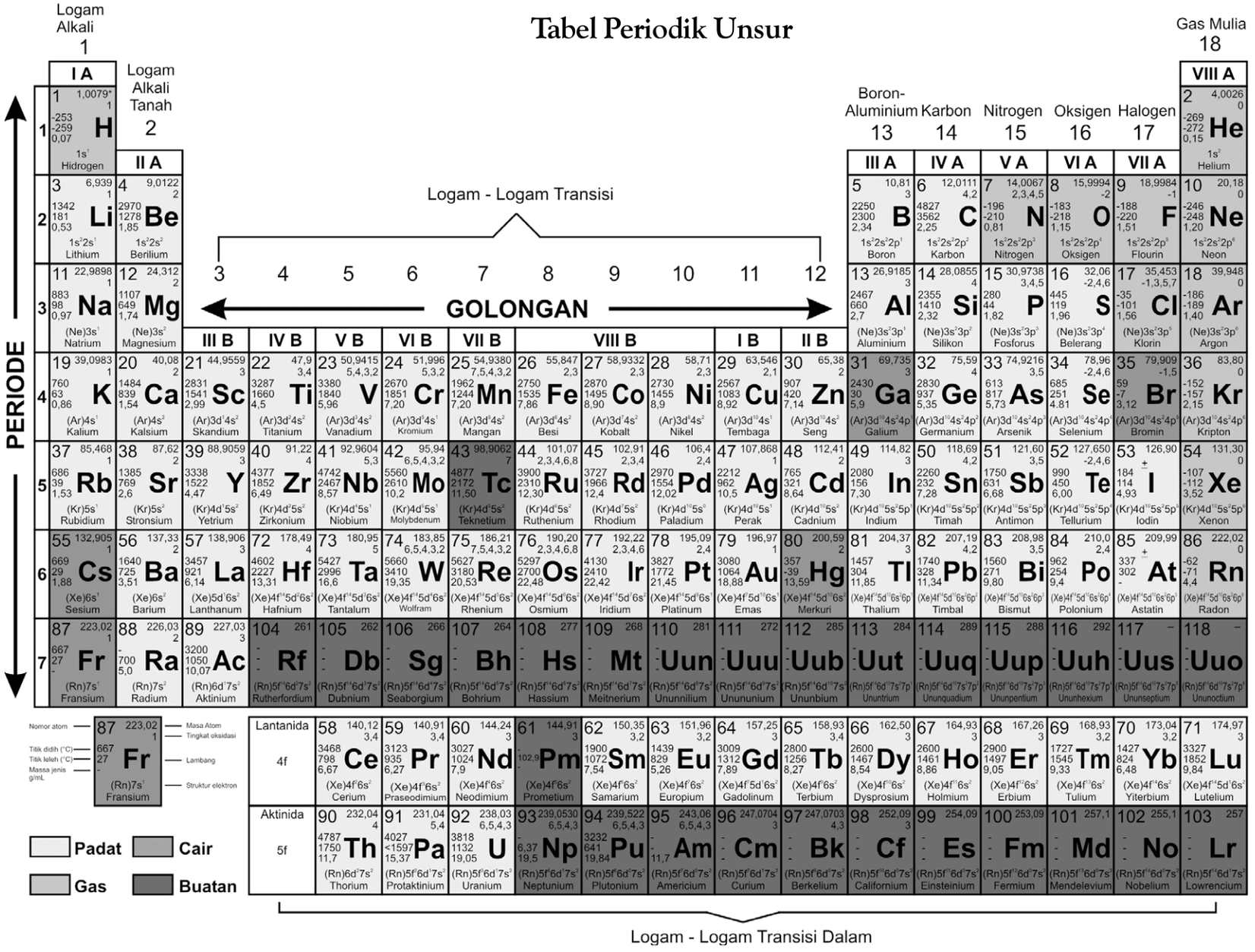
3. Perbandingan mol C : H : F : O = 2,08 : 2,1 : 2,08 : 2,08
   = 1 : 1 : 1 : 1
   Rumus empirik gas (RE) = CHFO
   Rumus molekul gas (RM) = $(12 + 1 + 19 + 16)_n = 48$
   RE = RM = CHFO
   Struktur Lewisnya:

