

Poppy K. Devi • Siti Kalsum
Masmiani • Hasmianti Syahrul



KIMIA 1

Kelas X SMA dan MA



Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

Poppy K. Devi • Siti Kalsum
Masmiani • Hasmianti Syahrul

KIMIA 1

Kelas X SMA dan MA

ROSDA

- Poppy K. Devi • Siti Kalsum
- Masmiani • Hasmiati Syahrul

KIMIA 1

Kelas X SMA dan MA



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
dilindungi Undang-undang

K I M I A 1

Kelas X SMA dan MA

Penulis : **Poppy K. Devi**
Hasmiati Syahrul
Siti Kalsum
Masmiani

Penelaah : **Liliasari**

Editor : **Lilis Suryani**

Desain Sampul : **Guyun Slamet**

Ilustrator : **Beni**

Perwajahan : **Beni**

Ukuran Buku : **17,5 x 25 cm**

540.7

POP K POPPY K. Devi
k Kimia 1: Kelas X SMA dan MA / penulis, Poppy K. Devi... [et al]
; editor, Lilis Suryani ; ; ilustrator, Beni.
— Jakarta : Pusat Perbukuan,
Departemen Pendidikan Nasional, 2009
vii, 254 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 252

Indeks

ISBN 978-979-068-725-7 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-727-1

I. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul

II. Lilis Suryani III. Beni

Hak Cipta Buku ini dibeli Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit PT. Remaja Rosdakarya

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.

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

Ilmu Kimia merupakan salah satu pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam. Melalui belajar kimia dapat dikembangkan keterampilan intelektual dan psikomotor yang dilandasi sikap ilmiah. Keterampilan intelektual yang menyangkut keterampilan berpikir rasional, kritis, dan kreatif dapat dikembangkan melalui belajar yang tidak lepas dari aktivitas membaca. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, penulis mencoba untuk membuat buku Kimia SMA ini.

Materi kimia di dalam buku ini disajikan melalui cara yang mudah dipahami siswa dengan contoh-contoh yang berkaitan dengan masalah kimia dalam kehidupan sehari-hari. Untuk membantu siswa dalam pencapaian kompetensi dasar kimia, pada setiap bab disajikan bagan konsep yang menggambarkan konsep-konsep inti pada materi, deskripsi materi, kegiatan yang sederhana tetapi dapat meningkatkan keterampilan proses bagi siswa, info kimia, rangkuman, kata kunci, contoh soal, serta latihan soal bentuk pilihan ganda dan uraian. Selain itu dilengkapi dengan tugas yang dapat digunakan untuk penilaian portofolio.

Penggunaan buku kimia ini dalam belajar adalah untuk melatih siswa berpikir rasional, kritis, dan kreatif dalam memecahkan masalah dalam IPA.

Buku ini ditulis oleh beberapa penulis yang sudah berpengalaman mengajar dan menulis buku Kimia serta mengacu pada referensi yang bersifat internasional dan terkini. Harapan penulis, mudah-mudahan buku ini dapat membantu siswa belajar dan membantu guru dalam meningkatkan kinerjanya untuk memotivasi siswa belajar Ilmu Kimia dan untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang mampu dalam memajukan bangsa dan negara.

Akhirnya kami menyampaikan terima kasih kepada para guru dan pengguna buku ini. Untuk meningkatkan kualitas buku ini, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Bandung, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	iv
BAB I Tabel Periodik Unsur dan Struktur Atom	1
A. Perkembangan Tabel Periodik Unsur	3
B. Golongan, Periode, Nomor Atom, Nomor Massa, Massa Atom Relatif dalam Tabel Periodik Unsur	9
C. Perkembangan Teori Atom	18
D. Struktur Atom	21
E. Sifat Unsur	25
F. Keperiodikan Sifat Unsur	29
Rangkuman	35
Evaluasi Akhir Bab	36
BAB II Ikatan Kimia	43
A. Kestabilan Unsur-Unsur	45
B. Ikatan Ion dan Ikatan Kovalen	48
C. Sifat Fisis Senyawa Ion dan Kovalen	57
D. Kepolaran Senyawa Kovalen	60
E. Ikatan Logam	62
Rangkuman	63
Evaluasi Akhir Bab	64
BAB III Tata Nama Senyawa dan Persamaan Reaksi	69
A. Rumus Kimia	71
B. Tata Nama Senyawa Kimia	75
C. Persamaan Reaksi	82
Rangkuman	87
Evaluasi Akhir Bab	88
BAB IV Hukum Dasar Kimia	91
A. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)	93
B. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust)	94
C. Hukum Kelipatan Perbandingan (Hukum Dalton)	96
D. Hukum Perbandingan Volum (Gay Lussac)	100
E. Hipotesis Avogadro	102
Rangkuman	104
Evaluasi Akhir Bab	105

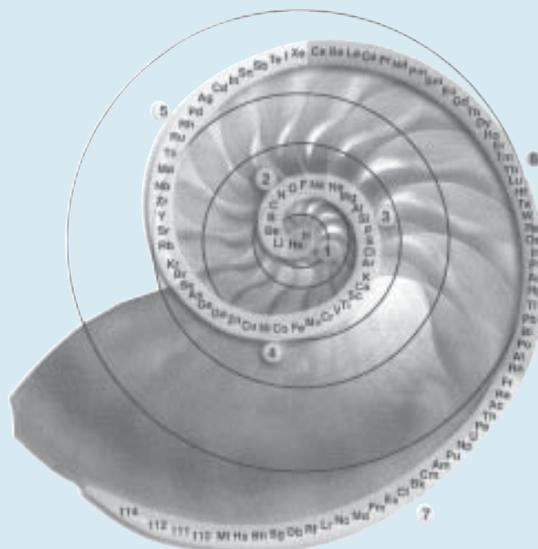
BAB V	Perhitungan Kimia	109
	A. Massa Atom Relatif dan Massa Molekul Relatif	111
	B. Penentuan Rumus Kimia Senyawa Berdasarkan A_r dan M_r	113
	C. Mol	114
	D. Penerapan Hukum Gay Lussac, Avogadro, dan Konsep Mol pada Perhitungan Kimia	121
	E. Perhitungan Kimia dengan Reaksi Pembatas	124
	F. Penentuan Kadar Zat, Rumus Empiris, Rumus Molekul, dan Air Hidrat Berdasarkan Konsep Mol	127
	Rangkuman	129
	Evaluasi Akhir Bab	130
	Soal Evaluasi Semester I	135
BAB VI	Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit	143
	A. Komponen Larutan	145
	B. Daya Hantar Listrik Berbagai Larutan	145
	C. Kekuatan Larutan Elektrolit	147
	D. Senyawa-Senyawa Pembentuk Larutan Elektrolit	148
	Rangkuman	151
	Evaluasi Akhir Bab	151
BAB VII	Reaksi Oksidasi-Reduksi	155
	A. Konsep Reaksi Oksidasi-Reduksi	157
	B. Tata Nama Senyawa Berdasarkan Bilangan Oksidasi	162
	C. Penerapan Konsep Reaksi Oksidasi-Reduksi	164
	Rangkuman	165
	Evaluasi Akhir Bab	166
BAB VIII	Kekhasan Atom Karbon	171
	A. Unsur C, H, dan O dalam Senyawa Karbon	173
	B. Kekhasan Atom Karbon dalam Senyawa Karbon	175
	Rangkuman	178
	Evaluasi Akhir Bab	178
BAB IX	Alkana, Alkena, dan Alkuna	181
	A. Alkana	183
	B. Alkena	191
	C. Alkuna	196
	D. Reaksi-Reaksi pada Alkana, Alkena, dan Alkuna	199

	Rangkuman	204
	Evaluasi Akhir Bab	204
BAB X	Minyak Bumi	209
	A. Proses Pembentukan Minyak Bumi	211
	B. Komponen Utama Minyak Bumi	212
	C. Pengolahan Minyak Bumi	214
	D. Bensin Sebagai Bahan Bakar	217
	E. Daerah-Daerah Pengilangan Minyak Bumi dan Gas Bumi di Indonesia	219
	Rangkuman	219
	Evaluasi Akhir Bab	220
BAB XI	Kegunaan dan Komposisi Senyawa Hidrokarbon dalam Kehidupan Sehari-Hari	223
	A. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Pangan	225
	B. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Sandang	226
	C. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Papan	227
	D. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Perdagangan	229
	E. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Seni dan Estetika	231
	Rangkuman	232
	Evaluasi Akhir Bab	232
	Soal Evaluasi Semester II	235
	LAMPIRAN 1: TABEL UNSUR	241
	LAMPIRAN 2: SIFAT FISIK UNSUR	243
	LAMPIRAN 3: KUNCI JAWABAN SOAL EVALUASI AKHIR BAB	244
	GLOSARIUM	247
	DAFTAR PUSTAKA	252
	INDEKS	253



Bab I

Tabel Periodik Unsur dan Struktur Atom



Sumber: Silberberg, Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change

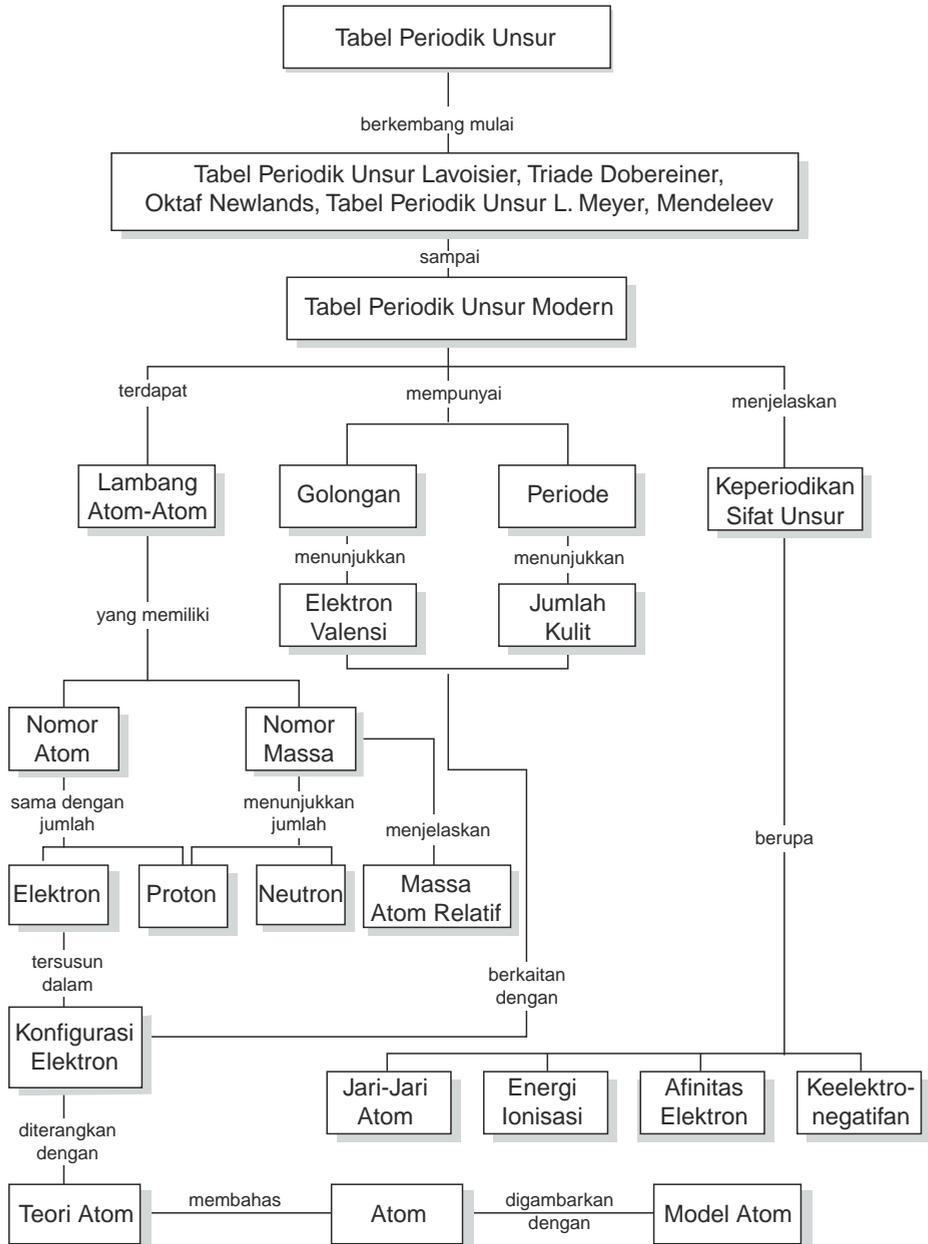
Pola keperiodikan alami. Ukuran spiral kulit siput bertambah besar secara teratur, hal ini mirip dengan keteraturan pada tabel periodik.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat:

1. menjelaskan perkembangan tabel periodik unsur,
2. menjelaskan pengertian golongan dan periode pada tabel periodik unsur,
3. membedakan nomor atom dan nomor massa,
4. menjelaskan pengertian massa atom relatif suatu unsur,
5. menjelaskan perkembangan teori atom,
6. membedakan partikel-partikel yang ada pada atom,
7. menentukan konfigurasi elektron suatu atom pada kulitnya,
8. menentukan elektron valensi suatu atom,
9. membedakan sifat unsur-unsur logam, nonlogam, dan semi logam,
10. menjelaskan sifat-sifat periodik unsur berdasarkan konfigurasi elektronnya.

PETA KONSEP



Pada saat ini telah ditemukan lebih dari seratus unsur dan begitu banyak senyawa kimia yang telah disintesis. Bagaimana agar kita mudah mempelajari unsur-unsur itu? Para ahli kimia telah mengelompokkan unsur-unsur berdasarkan sifat-sifat kimia dan fisika yang mirip atau sama.

Untuk mempelajari pengelompokan unsur-unsur berdasarkan sifatnya dapat digunakan tabel periodik unsur. Tabel periodik unsur berkembang mulai dari cara pengelompokan yang sederhana sampai yang lengkap. Tabel periodik yang digunakan sekarang adalah tabel periodik modern yang disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat unsur. Pada tabel periodik modern, unsur-unsur dikelompokkan dalam golongan dan periode.

Pada tabel periodik unsur, lambang unsur dilengkapi dengan nomor atom dan massa atom. Dari data tersebut kita dapat menentukan struktur atom suatu unsur seperti jumlah proton, neutron, elektron, dan konfigurasi elektronnya.

Dalam tabel periodik unsur kita dapat mempelajari sifat unsur seperti logam, metaloid, nonlogam, dan sifat periodik yaitu jari-jari, energi ionisasi, afinitas elektron, dan keelektronegatifan.

A. Perkembangan Tabel Periodik Unsur

Pengelompokan unsur-unsur dimulai oleh Antoine Lavoisier yang mengelompokkan unsur menjadi logam dan bukan logam. Selanjutnya pengelompokan unsur berkembang dalam berbagai bentuk dan dikenal dengan Triade Dobereiner, Oktaf Newlands, Tabel Periodik Unsur Lothar Meyer dan Mendeleev, serta Tabel Periodik Unsur Modern.

1. Tabel Periodik Unsur Antoine Lavoisier

Antoine Lavoisier pada tahun 1789, seorang ahli kimia Perancis membagi unsur-unsur menjadi empat kelompok. Untuk mengenal pengelompokannya, perhatikan Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Pengelompokan unsur oleh Antoine Lavoisier

Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III	Kelompok IV
Hidrogen	–	Arsen	–
Oksigen	–	Argentus	Alumina
Nitrogen	Karbon	Bismut	Barit
Cahaya	Fluor	Kobalt	Kapur
Kalor	Klor	Nikel	Silika
	Fosfor	Plumbum	Magnesia
	Sulfur	Timah	
		Seng	

Sumber: Maria James, Chemical Connections

Pada Tabel 1.1 tertera cahaya dan kalor yang bukan unsur. Pada kelompok IV dimasukkan senyawa yang belum dapat diuraikan menjadi unsur yang dikenal sekarang.

2. Hukum Triade Dobereiner

J.W. Dobereiner pada tahun 1817 mengelompokkan unsur yang mempunyai sifat sama, tiap kelompok terdiri dari tiga unsur yang disebut *triade*.

Untuk mempelajari hukum ini lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 1.1 Interpretasi Data

Hukum Triade Dobereiner

Berikut ini ada tiga kelompok unsur dalam satu golongan, amati massa unsur masing-masing dalam kelompoknya.

$6,96\text{Li}$	40Ca	$35,5\text{Cl}$
23Na	80Sr	80Br
$39,1\text{K}$	137Ba	127I

Sumber: Maria James, Chemical Connections

1. Jumlahkan massa Li dengan massa K kemudian bagi dua. Bandingkan hasilnya dengan massa Na! Selanjutnya jumlahkan massa Ca dengan Ba dan bagi dua, bandingkan hasilnya dengan massa Sr. Lakukan hal yang sama untuk Cl, Br, I.
2. Kesimpulan apa yang didapat dari pengelompokan ketiga unsur tersebut?
3. Apa yang dimaksud dengan Hukum Triade Dobereiner?

Dobereiner mencoba mengelompokkan unsur-unsur yang mempunyai sifat sama berdasarkan kenaikan massa atomnya, ternyata didapat keteraturan. *Jika tiga unsur diurutkan berdasarkan kenaikan massa atomnya, maka massa unsur yang kedua sama dengan massa rata-rata unsur pertama dan ketiga.* Pernyataan ini dikenal dengan nama Hukum Triade Dobereiner.

Contoh:

Pada kelompok unsur Li, Na, dan K

$$\begin{aligned} \text{Massa atom Na} &= \frac{\text{massa atom Li} + \text{massa atom K}}{2} \\ &= \frac{6,96 + 39,1}{2} = 23,03 \approx 23 \end{aligned}$$

3. Hukum Oktaf Newlands

Pada tahun 1863, J.W. Newlands mengurutkan unsur berdasarkan kenaikan massa atomnya. Bagaimana keteraturan yang ditemukannya? Coba diskusikan pengelompokannya melalui kegiatan berikut!

KEGIATAN 1.2 Interpretasi Data

Hukum Oktaf Newlands

Perhatikan tabel unsur-unsur yang dikelompokkan oleh Newlands berikut:

1 H	2 Li	3 Be	4 B	5 C	6 N	7 O
8 F	9 Na	10 Mg	11 Al	12 Si	13 P	14 S
15 Cl	16 K	17 Ca	18 Cr	19 Ti	20 Mn	21 Fe
22 Co & Ni	23 Cu	24 Zn	25 Y	26 In	27 As	28 Se
29 Br	30 Rb	31 Sr	32 Ce & La	33 Zn	34 Ni & Mn	35 Ro & Ru

Sumber: Maria James, *Chemical Connections*

Pada tabel tersebut unsur yang terdapat dalam satu kolom, dari atas ke bawah memiliki sifat yang mirip.

Pertanyaan:

1. Kalau unsur diurutkan, pada urutan ke berapa unsur yang memiliki sifat yang mirip?
2. Pengelompokan ini dinamakan *Hukum Oktaf*, coba jelaskan!

Dari pengelompokan ini ternyata unsur yang kedelapan memiliki sifat yang mirip dengan unsur yang pertama, begitu juga unsur yang kesembilan sifatnya mirip dengan unsur yang kedua, dan seterusnya. Contohnya, unsur H sifatnya mirip dengan unsur F dan Cl, unsur Li mirip dengan Na dan K, serta unsur Be mirip dengan Mg.

Pengulangan ini oleh Newlands disebut *Hukum Oktaf* karena dia membandingkan pengulangan sifat unsur dengan tangga nada atau oktaf pada lagu. Newlands memelopori penyusunan unsur-unsur yang sifatnya mirip pada kolom vertikal. Kelemahan hukum oktaf yaitu pengulangan setiap 8 unsur hanya cocok untuk unsur-unsur yang massa atomnya kecil. Selain itu masih ada unsur-unsur yang berimpitan pada urutan yang sama.

4. Tabel Periodik Unsur Lothar Meyer

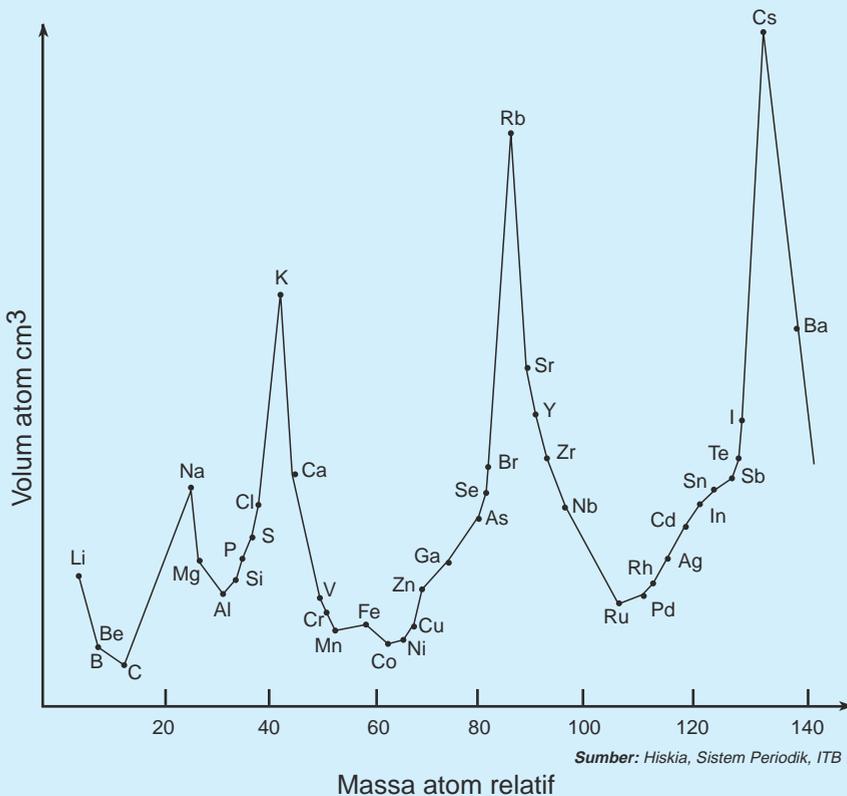
Pada tahun 1870, Lothar Meyer mencoba membuat daftar unsur-unsur dengan memperhatikan sifat fisika yaitu volum atom. Dia membuat grafik volum atom unsur terhadap massa atomnya.

Untuk mempelajarinya lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 1.3 Interpretasi Data

Lothar Meyer

Amati grafik berikut ini. Grafik ini disebut lengkung Meyer.



Pertanyaan:

1. Unsur apa saja yang berada di puncak lengkung grafik Meyer?
2. Unsur apa saja yang berada pada titik pertama dan kedua sebelum puncak grafik Meyer?

Pada lengkung Meyer, unsur-unsur Li, Na, K, Rb, dan Cs menempati kedudukan yang setara, yaitu di puncak. Be, Mg, Ca, Sr, dan Ba berada di titik kedua dari puncak. Ternyata unsur-unsur yang letaknya setara memiliki sifat yang mirip.

5. Tabel Periodik Unsur Mendeleev



Sumber: Silberberg, *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*

Gambar 1.1 Mendeleev

Dimitri Ivanovich Mendeleev pada tahun 1869 di Rusia mengemukakan hubungan antara massa unsur dengan sifat unsur. Dalam mempelajari keperiodikan unsur-unsur, Mendeleev selain menggunakan sifat fisika juga menggunakan sifat kimia.

Pada penelitiannya seperti Newlands, Mendeleev juga menyusun unsur menurut kenaikan massa atom relatifnya dan dia menemukan adanya perubahan sifat secara periodik.

Kelebihan tabel periodik unsur Mendeleev adalah sebagai berikut.

- Merupakan sistem periodik pertama yang disusun dalam bentuk tabel yang terdiri dari delapan lajur vertikal atau golongan dan tujuh deret horisontal atau periode. Selanjutnya disebut tabel periodik unsur Mendeleev.
- Ada tempat yang kosong bagi unsur-unsur yang diramalkan akan ditemukan dan diberi nama eka boron, eka aluminium, dan eka silikon. Ramalan tersebut terbukti dengan ditemukannya Scandium (1879), Galium (1875), dan Germanium (1886). Contoh ramalan Mendeleev untuk Germanium yang disebut eka silikon tertera pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Ramalan Mendeleev tentang sifat unsur germanium

Sifat	Eka Silikon (Mendeleev)	Germanium (Winkler)
Massa atom	72,00	72,30
Massa jenis	5,50	5,42
Volum atom	13,00 cc	13,22 cc
Warna	abu-abu tua	putih keabu-abuan
Massa jenis oksida	4,70	4,70
Massa jenis klorida	1,90	1,89
Titik didih klorida	100 °C	86 °C

Sumber: Maria James, *Chemical Connections*

- Dapat menempatkan unsur He, Ne, Ar, Kr, Xe, dan Rn dalam golongan tersendiri setelah golongan gas mulia ditemukan.

Tabel periodik unsur Mendeleev digambarkan seperti berikut.

Tabel 1.3 Tabel periodik unsur Mendeleev

	Golongan I	Golongan II	Golongan III	Golongan IV	Golongan V	Golongan VI	Golongan VII	Golongan 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	Ti 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 76	?Yt 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96	-100	Ru 104, Rh 104 Pd 105, Ag 108
7	(Ag 108)	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 128	I 127	
8	Cs 133	Ba 137	?Di 138	?Ce 140	-	-	-	-- --
9	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	?Er 178	?La 180	Ta 182	W 184	-	Os 195, Ir 197 Pt 198, Au 199
11	(Au 199)	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	-		
12	-	-	-	Th 231	-	U 240	-	-- --

Sumber: Maria James, *Chemical Connections*

Selain keunggulan, tabel periodik unsur Mendeleev mempunyai beberapa kelemahan yaitu sebagai berikut.

- Ada beberapa urutan unsur yang terbalik jika ditinjau dari bertambahnya massa atom relatif, misalnya Te (128) ditempatkan sebelum I (127).
- Triade besi (Fe, Co, Ni), triade platina ringan (Ru, Rh, Pd), dan triade platina (Os, Ir, Pt) dimasukkan ke dalam golongan VIII. Di antara unsur-unsur golongan ini hanya Ru dan Os yang mempunyai valensi 8.

6. Tabel Periodik Unsur Modern

Tabel periodik unsur yang digunakan sekarang yaitu Tabel Periodik Unsur Modern. Setelah tabel periodik unsur Mendeleev, pada tahun 1915 Henry Moseley menemukan nomor atom dan menyusun unsur-unsur dalam tabel periodik berdasarkan kenaikan nomor atom. Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan antara nomor atom dengan sifat-sifat unsur, maka tabel periodik Mendeleev perlu penyempurnaan. Pada tabel periodik unsur modern unsur disusun dalam *golongan* dan *periode*.

Ada dua sistem yang digunakan pada penomoran golongan yaitu sistem Amerika dan sistem IUPAC. Sistem Amerika menggunakan angka Romawi I sampai VIII, masing-masing terdiri dari golongan A dan B. Sistem IUPAC (*International Union Pure and Applied Chemistry*) menggunakan angka Arab 1 sampai dengan 18.

Oleh karena sistem penomoran golongan IUPAC belum memasyarakat di kalangan ahli kimia, maka penggolongan sistem Amerika lebih banyak digunakan, begitu juga di Indonesia.

Tabel periodik unsur modern digambarkan sebagai berikut.

TABEL PERIODIK UNSUR-UNSUR

		GOLONGAN																																													
		IA		IIA		VIII B										IIB		IB		IIA		IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIIIA															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36										
PERIODE	1	H																	He																												
	2	Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne																						
	3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
	4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
	5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
	6	Cs	Ba	57-71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
	7	Fr	Ra	89-103	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh																														
Nomor atom																		80		200,59																											
Massa atom																		La		Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er		Tm		Yb		Lu	
Tingkat oksidasi																		Lantanum		Samarium		Europium		Gadolinium		Terbium		Dysprosium		Holmium		Erbium		Thulium		Ytterbium		Lutetium									
LAMBANG																		Ac		Th		Pa		U		Np		Pu		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No		Lr	
NAMA																		Aktinium		Torium		Protaktinium		Uranium		Neptunium		Plutonium		Amerisium		Kurium		Berkelium		Kalifornium		Einsteinium		Fermium		Mendelevium		Nobelium		Lawrencium	

Gambar 1.2 Tabel periodik unsur modern

Latihan 1.1

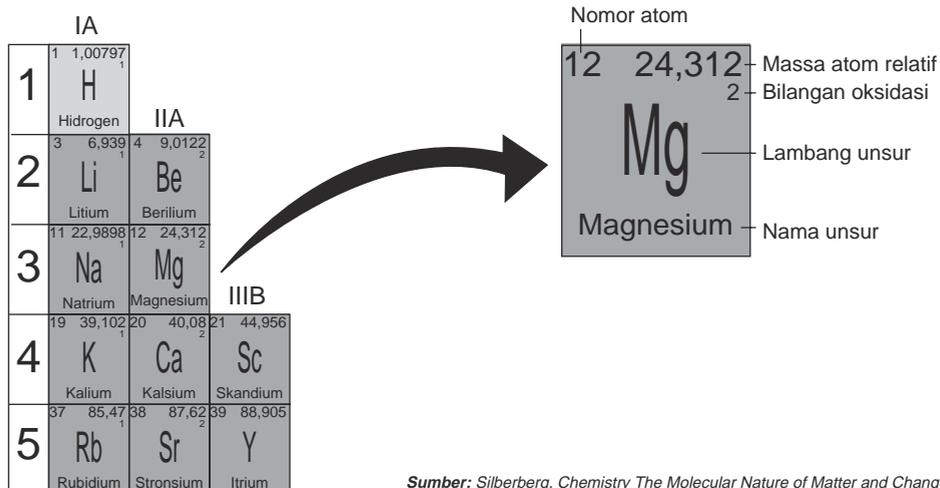
Selesaikan soal-soal berikut!

- Jelaskan hukum triade menurut Dobereiner!
- Jelaskan hukum oktaf dari Newlands!
- Berikan contoh kelebihan tabel periodik unsur Mendeleev!
- Jelaskan perbedaan daftar unsur-unsur yang disusun Lothar Meyer dengan Mendeleev!

B. Golongan, Periode, Nomor Atom, Nomor Massa, dan Massa Atom Relatif dalam Tabel Periodik Unsur

Pada tabel periodik unsur, unsur-unsur dikelompokkan dalam golongan dan periode. Setiap lambang unsur dilengkapi dengan nomor atom, nomor massa atau massa atom relatif.

Perhatikan gambar berikut.



Sumber: Silberberg, Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 1.3 Penulisan lambang unsur, nama unsur, nomor atom, dan massa atom relatif dalam tabel periodik unsur

1. Golongan dan Periode

Pada tabel periodik unsur, lajur vertikal menunjukkan golongan unsur-unsur, sedangkan lajur horisontal menunjukkan periode.

a. Golongan

Pada tabel periodik unsur dikelompokkan menjadi golongan utama atau golongan A dan golongan transisi atau golongan B.

Perhatikan penggolongan unsur-unsur dalam tabel periodik unsur yang terdapat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Penggolongan unsur-unsur

Nama Golongan	Lambang Golongan		Nama Golongan	Lambang Golongan	
	Amerika	IUPAC		Amerika	IUPAC
Alkali	IA	1	Transisi	IIIB	3
Alkali Tanah	IIA	2	Transisi	IVB	4
Boron, Aluminium	IIIA	13	Transisi	VB	5
Karbon	IVA	14	Transisi	VIB	6
Nitrogen, Fosfor	VA	15	Transisi	VII B	7
Oksigen, Belerang	VIA	16	Transisi	VIII B	8
Halogen	VIIA	17	Transisi	VIII B	9
Gas Mulia	VIIB	18	Transisi	VIII B	10
			Transisi	IB	11
			Transisi	IIB	12

Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Golongan utama terdiri dari 8 golongan yaitu golongan IA sampai dengan VIIIA. Golongan unsur transisi terdiri dari 8 golongan yaitu golongan IB sampai dengan VIIIB. Untuk golongan VIIIB terdiri dari 3 lajur vertikal, sedangkan golongan lainnya masing-masing 1 lajur vertikal.

Unsur transisi berada di antara golongan IIA dan IIIA. Semua unsur transisi bersifat logam dan banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti Fe, Zn, Cu, Ni, Au, Cr, Mn, dan Ag.

b. Periode

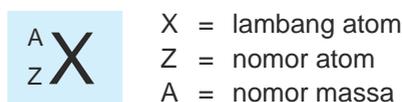
Berapa jumlah periode pada tabel periodik dan berapa unsur yang terdapat pada masing-masing periode? Coba amati tabel periodik pada Gambar 1.2!

Tabel periodik unsur terdiri dari 7 periode dan dua deret unsur terpisah di bawah yaitu deret *lantanida* dan *aktinida*. Tiap periode terdiri dari beberapa unsur dengan jumlah yang berbeda-beda yaitu sebagai berikut.

- 1) Periode kesatu terdiri dari dua unsur yaitu H dan He.
- 2) Periode kedua terdiri dari 8 unsur yaitu: Li, Be, B, C, N, O, F, Ne.
- 3) Periode ketiga terdiri dari 8 unsur.
- 4) Periode keempat 18 unsur.
- 5) Periode kelima 18 unsur.
- 6) Unsur pada periode keenam terdiri dari unsur yang ada pada tabel utama ditambah unsur-unsur pada deret lantanida (no. 57 - 71), sehingga jumlahnya menjadi 32 unsur.
- 7) Unsur pada periode ketujuh juga terdiri dari unsur pada tabel utama ditambah unsur pada deret aktinida (no. 89 - 103), sampai saat ini jumlahnya 28 unsur. Dengan ditemukannya unsur baru maka jumlah unsur dalam periode ini akan bertambah terus.

2. Nomor Atom dan Nomor Massa

Lambang atom yang dilengkapi nomor atom dan nomor massa dapat dituliskan dengan notasi sebagai berikut.



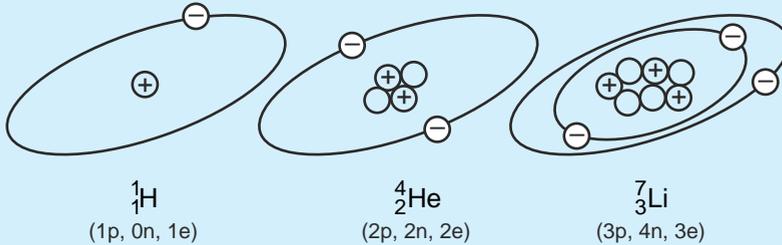
Atom memiliki partikel-partikel penyusun atom yaitu proton, neutron, dan elektron. Proton bermuatan positif, neutron bersifat netral, dan elektron bermuatan negatif.

Apa makna dari nomor atom dan nomor massa pada lambang suatu unsur? Untuk memahami makna nomor atom dan nomor massa, coba lakukan kegiatan 1.4.

KEGIATAN 1.4 Prediksi

Nomor Atom dan Nomor Massa

Perhatikan bagan partikel-partikel penyusun atom pada unsur: ${}^1_1\text{H}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^7_3\text{Li}$ berikut ini.



Catatan: p = proton, n = neutron, e = elektron.

Pertanyaan:

1. Berapa jumlah proton, neutron, dan elektron pada masing-masing atom H, He, dan Li pada unsur di atas?
2. Nomor atom pada H, He, dan Li sama dengan jumlah partikel apa?
3. Bagaimana dengan nomor massa dari unsur di atas? Carilah hubungannya dengan jumlah partikel masing-masing unsur!

Hubungan jumlah partikel dasar dengan nomor atom dan nomor massa unsur dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Hubungan partikel dasar dengan nomor atom dan nomor massa

Nama Atom	Lambang Atom	No. Atom	No. Massa	Elektron	Proton	Neutron
Hidrogen	${}^1_1\text{H}$	1	1	1	1	0
Helium	${}^4_2\text{He}$	2	4	2	2	2
Litium	${}^7_3\text{Li}$	3	7	3	3	4

Jumlah partikel dasar pada atom berhubungan dengan nomor atom dan nomor massa unsur. Dari Tabel 1.5 dapat disimpulkan hubungan antara nomor atom dengan partikel-partikel dasar atom dan hubungan nomor massa dengan partikel-partikel dalam atom yaitu sebagai berikut.

Nomor atom (Z) = Jumlah proton atau jumlah elektron
Nomor massa (A) = Jumlah proton + jumlah neutron
= Jumlah nukleon

Jumlah neutron adalah selisih nomor massa dengan nomor atom.

$$\text{Jumlah neutron} = A - Z$$

Contoh Soal

Tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron dari unsur ${}^{39}_{19}\text{K}$.

Penyelesaian:

${}^{39}_{19}\text{K}$ mempunyai nomor massa = 39 dan nomor atom = 19.

Jadi, jumlah proton = nomor atom = 19

jumlah elektron = 19

jumlah neutron = nomor massa – nomor atom

= 39 – 19

= 20

Latihan 1.2

Salin tabel berikut dan lengkapilah!

Nama Unsur	Lambang Atom	Jumlah Proton	Jumlah Elektron	Jumlah Neutron	Nomor Atom	Massa Atom
Magnesium	${}^{24}_{12}\text{Mg}$	12	12	12	12	24
Fosfor	${}^{31}_{15}\text{P}$	...	15	...	...	...
Klor	...	17	...	...	...	35
Tembaga	...	...	...	...	29	63
Timbal	...	...	...	126	...	208
Emas	...	...	79	...	...	197

3. Isotop, Isoton, dan Isobar

Salah satu teori atom menurut Dalton menyatakan bahwa atom-atom unsur akan mempunyai *sifat yang sama*. Pendapat ini tidak sepenuhnya benar setelah ditemukan spektrograf massa oleh F.W. Aston tahun 1919. Ternyata kebanyakan unsur-unsur dalam senyawa mempunyai massa atom yang berbeda. Misalnya untuk klor ada yang memiliki massa 35 sma, 36 sma, dan 37 sma.

Selain itu, ada pula unsur-unsur yang berbeda tetapi mempunyai jumlah partikel yang sama. Untuk mempelajarinya amati Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Beberapa unsur dengan massa atom yang berlainan

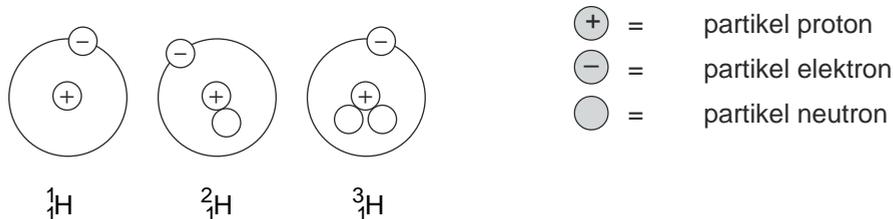
Unsur	No. Atom	Jumlah Neutron	Massa Atom	Lambang
H	1	0	1	${}^1_1\text{H}$
		1	2	${}^2_1\text{H}$
		2	3	${}^3_1\text{H}$
C	6	6	12	${}^{12}_6\text{C}$
		8	14	${}^{14}_6\text{C}$
O	8	8	16	${}^{16}_8\text{O}$
		9	17	${}^{17}_8\text{O}$
		10	18	${}^{18}_8\text{O}$
Ne	10	10	20	${}^{20}_{10}\text{Ne}$
		11	21	${}^{21}_{10}\text{Ne}$
		12	22	${}^{22}_{10}\text{Ne}$

Sumber: Silberberg, *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change*

Dari Tabel 1.6 dapat dilihat bahwa setiap unsur mempunyai beberapa massa atom misalnya atom H ada yang mempunyai massa atom 1, 2, dan 3. Unsur-unsur tersebut disebut isotop. Jadi, dapat disimpulkan sebagai berikut.

Isotop adalah unsur-unsur yang memiliki *nomor atom sama* tetapi *massa atom yang berbeda*.

Partikel apa yang menyebabkan adanya isotop dari suatu unsur? Perhatikan ilustrasi berikut.



Gambar 1.4 Isotop hidrogen

Ketiga isotop hidrogen dapat dibedakan dari jumlah partikel neutronnya. Dari contoh-contoh isotop pada Tabel 1.6, perbedaan massa atom dari suatu nuklida disebabkan oleh jumlah partikel neutronnya.

Dari Tabel 1.6 dapat dilihat $^{14}_6\text{C}$ dan $^{16}_8\text{O}$ memiliki neutron yang sama yaitu 8. Kedua unsur itu disebut *isoton*. Apakah kedua unsur itu mempunyai sifat yang sama?

Isoton adalah unsur-unsur yang memiliki jumlah *neutron* yang sama.

Unsur $^{14}_6\text{C}$ dan $^{14}_7\text{N}$ memiliki nomor massa yang sama. Kedua unsur itu disebut *isobar*. Apakah kedua unsur ini mempunyai sifat yang sama?

Isobar adalah unsur-unsur yang memiliki *nomor massa sama*, tetapi nomor atomnya berbeda.

Latihan 1.3

Salin tabel berikut, lengkapi, dan jawablah pertanyaannya.

Unsur	Nomor Atom	Proton	Neutron	Massa Atom
A	6	6	8	14
B	7	...	7	14
C	8	8	...	16
D	15	15	...	30
E	15	...	16	...
F	16	16	...	32

Pertanyaan:

Tentukan kelompok unsur yang termasuk isotop, isoton, dan isobar pada tabel di atas!

4. Massa Atom Relatif

Massa atom relatif dalam kimia sangat penting untuk mengetahui sifat unsur atau senyawa. Bagaimana cara menentukan massa atom relatif?

Massa atom relatif yaitu bilangan yang menyatakan perbandingan massa atom unsur tersebut dengan massa atom yang dijadikan standar. Mula-mula dipilih hidrogen sebagai atom standar karena merupakan atom teringan. Kemudian diganti oleh oksigen karena atom oksigen dapat bersenyawa dengan atom lain. Syarat atom yang massa atomnya dijadikan standar adalah harus atom yang stabil dan murni, maka ditetapkan atom C-12 sebagai standar. Atom C-12 memiliki massa 12 satuan massa atom (sma). 1 sma sama dengan $\frac{1}{12}$ kali massa 1 atom C-12.

Massa atom relatif diberi lambang A_r dan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$A_r \text{ unsur X} = \frac{\text{Massa 1 atom unsur X}}{\frac{1}{12} \text{ massa atom } ^{12}\text{C}}$$

Jadi massa atom relatif suatu unsur adalah perbandingan massa satu atom unsur tersebut dengan $\frac{1}{12}$ kali massa satu atom C-12.

Massa atom relatif beberapa unsur dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Massa atom relatif beberapa unsur

Nama Unsur	Lambang	A_r	A_r (pembulatan)	Nama Unsur	Lambang	A_r	A_r (pembulatan)
Hidrogen	H	1,00797	1	Besi	Fe	55,874	56
Karbon	C	12,00	12	Seng	Zn	65,37	65,5
Neon	Ne	20,183	20	Perak	Ag	107,870	108
Belerang	S	32,064	32	Emas	Au	196,967	197
Klor	Cl	35,453	35,5	Uranium	U	238,03	238

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Bagaimana cara menghitung massa atom relatif berdasarkan rumus di atas? Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

Hitung massa atom relatif Fe jika diketahui massa Fe = 55,874.

Penyelesaian:

$$A_r \text{ unsur Fe} = \frac{\text{Massa 1 atom unsur Fe}}{\frac{1}{12} \text{ massa atom } ^{12}\text{C}} = \frac{55,874}{\frac{1}{12} \times 12} = 55,874 \text{ dibulatkan menjadi } 56.$$

Massa atom relatif dapat ditentukan berdasarkan massa isotop-isotop unsur di alam. Kelimpahan isotop unsur berbeda-beda. Perhatikan Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Kelimpahan isotop unsur klor dan brom

Unsur	Kelimpahan dalam %
Klor	75% isotop $^{35}_{17}\text{Cl}$ dan 25% isotop $^{37}_{17}\text{Cl}$
Brom	19,6% isotop $^{10}_5\text{B}$ dan 80,4% isotop $^{11}_5\text{B}$

Bagaimana cara menentukan massa atom relatif berdasarkan kelimpahan unsur di alam? Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

- Di alam terdapat isotop tembaga dengan kelimpahan masing-masing 69,2% Cu yang memiliki massa 62,930 sma dan 30,8% Cu yang memiliki massa 64,928 sma. Tentukan massa atom relatif dari tembaga!

Penyelesaian:

$$A_r \text{Cu} = (62,930 \times 69,2\%) + (64,928 \times 30,8\%) = 65,545.$$

- Di alam terdapat klor dalam dua isotop yaitu 75% klor-35 (^{35}Cl) dengan 25% klor-37 (^{37}Cl). Tentukan massa atom relatif Cl.

Penyelesaian:

$$A_r \text{Cl} = (75\% \times 35) + (25\% \times 37) = 35,5$$

Latihan 1.4

Selesaikan soal-soal berikut!

- Kelimpahan isotop boron di alam adalah 19,6% $^{10}_5\text{B}$ dan 80,4% $^{11}_5\text{B}$ dengan massa $^{10}_5\text{B} = 10,0129$ sma dan $^{11}_5\text{B} = 11,0093$ sma.
 - Tentukan A_r boron
 - Apakah A_r hasil perhitungan cocok dengan yang terdapat pada tabel periodik unsur?
- Neon di alam terdiri atas dua isotop yaitu $^{20}_{10}\text{Ne}$ dan $^{22}_{10}\text{Ne}$. Jika massa atom relatif neon adalah 20,2 tentukan persentase isotop neon yang ringan.

Bagaimana cara menentukan massa senyawa? Dengan mengetahui A_r unsur, kita dapat menentukan *massa relatif dari senyawa*, karena senyawa merupakan gabungan unsur-unsur dengan perbandingan yang tetap. Massa rumus relatif diberi lambang M_r . Untuk menghitung M_r , perhatikan contoh berikut.

Contoh Soal

Tentukan M_r dari karbon dioksida dan air!

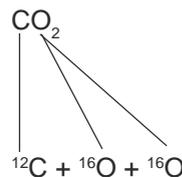
Penyelesaian:

Rumus karbon dioksida = CO_2

Molekul CO_2 terdiri dari 1 atom C dan 2 atom O

$A_r \text{C} = 12$ dan $\text{O} = 16$

$$M_r \text{CO}_2 = (1 \times 12) + (2 \times 16) = 44$$



Rumus air : H_2O

Molekul H_2O terdiri dari 2 atom H dan 1 atom O.

$A_r H = 1$ dan $O = 16$

$$M_r H_2O = (2 \times 1) + (1 \times 16) = 18$$

M_r sangat diperlukan untuk menentukan massa zat-zat yang direaksikan dan hasil-hasil reaksi dalam melakukan reaksi kimia yang akan dipelajari pada bab selanjutnya. Berikut ini diberikan M_r dari beberapa senyawa.

Tabel 1.9 M_r beberapa senyawa

Nama Senyawa	Rumus	M_r
Garam dapur	NaCl	$(1 \times A_r Na) + (1 \times A_r Cl)$ $(1 \times 23) + (1 \times 35,5) = 58,5$
Asam sulfat	H_2SO_4	$(2 \times A_r H) + (1 \times A_r S) + (4 \times A_r O)$ $(2 \times 1) + (1 \times 32) + (4 \times 16) = 98$
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	$(6 \times A_r C) + (12 \times A_r H) + (6 \times A_r O)$ $(6 \times 12) + (12 \times 1) + (6 \times 16) = 180$

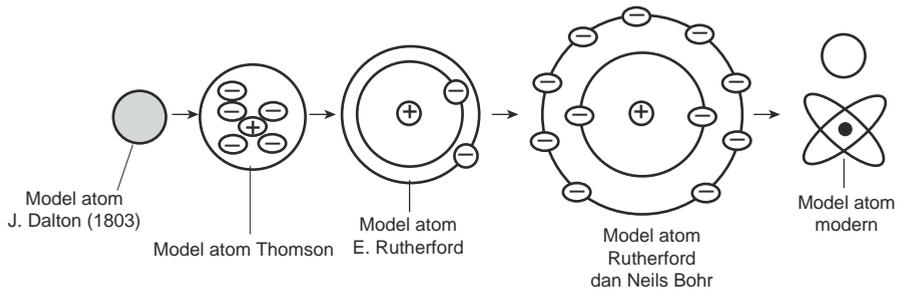
Latihan 1.5

Tentukan M_r dari senyawa-senyawa berikut.

- NH_3
- CH_4
- H_2SO_4
- HNO_3
- NaCl
- $CaCO_3$
- CH_3COOH
- $Al_2(SO_4)_3$

C. Perkembangan Teori Atom

Atom merupakan partikel terkecil dari suatu unsur. Pada setiap partikel atom terdapat partikel penyusun atom yang terdiri dari elektron, proton, dan neutron. Gambaran posisi dan susunan partikel penyusun atom dalam suatu atom berkembang dari temuan-temuan yang paling sederhana sampai yang rumit tetapi dapat menggambarkan model atom yang sebenarnya. Gambaran ini disebut juga teori atom. Teori atom sudah diungkapkan para ahli mulai dari beberapa abad yang lalu. Perkembangan teori atom dari tahun ke tahun dapat digambarkan dengan model atom seperti pada Gambar 1.5.



Sumber: Maria James, Chemical Connections

Gambar 1.5 Perkembangan model atom

Perkembangan teori atom dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Teori Atom Dalton

John Dalton pada tahun 1808 mengungkapkan sebagai berikut.

- Semua materi mempunyai bagian terkecil yang disebut atom.
- Atom tidak dapat dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil.
- Atom-atom suatu unsur sama dalam segala hal, tetapi berbeda dengan atom-atom unsur lain.
- Pada pembentukan senyawa terjadi ikatan antara penyusun senyawa tersebut.
- Atom-atom bergabung dengan perbandingan yang sederhana.

2. Teori Atom Thomson

Sir J.J. Thomson tahun 1897 memperlihatkan elektron dengan teorinya sebagai berikut.

- Atom merupakan bola yang bermuatan positif, pada tempat-tempat tertentu ada elektron yang bermuatan negatif.
- Jumlah muatan positif sama dengan muatan negatif.

Teori atom Thomson ini dikenal dengan nama teori atom *Roti Kismis*.

3. Teori Atom Rutherford

Ernest Rutherford tahun 1911 mengungkapkan model inti untuk suatu atom. Pada model inti digambarkan atom sebagai ruangan kosong dengan inti yang padat mengandung muatan positif terletak di pusat dan elektron beredar mengelilingi inti. Teori atom Rutherford menerangkan sebagai berikut.

- a. Massa atom terpusat pada inti atom
- b. Elektron beredar mengelilingi inti pada orbitnya atau kulitnya.
- c. Ukuran atom sekitar 10^{-8} cm dan inti atom 10^{-13} cm.

Model atom Rutherford ada kekurangannya yaitu, jika elektron-elektron terus mengelilingi inti akhirnya akan kehilangan energi dan kemungkinan dapat menumbuk inti.

4. Teori Atom Bohr

Niels Bohr tahun 1913 bekerja dengan Rutherford memodifikasi model atom dengan menambahkan bahwa elektron mengelilingi inti pada tingkat-tingkat energi yang berbeda.

Bohr mengungkapkan sebagai berikut.

- a. Elektron mengelilingi inti atom pada tingkat-tingkat energi tertentu yang disebut kulit elektron.
- b. Elektron dapat pindah dari tingkat energi yang satu ke yang lain dengan melepaskan atau menyerap energi.

Walaupun model atom Bohr menjelaskan bagaimana elektron tidak akan menumbuk inti, model Bohr tidak berlaku untuk atom berelektron banyak!

5. Teori Atom Modern

Teori atom modern berdasarkan mekanika quantum (tahun 1927) merupakan kelanjutan hasil kerja Rutherford dan Bohr. Teori atom modern menyatakan sebagai berikut.

Elektron bergerak mengelilingi inti pada orbital. Orbital menggambarkan daerah kebolehjadian ditemukannya elektron.

Latihan 1.6

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan teori atom yang diungkapkan oleh Dalton!
2. Jelaskan teori atom Thomson dan Rutherford!
3. Jelaskan kelemahan teori atom Rutherford!
4. Jelaskan teori atom Bohr!

D. Struktur Atom

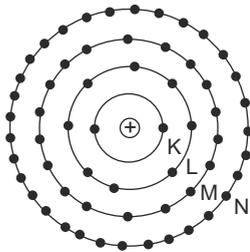
Menurut Bohr elektron mengelilingi inti atom pada tingkat-tingkat energi tertentu yang disebut kulit elektron.

Bagaimana penyebaran elektron pada masing-masing kulit elektron tersebut? Elektron tersusun pada masing-masing kulit dalam suatu konfigurasi elektron. Untuk mempelajarinya, simaklah uraian berikut ini!

1. Konfigurasi Elektron

Elektron bergerak mengelilingi inti atom pada masing-masing orbitnya yang dikenal sebagai *kulit elektron*. Jumlah kulit elektron suatu atom pada tabel periodik unsur sesuai dengan nomor periode unsur atom tersebut, sedangkan jumlah seluruh elektron sama dengan nomor atomnya.

Kulit elektron diberi lambang K, L, M, N. Sesuai dengan posisinya dari inti, K untuk kulit pertama, L kulit kedua, M kulit ketiga, dan N kulit keempat. Perhatikan Gambar 1.6.



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 1.6 Susunan elektron menempati kulitnya

Berapa jumlah elektron yang terdapat pada masing-masing kulit? Untuk mempelajari jumlah elektron pada kulitnya perhatikan Gambar 1.6!

Tentukan jumlah elektron maksimum pada masing-masing kulit! Berdasarkan gambar tersebut jumlah elektron maksimum pada masing-masing kulit berbeda-beda yaitu sebagai berikut.

- Pada kulit K jumlah maksimum elektron = 2 elektron
- Pada kulit L jumlah maksimum elektron = 8 elektron
- Pada kulit M jumlah maksimum elektron = 18 elektron
- Pada kulit N jumlah maksimum elektron = 32 elektron

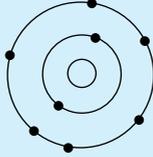
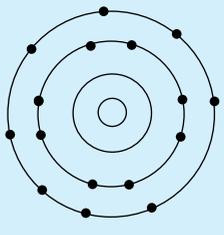
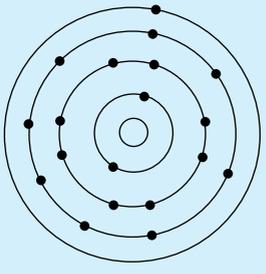
Jumlah elektron yang dimiliki suatu atom sama dengan nomor atomnya. Misalnya, unsur dengan nomor atom 19 memiliki 19 elektron.

Susunan elektron pada masing-masing elektron disebut *konfigurasi elektron*. Untuk memahami konfigurasi elektron, lakukan Kegiatan 1.5.

KEGIATAN 1.5 Analisis Data

Konfigurasi Elektron

Perhatikan gambar berikut. Hitung jumlah elektron pada masing-masing kulit elektron untuk atom oksigen, argon, dan kalium dengan lambang ${}_8\text{O}$, ${}_{18}\text{Ar}$, dan ${}_{19}\text{K}$, perhatikan juga konfigurasi elektronnya.

		
${}_8\text{O} = 2.6$	${}_{18}\text{Ar} = 2.8.8$	${}_{19}\text{K} = 2.8.8.1$

Pertanyaan:

1. Pada periode berapa letak oksigen, argon, dan kalium?
2. Berdasarkan jumlah elektron maksimum pada kulitnya, bagaimana cara menyusun konfigurasi elektron?