5. $Fe_2O_3(s) + H_2(g) \rightarrow X(s) + H_2O(g)$
   Perbandingan massa Fe : O = 72,3 : 27,7
   Perbandingan mol Fe : O = 1,29 : 1,73 atau 1 : 1,34
   Rumus empiris = Rumus senyawa = Fe_3O_4
   Persamaan reaksinya:
   $3Fe_2O_3(s) + H_2(g) \rightarrow 2Fe_3O_4(s) + H_2O(g)$
7. $3PbF_2(s) + 2PCl_3(g) \rightarrow 2PF_3(g) + 3PbCl_2(s)$
   45 g 25 g ?
   0,18 mol 0,18 mol
   Oleh karena koefisien PCl_3 lebih kecil maka PCl_3 merupakan pereaksi pembatas maka dapat menentukan jumlah $PbCl_2$.

$$\text{Berat } PbCl_2 = \frac{3}{2} \times 0{,}18 \text{ mol} \times 278 \text{ g mol}^{-1} = 75{,}06 \text{ g}$$

9. a. 2,3-dimetilheksana
   b. 3-metil-1-butena
   c. 2-pentuna
   d. 1,4-heksediena

Tabel Periodik Unsur



Senarai

A

Alkana Golongan senyawa hidrokarbon yang berikatan tunggal (hidrokarbon jenuh). 70, 145, 147, 149, 164

Alkena Golongan senyawa hidrokarbon yang berikatan rangkap dua (hidrokarbon tak jenuh). 70, 151, 152, 153

Alkohol Senyawa organik yang mengikat gugus fungsi –OH pada atom karbonnya. 60

Alkuna Golongan senyawa hidrokarbon yang berikatan rangkap tiga (hidrokarbon tak jenuh). 70, 154

Anion Ion yang bermuatan negatif. 47, 60, 115

Asam Senyawa yang mengandung hidrogen dan dapat berdisosiasi dalam air melepaskan ion H^+. 115, 181, 198

Atom Partikel terkecil dari suatu unsur. 1, 2, 4, 6, 9,10,12,13,14,18, 26, 32

B

Bahan bakar Sumber energi yang dibakar untuk menghasilkan gerak/panas untuk menjalankan mesin. 160, 164, 166

Basa Senyawa yang mengandung ion OH^- dan berdisosiasi dalam air melepaskan ion OH^-. 181

Bilangan oksidasi Bilangan yang menunjukkan banyaknya elektron yang dapat diberikan atau diterima oleh suatu atom unsur. 127,129

C

Campuran Materi yang terdiri atas dua macam zat atau lebih dan masih memiliki sifat-sifat zat penyusunnya. 10, 116, 164

Campuran homogen Campuran yang memiliki sifat serbasama di setiap bagian. Campuran homogen disebut juga larutan. 119

D

Distilasi/penyulingan Cara pemisahan zat cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih. Distilasi disebut juga penyulingan. 164, 165

Distilasi /penyulingan bertingkat Proses distilasi menggunakan beberapa tingkat suhu pendinginan atau pengembunan. 165

E

Ekstraksi Cara pemisahan senyawa-senyawa organik dari campurannya, berdasarkan kelarutan zat dalam pelarut yang tidak saling bercampur.

174

Elektrolit Larutan atau lelehan senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion. 115

Elektron Partikel bermuatan negatif yang mengelilingi inti atom. 2, 8, 12, 16, 17, 27, 28, 33, 46, 56

G

Gas mulia Unsur-unsur gas monoatomik yang ada dalam golongan VIIIA pada tabel berkala: helium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe), dan radon (Rn). 32, 40, 46, 50

Golongan Unsur-unsur dalam tabel periodik dalam kolom yang sama. 26, 35, 36

H

Hidrokarbon Senyawa kimia yang hanya mengandung karbon dan hidrogen. 70, 141, 142, 143, 144, 145, 164,170

Hidroksida Senyawa logam yang mengandung ion OH– atau mengandung gugus OH– yang terikat pada atom logam. 73

I

Ikatan ion Ikatan antara ion positif dan ion negatif yang disebabkan oleh adanya gaya elektrostatik antara muatan positif dan muatan negatif. 47, 48