Oksigen memiliki 2 kulit elektron, maka oksigen terletak pada periode 2. Pada kulit pertama berisi 2 elektron, kulit kedua berisi 6 elektron. Konfigurasi elektron oksigen ditulis 2.6.

Argon memiliki 3 kulit elektron, terletak pada periode 3. Pada kulit pertama berisi 2 elektron, kulit kedua 8 elektron, kulit ketiga 8 elektron. Konfigurasi elektronnya ditulis 2.8.8.

Mengapa konfigurasi atom kalium 2.8.8.1 bukan 2.8.9? Hal ini karena ada aturan yang menyatakan bahwa penyusunan konfigurasi elektron pada kulit terluar maksimal 8 elektron. Demikian juga pada kalsium, konfigurasi elektron ${}_{20}\text{Ca}$ adalah 2.8.8.2 bukan 2.8.10.

Bagaimana konfigurasi elektron unsur lainnya? Perhatikan konfigurasi elektron beberapa unsur pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Konfigurasi elektron beberapa unsur

Lambang Unsur	Nama Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron			
			K	L	M	N
H	Hidrogen	1	1			
He	Helium	2	2			
Li	Litium	3	2	1		
Be	Berilium	4	2	2		
B	Boron	5	2	3		
C	Karbon	6	2	4		
N	Nitrogen	7	2	5		
O	Oksigen	8	2	6		

Lambang Unsur	Nama Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron			
			K	L	M	N
F	Fluor	9	2	7		
Ne	Neon	10	2	8		
Na	Natrium	11	2	8	1	
Mg	Magnesium	12	2	8	2	
Al	Aluminium	13	2	8	3	
Si	Silikon	14	2	8	4	
P	Fosfor	15	2	8	5	
S	Belerang	16	2	8	6	
Cl	Klor	17	2	8	7	
Ar	Argon	18	2	8	8	
K	Kalium	19	2	8	8	1
Ca	Kalsium	20	2	8	8	2

Sumber: Ebbing, General Chemistry

2. Elektron Valensi

Perhatikan konfigurasi elektron unsur-unsur golongan 1A pada Tabel 1.11. Persamaan apa yang terdapat pada konfigurasi elektronnya?

Tabel 1.11 Konfigurasi elektron unsur golongan 1A

Lambang Unsur	No. Atom	Konfigurasi Elektron	Golongan	Elektron pada Kulit Terluar
H	1	1	IA	1
Li	3	2.1	IA	1
Na	11	2.8.1	IA	1
K	19	2.8.8.1	IA	1

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Kesamaan pada unsur-unsur golongan 1A yaitu jumlah elektron yang menempati kulit terluarnya. Elektron pada kulit terluar disebut *elektron valensi*.

Elektron valensi ini merupakan elektron yang terlibat pada pembentukan ikatan bila unsur-unsur bersenyawa (valen = ikatan). Unsur-unsur yang memiliki elektron valensi sama, pada tabel periodik unsur terdapat pada golongan yang sama, maka unsur tersebut memiliki sifat kimia yang sama.

Elektron valensi menunjukkan jumlah elektron yang terdapat pada kulit terluar dari suatu atom.

Berdasarkan ini kita dapat menentukan unsur yang mempunyai sifat sama, jika diketahui nomor atomnya. Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

Tentukan konfigurasi elektron-elektron valensi, dan golongan dari unsur-unsur: ${}_5\text{B}$, ${}_7\text{N}$, ${}_9\text{F}$, ${}_{12}\text{Mg}$, ${}_{15}\text{P}$, ${}_{17}\text{Cl}$. Unsur mana yang mempunyai sifat sama?

Penyelesaian:

Unsur	Konfigurasi Elektron	Elektron Valensi	Golongan
${}_5\text{B}$	2.3	3	3A
${}_7\text{N}$	2.5	5	5A
${}_9\text{F}$	2.7	7	7A
${}_{12}\text{Mg}$	2.8.2	2	2A
${}_{15}\text{P}$	2.8.5	5	5A
${}_{17}\text{Cl}$	2.8.7	7	7A

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Unsur mempunyai sifat sama jika elektron valensinya sama. Dilihat dari tabel di atas, unsur yang sifatnya sama yaitu N dengan P serta F dengan Cl.

Berdasarkan hal di atas maka dapat disimpulkan:

Pada tabel periodik, nomor golongan menunjukkan elektron valensi. Nomor periode menunjukkan jumlah kulit elektron.

3. Konfigurasi Elektron Ion

Mengapa larutan garam dapur, NaCl dalam air dapat menghantarkan arus listrik? Pada pelarutan NaCl dihasilkan ion Na^+ dan ion Cl^- . Apakah ion itu?

Pada atom, jumlah elektron sama dengan jumlah proton. Elektron bermuatan *negatif*, sedangkan proton bermuatan *positif* sehingga atom tidak bermuatan atau netral.

Untuk mencapai kestabilannya atom-atom ada yang melepaskan elektronnya, ada juga yang menerima elektron sehingga terbentuk partikel bermuatan yang disebut *ion*. Akibat pelepasan atau penerimaan elektron, ion dapat berupa *ion positif* dan *ion negatif*.

Bagaimana konfigurasi elektron ion positif dan negatif? Untuk memahaminya, perhatikan Tabel 1.12 dan 1.13.

Tabel 1.12 Konfigurasi elektron ion positif

Lambang Atom	Konfigurasi Elektron	Jumlah Elektron Lepas	Setelah Melepaskan Elektron		Jumlah Muatan	Lambang Ion	Konfigurasi Elektron Ion
			Jumlah Proton (+)	Jumlah Elektron (-)			
${}_{11}^{23}\text{Ne}$	2.8.1	1	11	10	+1	Na^+	2.8
${}_{20}^{40}\text{Ca}$	2.8.8.2	2	20	18	+2	Ca^{2+}	2.8.8

Na dan Ca melepaskan elektron, jumlah protonnya akan lebih banyak daripada elektron maka muatan Na dan Ca jadi positif. Konfigurasi elektron ionnya ditulis dengan mengurangi elektron yang dilepaskannya.

Tabel 1.13 Konfigurasi elektron ion negatif

Lambang Atom	Konfigurasi Elektron	Jumlah Elektron Diterima	Setelah Menerima Elektron		Jumlah Muatan	Lambang Ion	Konfigurasi Elektron Ion
			Jumlah Proton (+)	Jumlah Elektron (-)			
${}_{8}^{16}\text{O}$	2.6	2	8	10	-2	O^{2-}	2.8
${}_{17}^{35,5}\text{Cl}$	2.8.7	1	17	18	-1	Cl^-	2.8.8

O dan Cl menerima elektron, jumlah elektron akan lebih banyak daripada proton maka muatan O dan Cl jadi negatif. Konfigurasi elektron ionnya ditulis dengan menambah elektron yang diterimanya.

Latihan 1.7

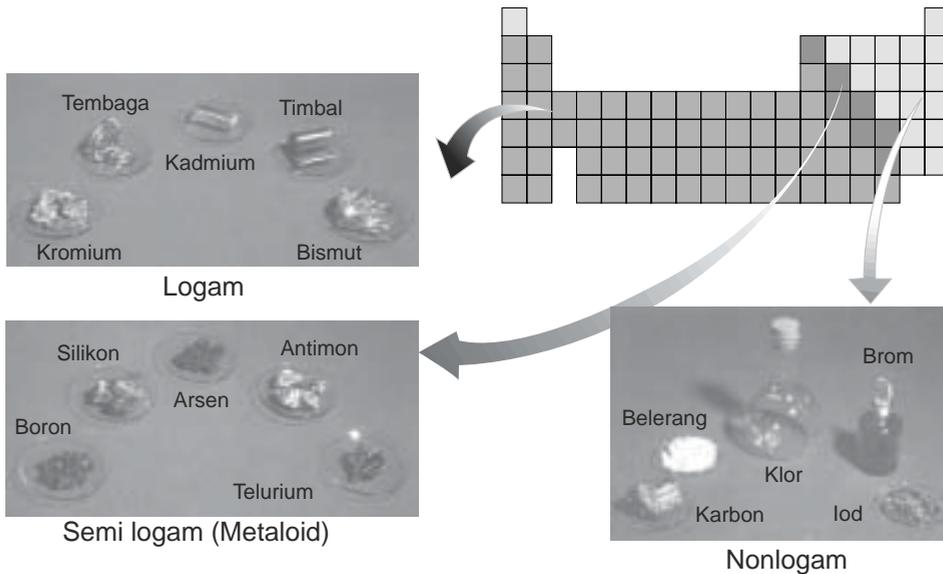
Selesaikan soal-soal berikut!

- Tuliskan konfigurasi elektron dari unsur-unsur berikut:
 ${}_5\text{B}$, ${}_9\text{F}$, ${}_{10}\text{Ne}$, ${}_{12}\text{Mg}$, ${}_{14}\text{Si}$, ${}_{16}\text{S}$, ${}_{18}\text{Ar}$, ${}_{19}\text{K}$, ${}_{20}\text{Ca}$
- Tuliskan dari unsur-unsur no. 1 yang mempunyai
 - elektron valensi sama,
 - periode yang sama.
- Tuliskan konfigurasi elektron ion-ion berikut.
 - Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Al^{3+}
 - F^- , Cl^- , S^{2-} , N^{3-}

E. Sifat Unsur

Unsur-unsur yang ditemukan di alam ada yang bersifat logam, semi logam, dan nonlogam. Di mana letak unsur-unsur tersebut pada tabel periodik unsur?

Perhatikan penempatan logam, semi logam, dan nonlogam pada tabel periodik unsur berikut.



Sumber: Silberberg, Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 1.7 Logam, semi logam, dan nonlogam dalam tabel periodik

Bagaimana sifat unsur logam, semi logam, dan nonlogam? Perhatikan pembahasan berikut ini.

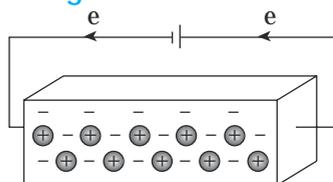
1. Logam

IA	IIA	GOLONGAN										IIIA	IVA	VA	VIA	
3 Li Lithium	4 Be Beryllium												13 Al Aluminium			
11 Na Natrium	12 Mg Magnesium	21 Sc Skandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Krom	25 Mn Mangan	26 Fe Besi	27 Co Kobalt	28 Ni Nikel	29 Cu Tembaga	30 Zn Seng	31 Ga Gasam				
19 K Kalium	20 Ca Kalsium	39 Y Itrium	40 Zr Zirkon	41 Nb Niobium	42 Mo Molibdenum	43 Tc Teknesium	44 Ru Rutenium	45 Rh Rodium	46 Pd Paladium	47 Ag Perak	48 Cd Kadmium	49 In Indium	50 Sn Timah	51 Pb Timbal	52 Bi Bismut	
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	55 Cs Sesium	56 Ba Barium	71 Hf Hafnium	72 Ta Tantalum	73 W Wolfram	74 Re Rhenium	75 Os Osmium	76 Ir Iridium	77 Pt Platina	78 Au Emas	79 Hg Air Raksa	80 Tl Thallium	81 Pb Timbal	82 Bi Bismut	
55 Fr Francium	56 Ra Radium	88-103 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Uub Ununbium	113 Uut Ununtrium	114 Uuq Ununquadium	115 Uup Ununpentium	116 Uuh Ununhexium	118 Og Oganesson	
57 La Lantanum	58 Ce Sesium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodimium	61 Pm Prometium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutesium	72 La Lantanum	
89 Ac Aktinium	90 Th Torium	91 Pa Protaktinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Amerisium	96 Cm Kuriium	97 Bk Berkelium	98 Cf Kalifornium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrensium	104 Rf Rutherfordium	

Gambar 1.8 Unsur logam dalam tabel periodik

Lebih dari tiga perempat jumlah unsur adalah unsur logam. Pada tabel periodik unsur, unsur logam terletak di bagian kiri mulai dari golongan IA, golongan transisi, sampai perbatasan unsur semi logam. Perhatikan Gambar 1.8. Logam mempunyai beberapa sifat yaitu sebagai berikut.

a. Menghantarkan Listrik



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 1.9 Perpindahan elektron pada logam

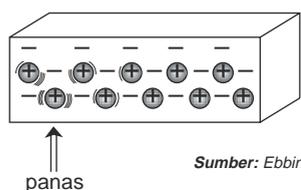
Jika arus listrik diberikan pada logam, satu bagian logam akan positif dan bagian lain menjadi negatif. Semua elektron bergerak menuju bagian positif. Perpindahan elektron-elektron ini menyebabkan logam dapat menghantarkan listrik.

Bagaimana logam dapat menghantarkan listrik? Perhatikan Gambar 1.9.

Logam apa yang terdapat di dalam kabel? Kalau kamu membuka kabel atau kawat listrik akan terlihat logam berwarna coklat yaitu tembaga.

b. Menghantarkan Panas

Benda apa saja di rumahmu yang digunakan untuk menghantarkan panas? Terbuat dari apa benda tersebut?



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 1.10 Logam menghantarkan panas

Bagaimana logam dapat menghantarkan panas? Pada logam elektron-elektron bebas bergerak dengan cepat. Hal ini mengakibatkan logam dapat menghantarkan panas secara cepat.

c. Logam Mempunyai Titik Leleh Tinggi

Umumnya logam berwujud padat dengan atom-atom yang tersusun rapat membentuk struktur besar yang disebut struktur raksasa. Dengan struktur ini maka umumnya titik leleh logam sangat tinggi.

Ada beberapa logam yang mempunyai titik leleh rendah dan disebut logam lunak seperti litium, natrium, dan kalium (unsur golongan IA). Selain itu, ada logam cair seperti raksa yang sering digunakan dalam termometer. Titik leleh beberapa logam dapat dilihat pada Tabel 1.14.

Tabel 1.14 Titik leleh beberapa logam

Logam	Titik Leleh (°C)	Logam	Titik Leleh (°C)
Besi	1535	Natrium	97,80
Perak	961	Raksa	-38,84
Emas	1059	Cesium	28,45

Sumber: Book of Data

d. Permukaannya Mengkilat



Sumber: New Stage Chemistry

Gambar 1.11 Permukaan perhiasan perak terlihat mengkilat

Emas dan perak mempunyai permukaan mengkilat sehingga banyak digunakan untuk perhiasan. Logam-logam lain sering tertutup lapisan oksida akibat reaksinya dengan oksigen, sehingga permukaannya kusam. Kalau kita gosok akan kelihatan mengkilat lagi.

2. Nonlogam

				VIIIA
				2 He Helium
IVA	VA	VIA	VIIA	10 Ne Neon
6 12,01115 4 C Karbon	7 14,0067 5 N Nitrogen	8 15,9994 6 O Oksigen	9 18,9984 7 F Fluor	
	16 30,9738 8 P Fosfor	17 32,06 9 S Belerang	18 35,453 10 Cl Klor	19 39,948 11 Ar Argon
		34 78,96 16 Se Selenium	35 79,909 17 Br Brom	36 83,80 18 Kr Krypton
			53 126,905 54 I Iodium	54 131,30 55 Xe Xenon
			85 210 86 At Astatin	86 222 87 Rn Radon

Gambar 1.12 Unsur nonlogam

Pada tabel periodik unsur, unsur-unsur nonlogam terletak di bagian kanan mulai golongan IVA sampai golongan VIIIA. Perhatikan Gambar 1.12.

Pada golongan IVA, VA, dan VIA hanya sebagian unsur nonlogam. Pada golongan VIIA dan VIIIA semua unsur nonlogam.

Sifat unsur nonlogam dalam satu golongan sangat bervariasi. Ada yang mengandung unsur berwujud padat saja, gas saja, dan bermacam-macam wujud, seperti golongan VIIA terdiri dari unsur berwujud padat, cair, dan gas. Golongan VIIIA terdiri dari unsur berwujud gas saja.

Unsur nonlogam ada yang reaktif seperti golongan VIIA (golongan halogen) dan yang tidak reaktif seperti golongan VIIIA (gas mulia). Unsur nonlogam ada yang bersifat penghantar listrik yang baik contohnya karbon, biasa digunakan dalam batu baterai. Titik didih dan titik leleh unsur nonlogam umumnya sangat rendah kecuali karbon.

3. Metaloid (Semi Logam)

III A			
5 10,811 3 B Boron			
	IVA		
	14 28,086 14 Si Silikon		
		VA	
	32 72,59 33 Ge Germanium	34 74,922 33 As Arsen	
			VIA
	51 121,76 52 Sb Antimon	52 127,60 54 Te Telurium	
			84 210 84 Po Polonium

Gambar 1.13 Unsur semilogam

Unsur-unsur yang berada pada perbatasan unsur logam dan nonlogam bersifat semi logam atau metaloid. Sifat-sifat unsur metaloid ada yang masuk ke sifat unsur logam dan yang masuk ke sifat unsur nonlogam. Contohnya permukaannya mengkilat, titik didih tinggi seperti logam tetapi ada yang massa jenis dan kerapuhannya seperti nonlogam.

Unsur-unsur metaloid, yaitu B, Si, Ge, As, Sb, Te, dan Po. Unsur yang banyak digunakan adalah silikon yaitu dalam industri elektronik sebagai *chip* dalam alat elektronik.

INFO KIMIA

Uang logam merupakan campuran logam yang disebut alloy. Bahan utamanya tembaga yang dicampur dengan logam lain.

Misalnya campuran Cu, Zn, dan Sn; campuran Cu, Ni atau campuran Cu, Zn, dan Ni. Campuran ini mudah ditempa sehingga dapat dicetak dengan gambar yang kompleks.

Latihan 1.8

Selesaikan soal-soal berikut!

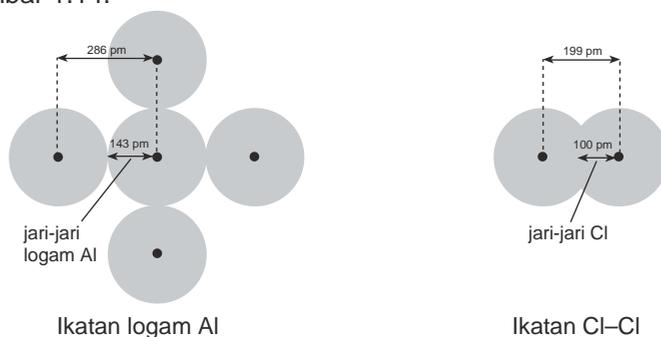
1. Jelaskan bagaimana logam dapat menghantarkan listrik!
2. Berikan contoh logam yang titik lelehnya tinggi dari logam yang cair!
3. Berikan contoh unsur nonlogam yang berwujud padat, cair, dan gas!
4. Apa yang dimaksud dengan unsur metaloid, berikan contohnya!

F. Keperiodikan Sifat Unsur

Hampir semua unsur di alam ditemukan dalam bentuk senyawanya. Hal ini disebabkan unsur itu belum stabil sehingga mudah bereaksi dengan unsur lainnya. Kereaktifan suatu unsur bergantung pada harga jari-jari atom, energi ionisasi, afinitas elektronnya, dan keelektronegatifan. Keteraturan harga-harga tersebut dalam tabel periodik merupakan *keperiodikan sifat unsur*.

1. Jari-Jari Atom

Ukuran jari-jari atom dari suatu unsur ditentukan dengan sinar X, dengan mengukur jarak inti atom terhadap pasangan elektron bersama dalam ikatannya. Untuk unsur logam, jari-jari didefinisikan sebagai setengah jarak terpendek antara dua inti dalam bentuk padat, sedangkan untuk unsur nonlogam didefinisikan sebagai setengah panjang ikatan kovalen tunggal antara dua inti atom yang sejenis. Perhatikan Gambar 1.14.



Sumber: Silberberg, *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change*

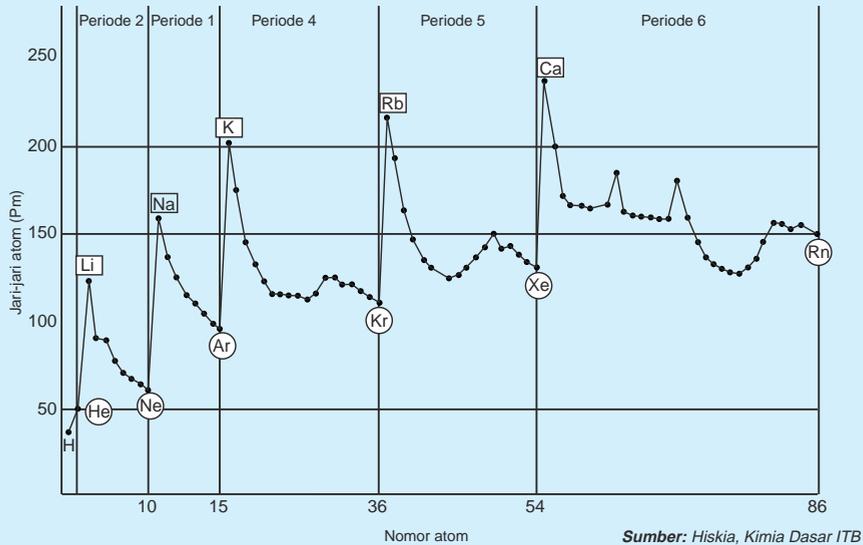
Gambar 1.14 Penentuan jari-jari atom logam dan nonlogam

Bagaimana keperiodikan jari-jari atom dan hubungannya dengan nomor atom?
Lakukan Kegiatan 1.6.

KEGIATAN 1.6 Interpretasi Data

Jari-Jari Atom

Perhatikan jari-jari atom unsur-unsur pada grafik berikut!



1. Bandingkan jari-jari atom unsur golongan IA dan VIIA!
2. Bandingkan jari-jari atom unsur periode 2 dan 3!

Pertanyaan:

1. Bagaimana keperiodikan jari-jari atom unsur dalam satu golongan?
2. Bagaimana keperiodikan jari-jari atom unsur dalam satu periode?

Dari grafik pada kegiatan tersebut dapat diperoleh gambaran sebagai berikut.

- a. Dalam tiap-tiap periode unsur golongan 1A mempunyai jari-jari paling besar dan ukuran jari-jari menurun sampai unsur golongan VIIA.
- b. Dalam satu golongan unsur periode ke-1 mempunyai jari-jari paling kecil dan ukuran jari-jari naik sampai unsur periode ke-7.

Dengan demikian dapat disimpulkan:



Dalam satu periode dengan bertambahnya nomor atom, jari-jari makin kecil.

Dalam satu golongan dengan bertambahnya nomor atom, jari-jari makin besar.

2. Energi Ionisasi

Untuk mengetahui sukar mudahnya suatu atom melepaskan elektron dapat ditentukan dari harga energi ionisasinya. *Energi ionisasi* adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron terluar suatu atom dalam keadaan gas.



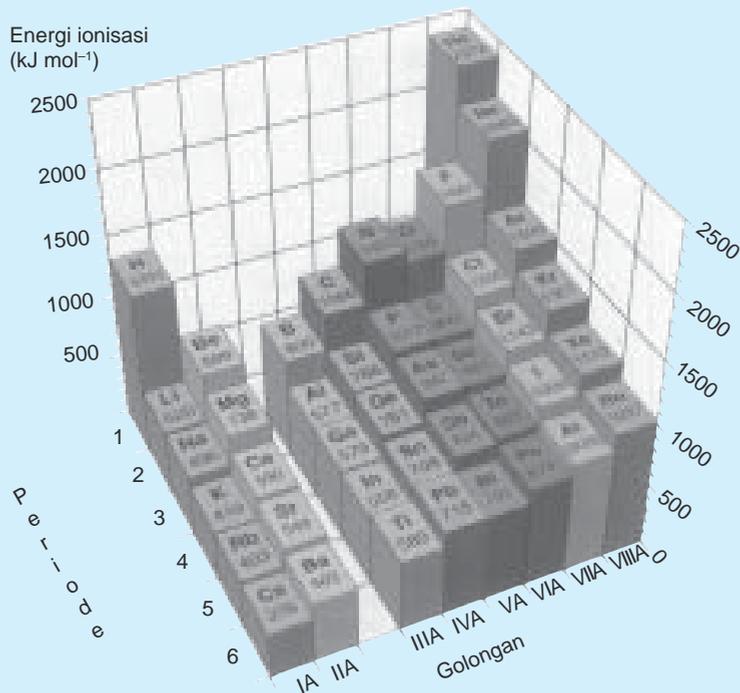
Energi ionisasi dinyatakan dalam kJ mol^{-1} . Jika energi ionisasi kecil maka atom mudah melepaskan elektron. Sebaliknya jika energi ionisasi besar maka atom sukar melepaskan elektron.

Bagaimana keperiodikan energi ionisasi unsur-unsur dalam satu periode dan satu golongan pada tabel periodik unsur ? Lakukan kegiatan berikut!

KEGIATAN 1.7 Interpretasi Data

Keperiodikan Energi Ionisasi

Perhatikan grafik energi ionisasi berikut.



Sumber: Silberberg, Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change

Salin tabel data berikut dan lengkapilah!

Energi Ionisasi	Tertinggi	Terendah
Periode 2	_____	_____
Periode 3	_____	_____
Golongan IA	_____	_____
Golongan IIA	_____	_____

Pertanyaan:

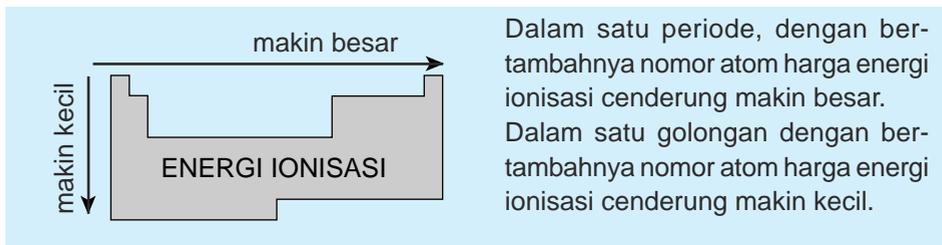
1. Jelaskan keperiodikan energi ionisasi unsur-unsur dalam satu periode!
2. Jelaskan keperiodikan energi ionisasi unsur-unsur dalam satu golongan!

Pada kegiatan tersebut dapat diperoleh gambaran sebagai berikut. Dalam satu periode unsur golongan VIIIA mempunyai energi ionisasi paling besar, unsur golongan IA paling kecil. Apa sebabnya?

Dalam satu periode, dengan naiknya nomor atom, jari-jari atom makin kecil sehingga gaya tarik inti terhadap elektron terluar semakin kuat, sehingga untuk melepaskan elektron dalam atomnya dibutuhkan energi yang cukup besar.

Dalam satu golongan, dengan bertambahnya nomor atom, jari-jari atom makin besar sehingga gaya tarik inti terhadap elektron terluar semakin lemah. Untuk melepaskan elektron dalam atomnya dibutuhkan energi yang kecil.

Dengan demikian dapat disimpulkan sebagai berikut.



3. Afinitas Elektron

Selain melepaskan elektron, atom dapat juga menerima elektron. Dengan menerima elektron atom menjadi bermuatan negatif, pada saat atom menerima elektron, sejumlah energi akan dilepaskan.

Energi yang dilepaskan pada saat suatu atom dalam keadaan gas menerima elektron disebut *afinitas elektron*.



Harga afinitas elektron biasanya dinyatakan dengan tanda negatif karena pada proses tersebut dilepaskan energi. Jika harga afinitas elektron makin negatif, berarti afinitas elektron semakin besar. Perhatikan tabel afinitas elektron berikut ini.