Ikatan kovalen Ikatan antaratom nonlogam yang terjadi melalui pemakaian bersama pasangan elektron. 49, 50, 51, 52

Ikatan kovalen koordinasi Ikatan kovalen yang terbentuk dengan cara pemakaian bersama pasangan elektron yang berasal dari salah satu atom. 54

Ikatan logam Ikatan antaratom logam yang disebabkan oleh pergerakan elektron valensi yang mengelilingi inti-inti atom logam dengan cepat. 55

Ionisasi Pengionan, proses menghasilkan ion. 29, 31

Isobar Atom-atom yang memiliki nomor massa sama, tetapi nomor atom berbeda. 9

Isomer Senyawa yang memiliki rumus molekul sama, namun rumus struktur berbeda. 149

Isoton Atom-atom yang memiliki jumlah neutron sama, tetapi jumlah protonnya berbeda. 9

Isotop Atom-atom yang memiliki nomor atom sama, namun nomor massa berbeda. 8, 11

K

Kation Ion yang bermuatan positif. 47, 60, 115

Katode Elektrode negatif. 2, 3, 6

Keelektronegatifan Kecenderungan suatu atom untuk menarik elektron. 33, 34

Konfigurasi elektron Penyusunan elektron-elektron dalam kulit atom berdasarkan tingkat energinya. 16, 17, 18

Orbit Lintasan elektron yang merupakan gambaran relatif kedudukan atau sebaran elektron di sekitar inti atom. 14, 15, 17

M

Massa molar Jumlah massa yang terkandung dalam 1 mol unsur atau senyawa. 94, 95

Minyak bumi Minyak yang diperoleh dari pelapukan organisme yang terpendam dalam bumi selama jutaan tahun. 162, 164,166, 168

Minyak mentah Minyak yang baru diperoleh dari pengeboran dan belum diolah. 165, 168

N

Neutron Partikel tidak bermuatan yang bersama-sama proton menyusun inti atom. 4, 9

Nomor atom Bilangan yang menunjukkan jumlah proton yang terdapat dalam inti atom. 25, 26

Nonlogam/bukan logam Unsur kimia yang merupakan penghantar kalor dan listrik yang buruk serta tidak membentuk ion positif. 26, 49

O

Oksidasi Reaksi pelepasan elektron dari suatu atom/ion. 124, 126, 129

P

Periode Unsur-unsur tabel periodik dalam baris yang sama. 26, 28, 31

Persamaan reaksi Persamaan kimia yang menunjukkan pareaksi dan hasil reaksinya. 75, 78

Pestisida Senyawa kimia pembasmi hama tanaman. 190, 193

Proton Partikel bermuatan positif yang menyusun inti atom. 3, 9

R

Reaksi kimia Penyusunan ulang atom-atom menjadi zat baru tanpa menciptakan atau menghilangkan atom. 75, 78

Reaksi redoks Reaksi kimia yang melibatkan proses reduksi dan oksidasi. 125, 126, 129

Reduktor Unsur atau senyawa yang mengalami oksidasi. 216

Rodentisida Senyawa kimia pembasmi tikus. 191

Rumus empirik Rumus yang menyatakan perbandingan paling sederhana dari jumlah atom penyusun molekul senyawa. 72

Rumus molekul Rumus kimia senyawa yang menyatakan jenis dan jumlah atom yang membentuk molekul senyawa. 71, 149

S

Senyawa ion Senyawa yang terbentuk karena ikatan ion. 47, 115

Senyawa organik Senyawa karbon yang biasanya gabungan dari unsur hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sufur. 69, 71, 143

Senyawa poliatom Senyawa ionik yang mengandung ion poliatomik. 69

T

Titik didih Suhu pada suatu tekanan udara jenuh suatu cairan sama dengan tekanan atmosfer luar. 59, 146, 149, 165

Titik leleh suhu pada saat padatan berubah menjadi cair. 61, 146, 149

Z

Zat aditif Bahan yang ditambahkan ke dalam makanan atau minuman tertentu untuk memperbaiki penampilan, tekstur, citarasa, atau memperpanjang masa simpannya. 194

Indeks

A
alkana 70, 145, 147, 149
alkena 70, 151, 152, 153
alkohol 60
alkuna 70, 154
analgesik 197
anion 47, 60, 115
antioksidan 196
asam 115, 181, 198
aspartam 195
aspirin 198
atom 1, 2, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 18, 26, 32
  jari-jari atom 30
  nomor atom 25, 56
B
bahan bakar 160, 164, 166
basa 181
baterai 132
bensin 166
bilangan oksidasi 217, 129
bilangan oktan 166
C
campuran 10, 116, 164
  homogen 119
D
daya hantar listrik 114, 115, 118
distilasi 164, 165
distilasi bertingkat 165
E
ekstraksi 176, 177
elektrolit 117, 118, 119
  kuat 116, 117
  lemah 116, 117
elektron 2, 8, 12, 16, 17,27, 28, 33, 46, 56
energi ionisasi 31
F
fraksi 165
fungisida 190, 191
G
golongan 25, 35, 36
  gas mulia 32, 40, 46, 46, 50
H
hidrokarbon 70, 141, 142, 143, 144, 145, 164, 170
hidroksida 73
homogen 112, 114
Hukum Avogadro 91
I
ikatan ion 47, 48
ikatan kimia 46
ikatan kovalen 49, 50, 51, 52
ikatan kovalen koordinasi 54
ikatan logam 55
insektisida 190, 191
ionisasi 29, 31
isobar 9
isomer 149, 150, 152
  geometri 154
  struktur 150
  posisi 154
isoton 9
isotop 8, 11
K
kalium 35
karbohidrat 187
karbon 140, 143
kation 60, 77, 115
katode 2, 3, 6
keelektronegatifan 33, 34
kelarutan senyawa 60
kodein 200
konfigurasi elektron 16, 17, 18
konsep mol 92
keramik 183
kristal cair 176
L
Lavoisier, Antonie 76
Lewis, Gilbert Newton 46
lintasan stasioner 14
M
magnesium 37
massa molar 94, 95
Mendeleev, Dmitri 25
Meyer, Lothar 25
Milikan, Robert A. 5
minyak 162
  bumi 162, 164
  mentah 165, 168
Moseley, Henry 7
N
natrium 47
neutron 4, 9
nonelektrolit 115
nonlogam 26, 49
O
oksidasi 124
oktet 146
P
pemanis 195
pengawet 196
penisilin 199
penyedap rasa 197
periode 26, 28, 31
persamaan reaksi 75, 98
pestisida 190, 193
pewarna 196
polietilen 181
polimer 179
  alam 179
  sintetik 180
polipropilen 181
polivinilklorida 182
proton 3, 9
Proust, Joseph 85
  Hukum Proust 85
pupuk 187
  fosfor 189
  kalium 189
  nitrogen 187
R
reduksi 124
reduktor 126
rodentisida 191
rumus empiris 72
rumus molekul 71, 149
Rutherford, Ernest 14
S
sakarin 195
senyawa biner 68
senyawa ion 47, 115
senyawa kovalen nonpolar 61
senyawa kovalen polar 61
senyawa organik 69, 71, 143
senyawa poliatom 69
struktur molekul 153, 155
T
tabung sinar katode 2
tata nama senyawa 68
Thomson, Joseph J. 5
titik didih 59. 146, 149, 165
titik leleh 61, 146, 149

Daftar Pustaka

Acmad, H.T. 1991. *Penuntun Belajar Kimia: Stoikiometri dan Energetika.* Bandung: PT Citra Aditya Bakti.

Anderton, J.D., et al. 1997. *Foundations of Chemistry. 2nd Edition.* Australia: Addison Wesley Longman Australia Pty Ltd.

Brady, J. E., Senese, F. 2004. *Chemistry: Matter and its Changes. 4th Edition*. New York: John Wiley & Sons. Inc.

Brady., and Humiston.1990. *General Chemistry*. *4th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Brown, T.L.,Lemay. H.E., and Bursten. B.E. 2000. *Chemistry: The Central Science. 8th Edition*. New Jersey:Prentice Hall International, Inc.