Tabel 1.14 Afinitas elektron beberapa unsur

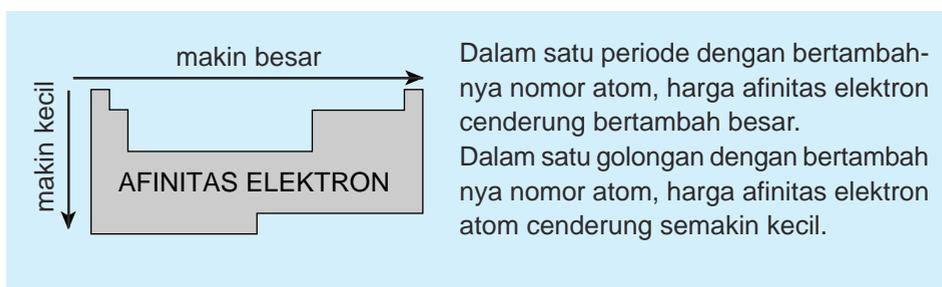
PERIODE	Golongan					
	IA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1	H -72,8					
2	Li -59,6	B -26,7	C -122	N +7	O -141	F -328
3	Na -52,9	Al -42,5	Si -134	P -72,0	S -200	Cl -349
4	K -48,4	Ga -28,9	Ge -119	As -78,2	Se -195	Br -325
5	Rb -46,9	In -28,9	Sn -107	Sb -103	Te -190	I -295
6	Cs -45,5	Tl -19,3	Pb -35,1	Bi -91,3	Po -183	At -270

Sumber: Silberberg, *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change*

Dari Tabel 1.14 dapat diperoleh gambaran bahwa unsur-unsur yang terdapat pada golongan VIIA mempunyai afinitas elektron yang paling besar, sebab dibandingkan dengan unsur seperiodenya unsur F, Cl, Br, dan I paling mudah menangkap elektron, karena jari-jarinya paling kecil.

Pada Tabel 1.14 tidak terdapat harga afinitas elektron untuk golongan IIA dan VIIIA. Hal ini disebabkan unsur golongan IIA subkulit terluarnya telah penuh terisi elektron, sedangkan golongan VIIIA kulit terluarnya sudah penuh sehingga tidak dapat lagi menerima elektron.

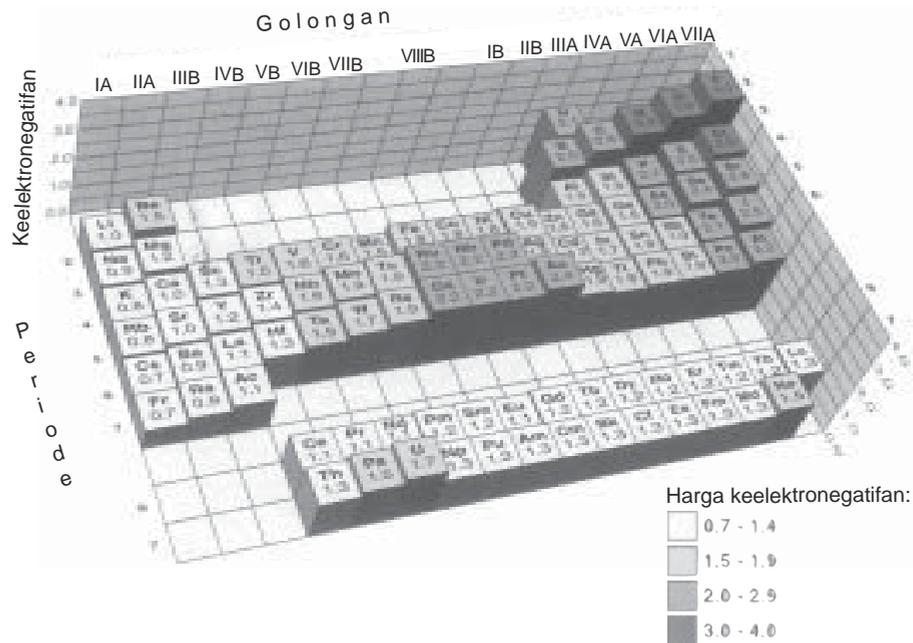
Dengan demikian dapat disimpulkan sebagai berikut.



4. Keelektronegatifan

Pada tahun 1932, Linus Pauling ahli kimia dari Amerika membuat besaran lain yang dikenal dengan skala keelektronegatifan. *Keelektronegatifan* adalah kemampuan atau kecenderungan suatu atom untuk menangkap elektron dari atom lain dalam senyawanya.

Bagaimana keelektronegatifan unsur-unsur dalam tabel periodik? Dari seluruh unsur dalam tabel periodik unsur, unsur apa yang memiliki harga keelektronegatifan tertinggi dan yang terendah? Perhatikan Gambar 1.15.



Sumber: Silberberg, Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 1.15 Keelektronegatifan unsur-unsur dalam tabel periodik unsur

Dari Gambar 1.15 dapat dilihat fluor memiliki harga keelektronegatifan terbesar yaitu 4, artinya fluor paling mudah menarik elektron dari atom lain. Fransium dengan harga keelektronegatifan paling rendah yaitu 0,7 merupakan unsur yang sangat sukar menarik elektron atau lebih mudah melepaskan elektronnya.

Dari Gambar 1.15 dapat disimpulkan sebagai berikut.

Dalam satu periode dengan bertambahnya nomor atom, keelektronegatifan cenderung makin besar.
 Dalam satu golongan dengan bertambahnya nomor atom, keelektronegatifan cenderung makin kecil.

Latihan 1.9

Selesaikan soal-soal berikut.

1. Jelaskan jari-jari atom unsur dalam satu golongan dan satu periode!
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan energi ionisasi, afinitas elektron, dan keelektronegatifan!
3. Jelaskan keperiodikan energi ionisasi, afinitas elektron, dan keelektronegatifan unsur dalam satu golongan dan satu periode!

Rangkuman

1. Pengelompokan unsur telah dilakukan oleh Antoine Lavoisier setelah itu pengelompokan berkembang lagi dan dikenal *Triade Dobereiner*, *Oktaf Newlands*, *Tabel Periodik Unsur Lothar Meyer*, *Mendeleeev*, dan *Tabel Periodik Unsur Modern*.
2. Pada tabel periodik unsur, unsur-unsur dikelompokkan dalam *periode* dan *golongan*. Periode menggambarkan *jumlah kulit elektron*, sedangkan golongan menggambarkan *jumlah elektron terluar*.
3. Setiap lambang unsur pada tabel periodik unsur dilengkapi *nomor atom* dan *nomor massa* yang menunjukkan jumlah *partikel dasar* pada atom. Partikel dasar atom adalah *proton*, *neutron*, dan *elektron*.
Nomor atom menunjukkan jumlah proton atau jumlah elektron sedangkan nomor massa menunjukkan jumlah proton dan neutron.
4. Struktur atom yang menggambarkan keberadaan proton, neutron, dan elektron telah diteliti oleh para ahli dikenal sebagai teori atom, yaitu teori atom Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, dan teori atom mekanika kuantum.
5. Berdasarkan teori atom Bohr elektron bergerak mengelilingi atom pada tingkat energi tertentu atau kulit elektron yaitu kulit K, L, M, dan N.
6. Susunan elektron pada kulit-kulit elektron disebut *konfigurasi elektron*. Elektron pada kulit terluar disebut *elektron valensi*.
7. Pada tabel periodik unsur, unsur-unsur dikelompokkan berdasarkan *sifat logam*, *nonlogam*, dan *semi logam atau metaloid*.
8. Sifat-sifat unsur dalam satu golongan atau periode berubah secara teratur, yang dikenal sebagai *keperiodikan sifat unsur yang terdiri dari jari-jari atom*, *energi ionisasi*, *afinitas elektron*, dan *keelektronegatifan*.

Kata Kunci

- | | | |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|
| ● Tabel periodik unsur | ● Proton | ● Logam |
| ● Triade Dobereiner | ● Neutron | ● Metaloid |
| ● Oktaf Newlands | ● Elektron | ● Nonlogam |
| ● Tabel Periodik Unsur L. Meyer | ● Nomor atom | ● Logam transisi |
| ● Tabel Periodik L. Mendeleeev | ● Nomor massa isotop | ● Teori atom |
| ● Struktur atom | ● Isobar | ● Keperiodikan sifat unsur |
| ● Golongan | ● Isoton | ● Jari-jari atom |
| ● Periode | ● Massa atom relatif | ● Energi ionisasi |
| ● Lantanida | ● Konfigurasi elektron | ● Afinitas elektron |
| ● Aktinida | ● Ion positif | ● Keelektronegatifan |
| | ● Ion negatif | |

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Sejak dulu ahli kimia dan fisika telah mencoba mengelompokkan unsur-unsur menjadi tabel periodik unsur. Perkembangan tabel periodik unsur secara berurutan adalah
 - A. Lavoisier, Oktaf Newlands, Triade Dobereiner, L. Meyer, Mendeleev
 - B. Triade Dobereiner, Lavoisier, Oktaf Newlands, L. Meyer, Mendeleev
 - C. Lavoisier, Triade Dobereiner, Oktaf Newlands, L. Meyer, Mendeleev
 - D. Oktaf Newlands, Lavoisier, Triade Dobereiner, L. Meyer, Mendeleev
 - E. L. Meyer, Mendeleev, Oktaf Newlands, Lavoisier, Triade Dobereiner
2. Jika unsur-unsur diurutkan berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya, ternyata massa atom unsur kedua adalah rata-rata massa atom unsur pertama dan ketiga. Pernyataan ini dikemukakan oleh
 - A. Dobereiner
 - B. Newlands
 - C. Mendeleev
 - D. Moseley
 - E. Lothar Meyer
3. Apabila unsur-unsur dikelompokkan berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya, unsur kedelapan mempunyai kemiripan sifat dengan unsur kesatu. Pengelompokan unsur ini dikemukakan oleh
 - A. Dobereiner
 - B. Newlands
 - C. Moseley
 - D. Mendeleev
 - E. Lothar Meyer
4. Unsur-unsur yang terletak dalam satu golongan mempunyai kesamaan pada
 - A. nomor atom
 - B. jumlah elektron
 - C. massa atom
 - D. elektron valensi
 - E. nomor kulit
5. Unsur Na, P, dan Cl pada tabel periodik unsur mempunyai kesamaan
 - A. nomor atomnya
 - B. massa atomnya
 - C. jumlah elektronnya
 - D. nomor kulitnya
 - E. elektron valensinya
6. Di antara nama golongan dan nomor golongan berikut ini yang sesuai adalah
 - A. alkali tanah, golongan VIIA
 - B. halogen, golongan IIA
 - C. transisi, golongan VIIIA
 - D. alkali, golongan IA
 - E. gas mulia, golongan VIIA

7. Unsur-unsur aktinida sebetulnya dalam tabel periodik unsur terdapat pada
- A. golongan IIB, periode 6 D. golongan IB, periode 7
 B. golongan IVB, periode 7 E. golongan IVB, periode 6
 C. golongan IIIB, periode 7
8. Unsur di bawah ini dalam tabel periodik unsur yang terdapat pada periode ke-3 yaitu
- A. ${}_3\text{Li}$ D. ${}_{10}\text{Ne}$
 B. ${}_7\text{N}$ E. ${}_{18}\text{Ar}$
 C. ${}_8\text{O}$
9. Pasangan unsur-unsur di bawah ini yang mempunyai kemiripan sifat adalah
- A. ${}_8\text{O}$ dan ${}_6\text{C}$ D. ${}_{16}\text{S}$ dan ${}_{14}\text{Si}$
 B. ${}_{11}\text{Na}$ dan ${}_{19}\text{K}$ E. ${}_{12}\text{Mg}$ dan ${}_{25}\text{Mn}$
 C. ${}_3\text{Li}$ dan ${}_{13}\text{Al}$
10. Suatu unsur mempunyai proton 20 dan neutron 20, dalam tabel periodik unsur terletak pada
- A. golongan IA, periode 2
 B. golongan IA, periode 3
 C. golongan IA, periode 4
 D. golongan IIA, periode 2
 E. golongan IIA, periode 4
11. Isotop dari suatu unsur memiliki kesamaan pada jumlah
- A. elektron, proton, dan neutron
 B. elektron tetapi berbeda jumlah protonnya
 C. neutron tetapi berbeda jumlah protonnya
 D. proton tetapi berbeda jumlah neutronnya
 E. proton dan neutron tetapi berbeda jumlah elektronnya
12. Perhatikan data jumlah partikel pada unsur-unsur berikut!

Unsur	Proton	Neutron	Elektron
P	8	8	8
Q	10	8	10
R	10	10	10
S	11	12	11
T	11	13	11

Unsur-unsur yang merupakan isotop adalah

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

13. Di alam terdapat isotop ^{35}Cl dan ^{37}Cl dengan kelimpahan $^{35}\text{Cl} = 75\%$ sisanya ^{37}Cl . A_r dari Cl adalah

- A. 35
 B. 35,5
 C. 36
 D. 36,5
 E. 37

14. Jika diketahui:

- A_r : H = 1
 C = 12
 O = 16

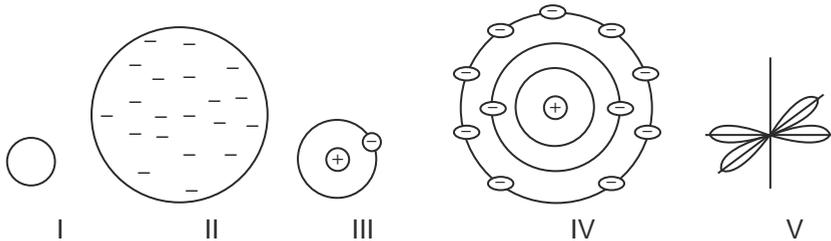
Maka M_r alkohol dengan rumus $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ adalah

- A. 33
 B. 34
 C. 45
 D. 46
 E. 50

15. Atom merupakan bola yang bermuatan positif, pada tempat-tempat tertentu ada elektron yang bermuatan positif. Pendapat ini dikemukakan oleh

- A. Rutherford
 B. Dalton
 C. Bohr
 D. Thomson
 E. L. Meyer

16. Gambar berikut ini menunjukkan perkembangan model atom.



Gambar yang menyatakan model atom Bohr adalah

- A. I
 B. II
 C. III
 D. IV
 E. V

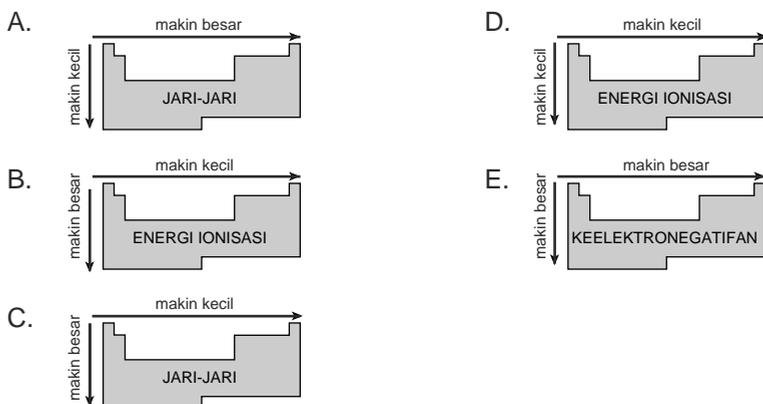
17. Ungkapan teori atom Bohr yang benar adalah

- A. elektron mengelilingi inti pada daerah kebolehjadian adanya elektron
 B. elektron mengelilingi inti yang bermuatan negatif
 C. elektron dapat pindah dari tingkat energi satu ke tingkat energi lain
 D. atom merupakan bola yang bermuatan positif dan terdapat elektron pada tempat-tempat tertentu
 E. atom tidak dapat dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang terkecil

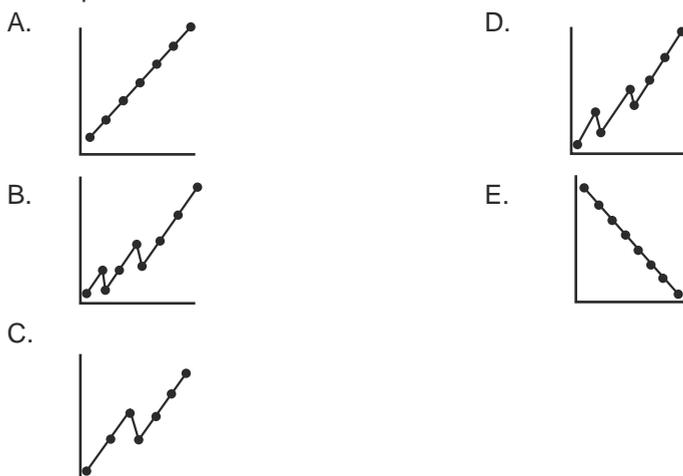
18. Konfigurasi elektron dari atom Ca dengan nomor atom 20 adalah

- A. 2.8.10
 B. 2.10.8
 C. 2.6.8.4
 D. 2.8.8.2
 E. 2.6.6.6

26. Di antara sifat-sifat berikut
- i. nonlogam
 - ii. keelektronegatifan tinggi
 - iii. energi ionisasi rendah
 - iv. afinitas elektron rendah
- yang merupakan sifat dari unsur-unsur alkali adalah
- A. i dan ii
 - B. i dan iii
 - C. ii dan iii
 - D. ii dan iv
 - E. iii dan iv
27. Unsur yang mempunyai keelektronegatifan tinggi ialah
- A. Na
 - B. O
 - C. F
 - D. Cl
 - E. N
28. Diagram yang sesuai dengan keperiodikan sifat unsur dalam tabel periodik unsur adalah



29. Grafik di bawah ini yang menunjukkan energi ionisasi pertama dari unsur-unsur periode ke-3 ialah



30. Pernyataan berikut merupakan sifat dari unsur-unsur golongan VIIA dalam tabel periodik unsur *kecuali*
- merupakan unsur nonlogam
 - bukan merupakan konduktor listrik yang baik
 - mempunyai afinitas elektron yang tinggi
 - kurang satu elektron untuk menyerupai gas mulia
 - berwujud gas pada suhu kamar

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan singkat.

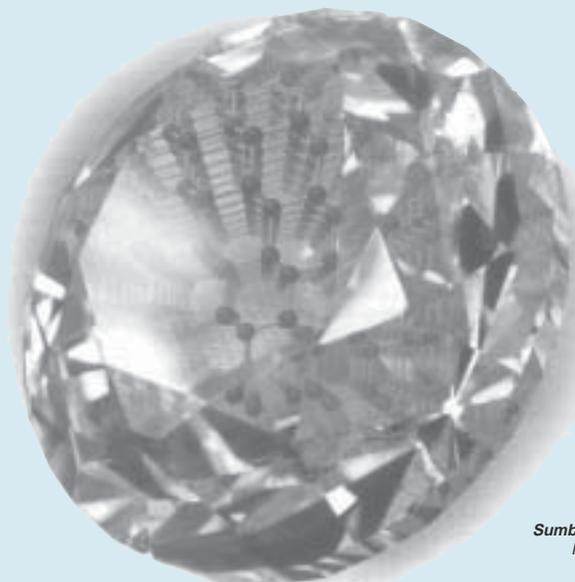
- Pada perkembangan tabel periodik unsur, dikenal beberapa pengelompokan unsur. Jelaskan pengelompokan menurut hukum Triade Dobereiner dan hukum Oktaf Newlands.
- Pada tabel periodik unsur terdapat unsur logam, nonlogam, dan metaloid.
 - Tuliskan unsur-unsur logam, nonlogam, dan metaloid periode ke-3.
 - Terletak pada golongan berapa masing-masing unsur tersebut?
 - Apa kegunaan unsur tersebut atau senyawanya dalam kehidupan sehari-hari?
- Jelaskan di mana letak partikel proton, neutron, dan elektron di dalam struktur atom dan tulis masing-masing lambangnya.
- Berdasarkan hubungannya dengan partikel dasar atom, apa yang dimaksud dengan nomor atom, nomor massa, dan isotop?
- Di alam silikon ditemukan dalam tiga isotop dengan kelimpahan masing-masing 92,23% ^{28}Si , 4,67% ^{29}Si , dan 3,10% ^{30}Si . Tentukan massa atom relatif dari Si!
- Jelaskan model atom menurut Rutherford dan apa kelemahan-kelemahan model atom tersebut!
- Salin tabel berikut dan lengkapi.

Unsur	No. Atom	Susunan Elektron				Elektron Valensi
		K	L	M	N	
A	3	....	....	....	....	....
B	....	2	7	–	–	....
C	11	....	....	1	–	....
D	....	....	....	8	2	2

- Tuliskan konfigurasi dari unsur dan ion-ion berikut:
 - ${}_{7}\text{N}$, ${}_{13}\text{Al}$, ${}_{15}\text{P}$, ${}_{20}\text{Ca}$
 - Na^+ , Mg^{2+} , O^{2-} , Cl^-

Bab II

Ikatan Kimia



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

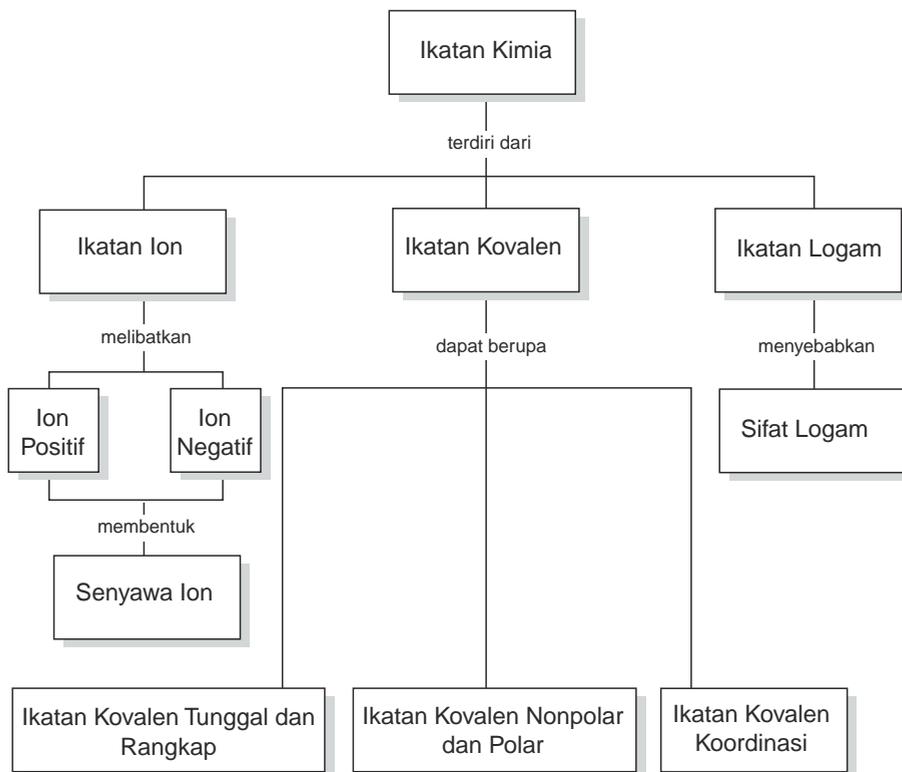
Intan merupakan gabungan atom-atom karbon dengan ikatan yang sangat kuat.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan aturan oktet dan duplet dalam kestabilan unsur,
2. menuliskan struktur Lewis dari suatu atom,
3. menjelaskan proses pembentukan ikatan ion dan kovalen,
4. membedakan ikatan kovalen tunggal dan ikatan kovalen rangkap,
5. menjelaskan pembentukan ikatan kovalen koordinat,
6. membedakan sifat-sifat fisis senyawa ion dan kovalen,
7. menjelaskan tentang kepolaran senyawa,
8. menjelaskan pembentukan ikatan logam,
9. menentukan jenis ikatan yang terjadi pada berbagai senyawa.

PETA KONSEP



Pada umumnya unsur-unsur di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan seperti natrium dan klor ditemukan sebagai natrium klorida dalam air laut; silikon dan oksigen sebagai silika dalam pasir; serta karbon, hidrogen, dan oksigen sebagai karbohidrat dalam tumbuhan. Hanya beberapa unsur yang ditemukan tidak sebagai senyawa seperti emas, belerang, dan gas mulia.

Senyawa-senyawa mempunyai sifat yang berbeda-beda, ada yang titik lelehnya tinggi, ada yang rendah, ada yang dapat menghantarkan arus listrik, dan tidak menghantarkan arus listrik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan cara bergabung antara unsur-unsur pembentuknya, dapat melalui ikatan ion atau ikatan kovalen. Ikatan-ikatan tersebut dinamakan *ikatan kimia*.

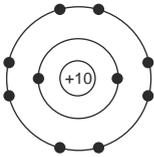
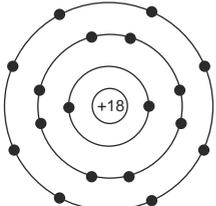
Pada bab ini akan dibahas proses pembentukan berbagai ikatan dalam senyawa serta hubungan ikatan dengan sifat fisis senyawa. Sebelum mempelajari berbagai ikatan akan dijelaskan dulu tentang kestabilan unsur-unsur.

A. Kestabilan Unsur-Unsur

Unsur-unsur pada tabel periodik unsur umumnya tidak stabil. Untuk mencapai kestabilannya, unsur-unsur tersebut harus berikatan. Pada tabel periodik unsur terdapat satu golongan yang unsur-unsurnya stabil atau tidak reaktif yaitu golongan gas mulia. Gas mulia terletak pada golongan VIIIA, mempunyai dua elektron pada kulit terluar untuk He dan delapan elektron untuk Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.

Perhatikan konfigurasi elektron beberapa unsur gas mulia pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konfigurasi elektron beberapa unsur gas mulia

Nama Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron	Gambar Susunan Elektron	Elektron Valensi
Helium	2	2		2
Neon	10	2.8		8
Argon	18	2.8.8		8

Pada tahun 1916 Walter Kossel dan Gilbert N. Lewis secara terpisah menemukan adanya hubungan antara kestabilan gas mulia dengan cara atom-atom saling berikatan. Mereka mengemukakan bahwa jumlah elektron pada kulit terluar dari dua atom yang berikatan akan berubah sedemikian rupa sehingga konfigurasi elektron kedua atom tadi sama dengan konfigurasi elektron gas mulia yaitu mempunyai 8 elektron pada kulit terluarnya. Oleh karena itu pernyataan Kossel-Lewis ini disebut *aturan oktet*.

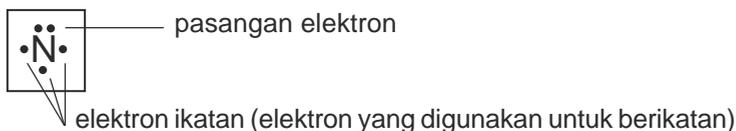
Aturan oktet ini tidak berlaku untuk hidrogen sebab atom H akan membentuk konfigurasi elektron seperti He yaitu mempunyai 2 elektron pada kulit terluarnya pada saat membentuk ikatan yang disebut *aturan duplet*.

Dengan demikian aturan duplet dan oktet dapat dituliskan sebagai berikut.

Aturan duplet : konfigurasi elektron stabil dengan dua elektron pada kulit terluar.

Aturan oktet : konfigurasi elektron stabil dengan delapan elektron pada kulit terluar.

Pada saat atom-atom membentuk ikatan, hanya elektron-elektron pada kulit terluar yang berperan yaitu elektron valensi. Elektron valensi dapat digambarkan dengan struktur Lewis atau gambar titik elektron. Contohnya nitrogen memiliki konfigurasi elektron 2.5. Elektron valensi nitrogen adalah 5. Struktur Lewisnya digambarkan:



Struktur Lewis, pasangan elektron, dan elektron ikatan untuk beberapa atom dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Struktur Lewis, pasangan elektron, dan elektron ikatan beberapa atom

Golongan	Unsur	Konfigurasi Elektron	Elektron Valensi	Struktur Lewis	Pasangan Elektron	Elektron Ikatan
IV	C	2.4	4	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}}\cdot$	0	4
V	N	2.5	5	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{N}}}\cdot$	1	3
VI	O	2.6	6	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{O}}}\cdot$	2	2
VII	F	2.7	7	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{F}}}\cdot$	3	1
VIII	Ne	2.8	8	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{Ne}}}\cdot$	4	0

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Struktur Lewis berguna untuk memahami penggunaan elektron bersama pada ikatan kovalen. Bagaimana menggambarkan struktur Lewis pada molekul? Perhatikan contoh berikut.

Contoh:

1. Struktur Lewis pada H₂

H₂ terbentuk dari 2 atom H. Atom H mempunyai elektron valensi = 1.

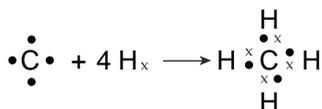
Struktur Lewis atom H adalah H^x.

Untuk mencapai kestabilan aturan duplet, atom H memerlukan 1 elektron lagi dari atom H yang lain. Struktur Lewis H₂ ditulis:



2. Struktur Lewis pada CH₄

C mempunyai elektron valensi = 4 dengan struktur Lewis $\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}}\cdot$. Untuk mencapai kestabilan sesuai aturan oktet, C memerlukan 4 elektron dari atom H. Struktur Lewis CH₄ ditulis:



Pada struktur Lewis CH₄, H memenuhi aturan duplet dan C memenuhi aturan oktet.

Struktur Lewis untuk beberapa molekul lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Struktur Lewis beberapa molekul

Molekul	Elektron Valensi pada Tiap Atom	Struktur Lewis
H ₂ O	H = 1 O = 6	$\text{H} \times \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{O}}}\cdot$ H
HCl	H = 1 Cl = 7	$\text{H} \times \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{Cl}}}\cdot$
NH ₃	N = 5 H = 1	$\text{H} \times \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{N}}}\cdot$ H H
SiF ₄	Si = 4 F = 7	$\begin{array}{c} \times \times \\ \times \times \end{array} \begin{array}{c} \times \\ \times \end{array} \begin{array}{c} \times \\ \times \end{array}$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Latihan 2.1

1. Salin tabel berikut dan lengkapilah.

Lambang Unsur	Konfigurasi Elektron	Elektron Valensi	Struktur Lewis	Pasangan Elektron	Elektron Ikatan
${}^4_2\text{He}$
${}^{31}_{15}\text{P}$
${}^{32}_{16}\text{S}$
${}^{35,5}_{17}\text{Cl}$

2. Buat struktur Lewis molekul-molekul HF dan CCl_4 .

B. Ikatan Ion dan Ikatan Kovalen

Untuk mencapai kestabilan, unsur-unsur dapat membentuk senyawa dengan unsur yang sejenis, contohnya O_2 , N_2 , dan H_2 atau bergabung dengan unsur yang berbeda, contohnya H_2O , NaCl , dan CH_4 .

Ikatan yang dibentuk pada penggabungan unsur-unsur bergantung pada bagaimana cara unsur-unsur tersebut mencapai konfigurasi elektron yang stabil yaitu dengan menarik atau melepaskan elektron dan dengan penggunaan bersama elektron valensi. Ikatan yang terjadi berupa *ikatan ion* dan *ikatan kovalen*.

Senyawa yang mengandung ikatan ion disebut *senyawa ion*, sedangkan senyawa yang mengandung ikatan kovalen disebut *senyawa kovalen*.

1. Ikatan Ion

Garam dapur atau natrium klorida yang banyak dalam air laut merupakan contoh senyawa ion. Senyawa ion terbentuk dari kation dan anion, kation merupakan ion yang bermuatan positif sedangkan anion merupakan ion yang bermuatan negatif. Senyawa ion lainnya misalnya KCl , KI , NaBr , dan CaCl_2 . Pada senyawa ion terdapat ikatan ion. Apa yang dimaksud dengan ikatan ion dan bagaimana pembentukan senyawa ion? Perhatikan pembentukan beberapa senyawa berikut ini.

a. Pembentukan Senyawa NaCl

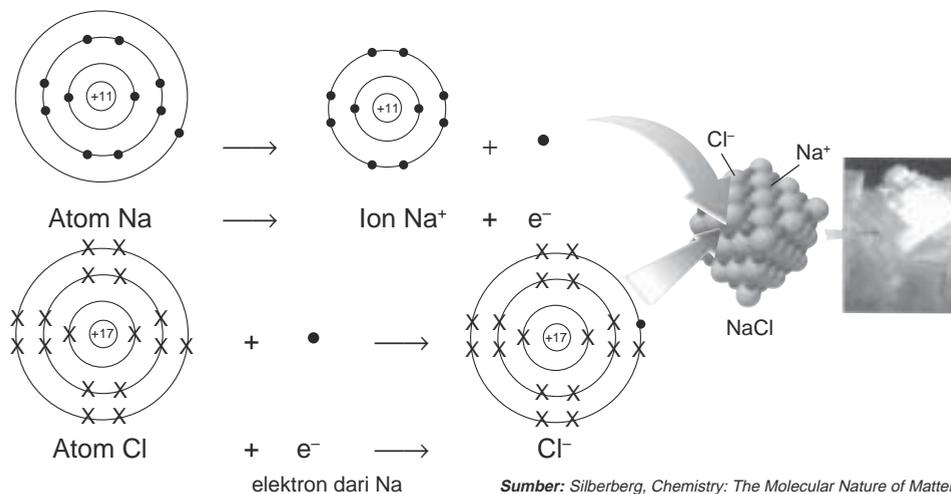
Pada tabel periodik unsur, Na terletak pada golongan IA dan Cl pada golongan VIIA. Perhatikan susunan elektron Na dan Cl pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Susunan elektron Na dan Cl

Lambang Unsur	No. Atom	Konfigurasi Elektron	Susunan Elektron
Na	11	2.8.1	
Cl	17	2.8.7	

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Natrium mempunyai kecenderungan untuk melepaskan elektron terluar daripada klor karena energi ionisasinya lebih rendah dibandingkan dengan klor. Untuk mencapai konfigurasi elektron stabil natrium melepaskan satu elektron terluarnya sedangkan klor menerima elektron. Pada pembentukan NaCl, satu elektron dari Na akan diterima oleh Cl. Perhatikan diagram pembentukan NaCl berikut.



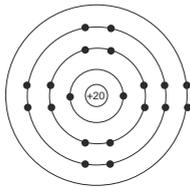
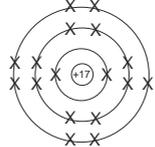
Gambar 2.1 Diagram pembentukan NaCl

Setelah terjadi perpindahan elektron, atom-atom tidak lagi bersifat netral tapi menjadi ion yang bermuatan. Atom Na melepaskan satu elektron menjadi ion Na⁺, sedangkan klor menerima satu elektron menjadi ion Cl⁻. Ion Na⁺ dan Cl⁻ akan tarik-menarik dengan gaya elektrostatis sehingga berikatan. Ikatan antara ion-ion tersebut dinamakan *ikatan ion* dan terbentuklah senyawa NaCl.

b. Pembentukan Senyawa CaCl_2

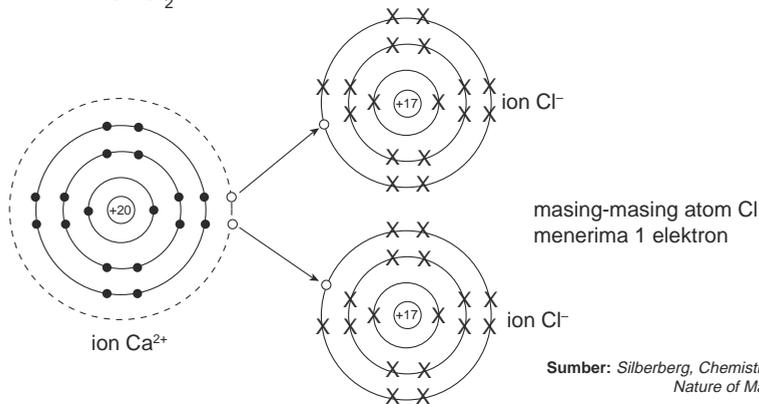
Pada tabel periodik unsur Ca terletak pada golongan IIA dan Cl golongan VIIA. Susunan elektron Ca dan Cl dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Susunan elektron Ca dan Cl

Lambang Unsur	No. Atom	Konfigurasi Elektron	Susunan Elektron
Ca	20	2.8.8.2	
Cl	17	2.8.7	

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Bagaimana terjadinya ikatan ion pada CaCl_2 ? Perhatikan diagram pembentukan CaCl_2 berikut ini.



Gambar 2.2 Diagram pembentukan CaCl_2

Kalsium melepaskan dua elektron membentuk ion Ca^{2+} , sedangkan masing-masing atom Cl menerima satu elektron membentuk ion Cl^- . Akibat gaya tarik-menarik elektrostatik antara ion Ca^{2+} dan ion Cl^- , maka terbentuklah senyawa CaCl_2 .

Berdasarkan contoh di atas maka dapat disimpulkan:

Ikatan ion adalah ikatan yang terjadi akibat gaya elektrostatik antara ion positif dan ion negatif.

Pada ikatan ion, untuk mencapai kestabilannya terjadi pelepasan dan penerimaan elektron. Ikatan ion pada umumnya mudah terjadi pada senyawa yang terbentuk dari unsur-unsur golongan logam alkali (IA) dan logam alkali tanah (IIA) dengan golongan halogen (VIIA) dan golongan VIA. Beberapa contoh senyawa ion berdasarkan unsur pembentuknya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Contoh senyawa ion berdasarkan unsur pembentuknya

Unsur Pembentuk	Contoh Senyawa
Golongan IA dengan VIA	K_2O dan Na_2O
Golongan IA dengan VIIA	KCl dan NaF
Golongan IIA dengan VIA	MgO dan SrO
Golongan IIA dengan VIIA	$MgBr_2$ dan $SrCl_2$

Coba kamu perhatikan contoh senyawa ion pada Tabel 2.6. Pada umumnya ikatan ion terbentuk dari unsur logam dan bukan logam.

Latihan 2.2

Selesaikan soal-soal berikut ini!

- Jelaskan bagaimana terjadinya ikatan ion pada KF, MgF_2 , dan Na_2O .
- Prediksikan rumus senyawa yang dibentuk oleh:
 - litium dengan klor,
 - kalium dengan brom,
 - kalium dengan oksigen,
 - kalsium dengan fluor,
 - barium dengan klor, dan
 - natrium dengan oksigen.

2. Ikatan Kovalen

Pada ikatan ion terjadi pelepasan dan penerimaan elektron agar unsur mencapai kestabilan. Ikatan ini umumnya terjadi pada senyawa yang dibentuk oleh unsur logam dan nonlogam. Bagaimana senyawa yang dibentuk oleh unsur-unsur nonlogam? Ikatan apa yang terjadi?

Unsur nonlogam umumnya mempunyai *keelektronegatifan* tinggi artinya mudah menarik elektron. Masing-masing unsur nonlogam pada senyawanya tidak akan melepaskan elektron, sehingga untuk mencapai kestabilannya, unsur-unsur tersebut akan menggunakan bersama pasangan elektron membentuk ikatan kovalen.

Pada suatu senyawa, ikatan dapat berupa ikatan kovalen tunggal dan ikatan kovalen rangkap. Jumlah ikatan bisa hanya satu atau lebih.

Bagaimana terjadinya ikatan kovalen? Perhatikan contoh terjadinya ikatan kovalen tunggal dan ikatan kovalen rangkap berikut ini.

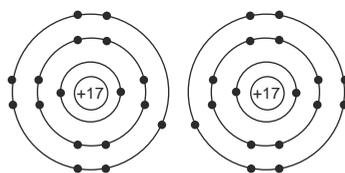
a. Pembentukan Ikatan Kovalen Tunggal

Ikatan kovalen tunggal dapat terjadi baik pada senyawa yang terdiri dari atom sejenis maupun dari atom yang berbeda, contoh senyawa ini adalah Cl_2 , H_2 , O_2 , HCl , dan CH_4 . Untuk mempelajarinya perhatikan pembentukan ikatan kovalen pada molekul berikut.

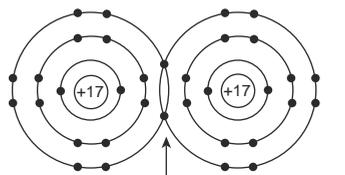
1) Pembentukan Molekul Klor, Cl_2

Konfigurasi Cl : 2.8.7

Susunan elektron Cl :



Pembentukan Cl_2 :



Pasangan elektron yang digunakan bersama

Masing-masing atom Cl menyumbangkan satu elektron untuk dipakai bersama sehingga masing-masing atom mempunyai konfigurasi elektron seperti gas mulia.

Struktur Lewis molekul Cl_2 dituliskan sebagai berikut.

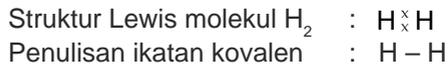
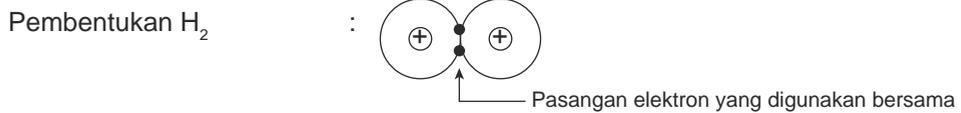


Cara lain untuk menuliskan ikatan kovalen Cl_2 adalah sebagai berikut.



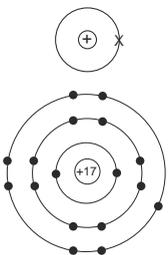
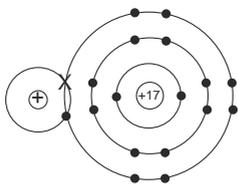
2) Pembentukan Molekul H_2

Pembentukan molekul hidrogen tidak menggunakan aturan oktet karena masing-masing hanya mempunyai 1 elektron. Masing-masing hidrogen akan stabil dengan dua elektron pada kulit terluarnya sesuai dengan aturan duplet.

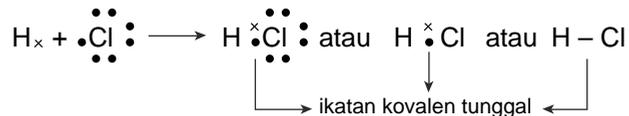


3) Pembentukan Ikatan Kovalen pada Molekul Hidrogen Klorida, HCl

Perhatikan pembentukan ikatan kovalen pada HCl berikut ini.

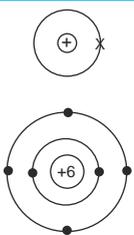
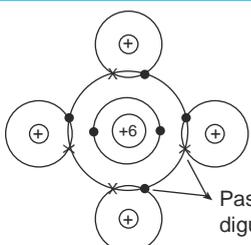
Konfigurasi Elektron	Susunan Elektron	Ikatan Kovalen pada HCl
H : 1 Cl : 2.8.7		

Atom H dan Cl masing-masing menyumbangkan satu elektron dalam HCl dan membentuk satu ikatan kovalen. Atom H stabil dikelilingi 2 elektron dan Cl dikelilingi 8 elektron. Ikatan yang terjadi pada HCl dapat dituliskan dengan struktur Lewis dan ikatan kovalen seperti berikut.



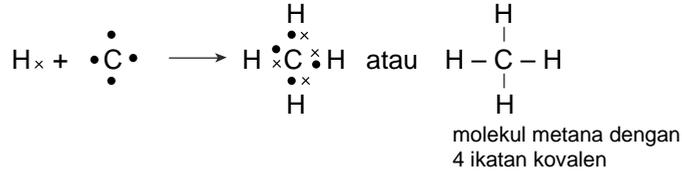
4) Pembentukan Ikatan Kovalen pada Molekul Metana, CH₄

Perhatikan pembentukan ikatan kovalen pada CH₄ berikut ini.

Konfigurasi Elektron	Susunan Elektron	Pembentukan Ikatan Kovalen pada CH ₄
H : 1 C : 2.4		 Pasangan elektron yang digunakan bersama

Atom C mempunyai 4 elektron yang tidak berpasangan, berikatan dengan 4 atom H membentuk molekul CH_4 dengan 4 ikatan kovalen.

Ikatan yang terjadi pada CH_4 dapat dituliskan dengan struktur Lewis dan ikatan kovalen seperti berikut.



b. Ikatan Kovalen Rangkap Dua dan Tiga

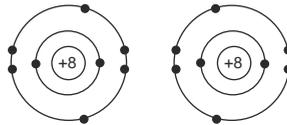
Ikatan kovalen rangkap dapat terjadi antara unsur-unsur yang sejenis atau berbeda. Untuk mempelajarinya perhatikan pembentukan ikatan pada molekul berikut.

1) Pembentukan Ikatan Kovalen pada Molekul Oksigen, O_2

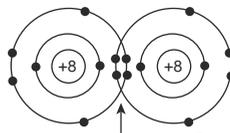
Perhatikan pembentukan ikatan kovalen pada molekul oksigen berikut ini.

Konfigurasi elektron : 2.6

Susunan elektron O :



Pembentukan O_2 :



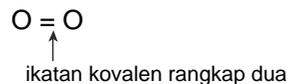
Masing-masing atom oksigen mempunyai 6 elektron valensi. Untuk mencapai konfigurasi elektron gas mulia dibutuhkan dua elektron lagi yang dapat diperoleh dari masing-masing atom oksigen. Akibatnya molekul O_2 mempunyai dua ikatan kovalen yang dihasilkan dari penggunaan bersama dua pasang elektron. Ikatan kovalen pada molekul O_2 disebut *ikatan kovalen rangkap dua*.

Ikatan yang terjadi pada O_2 dapat dituliskan dengan struktur Lewis dan ikatan kovalen seperti berikut.

Penulisan dengan struktur Lewis

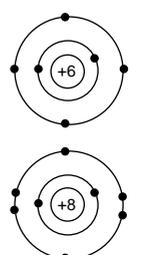
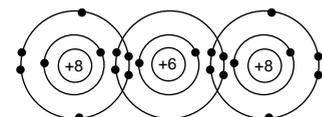


Penulisan dengan ikatan kovalen



2) Pembentukan Ikatan Kovalen pada Molekul Karbon Dioksida, CO₂

Pada molekul CO₂, karbon membentuk 2 ikatan kovalen rangkap dua dengan oksigen. Pembentukan ikatan kovalen pada CO₂ digambarkan sebagai berikut.

Konfigurasi Elektron	Susunan Elektron	Pembentukan Ikatan Kovalen pada CO ₂
C : 2.4 O : 2.6		

Ikatan yang terjadi pada CO₂ dapat dituliskan dengan struktur Lewis dan ikatan kovalen seperti berikut.

Struktur Lewis molekul CO₂

Penulisan dengan ikatan kovalen

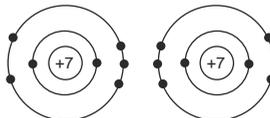


3) Pembentukan Ikatan Kovalen pada Molekul Nitrogen, N₂

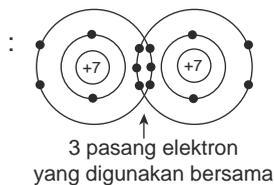
Perhatikan pembentukan ikatan kovalen pada molekul nitrogen berikut ini.

Konfigurasi elektron : 2.5

Susunan elektron N :



Pembentukan N₂ :

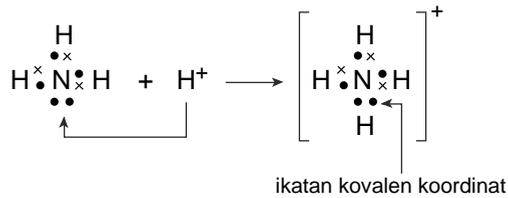


Ikatan yang terjadi pada N₂ dapat dituliskan dengan struktur Lewis dan ikatan kovalen seperti berikut.

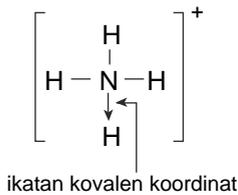
Struktur Lewis molekul N₂

Penulisan dengan ikatan kovalen





Pada molekul NH_3 , atom N mempunyai 1 pasang elektron bebas. Pasangan elektron tersebut digunakan untuk mengikat ion H^+ sehingga terbentuk ikatan kovalen koordinat. Ikatan ini bisa digambarkan sebagai berikut.



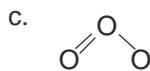
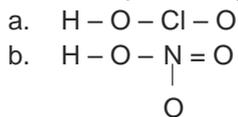
Tanda panah (\downarrow) menunjukkan pasangan elektron ikatan kovalen koordinat berasal dari atom nitrogen.

Berdasarkan contoh di atas dapat disimpulkan.

Ikatan kovalen koordinat terbentuk jika pasangan elektron yang digunakan bersama berasal dari salah satu atom.

Latihan 2.4

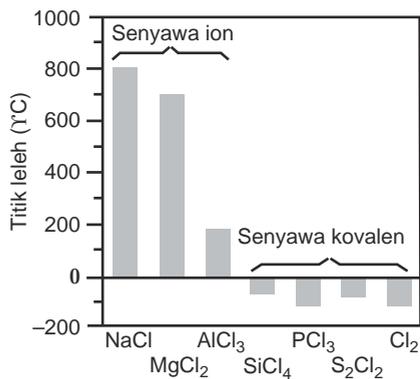
Gambarkan struktur Lewis dan tunjukkan ikatan kovalen serta ikatan kovalen koordinat pada senyawa berikut.



C. Sifat Fisis Senyawa Ion dan Kovalen

Sifat fisis senyawa ion umumnya berbeda dengan senyawa kovalen. Hal ini disebabkan oleh cara pembentukan ikatan yang berbeda. Misalnya titik leleh garam dapur NaCl jauh berbeda dengan titik leleh gula $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ karena garam dapur termasuk senyawa ion sedangkan gula termasuk senyawa kovalen.

Perhatikan Gambar 2.3, titik leleh senyawa ion jauh lebih tinggi dari titik leleh senyawa kovalen.



Gambar 2.3 Grafik titik leleh senyawa ion dan senyawa kovalen

Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular of Matter and Change

1. Sifat Fisis Senyawa Ion

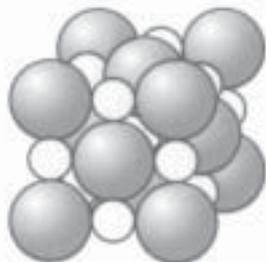
Senyawa ion umumnya mempunyai titik didih dan titik leleh relatif tinggi, karena energi yang diperlukan untuk memutuskan gaya Coulomb antara ion-ion relatif tinggi. Titik leleh beberapa senyawa ion dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Titik leleh dari beberapa senyawa ion

Senyawa	Titik Leleh (°C)	Senyawa	Titik Leleh (°C)
NaF	990	MgCl ₂	714
NaCl	801	CaCl ₂	774
NaBr	755	SrCl ₂	870
NaI	651	BaCl ₂	955

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Senyawa ion merupakan penghantar listrik yang baik dalam larutan maupun lelehan atau leburannya. Sifat penghantar listrik yang baik tersebut disebabkan adanya gerakan ion-ion dalam leburan senyawa atau larutannya.



Sumber: Lawrie Ryan, Chemistry for You

Gambar 2.4 Struktur ion NaCl

Senyawa ion juga umumnya mudah larut dalam air. Senyawa ion membentuk struktur raksasa dengan struktur kristal yang teratur, misalnya struktur NaCl yang berbentuk kubus seperti Gambar 2.4.

2. Sifat Fisis Senyawa Kovalen

Senyawa kovalen ada yang membentuk struktur molekul sederhana misalnya CH_4 dan H_2O , ada juga yang membentuk struktur molekul raksasa seperti SiO_2 . Selain itu ada atom-atom yang membentuk struktur kovalen raksasa contohnya karbon dalam intan. Titik didih senyawa kovalen bervariasi, ada yang rendah dan sangat tinggi. Perhatikan Tabel 2.7.

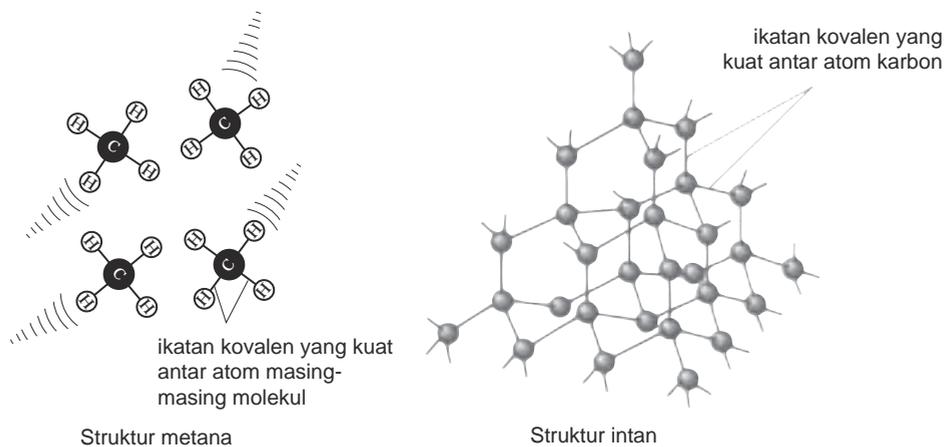
Tabel 2.7 Titik didih beberapa senyawa kovalen

Struktur Molekul Sederhana		Struktur Kovalen Raksasa	
Zat	Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)	Zat	Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)
Metana, CH_4	-161	Intan, C	4830
Air, H_2O	100	Silikon, Si	2355
Klor, Cl_2	-35	Silika, SiO_2	2230

Sumber: Visual Encyclopedia

Metana memiliki fase gas, pada setiap molekulnya terdapat ikatan kovalen yang relatif kuat. Di antara molekul-molekul CH_4 terdapat gaya antarmolekul yang lemah. Pada saat dipanaskan, masing-masing molekul CH_4 mudah berpisah, sehingga titik didih metana rendah.

Pada intan, atom C dengan C lainnya berikatan kovalen sangat kuat membentuk struktur raksasa sehingga titik didihnya tinggi.



Sumber: Lawrie Ryan, Chemistry for You

Gambar 2.5 Struktur metana dan intan

Senyawa dengan struktur molekul raksasa tidak larut dalam air dan tidak menghantarkan listrik kecuali grafit yaitu karbon pada batu baterai dan isi pensil.

INFO KIMIA

Grafit mempunyai struktur raksasa, biasa digunakan untuk membuat pensil. Grafrit dicampur dengan tanah liat untuk membuat pensil menjadi keras. Perbedaan pensil antara H, HB, atau 2B ditentukan oleh perbandingan grafrit dan tanah liatnya.

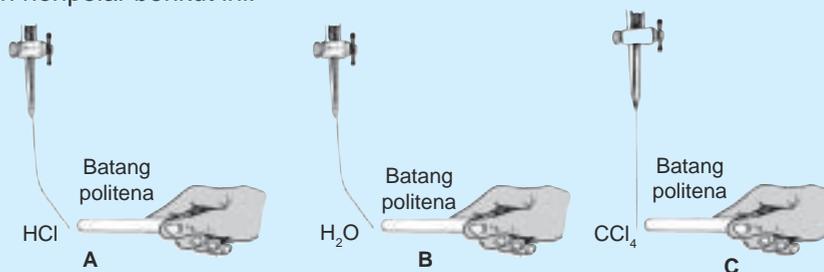
D. Kepolaran Senyawa Kovalen

Sifat lain dari suatu senyawa kovalen yaitu kepolaran. Untuk memahami tentang kepolaran senyawa lakukan kegiatan berikut!

KEGIATAN 2.1 Interpretasi Data

Senyawa Kovalen Polar dan Nonpolar

Perhatikan gambar percobaan tentang penentuan senyawa kovalen polar dan nonpolar berikut ini.