Chang, R. 1994. *Chemistry*. *5th Edition*. New York: Mc Graw–Hill, Inc

Chang, R. 2002. *Chemistry*. *7th Edition*. New York: Mc Graw–Hill, Inc.

Drews, F.K.M., 2000. *How to study Science*. 3rd New York: Mc Grow–Hill.

Ebbing., Darrel, D., and Wrighton., Mark, S. 1990. *General Chemistry*. *3rd Edition*. Boston: Houghton Mifflin Company.

Fullick, A., and Fullick, P. 2000. *Heinemann Advanced Science: Chemistry. 2nd Edition*. Spain: Heinemann Educational Publisher.

Malone, L.J. 1994. *Basic Concepts of Chemistry*. *4th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Mc Murry, J., and Fay. R. C. 2001. *Chemistry*. *3rd Edition*. New Jersey: Pretice–Hall, Inc.

Millio, F.R. 1991. *Experiment in General Chemistry*. New York: Sauders College Publishing.

Moelller., and Therald, *et.al*. 1989. *Chemistry with Inorganic Qualitative Analysis*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich Publisher.

Murov, S.B., and Stedjee. 2000. *Experiments and Exercises in Basic Chemistry*. *5th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Olmsted, J., and Williams, G.M. 1997. *Chemistry*: *The Molecular Science*. *2nd Edition*. Dubuque: Wim. C. Brown.

Oxtoby., David, W., Nachtrieb., and Norman, H. 1987. *Principles of Modern Chemistry*. Philadelphia: Saunders Golden Sunburst Series.

Petrucci, R.H., and William, H. 1997. *General Chemistry Principles and Modern Application*. *7th Edition* New Jersey: Pentice–Hall, Inc.

Publisher Team. 1995. *Chemistry Today: The World Book Encyclopedia Of Science*. Chicago: World Book, Inc.

Publisher team. 1992. *Chemistry (Topical)*. Selangor: University Book Store (M) SDN BHD.

Pusat Penerjemah FSUI. 1997. Jendela IPTEK: *Materi*. Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Balai Pustaka.

Pusat Penerjemah FSUI. 1997. Jendela IPTEK: *Kimia*. Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Balai Pustaka.

Ryan, L. 2001. *Chemistry For You*. Revised National Curriculum Edition For GCSE. Spain: Stanley Thornes (Publishers), Ltd.

Retsu, S. R. Sougou Kagashi. Tokyo: Keirinkan.

Sevenair, J.P., and Burkett, A.R. 1997. *Introductory Chemistry*. *1st Edition*. Dubuque: Wm.C.Brown Communications, Inc.

Schwartz, A.T., et. al. 1997. *Chemistry in Context*. *2nd Edition*. Dubugue: Times Mirror Higher Education Group, Inc.

Sunarya, Y. 2003. *Kimia Dasar I: Berdasarkan Prinsip-prinsip Terkini*. Edisi ke-1. Bandung: Gracia Indah Bestari.

Sunarya, Y. 2003. *Kimia Dasar II: Berdasarkan Prinsip-prinsip Terkini*. Edisi ke-1. Bandung: Gracia Indah Bestari.

Taylor, C., and Pople, S. 1995. *The Oxford Children's Book of Science*. New York: Oxford University Press

Zumdahl., and Steven, S. 1989. *Chemistry*. *2nd Edition,* Lexington: D. C Heath and Company.

Sumber lain:

www.cgi.ebay.de
www.chemistry.berkeley.edu
www.co.weld.co.us
www.dlib.org
www.erikedge.com
www.health–report.co.uk
www.idealimiz.com
www.ironorchid.com
www.ill.fr
www.janis.com
www.kamperer auto.ni
www.lindseyteak.com
www.mooseys countrygarden.com
www.mineral.gallieres.com
www.ndt-ed.org
www.novelvar.com
www.osulibrary.oregonstate.edu
www.pikiran-rakyat.com.
www.rtg.store.com
www.safebryo.cz
www.smart weed.olemiss.edu
www.th.physik uni-franfurt
www.thiel.edu
www.tuat.ac.jp
www.users.bigpond.com
www.web.sbu.edu
www.wps.prenhall

ISBN 978-979-068-721-9 (No. Jld lengkap)
ISBN 978-979-068-722-6

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp14.826,-