Larutan HCl, air, dan CCl_4 masing-masing dialirkan dari buret. Pada alirannya didekatkan batang politena atau penggaris plastik yang digosok dengan kain wool atau sutra sehingga memiliki muatan listrik. Amati apa yang terjadi pada aliran senyawa-senyawa tersebut?

Pertanyaan:

Jelaskan perbedaan hasil percobaan berdasarkan ikatan kovalen yang terdapat pada masing-masing senyawa!

Berdasarkan percobaan tersebut HCl dan H_2O dapat tertarik oleh muatan listrik karena pada keduanya terdapat muatan positif dan negatif (muatan listrik). CCl_4 tidak dapat tertarik oleh muatan listrik karena CCl_4 tidak bermuatan listrik.

Senyawa kovalen yang mengandung muatan positif dan negatif disebut *senyawa kovalen polar* dan yang tidak bermuatan disebut *senyawa kovalen nonpolar*. Ikatan kovalen pada senyawa kovalen polar disebut *ikatan kovalen polar* dan ikatan kovalen pada senyawa nonpolar disebut *ikatan kovalen nonpolar*.

Kepolaran dapat dijelaskan berdasarkan harga keelektronegatifan unsur-unsur pembentuknya dan bentuk molekul senyawa. Pada bab ini hanya dibahas kepolaran berdasarkan keelektronegatifan.

Kepolaran dapat terjadi pada molekul dwiatom dan poliatom. Berdasarkan harga keelektronegatifannya, kepolaran dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Kepolaran pada Molekul Dwiatom

Jika dua macam atom yang berbeda keelektronegatifannya membentuk ikatan kovalen, posisi pasangan elektron ikatan akan lebih tertarik oleh atom yang keelektronegatifannya lebih besar. Pada molekul HCl, keelektronegatifan Cl = 3,0 dan H = 2,1, sehingga pasangan elektron ikatan akan tertarik oleh atom Cl dan atom Cl cenderung lebih negatif daripada atom H. Pada molekul HCl akan terjadi dua kutub muatan yaitu pada Cl relatif negatif, sedangkan H relatif positif. Muatan yang berbeda disebut dipol dan ditulis δ^+ untuk atom bermuatan positif dan δ^- untuk atom bermuatan negatif. Struktur HCl ditulis:



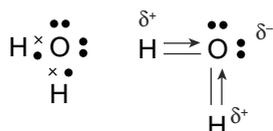
Tanda panah (\longrightarrow) menunjukkan arah elektron tertarik.

Molekul HCl disebut molekul polar. Ikatannya disebut ikatan kovalen polar. Contoh lain molekul polar seperti ini adalah HF, HBr, dan HI.

2. Kepolaran pada Molekul Poliatom

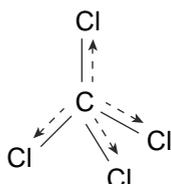
Molekul air terdiri dari satu atom O dan dua atom H dengan keelektronegatifan O = 3,5 dan H = 2,1.

Struktur Lewis H₂O :



Pada molekul air terdapat dua ikatan kovalen dan dua pasang elektron bebas. Perbedaan keelektronegatifan O dan H menyebabkan elektron lebih tertarik ke oksigen, maka atom-atom H akan cenderung bermuatan positif dan atom O bermuatan negatif. Akibatnya molekul air bersifat polar.

Pada molekul yang lebih banyak unsur pembentuknya walaupun ada perbedaan keelektronegatifan bisa saja menghasilkan senyawa nonpolar. Contoh pada karbon tetraklorida, CCl₄.



Pada molekul CCl₄ keelektronegatifan Cl lebih besar daripada C maka Cl cenderung bermuatan negatif dan C bermuatan positif.

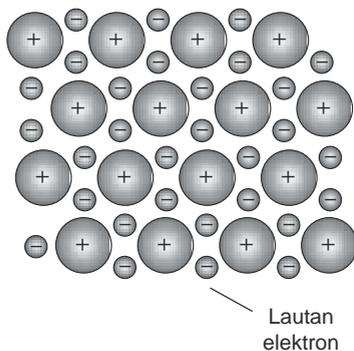
Arah kutub positif ke kutub negatif pada molekul CCl₄ saling berlawanan maka dipol yang terjadi saling meniadakan akibatnya molekul CCl₄ bersifat nonpolar.

Berdasarkan fakta-fakta tersebut dapat dikatakan bahwa *kepolaran senyawa dapat terjadi akibat adanya perbedaan keelektronegatifan atom unsur-unsur pembentuknya*. Makin besar perbedaan keelektronegatifan makin bersifat polar. Kepolaran senyawa dipengaruhi juga oleh susunan ruang atau bentuk molekul dari senyawa tersebut.

E. Ikatan Logam

Kawat tembaga digunakan sebagai penghantar listrik dalam kabel, besi digunakan untuk setrika sebagai penghantar panas, dan emas atau perak digunakan untuk perhiasan dalam bentuk yang indah.

Apa penyebab logam memiliki sifat tersebut? Hal ini disebabkan atom-atom pada logam tersebut tidak berdiri sendiri-sendiri tetapi bergabung melalui ikatan logam.



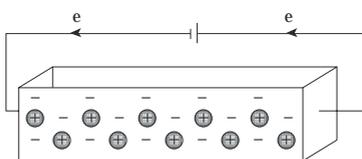
Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 2.6 Struktur kisi logam

Atom logam mempunyai keelektronegatifan rendah, artinya mereka cenderung mudah melepaskan elektron terluarnya. Jika atom logam melepaskan elektron maka terbentuk kation atau ion positif. Berdasarkan sinar X, logam-logam membentuk kisi kristal. Struktur kisi logam tersusun dalam kation-kation. Perhatikan Gambar 2.6.

Elektron-elektron dari atom logam ditemukan di dalam kisi-kisi logam dan bebas bergerak di antara semua kation, membentuk *lautan elektron*. Gaya elektrostatis antar muatan (+) logam dan muatan (-) dari elektron akan menggabungkan kisi-kisi logam tersebut.

Tarik-menarik dari kation di dalam lautan elektron yang bertindak sebagai perekat dan menggabungkan kation-kation disebut *ikatan logam*.

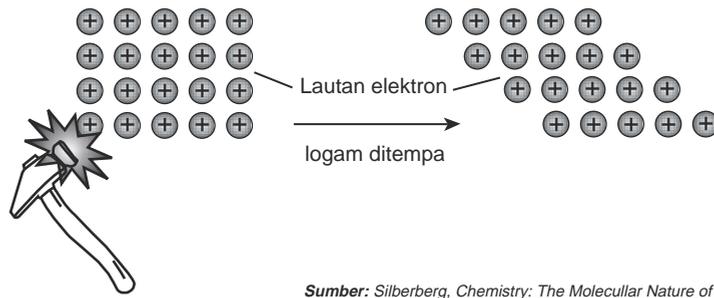


Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 2.7 Logam dapat menghantarkan listrik

Elektron yang bebas bergerak pada lautan elektron menyebabkan logam dapat menghantarkan listrik, sehingga logam banyak digunakan sebagai penghantar listrik dalam kabel.

Atom logam dengan atom logam tersusun rapat membentuk struktur raksasa sehingga logam mempunyai titik leleh dan kekerasan yang tinggi. Dengan demikian logam banyak digunakan sebagai penghantar panas. Logam dapat ditempa, struktur logam jika ditempa dapat dilihat pada Gambar 2.8.

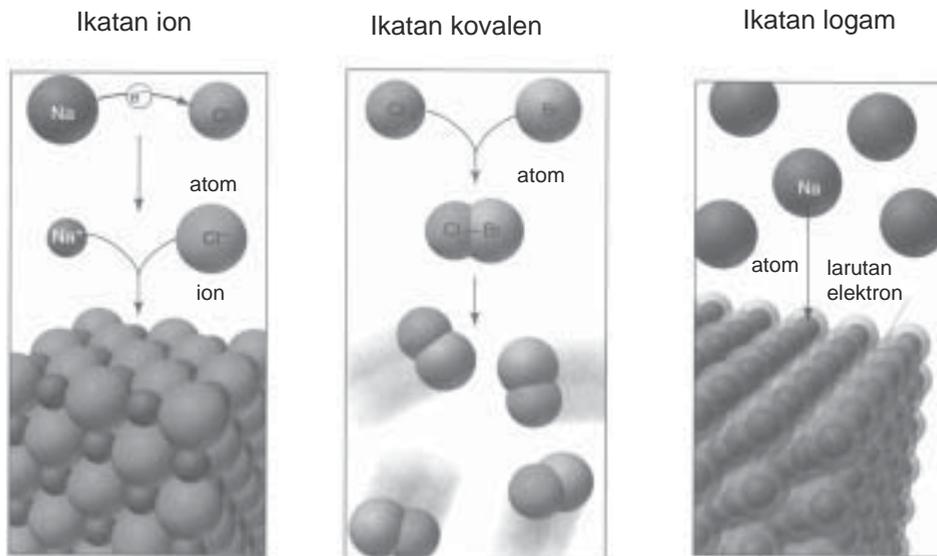


Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 2.8 Struktur logam jika ditempa

Oleh karena logam mudah dibentuk dengan ditempa maka logam banyak digunakan untuk perhiasan atau pajangan dengan bentuk yang indah.

Apa perbedaan ikatan ion, kovalen, dan logam? Perbedaan ikatan ion, kovalen, dan logam dapat digambarkan sebagai berikut.



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 2.9 Perbedaan ikatan ion, kovalen, dan logam

Rangkuman

1. Untuk mencapai kestabilannya unsur-unsur akan berikatan.
2. Pada suatu senyawa unsur akan stabil bila memenuhi aturan oktet atau duplet.
3. Ikatan terdiri dari ikatan ion dan ikatan kovalen.
4. Ikatan ion terjadi akibat gaya elektrostatis antara ion positif dan ion negatif, ikatan ion terbentuk dari unsur logam dan bukan logam.

5. Pada ikatan kovalen terjadi penggunaan pasangan elektron bersama.
6. Ikatan kovalen dapat berupa ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga.
7. Ikatan kovalen koordinat terjadi jika pasangan elektron yang digunakan bersama berasal dari salah satu atom.
8. Sifat fisis senyawa ion umumnya berbeda dengan senyawa kovalen.
9. Senyawa ion umumnya mempunyai titik didih dan titik leleh yang tinggi karena energi yang diperlukan untuk memutuskan gaya Coulomb antara ion-ion relatif tinggi.
10. Senyawa kovalen yang berbentuk struktur molekul sederhana seperti CH_4 mempunyai titik didih rendah.
11. Senyawa kovalen yang berbentuk struktur kovalen raksasa seperti intan mempunyai titik didih tinggi.
12. Senyawa ion dapat menghantarkan listrik.
13. Senyawa kovalen polar dapat menghantarkan listrik, sedangkan senyawa kovalen nonpolar tidak dapat menghantarkan listrik.
14. Ikatan logam adalah tarik-menarik dari kation di dalam lautan elektron yang bertindak sebagai perekat dan menggabungkan kation-kation.

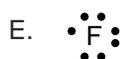
Kata Kunci

- Ikatan kimia
- Aturan duplet
- Aturan oktet
- Elektron ikatan
- Struktur Lewis
- Ikatan ion
- Ikatan kovalen
- Ikatan kovalen polar
- Kovalen koordinat
- Gaya elektrostatik
- Ikatan logam
- Lautan elektron
- Senyawa kovalen polar
- Senyawa kovalen nonpolar

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Struktur Lewis berikut adalah struktur Lewis ${}_6\text{C}$, ${}_7\text{N}$, ${}_8\text{O}$, ${}_{10}\text{Ne}$, dan ${}_9\text{F}$. Struktur yang salah adalah



14. Hidrogen dapat membentuk senyawa kovalen polar dengan unsur golongan halogen. Berikut ini yang paling polar adalah
- A. HF
 - B. HCl
 - C. HBr
 - D. HI
 - E. HAt
15. Karbon membentuk struktur kovalen raksasa dengan ikatan kovalen yang kuat dalam bentuk
- A. arang
 - B. grafit
 - C. intan
 - D. pasir
 - E. batu bara

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan singkat.

1. Pada tabel periodik unsur terdapat unsur dengan nomor atom 9 dan nomor massa 19.
 - a. Tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron pada atom tersebut!
 - b. Uraikan pembentukan senyawa ionnya dengan natrium dalam bentuk diagram!
 - c. Tulis rumus senyawa yang terbentuk!
2. Hidrogen bereaksi dengan klor membentuk hidrogen klorida, HCl.
 - a. Tulis struktur Lewis pada HCl!
 - b. Ikatan apa yang terdapat pada HCl?
 - c. Sebutkan sifat HCl akibat ikatannya!
3. Unsur-unsur simbol P, Q, dan R mempunyai konfigurasi elektron sebagai berikut. $P = 2.6$; $Q = 2.8.1$; dan $R = 2.8.7$.
 - a. Sebutkan ikatan antara P dan Q, Q dan R, serta P dan R!
 - b. Prediksikan rumus kimia yang terjadi antara P dan Q, Q dan R, serta P dan R.
4. Jelaskan mengapa H_2O bersifat polar dan CCl_4 bersifat nonpolar!
5.
 - a. Jelaskan apa yang dimaksud dengan ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam!
 - b. Tuliskan sifat-sifat fisis senyawa yang mempunyai ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam!
 - c. Logam banyak digunakan untuk kabel. Jelaskan apa alasannya!

T u g a s

Buatlah poster yang menarik dari karton manila, berupa bagan konsep ikatan kimia, lengkap dengan contoh senyawanya. Laporkan pada guru dan hasilnya tempelkan pada dinding kamarmu untuk membantumu belajar kimia.

Bab III

Tata Nama Senyawa dan Persamaan Reaksi



Sumber: Encarta 2005

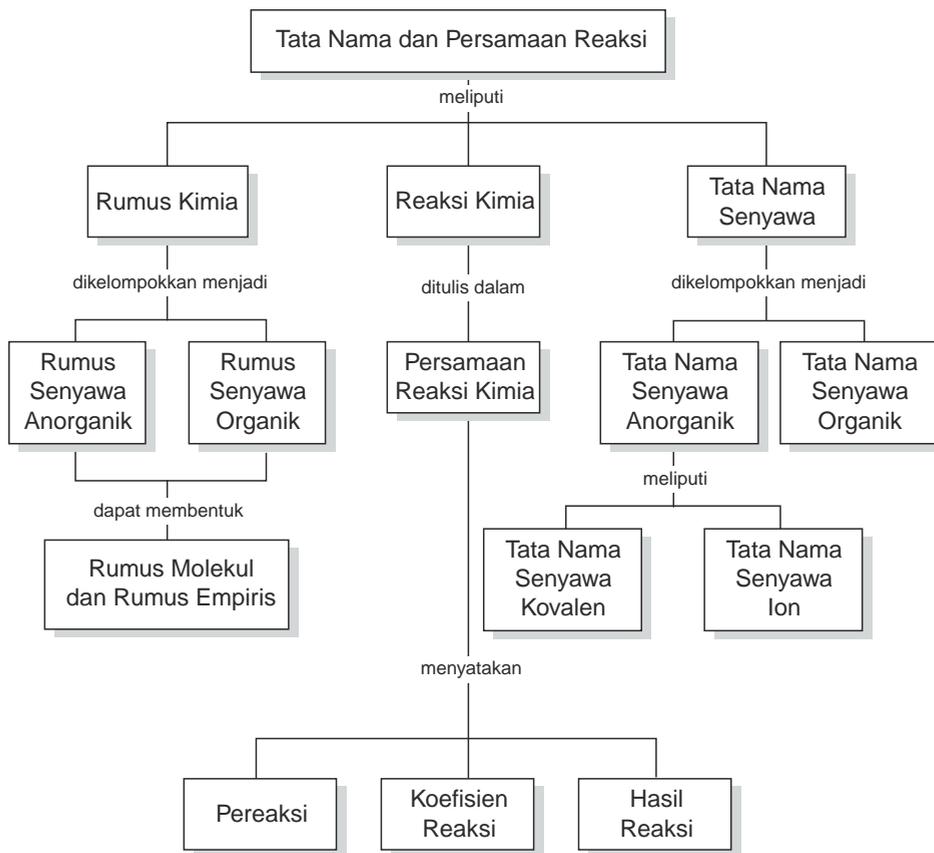
Asam klorida sering digunakan untuk menguji material yang mengandung kalsium karbonat. Kalsium karbonat dengan asam klorida menghasilkan gas karbon dioksida.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. membedakan rumus molekul dan rumus empiris,
2. menuliskan rumus kimia senyawa ion,
3. menuliskan nama senyawa ion dan senyawa kovalen yang termasuk senyawa anorganik,
4. menuliskan nama senyawa organik sederhana,
5. menyetarakan persamaan reaksi sederhana.

PETA KONSEP



Banyak senyawa yang sering kita temui misalnya air, gula, garam dapur, asam cuka, alkohol, dan urea. Apakah senyawa itu? Senyawa merupakan gabungan unsur-unsur dengan perbandingan tetap.

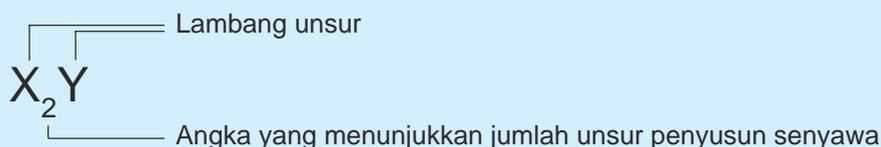
Rumus yang menyatakan komposisi atom yang menyusun senyawa disebut rumus kimia. Rumus kimia dapat berupa *rumus empiris* dan *rumus molekul*. Setiap rumus kimia mempunyai nama dengan aturan-aturan yang telah ditentukan dan disebut *tata nama senyawa*. Dengan mengetahui rumus kimia kita dapat menuliskan zat-zat yang bereaksi dan hasil reaksinya dalam suatu *persamaan reaksi*.

Berikut ini akan dibahas rumus kimia yang terdiri dari rumus kimia senyawa kovalen dan rumus kimia senyawa ion. Tata nama senyawa yang terdiri dari senyawa anorganik dan senyawa organik. Akan dibahas juga persamaan reaksi dan bagaimana menyetarakan persamaan reaksi.

A. Rumus Kimia

Di alam unsur-unsur ada yang stabil berdiri sendiri seperti gas mulia, ada juga yang membentuk senyawa dengan unsur lain seperti hidrogen dan oksigen membentuk air. Senyawa ada yang berbentuk senyawa kovalen dan ada juga yang berbentuk senyawa ion.

Rumus yang menyatakan komposisi atom-atom penyusun senyawa disebut *rumus kimia*. Rumus kimia mengandung lambang-lambang unsur dan angka yang menunjukkan jumlah unsur-unsur penyusun senyawa. Perhatikan penulisan rumus kimia berikut ini.



X dan Y menyatakan lambang unsur dan angka 2 menunjukkan jumlah unsur X. Bagaimana penulisan rumus kimia senyawa kovalen dan ion? Perhatikan pembahasan berikut ini.

1. Rumus Kimia Senyawa Kovalen

Unsur-unsur ada yang berdiri sendiri atau monoatomik, ada juga yang terdiri dari dua atom yang sama (diatomik) dan lebih dari dua atom yang sama (poliatomik).

Rumus kimia untuk unsur monoatomik ditulis sesuai dengan lambang unsur-nya. Rumus kimia untuk molekul diatomik dan poliatomik ditulis dengan menuliskan lambang unsurnya ditambah angka yang menunjukkan jumlah atomnya.

Rumus kimia untuk unsur monoatomik, molekul diatomik, dan molekul poliatomik dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Contoh rumus kimia unsur dan molekul

Unsur Monoatomik		Molekul Diatomik		Molekul Poliatomik	
Unsur	Rumus Kimia	Unsur	Rumus Kimia	Unsur	Rumus Kimia
Besi	Fe	Oksigen	O ₂	Ozon	O ₃
Tembaga	Cu	Hidrogen	H ₂	Belerang	S ₈
Emas	Au	Nitrogen	N ₂	Fosfor	P ₄
Helium	He	Klor	Cl ₂		
Neon	Ne	Brom	Br ₂		

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Unsur yang atom-atomnya berikatan dengan atom sejenis, disebut *molekul unsur* misalnya O₂, N₂, dan P₄. Molekul-molekul ini merupakan senyawa kovalen.

Rumus kimia untuk senyawa dengan unsur-unsur yang berbeda ada yang berupa rumus molekul dan rumus empiris. Apa yang dimaksud dengan rumus molekul dan rumus empiris itu? Perhatikan contoh berikut!

Contoh:

- Karbon dioksida mempunyai rumus molekul CO₂, terdiri dari satu atom C dan dua atom O.
- Etena mempunyai rumus molekul C₂H₄, terdiri dari 2 atom C dan 4 atom H.

Perbandingan C dan H pada etena yaitu 2 : 4. Jika perbandingan itu disederhanakan maka C : H menjadi 1 : 2. Rumus kimianya ditulis CH₂. CH₂ merupakan *rumus empiris* dari C₂H₄.

Contoh lain penulisan rumus molekul dan rumus empiris dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Contoh rumus molekul dan rumus empiris

Nama Senyawa	Rumus Molekul	Rumus Empiris
Air	H ₂ O	H ₂ O
Amoniak	NH ₃	NH ₃
Glukosa	C ₆ H ₁₂ O ₆	CH ₂ O
Benzena	C ₆ H ₆	CH

Berdasarkan contoh tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut.

Rumus molekul suatu senyawa adalah rumus yang menunjukkan jumlah atom yang sebenarnya di dalam molekul senyawa itu.

Rumus empiris suatu senyawa adalah rumus yang menyatakan perbandingan terkecil dari jumlah atom-atom unsur penyusun senyawa.

Kadang-kadang perbandingan jumlah atom-atom pada rumus molekul merupakan perbandingan paling sederhana maka rumus empiris senyawa akan sama dengan rumus molekulnya misalnya H_2O , H_2SO_4 , dan NH_3 .

Rumus empiris lebih banyak digunakan untuk menyatakan rumus kimia senyawa-senyawa ion, misalnya natrium klorida dengan rumus kimia NaCl mempunyai perbandingan ion Na^+ dan $\text{Cl}^- = 1 : 1$, asam sulfat dengan rumus H_2SO_4 mempunyai perbandingan ion H^+ dan $\text{SO}_4^{2-} = 2 : 1$.

Latihan 3.1

Tentukan mana yang merupakan rumus molekul dan rumus empiris.

- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| a. Li_2O | d. BaSO_4 | g. $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ |
| b. Al_2O_3 | e. CH_3COOH | h. C_2H_4 |
| c. C_4H_{10} | f. H_2O_2 | i. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ |

2. Rumus Kimia Senyawa Ion

Senyawa ion dibentuk oleh ion positif dan ion negatif. Senyawa ion tidak bermuatan sebab jumlah muatan positifnya sama dengan jumlah muatan negatifnya. Misalnya CaCl_2 dibentuk dari 1 ion Ca^{2+} dan 2 ion Cl^- , jumlah muatannya adalah $+2 + (-2) = 0$

Rumus kimia beberapa senyawa ion tertera pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Contoh rumus kimia senyawa ion

Kation \ Anion	Br^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}
Na^+	NaBr	Na_2SO_4	Na_3PO_4
K^+	KBr	K_2SO_4	K_3PO_4
Mg^{2+}	MgBr_2	MgSO_4	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$
Ba^{2+}	BaBr_2	BaSO_4	$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$
Al^{3+}	AlBr_3	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	AlPO_4

Latihan 3.2

Salin tabel dan tuliskan rumus kimia senyawa yang terbentuk dari ion-ion berikut!

Kation \ Anion	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻
K ⁺	KCl	....	....
Ca ²⁺
Ba ²⁺
Fe ³⁺
Al ³⁺

3. Jumlah Atom pada Rumus Kimia

Rumus kimia ada yang sederhana ada pula yang kompleks. Jumlah atom pada rumus kimia dituliskan dengan angka di belakang lambang atom, misalnya MgBr₂, jumlah atom Mg = 1 dan Br = 2.

Pada senyawa ion kadang-kadang ada tanda kurung, misalnya senyawa Ca₃(PO₄)₂. Pada rumus tersebut angka di luar kurung menunjukkan jumlah gugus atom di dalam kurung, maka jumlah masing-masing atom pada Ca₃(PO₄)₂ yaitu Ca = 3, P = 2, O = 4 x 2 = 8. Contoh jumlah atom pada beberapa rumus kimia dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Jumlah atom pada beberapa rumus kimia

Rumus Kimia	Jumlah masing-masing atom		
MgBr ₂	Mg = 1	Br = 2	
K ₂ SO ₄	K = 2	S = 1	O = 4
Ca(OH) ₂	Ca = 1	O = 2	H = 2
Fe(OH) ₃	Fe = 1	O = 3	H = 3
Ba ₃ (PO ₄) ₂	Ba = 3	P = 2	O = 8
Al ₂ (SO ₄) ₃	Al = 2	S = 3	O = 12

Latihan 3.3

Selesaikan soal-soal berikut!

- Hitunglah jumlah masing-masing atom yang menyusun molekul senyawa-senyawa di bawah ini.
 - Aseton, C₂H₆O
 - Pupuk ZA, (NH₄)₂SO₄
 - Tawas, Al₂(SO₄)₃
 - Urea, CO(NH₂)₂
 - Glukosa, C₆H₁₂O₆
- Tentukan rumus kimia dari bahan-bahan berikut dengan melihat komposisi atom penyusunnya.

- Pasir tersusun dari satu atom silikon dan dua atom oksigen.
- Gula tebu tersusun dari 12 atom karbon, 22 atom hidrogen, dan 11 atom oksigen.
- Alkohol tersusun dari 2 atom karbon, 6 atom hidrogen, dan 1 atom oksigen.
- Cuka tersusun dari 2 atom karbon, 4 atom hidrogen, dan 2 atom oksigen.

B. Tata Nama Senyawa Kimia

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak senyawa yang dikenal baik karena kegunaannya maupun karena dampaknya terhadap lingkungan, misalnya garam dapur yang memiliki rumus NaCl dengan nama natrium klorida dan gas hasil pembakaran bahan bakar yang memiliki rumus CO₂ dengan nama karbon dioksida. Pemberian nama dari rumus-rumus tersebut mengikuti aturan-aturan. Salah satu aturan pemberian nama senyawa yaitu aturan IUPAC (*International Union Pure and Applied Chemistry*).

Senyawa kimia dikelompokkan dalam senyawa anorganik dan organik. Bagaimana cara pemberian nama senyawa kimia tersebut?

1. Tata Nama Senyawa Anorganik

Senyawa-senyawa anorganik dapat berupa senyawa ion atau senyawa kovalen. Rumus senyawa ini ada yang biner yaitu terdiri dari dua jenis atom dan poliatom yaitu terdiri lebih dari dua jenis atom. Bagaimana cara memberi nama senyawa-senyawa tersebut?

a. Tata Nama Senyawa Ion

Senyawa-senyawa anorganik pada umumnya merupakan senyawa ion, terbentuk dari kation dan anion. Untuk memahami tata nama senyawa ion, kamu harus mengenal dulu nama-nama kation dan anion. Perhatikan Tabel 3.5 dan 3.6.

Tabel 3.5 Nama-nama kation

Kation +1		+2		+3		+4	
Nama	Lambang	Nama	Lambang	Nama	Lambang	Nama	Lambang
Litium	Li ⁺	Magnesium	Mg ²⁺	Aluminium	Al ³⁺	Timah(IV)	Sn ⁴⁺
Natrium	Na ⁺	Kalsium	Ca ²⁺	Kromium	Cr ³⁺	Timbal(IV)	Pb ⁴⁺
Kalium	K ⁺	Barium	Ba ²⁺	Besi(III)	Fe ³⁺		
Sesium	Cs ⁺	Seng	Zn ²⁺				
Perak	Ag ⁺	Nikel	Ni ²⁺				
Amonium	NH ₄ ⁺	Besi(II)	Fe ²⁺				
Tembaga(I)	Cu ⁺	Tembaga(II)	Cu ²⁺				

Sumber: Ebbing, *General Chemistry*

Tabel 3.6 Nama-nama anion

Anion -1		-2		-3		-4	
Nama	Lambang	Nama	Lambang	Nama	Lambang	Nama	Lambang
Fluorida	F ⁻	Oksida	O ²⁻	Nitrida	N ³⁻	Karbida	C ⁴⁻
Klorida	Cl ⁻	Sulfida	S ²⁻	Fosfida	P ³⁻		
Bromida	Br ⁻	Sulfat	SO ₄ ²⁻	Fosfat	PO ₄ ³⁻		
Iodida	I ⁻	Sulfit	SO ₃ ²⁻	Fosfit	PO ₃ ³⁻		
Nitrit	NO ₂ ⁻	Karbonat	CO ₃ ²⁻				
Nitrat	NO ₃ ⁻	Dikromat	Cr ₂ O ₇ ²⁻				
Sianida	CN ⁻	Kromat	CrO ₄ ²⁻				

Sumber: Ebbing, General Chemistry

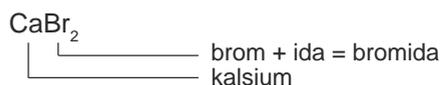
Pemberian nama senyawa yang berikatan ion diawali dengan menuliskan nama ion positif kemudian nama ion negatifnya, misalnya KI memiliki nama kalium iodida karena berasal dari ion K⁺ dan ion I⁻.

Pemberian nama senyawa ion yang biner dan poliatom berbeda. Begitu juga nama senyawa hidrat, senyawa asam, dan senyawa basa. Berikut ini dijelaskan cara pemberian nama pada senyawa-senyawa tersebut.

1) Tata Nama Senyawa Biner

Pada senyawa ion yang termasuk biner, senyawa dibentuk dari ion logam (kation) dan nonlogam (anion). Pemberian nama senyawa biner dimulai dengan nama logam kemudian nama nonlogam dengan diberi akhiran *-ida*.

Contoh:



Nama senyawa CaBr₂ menjadi kalsium bromida

Berikut ini contoh pemberian nama beberapa senyawa biner.

NaCl	= natrium klorida	CaS	= kalsium sulfida
NaBr	= natrium bromida	CaO	= kalsium oksida
KI	= kalium iodida	MgBr ₂	= magnesium bromida
KF	= kalium fluorida	BaCl ₂	= barium klorida

Beberapa logam seperti unsur transisi mempunyai lebih dari satu macam ion misalnya Fe²⁺ dan Fe³⁺. Senyawanya dengan Cl⁻ membentuk FeCl₂ dan FeCl₃. Pemberian nama untuk senyawa tersebut mengikuti aturan sebagai berikut.

- Ion logam yang muatannya lebih tinggi diberi akhiran *-i* di belakang nama logam itu dalam bahasa latin, sedangkan yang muatannya lebih rendah diberi akhiran *-o*.

- Di belakang nama logam (dalam bahasa Indonesia) dituliskan muatan ion dalam kurung dengan tulisan Romawi dilanjutkan dengan nama nonlogam diberi akhiran *-ida*.

Contoh:

FeCl_2 dan FeCl_3 diberi nama sebagai berikut.

FeCl_2 diberi nama Ferro klorida atau besi(II) klorida

FeCl_3 diberi nama Ferri klorida atau besi(III) klorida

Latihan 3.4

Salin tabel berikut dan lengkapi!

Rumus Senyawa	Kation	Anion	Nama Senyawa
NaCl	Na^+ = natrium	Cl^- = klorida	Natrium klorida
Na_2O
CaCl_2
FeS
MgO

2) Tata Nama Senyawa Poliatom

Pada senyawa ion salah satu ion atau kedua ion dapat merupakan ion poliatom. Ion poliatom biasanya terdiri dari dua unsur yang bergabung dan mempunyai muatan, seperti CO_3^{2-} dan SO_4^{2-} .

Untuk anion sejenis tetapi jumlah oksigennya berbeda, aturan tata namanya yaitu:

- jika mengandung oksigen lebih banyak namanya diberi akhiran *-at*
- jika mengandung oksigen lebih sedikit namanya diberi akhiran *-it*

Contoh:

NO_3^- = nitrat

NO_2^- = nitrit

SO_4^{2-} = sulfat

SO_3^{2-} = sulfit

PO_4^{2-} = fosfat

PO_3^{2-} = fosfit

Pemberian nama senyawa poliatom diawali dengan menyebutkan nama kation kemudian nama anionnya.

Contoh:

NaNO_2 = natrium nitrit

CaSO_4 = kalsium sulfat

NaNO_3 = natrium nitrat

MgCO_3 = magnesium karbonat

K_2SO_3 = kalium sulfit

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ = barium nitrat

K_2SO_4 = kalium sulfat

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = aluminium sulfat

Unsur halogen, misalnya klor dapat membentuk ion yang mengandung oksigen dengan jumlah sampai 4. Cara pemberian namanya yaitu, untuk ion yang mengikat oksigen paling sedikit diberi awalan *hipo* dan akhiran *-it*, sedangkan yang mengikat oksigen paling banyak diberi awalan *per* dan akhiran *-at*.

Contoh:

- NaClO = natrium hipoklorit
- NaClO₂ = natrium klorit
- NaClO₃ = natrium klorat
- NaClO₄ = natrium perklorat

Latihan 3.5

Salin tabel dan beri nama senyawa-senyawa berikut dengan melengkapi kolom-kolom pada tabel!

Rumus Senyawa	Ion Positif	Ion Negatif	Nama Senyawa
K ₂ SO ₄	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Kalium sulfat
Na ₂ SO ₄
CaCO ₃
Sr(NO ₃) ₂
BaSO ₃
KClO ₄
Al ₂ (SO ₃) ₃

3) Tata Nama Senyawa Hidrat

Senyawa-senyawa tertentu ada yang dapat mengikat molekul air (hidrat), misalnya MgSO₄·7H₂O.

Pemberian nama senyawa hidrat yaitu menyebutkan nama senyawa diikuti dengan jumlah hidrat yang ditulis dengan sistematika nomor Romawi lalu kata *hidrat*.

- Sistematika nomor Romawi untuk
- | | |
|-----------|-----------|
| 1 = mono | 6 = heksa |
| 2 = di | 7 = hepta |
| 3 = tri | 8 = okta |
| 4 = tetra | 9 = nona |
| 5 = penta | 10 = deka |

MgSO₄·7H₂O mengikat 7 hidrat maka namanya yaitu *magnesium sulfat heptahidrat*. Nama senyawa hidrat untuk senyawa yang lain dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Beberapa nama senyawa hidrat

Rumus Senyawa	Nama Senyawa
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Natrium karbonat dekahidrat
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Tembaga(II) sulfat pentahidrat
$\text{BaCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Barium klorida oktahidrat
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Kalsium sulfat dihidrat
$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Barium hidroksida oktahidrat

4) **Tata Nama Senyawa Asam dan Basa**

Senyawa asam akan dibahas pada bab larutan elektrolit tetapi tata nama asam dapat dipelajari berikut ini. Asam merupakan senyawa yang mengandung kation H^+ dan suatu anion. Nama senyawa asam biasanya dengan memberi awalan asam dan diakhiri dengan nama anion.

Asam terdiri dari asam biner dan asam poliatom atau asam oksida. Asam biner terdiri dari dua jenis atom. Pemberian namanya yaitu dengan menuliskan kata asam yang diikuti dengan nama anionnya.

Contoh:

HCl = asam klorida
 HF = asam fluorida
 HBr = asam bromida
 H_2S = asam sulfida
 HI = asam iodida

Asam oksida yaitu asam yang mengandung oksigen. Pemberian namanya yaitu dengan menuliskan kata asam diakhiri nama ionnya.

Contoh:

H_2SO_4 = asam sulfat
 H_3PO_4 = asam fosfat
 HNO_3 = asam nitrat
 HNO_2 = asam nitrit

Senyawa basa dibentuk oleh ion logam sebagai kation dan ion OH^- atau ion hidroksida sebagai anion.

Penamaan senyawa basa yaitu dengan menuliskan nama logam di depan kata hidroksida.

Contoh:

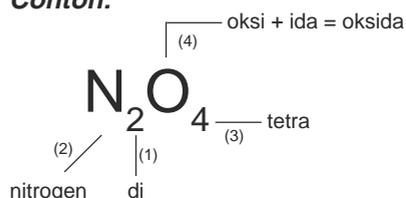
NaOH = natrium hidroksida
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ = kalsium hidroksida
 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ = besi(III) hidroksida
 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ = tembaga(II) hidroksida

b. Tata Nama Senyawa Kovalen

Senyawa kovalen biner dibentuk dari dua unsur nonlogam, contohnya amoniak NH_3 , metana CH_4 , dan air H_2O . Nama senyawa tersebut adalah nama yang dikenal sehari-hari.

Bagaimana tata nama senyawa kovalen secara sistematis? Tata nama senyawa kovalen yaitu dengan menuliskan jumlah unsur pertama, nama unsur, jumlah unsur kedua, dan nama unsur kedua diikuti akhiran *ida*.

Contoh:



N_2O_4 diberi nama dinitrogen tetraoksida

Pada senyawa kovalen yang jumlah unsur pertamanya satu, awalan mono tidak dicantumkan. Contohnya PCl_5 diberi nama fosfor pentaklorida bukan monofosfor pentaklorida.

Beberapa nama senyawa kovalen biner dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Beberapa nama senyawa kovalen biner

Rumus Senyawa		Nama Senyawa	
CO	karbon monoksida	P_2O_3	difosfor trioksida
CO_2	karbon dioksida	P_2O_5	difosfor pentaoksida
SO_3	belerang trioksida	N_2O_5	dinitrogen pentaoksida
Cl_2O_7	dikloro heptaoksida	SF_4	sulfur tetrafluorida
S_2Cl_2	disulfur diklorida	PCl_3	fosfor triklorida

Sumber: Ebbing, General Chemistry

2. Tata Nama Senyawa Organik

Senyawa organik ada yang sederhana dan ada yang kompleks. Senyawa organik yang sederhana hanya terdiri dari atom C dengan H, yang kompleks bisa mengandung C, H, O, N dengan rantai yang bercabang atau melingkar.

Berikut ini contoh tata nama senyawa hidrokarbon golongan alkana dan alkena. Nama senyawa golongan alkana semuanya diberi akhiran *-ana*. Golongan alkena diberi akhiran *-ena*. Contoh penamaan senyawa alkana dan alkena dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Nama alkana dan alkena

Alkana		Alkena	
Rumus	Nama	Rumus	Nama
CH_4	Metana		
C_2H_6	Etana	C_2H_4	Etena
C_3H_8	Propana	C_3H_6	Propena
C_4H_{10}	Butana	C_4H_8	Butena
C_5H_{12}	Pentana	C_5H_{10}	Pentena
C_6H_{14}	Heksana	C_6H_{12}	Heksena
C_7H_{16}	Heptana	C_7H_{14}	Heptena
C_8H_{18}	Oktana	C_8H_{16}	Oktena
C_9H_{20}	Nonana	C_9H_{18}	Nonena
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Dekana	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}$	Dekena

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Beberapa nama senyawa organik yang banyak digunakan sehari-hari dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Beberapa nama senyawa organik

Rumus	Nama	Rumus	Nama
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Glukosa	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	Eter
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Etanol (alkohol)	CHCl_3	Kloroform
CH_3COOH	Asetat (cuka)	C_6H_6	Benzena
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	Sukrosa	CH_2O	Formalin

Latihan 3.6

- Salin dan lengkapi tabel berikut!

Nama Senyawa Ion	Kation	Anion	Rumus Senyawa
Perak klorida
...	K_2S
...	FeCl_3
Aluminium sulfat
...	$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$
...	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

2. Tuliskan rumus kimia senyawa berikut.
- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| a. Karbon monoksida | g. Timbal(II) hidroksida |
| b. Dinitrogen tetraoksida | h. Besi(II) sulfat |
| c. Difosfor trioksida | i. Tembaga(II) sulfat pentahidrat |
| d. Asam sulfida | j. Natrium karbonat dekahidrat |
| e. Asam fosfit | k. Etanol |
| f. Kalium sianida | l. Metana |

C. Persamaan Reaksi

Kalian tentu sudah mengenal *perubahan fisika* dan *perubahan kimia*. Perubahan fisika yaitu perubahan yang tidak menghasilkan zat baru sedangkan perubahan kimia menghasilkan zat baru. Perubahan kimia disebut juga *reaksi kimia* atau *reaksi* saja. Contoh perubahan kimia yang dapat diamati di lingkungan kita yaitu kayu dibakar menjadi arang dan besi berkarat.

Kedua reaksi tersebut dapat dilihat karena adanya perubahan dari warna zat mula-mula. Selain perubahan warna, ada gejala lain yang menunjukkan terjadinya reaksi kimia, yaitu *perubahan wujud*, *suhu*, adanya *gas*, atau terbentuknya endapan.

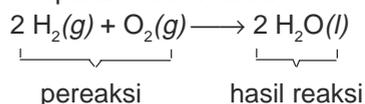
Reaksi kimia dapat dituliskan dalam bentuk persamaan reaksi yang menyatakan *rumus zat sebelum reaksi* dan *zat sesudah reaksi*. Pada reaksi kimia tidak terjadi perubahan massa maka pada penulisan persamaan reaksi harus mengikuti aturan-aturan tertentu.

Untuk mempelajari persamaan reaksi akan dibahas dulu tentang terjadinya reaksi kimia, macam-macam reaksi kimia, dan penyetaraan reaksi.

1. Reaksi Kimia

Reaksi terjadi kalau ikatan-ikatan antara atom-atom pada suatu senyawa yang bereaksi putus dan berikatan lagi membentuk senyawa baru. Ikatan-ikatan antar atom kadang-kadang kuat, untuk memutuskannya diperlukan energi.

Zat-zat sebelum bereaksi disebut *pereaksi* atau *reaktan*, sedangkan zat yang terbentuk disebut *produk* atau *hasil reaksi*. Contohnya pada pembentukan air dari gas H_2 dan O_2 , gas hidrogen dan gas oksigen merupakan *pereaksi*, sedangkan air merupakan *hasil reaksi*.



Catatan:

Tanda panah menunjukkan menghasilkan

Simbol fasa zat

s = padat

l = cair

g = gas

aq = larutan

Pernahkah kamu melihat batu kapur yang dimasukkan ke dalam air? Campuran tersebut akan kelihatan seperti mendidih dan suhu menjadi panas. Peristiwa tersebut terjadi karena batu kapur yang mempunyai rumus CaO bereaksi dengan air menghasilkan Ca(OH)_2 .

Terjadinya reaksi dapat diamati melalui gejala-gejala yang ditimbulkannya. Gejala-gejala apa saja yang timbul akibat terjadinya suatu reaksi kimia? Untuk mengetahui gejala-gejala terjadinya reaksi kimia lakukan Kegiatan 3.1.

KEGIATAN 3.1 Eksperimen

Reaksi Kimia

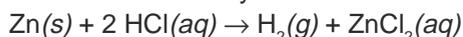
Untuk mengetahui gejala-gejala terjadinya reaksi kimia, reaksikan zat-zat berikut di dalam tabung reaksi. Lakukan secara berkelompok.

- Logam seng dengan 2 mL larutan asam klorida.
- Dua mL larutan $\text{Pb(NO}_3)_2$ dengan 2 mL larutan K_2CrO_4 .
- Dua mL larutan FeCl_3 dengan 1 mL larutan KSCN .
- Satu gram NaOH dengan larutan asam klorida 1M.

Amati perubahan yang terjadi pada keempat tabung reaksi tersebut. Gejala-gejala apa yang terjadi? Diskusikan.

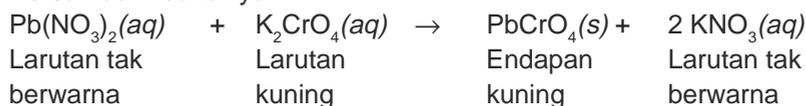
Pada saat seng direaksikan dengan asam klorida akan terlihat ada gas. Reaksi seng dengan asam klorida adalah *reaksi yang menghasilkan gas*.

Persamaan reaksinya:



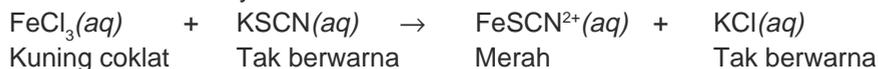
$\text{Pb(NO}_3)_2$ direaksikan dengan K_2CrO_4 terbentuk endapan kuning. Reaksi ini merupakan *reaksi yang menghasilkan endapan*.

Persamaan reaksinya:



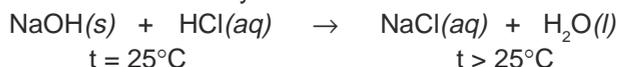
FeCl_3 yang berwarna kuning coklat direaksikan dengan KSCN yang tidak berwarna menghasilkan zat yang warnanya berbeda. Reaksi ini merupakan *reaksi yang mengakibatkan perubahan warna*.

Persamaan reaksinya:



Jika NaOH direaksikan dengan asam klorida akan mengakibatkan suhunya menjadi lebih panas. Reaksi ini merupakan *reaksi yang mengakibatkan perubahan suhu*.

Persamaan reaksinya:



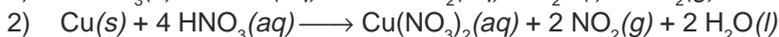
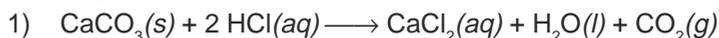
Dari percobaan di atas dapat disimpulkan:

Terjadinya reaksi kimia dapat dikenali dari gejala yang timbul yaitu terbentuknya gas, endapan, perubahan warna, dan perubahan suhu.

Contoh lain reaksi-reaksi kimia yaitu sebagai berikut.

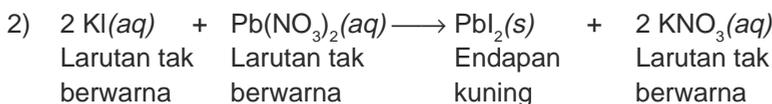
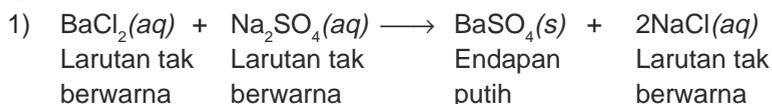
a. Reaksi yang menghasilkan gas

Contoh:



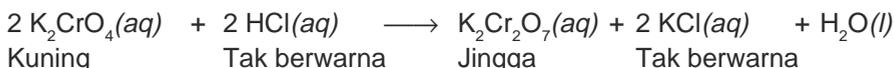
b. Reaksi pembentukan endapan

Contoh:



c. Reaksi yang mengakibatkan perubahan warna

Contoh:



d. Reaksi yang mengakibatkan perubahan suhu

Contoh:



Apakah di dalam tubuh kita terjadi reaksi? Dalam tubuh kita terjadi reaksi jika kita makan dan bernapas. Makanan dan oksigen akan bereaksi menghasilkan air dan CO_2 . Reaksi juga terjadi pada saat kita membuat kue. Pada saat membuat kue, mentega, gula, telur, air, dan soda kue dicampurkan. Soda kue bereaksi dengan bahan-bahan lain atau terurai karena pemanasan membentuk gas CO_2 , sehingga di dalam kue akan ada rongga-rongga kecil yang berisi gas CO_2 . Reaksi kimia juga sangat diperlukan pada pembentukan bahan-bahan sintetis seperti plastik, obat, dan kain.

Terjadinya reaksi tidak saja akibat adanya zat yang mudah bereaksi, tetapi bisa juga diakibatkan adanya pengaruh cahaya, pemanasan, mikroorganisme, atau enzim. Untuk mencegah terjadinya reaksi-reaksi yang tidak diinginkan seperti pembusukan dan perkaratan maka diusahakan berbagai cara untuk menghambat pengaruh-pengaruh itu.

Beberapa cara untuk mencegah terjadinya reaksi yang tidak diinginkan, yaitu sebagai berikut.

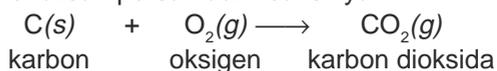
- Melindungi benda dari besi dengan dicat.
- Menyimpan obat-obatan di tempat sejuk.
- Menyimpan makanan di dalam kulkas.
- Menambahkan zat pengawet.
- Melakukan iradiasi pada buah-buahan.

2. Penyetaraan Persamaan Reaksi

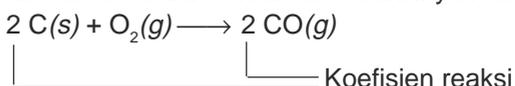
Pada reaksi kimia terjadi perubahan dari pereaksi menjadi hasil reaksi. Atom-atom yang terdapat pada pereaksi tidak berubah baik jenis maupun jumlahnya tetapi ikatan-ikatan antara atom-atomnya mengalami perubahan. Oleh karena itu pada reaksi kimia tidak terjadi perubahan massa, sesuai dengan hukum kekekalan massa.

Penulisan reaksi dengan menyatakan lambang unsur atau rumus kimia senyawa yang terlibat dalam reaksi disebut *persamaan reaksi*, contohnya reaksi antara karbon dengan gas oksigen menghasilkan karbon dioksida.

Penulisan persamaan reaksinya:



Pada reaksi tersebut jumlah atom di sebelah kiri tanda panah sudah sama dengan jumlah atom di sebelah kanan, sehingga dikatakan reaksi sudah *setara*. Bagaimana kalau pada persamaan reaksi jumlah atom-atom di kiri dan di kanan belum sama? Misalnya reaksi $\text{C}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}(g)$. Agar jumlah atom di kiri dan kanan sama maka persamaan reaksi harus disetarakan dengan menambahkan koefisien reaksi. Persamaan reaksinya menjadi:



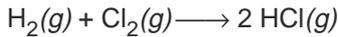
Koefisien reaksi menunjukkan jumlah atom dalam rumus yang ada di belakangnya. Pada reaksi ini jumlah atom C dan O pada hasil reaksi masing-masing menjadi 2. Bagaimana langkah-langkah untuk menyetarakan persamaan reaksi? Perhatikan contoh berikut.

Contoh Soal

- Setarakan persamaan reaksi : $\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \longrightarrow \text{HCl}(g)$
 Dari reaksi tersebut, hitung dulu jumlah atom di ruas kiri atau pereaksi dan ruas kanan atau hasil reaksi.

Atom	Jumlah di ruas kiri	Jumlah di ruas kanan
H	2	1
Cl	2	1

Untuk menyamakan H dan Cl menjadi 2, tulis koefisien 2 di depan HCl.



Hitung lagi jumlah H dan Cl di ruas kiri dan kanan.

Di ruas kiri atom H ada 2 dan di kanan ada 2.

Di ruas kiri atom Cl ada 2 dan di kanan ada 2.

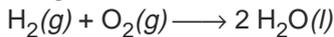
Sekarang persamaan reaksi sudah setara, yaitu jumlah atom H dan Cl di ruas kiri sama dengan di ruas kanan.

- b. Setarakan persamaan reaksi: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

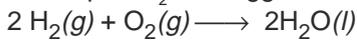
Hitung jumlah atom di ruas kiri dan kanan.

Atom	Jumlah di ruas kiri	Jumlah di ruas kanan
H	2	2
O	2	1

Jumlah atom yang belum sama, yaitu O di ruas kanan. Kalikan ruas kanan dengan 2, tuliskan koefisien 2 di depan H_2O , sehingga reaksinya menjadi:



Selanjutnya hitung lagi jumlah atom di ruas kiri dan kanan, ternyata jumlah atom H belum sama. Untuk menyamakan atom H menjadi 4, tulis koefisien 2 di depan H_2 , sehingga reaksi menjadi:

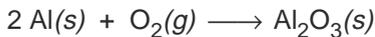


- c. Setarakan persamaan reaksi : $\text{Al}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$

Hitung jumlah atom di ruas kiri dan kanan.

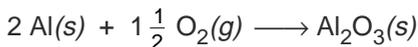
Atom	Jumlah di ruas kiri	Jumlah di ruas kanan
Al	1	2
O	2	3

Samakan dulu jumlah salah satu atomnya, misalnya Al dijadikan 2, sehingga reaksinya menjadi:

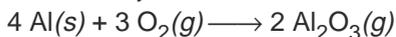


Langkah selanjutnya hitung lagi jumlah atom di ruas kiri dan kanan, ternyata jumlah atom O belum sama. Untuk menyamakan atom O menjadi 3, tulis

koefisien $1\frac{1}{2}$ di depan O_2 , sehingga reaksi menjadi:



Angka koefisien harus bulat dan sederhana, maka angka pecahan harus dibulatkan dengan mengalikan seluruh koefisien dengan angka dua sehingga reaksi menjadi:



Setelah mengerti cara penyetaraan reaksi, menyetarakan reaksi tidak perlu lagi dalam beberapa langkah tetapi langsung disetarakan dalam satu reaksi.

Latihan 3.7

Setarakan persamaan reaksi berikut dan tuliskan nama zat-zat pereaksi serta hasil reaksinya!

1. $\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{NH}_3(g)$
2. $\text{Fe}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(s)$
3. $\text{KClO}_3(s) \longrightarrow \text{KCl}(s) + \text{O}_2(g)$
4. $\text{C}_4\text{H}_{10}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$
5. $\text{Cu}_2\text{S}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{Cu}_2\text{O}(s) + \text{SO}_2(g)$
6. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(aq) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$

Rangkuman

1. Rumus kimia dapat berupa rumus kimia dan rumus empiris. Rumus kimia dibedakan menjadi rumus kimia senyawa ion dan senyawa kovalen.
2. Tata nama senyawa ion diawali dengan menuliskan nama ion positif kemudian nama ion negatif. Pada senyawa biner dimulai dengan nama logam kemudian nama nonlogam dengan diberi akhiran *-ida*. Pada ion poliatom, ion yang memiliki oksigen lebih banyak nama ion diberi akhiran *-it*, yang lebih sedikit diberi akhiran *-at*.
3. Tata nama senyawa kovalen diawali dengan menuliskan jumlah unsur pertama, nama unsur, jumlah unsur kedua, dan nama unsur kedua dengan akhiran *-ida*. Jumlah unsur ditulis dalam bahasa latin.
4. Tata nama senyawa organik disesuaikan dengan nama golongannya.
5. Gejala-gejala yang menyertai reaksi kimia adalah terjadinya endapan, gas, perubahan warna, dan suhu.
6. Reaksi kimia dapat dituliskan dalam suatu persamaan reaksi yang menyatakan zat-zat pereaksi, hasil reaksi, koefisien reaksi dan fasa zat pada reaksi.
7. Pada reaksi kimia tidak terjadi perubahan massa maka jumlah atom-atom sebelum reaksi dengan hasil reaksi harus disamakan dulu dengan cara penyetaraan reaksi.

Kata Kunci

- Rumus kimia
- Rumus molekul
- Rumus empiris
- Tata nama senyawa
- Senyawa anorganik
- Senyawa organik
- Senyawa ion
- Senyawa kovalen
- Senyawa poliatom
- Senyawa biner
- Reaksi kimia
- Persamaan reaksi
- Senyawa hidrat
- Koefisien
- Pereaksi
- Hasil reaksi

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Rumus kimia untuk seng dan besi berturut-turut adalah
 - Sn dan Be
 - Sn dan Fe
 - Zn dan Fe
 - Zn dan Be
 - Se dan Be
- Berikut ini nama unsur dan rumus kimianya.
 - Natrium (Na)
 - Oksigen (O₂)
 - Emas (Au)
 - Klorin (Cl₂)
 - Timbal (Pb)
 - Fosfor (P₄)Urutan penulisan rumus kimia yang benar adalah
 - (1), (2), dan (4)
 - (1), (3), dan (4)
 - (1), (3), dan (5)
 - (1), (2), dan (6)
 - (1), (4), dan (5)
- Pasangan senyawa berikut yang keduanya rumus empiris adalah
 - N₂O dan C₂H₅OH
 - NH₃ dan CH₃COOH
 - Al₂O₂ dan C₄H₁₀
 - C₆H₁₂O₆ dan BaCl₂
 - H₂O₂ dan C₂H₂
- Di antara rumus-rumus berikut yang merupakan rumus molekul dan rumus empiris dari asam asetat adalah

Rumus molekul	Rumus empiris
A. C ₂ H ₄ O	C ₂ H ₄ O
B. C ₂ H ₄ O ₂	CH ₂ O
C. C ₂ H ₄ O ₂	C ₂ H ₄ O ₂
D. C ₂ H ₆ O	C ₂ H ₅ O
E. C ₂ H ₅ O	CH ₂ O
- Jumlah atom nitrogen terbanyak dalam senyawa
 - KNO₃
 - CO(NH₂)₂
 - N₂O₅
 - Fe(NO₃)₃
 - Ca(NO₂)₂

15. Pada reaksi: $x \text{C}_2\text{H}_6(g) + y \text{O}_2(g) \rightarrow z \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
x, y, dan z berturut-turut yang benar adalah
- A. 1, 7, 2
B. 2, 7, 4
C. 2, 7, 2
D. 4, 7, 2
E. 4, 7, 4

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan jelas dan singkat.

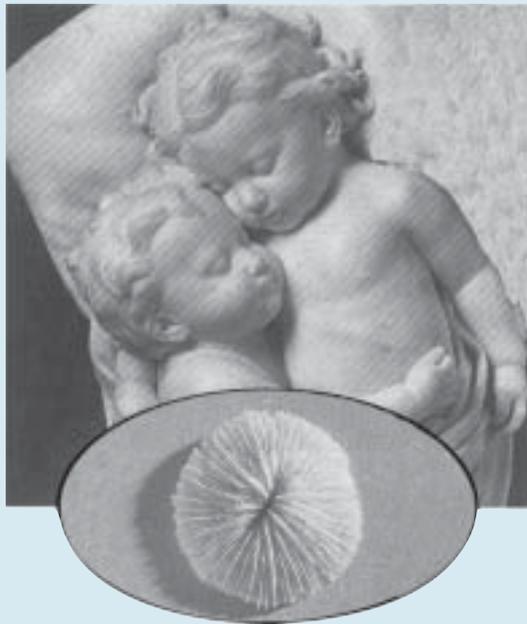
- Tuliskan rumus kimia dari unsur-unsur dan senyawa-senyawa berikut.
 - tembaga
 - fosfor
 - dinitrogen tetraoksida
 - kalium sulfat
- Tuliskan nama senyawa berikut.
 - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
 - CCl_4
 - H_2SO_4
 - $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
- Diketahui beberapa macam senyawa dengan rumus kimia sebagai berikut.
 C_2H_6 , CH_3COOH , $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, Al_2Cl_6 , $\text{COC}(\text{NH}_2)_2$
 - Tentukan kelompok senyawa yang merupakan rumus empiris.
 - Tentukan rumus empiris dari kelompok senyawa yang bukan merupakan rumus empiris.
- Tulis persamaan reaksi jika,
 - kalsium bereaksi dengan air menghasilkan gas hidrogen dan larutan kalsium hidroksida;
 - gas hidrogen bereaksi dengan tembaga(II) oksida menghasilkan tembaga dan uap air;
 - aluminium oksida bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan aluminium sulfat dan air;
 - gas butana dibakar menghasilkan uap air dan gas karbon dioksida.
- Selesaikan persamaan reaksi berikut.
 - $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{SO}_3(g)$
 - $\text{Na}_2\text{O}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{NaOH}(aq)$
 - $\text{C}_6\text{H}_{14}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
 - $\text{P}_4\text{O}_6(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_3(aq)$
 - $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(s) + \text{KOH}(aq) \longrightarrow \text{K}_2\text{CO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{NH}_3(g)$
 - $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4(aq) + \text{Ba}(\text{OH})_2(aq) \longrightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2(s) + \text{NH}_3(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$

Tugas

Di rumah banyak digunakan bahan yang mengandung zat kimia, misalnya pembersih, pewangi, pemutih, pengharum, dan pembasmi serangga. Amati bahan aktif yang tertera pada label kemasannya, tulis nama dan rumus kimianya kalau ada, buat laporan singkat.

Bab IV

Hukum Dasar Kimia



Sumber: Silberberg, Chemistry :The Molecular Nature of Matter and Change

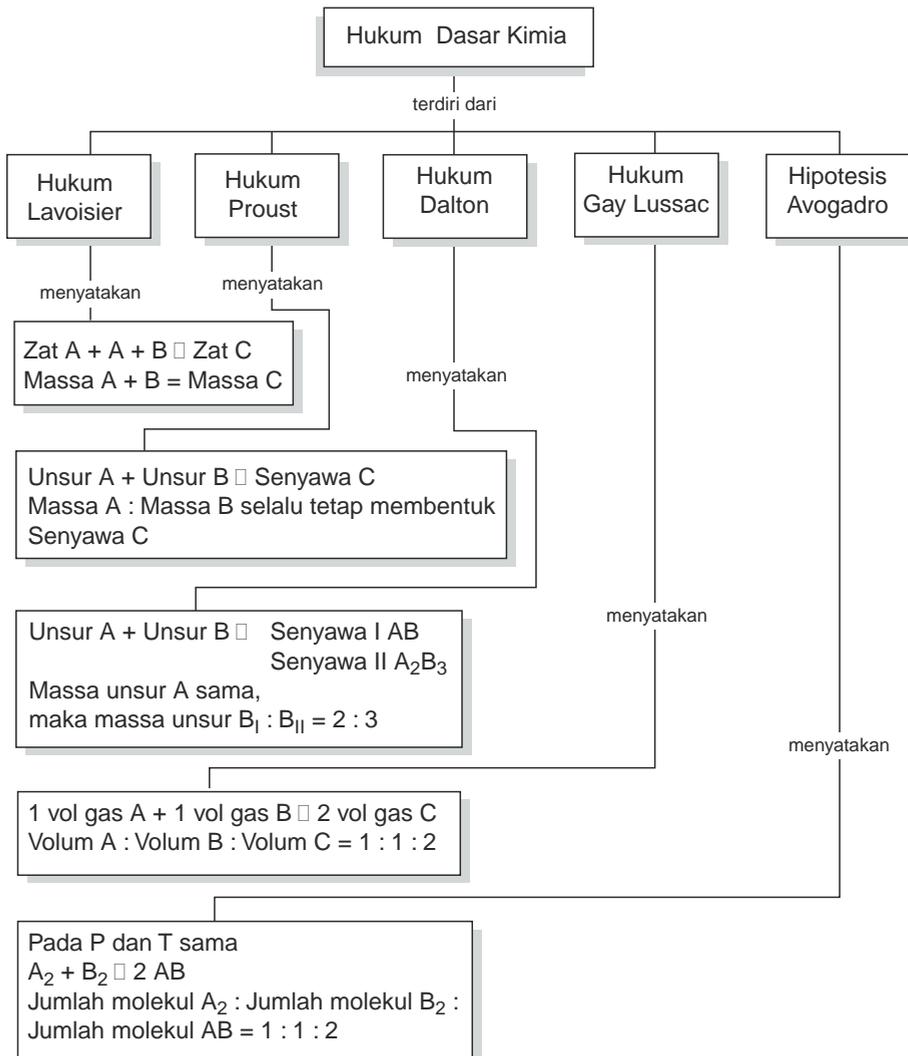
Kalsium karbonat ditemukan pada beberapa bentuk seperti pualam, batu koral, dan kapur. Persen massa unsur-unsur pembentuknya tidak berubah walaupun sumbernya berbeda. Hal ini sesuai dengan Hukum Perbandingan Tetap.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. membuktikan berlakunya Hukum Kekekalan Massa melalui percobaan,
2. membuktikan berlakunya Hukum Perbandingan Tetap dari data-data percobaan,
3. menjelaskan Hukum Kelipatan Perbandingan, Hukum Perbandingan Volum, dan Hipotesis Avogadro.

PETA KONSEP



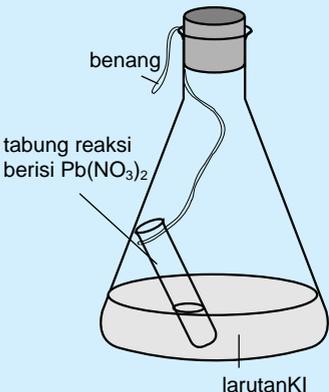
Pada awal abad ke-18 para ilmuwan telah melakukan percobaan-percobaan yang mempelajari secara kuantitatif susunan zat dari beberapa reaksi kimia. Mereka menemukan adanya keteraturan-keteraturan yang dinyatakan sebagai hukum-hukum dasar kimia. Hukum dasar kimia yang akan dibahas di sini adalah Hukum Kekekalan Massa (Lavoisier), Hukum Perbandingan Tetap (Proust), Hukum Kelipatan Perbandingan (Dalton), Hukum Perbandingan Volum (Gay Lussac), dan Hipotesis Avogadro.

A. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)

Suatu reaksi terjadi karena adanya pemutusan ikatan-ikatan pada zat-zat pereaksi dan selanjutnya terjadi pembentukan ikatan lagi pada zat hasil reaksi. Bagaimana dengan massa zat-zat pada reaksi itu? Penelitian tentang massa zat-zat pada reaksi telah dicoba sejak dulu. Penelitian ini dapat dilakukan juga olehmu yaitu dengan cara melakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 4.1 Observasi

Hukum Kekekalan Massa



1. Sediakan larutan KI pada labu erlenmeyer besar dan $Pb(NO_3)_2$ pada tabung reaksi kecil yang diikat dengan benang.
2. Masukkan tabung reaksi berisi larutan $Pb(NO_3)_2$ dengan hati-hati ke dalam labu seperti pada gambar (Hati-hati kedua larutan jangan tercampur).
3. Sumbat labu kemudian timbang.
4. Miringkan tabung reaksi sampai kedua larutan bereaksi.
5. Timbang kembali seluruh alat dan hasil reaksi tersebut.

Dari kegiatan tersebut didapat data percobaan seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data percobaan massa zat sebelum dan sesudah reaksi

No. Percobaan	Massa sebelum reaksi $Pb(NO_3)_2 + KI$ (gram)	Massa sesudah reaksi PbI_2 dan KNO_3 (gram)
1.	3,315	3,315
2.	4,970	4,970
3.	6,630	6,630

Berdasarkan percobaan tersebut dapat diketahui massa zat sebelum dan sesudah reaksi tidak ada perubahan.

Percobaan-percobaan ini telah dilakukan ahli kimia sejak zaman dulu. Sampai pertengahan abad ke-18 para ahli kimia masih menduga bahwa sebagian massa zat ada yang hilang setelah terjadinya reaksi kimia, seperti pembakaran kayu akan menghasilkan abu yang rapuh dan ringan dibandingkan dengan kayu yang dibakar sebelumnya. Mereka menduga bahwa sesuatu telah menghilang pada saat pembakaran. "Sesuatu" itu disebut "flogiston". Teori flogiston itu hilang setelah Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794) seorang ilmuwan Perancis menerbitkan bukunya berjudul *Traite Elementaire de Chemie*.

Dalam buku itu, Lavoisier mengemukakan bahwa jika suatu reaksi kimia dilakukan dalam tempat tertutup, sehingga tidak ada hasil reaksi yang keluar dari tempat tersebut, ternyata *massa zat* sebelum reaksi dan sesudah reaksi adalah tetap. Inilah yang disebut sebagai *Hukum Kekekalan Massa*. Hukum Kekekalan Massa, berbunyi:

Dalam setiap reaksi kimia, jumlah massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.

Latihan 4.1

Berikut ini tabel reaksi antara tembaga dan belerang (sulfur) yang menghasilkan tembaga(II) sulfida berdasarkan Hukum Kekekalan Massa. Salin tabel, lengkapi, dan tulis persamaan reaksinya.

No.	Massa sebelum reaksi		Massa sesudah reaksi Tembaga(II) sulfida (gram)
	Tembaga (gram)	Belerang (gram)	
1.	0,24	....	0,36
2.	0,30	0,15	....
3.	....	0,20	0,60
4.	0,60	0,40	....

B. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust)

Garam dapur atau natrium klorida merupakan suatu senyawa yang sangat berguna untuk kesehatan tubuh kita, juga membuat makanan menjadi enak rasanya. Unsur-unsur pembentuk natrium klorida yaitu logam natrium dan gas klor yang masing-masing memiliki sifat yang berbeda.

Logam natrium apabila direaksikan dengan air dapat meledak. Gas klor dalam jumlah yang cukup apabila terisap pada saat bernapas dapat menimbulkan iritasi pada selaput lendir hidung.

Jadi, suatu senyawa merupakan zat baru yang sifatnya berbeda dengan unsur-unsur pembentuknya. Bagaimanakah perbandingan massa unsur-unsur pembentuk senyawa? Untuk mempelajarinya, lakukan kegiatan berikut!

KEGIATAN 4.2 Interpretasi Data

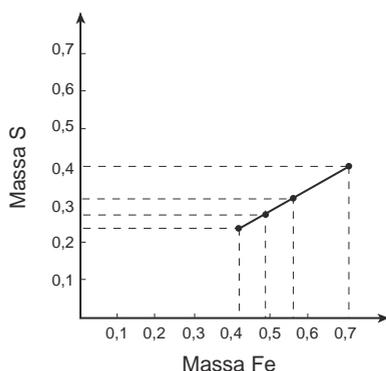
Hukum Perbandingan Tetap

Perhatikan data massa besi dan belerang pada senyawanya yaitu besi belerang atau besi sulfida berikut ini.

No.	Massa Senyawa FeS (gram)	Massa Logam Fe (gram)	Massa S (gram)
1.	0,66	0,42	0,24
2.	0,77	0,49	0,28
3.	0,88	0,56	0,32
4.	1,11	0,71	0,40

1. Tentukan perbandingan antara massa Fe dan S pada masing-masing percobaan!
2. Bagaimana perbandingan Fe dan S pada senyawa FeS?

Berdasarkan data di atas, ternyata perbandingan massa besi dan belerang pada senyawa besi belerang tetap yaitu 7 : 4. Kalau data tersebut dibuat grafik, akan terlihat seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1
Grafik antara massa Fe dengan massa S

Hukum Perbandingan Tetap berbunyi:

Perbandingan massa unsur-unsur penyusun suatu senyawa selalu tetap.

Grafik yang didapat berupa garis linier, berarti perbandingan massa Fe dan S pada FeS adalah tetap.

Joseph Louis Proust (1754 – 1826) adalah ilmuwan yang pertama menemukan fakta tentang perbandingan massa dari unsur-unsur dalam senyawa dengan melakukan percobaan-percobaan yang kemudian dikenal sebagai *Hukum Perbandingan Tetap*.

Latihan 4.2

Logam natrium jika direaksikan dengan gas oksigen akan dihasilkan natrium oksida. Data beberapa percobaannya adalah sebagai berikut.

Sampel	Massa senyawa (gram)	Massa natrium (gram)	Massa oksigen (gram)
A	1,020	0,757	0,263
B	1,548	1,149	0,399
C	1,382	1,025	0,357

- Tentukan perbandingan massa natrium dengan massa oksigen pembentuk senyawa pada setiap percobaan.
- Apakah data tersebut sesuai dengan hukum perbandingan tetap? Jelaskan!
- Tulis reaksi pada percobaan tersebut!

C. Hukum Kelipatan Perbandingan (Hukum Dalton)

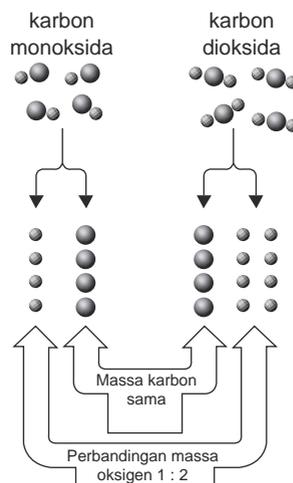
Beberapa unsur dapat membentuk senyawa dengan berbagai perbandingan, misalnya karbon dengan oksigen dapat membentuk karbon monoksida dan karbon dioksida dengan rumus CO dan CO₂. Pada suatu penelitian, didapat data sebagai berikut.

Tabel 4.2 Data perbandingan massa oksigen pada senyawa CO dan CO₂

Rumus Senyawa	Massa Senyawa	Massa Unsur pada Senyawa	
		Oksigen	Karbon
CO	2,33 gram	1,33 gram	1 gram
CO ₂	3,66 gram	2,66 gram	1 gram

Dari data ternyata perbandingan massa oksigen yang terikat oleh karbon dengan massa yang sama yaitu 1 : 2. Perbandingan ini merupakan perbandingan yang sederhana. Perbandingan massa oksigen pada CO dan CO₂ dapat diilustrasikan seperti Gambar 4.2.

Dari beberapa penelitian terhadap senyawa-senyawa yang membentuk lebih dari satu rumus, Dalton mengemukakan suatu pernyataan yaitu sebagai berikut.



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 4.2 Ilustrasi kelipatan perbandingan pada CO dan CO₂

Jika ada dua senyawa yang dibentuk dari dua unsur yang sama dan massa satu unsur pada kedua senyawa itu sama maka massa unsur yang lainnya mempunyai angka perbandingan yang sederhana dan bulat.

Sekarang coba kamu perhatikan data pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan massa oksigen pada senyawa H_2O dan H_2O_2

Senyawa	Nama	Rumus	Massa Pembentuk Senyawa (gram)		Perbandingan Massa Unsur
			H	O	
I	Air	H_2O	10	80	$O_I : O_{II} = 1 : 2$
II	Hydrogen peroksida	H_2O_2	10	160	

Pada data tersebut dapat dilihat, untuk massa H yang sama, perbandingan massa O yang diikat adalah 1 : 2, ini merupakan bilangan bulat dan sederhana. Pernyataan Dalton ini disebut juga *Hukum Dalton* atau *Hukum Kelipatan Perbandingan*.

Bagaimana cara menentukan berlakunya Hukum Kelipatan Perbandingan pada beberapa senyawa, jika tidak ada massa unsurnya yang sama? Perhatikan contoh berikut.

Contoh Soal

1. Perbandingan massa N dan O dalam senyawa NO dan NO_2 adalah sebagai berikut.

Senyawa	Massa Pembentuk (gram)	
	N	O
NO	21	24
NO_2	28	64

Buktikan apakah kedua rumus senyawa tersebut memenuhi Hukum Kelipatan Perbandingan?

Penyelesaian:

Jika massa N pada senyawa NO disamakan dengan massa N pada NO_2 yaitu 28, maka massa O pada NO dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{28}{21} \times 24 \text{ gram} = 32 \text{ gram}$$

Perbandingan massa menjadi:

Senyawa	Massa Pembentuk (gram)	
	N	O
NO	28	32
NO ₂	28	64

Dari perbandingan ini untuk perbandingan massa N yang sama ternyata perbandingan massa oksigennya 32 : 64 atau 1 : 2 yang merupakan bilangan bulat dan sederhana.

Jadi, kedua rumus ini memenuhi Hukum Kelipatan Perbandingan.

2. Dua buah senyawa dibentuk oleh unsur NO dan NO₂ dengan perbandingan massa sebagai berikut.

Senyawa	% Massa Unsur	
	P	Q
I	80	20
II	66,5	33,5

Apakah rumus senyawa sesuai dengan Hukum Kelipatan Perbandingan?

Penyelesaian:

Dimisalkan massa senyawa = 100 gram, maka

Untuk senyawa I

$$\text{Massa P} = \frac{80}{100} \times 100 \text{ gram} = 80 \text{ gram}$$

$$\text{Massa Q} = \frac{20}{100} \times 100 \text{ gram} = 20 \text{ gram}$$

Untuk senyawa II

$$\text{Massa P} = \frac{66,5}{100} \times 100 \text{ gram} = 66,5 \text{ gram}$$

$$\text{Massa Q} = \frac{33,5}{100} \times 100 \text{ gram} = 33,5 \text{ gram}$$

Data menjadi:

Senyawa	Massa Unsur (gram)	
	P	Q
I	80	20
II	66,5	33,5

Supaya salah satu unsur massanya sama, misalnya unsur Q disamakan menjadi 20 gram, maka :

$$\text{massa P pada senyawa II} = \frac{20}{33,5} \times 66,5 \text{ gram} = 40 \text{ gram.}$$

Sehingga data tersebut menjadi:

Senyawa	Massa Unsur (gram)	
	P	Q
I	80	20
II	40	20

Untuk massa Q yang sama perbandingan P_I dan P_{II} adalah 2 : 1, yang merupakan bilangan bulat dan sederhana.

Jadi, rumus senyawa tersebut memenuhi Hukum Kelipatan Perbandingan.

Latihan 4.3

Selesaikan soal-soal berikut!

- Analisis dua buah senyawa yang terdiri dari karbon dan hidrogen memberikan hasil-hasil sebagai berikut.
 - Senyawa pertama terdiri dari 24 gram karbon dan 6 gram hidrogen.
 - Senyawa kedua terdiri dari 24 gram karbon dan 4 gram hidrogen.

Masukkan hasil analisis tersebut pada tabel seperti berikut dan tentukan perbandingan massanya.

Senyawa	Massa		Perbandingan Massa
	C	H	
I	$C_I : C_{II} = \dots : \dots$
II	$H_I : H_{II} = \dots : \dots$

Apakah kedua senyawa ini memenuhi Hukum Dalton?

- Cu dan S membentuk dua senyawa. Pada senyawa pertama yang massanya 79,5 g mengandung 63,5 g Cu, sisanya S. Pada senyawa kedua yang massanya 47,71 g mengandung 16 g S sisanya Cu. Apakah kedua senyawa tersebut memenuhi hukum Dalton?

INFO KIMIA

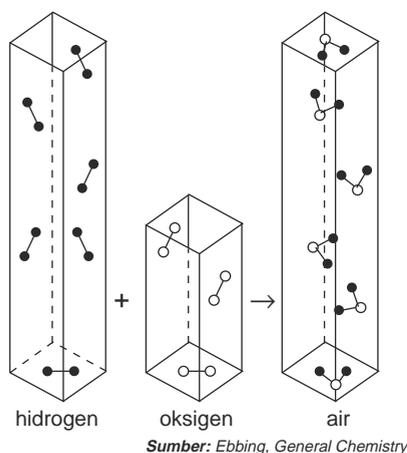


John Dalton (1766 – 1843)

John Dalton adalah seorang guru matematika di Menchester Inggris. Ia mempelajari sendiri ilmu-ilmu Kimia dan Meteorologi. Sebagai seorang pemikir, ia berhasil menyusun suatu teori tentang atom. Berdasarkan data yang telah ada sampai pada waktu itu merumuskan Hukum Kelipatan Perbandingan.

Sumber: Silberberg, *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*

D. Hukum Perbandingan Volum (Gay Lussac)



Gambar 4.3 Dua volum hidrogen dan satu volum oksigen menghasilkan dua volum air

Dalton berhasil menyelidiki hubungan massa antara zat-zat yang membentuk suatu senyawa. Pada tahun 1808 Josep Louis Gay Lussac dari Perancis menyelidiki hubungan antara volum gas-gas dalam suatu reaksi kimia. Ia menemukan bahwa pada suhu dan tekanan yang sama, *satu volum gas oksigen* bereaksi dengan *dua volum gas hidrogen* menghasilkan *dua volum uap air*. Perhatikan Gambar 4.3.

Dari data percobaan tersebut Gay Lussac menyimpulkan:

Pada temperatur dan tekanan yang sama, perbandingan volum gas-gas yang bereaksi dan gas hasil reaksi merupakan bilangan bulat dan sederhana.

Pernyataan ini dikenal sebagai Hukum Perbandingan Volum. Perbandingan volum gas-gas pada reaksi sesuai dengan perbandingan koefisien reaksinya.

Berikut contoh perbandingan volum pada reaksi-reaksi gas pada kondisi (suhu dan tekanan) yang sama.

- $$\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \rightarrow 2 \text{HCl}(g)$$
 Perbandingan volum $\text{H}_2 : \text{Cl}_2 : \text{HCl} = 1 : 1 : 2$
1 vol 1 vol 2 vol
- $$2 \text{NH}_3(g) \rightarrow \text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g)$$
 Perbandingan volum $\text{NH}_3 : \text{N}_2 : \text{H}_2 = 2 : 1 : 3$
2 vol 1 vol 3 vol

Hukum ini hanya berlaku untuk reaksi-reaksi gas yang susunan molekulnya sederhana. Hukum perbandingan volum ini diperoleh semata-mata dari hasil percobaan. Berdasarkan hukum ini, kita dapat menghitung volum gas pada suatu reaksi, jika volum salah satu gas diketahui. Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

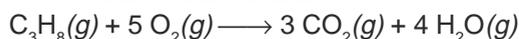
Dua liter gas propana, C_3H_8 bereaksi dengan gas oksigen menghasilkan karbon dioksida dan uap air.

Tentukan:

- volum gas O_2 yang diperlukan;
- volum gas CO_2 yang dihasilkan;
- volum uap air yang dihasilkan.

Penyelesaian:

Persamaan reaksi setara:



Perbandingan volum $C_3H_8 : O_2 : CO_2 : H_2O = 1 : 5 : 3 : 4$.

- Menghitung volum gas O_2
Untuk menghitung volum O_2 buat perbandingan volum $C_3H_8 : \text{volum } O_2$
Volum $C_3H_8 : \text{volum } O_2 = 1 : 5$
Maka: Volum $O_2 \times 1 = 5 \times \text{volum } C_3H_8$
$$\text{Volum } O_2 = \frac{5}{1} \times \text{volum } C_3H_8$$
$$= \frac{5}{1} \times 2 \text{ liter} = 10 \text{ liter}$$
- Menghitung volum gas CO_2
Untuk menghitung volum CO_2 buat perbandingan volum $C_3H_8 : \text{volum } CO_2$
Volum $C_3H_8 : \text{volum } CO_2 = 1 : 3$
Maka: Volum $CO_2 \times 1 = 3 \times \text{volum } C_3H_8$
$$\text{Volum } CO_2 = \frac{3}{1} \times 2 \text{ liter} = 6 \text{ liter}$$
- Menghitung volum uap air
Untuk menghitung volum uap air buat perbandingan volum $C_3H_8 : H_2O(g)$
Volum $C_3H_8 : \text{volum uap air} = 1 : 4$
Maka: Volum uap air $\times 1 = 4 \times \text{volum } C_3H_8$
$$\text{Volum uap air} = \frac{4}{1} \times 2 \text{ liter} = 8 \text{ liter}$$

Jadi, volum O_2 yang diperlukan adalah 10 liter, volum gas CO_2 yang dihasilkan = 6 liter, dan volum uap air yang dihasilkan = 8 liter.

Latihan 4.4

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Gas CO dan oksigen dapat bereaksi membentuk gas CO₂. Berapa liter gas CO₂ dapat diperoleh pada keadaan yang sama jika digunakan:
 - a. 5 liter gas oksigen,
 - b. 10 liter gas CO dan 8 liter gas oksigen,
 - c. 25 liter gas CO dan 10 liter gas oksigen?
2. 10 liter gas hidrogen dan 7,5 liter gas oksigen direaksikan membentuk air. Berapa volum gas hasil reaksi pada suhu kamar?

E. Hipotesis Avogadro

Pada tahun 1811, seorang ahli fisika dari Italia bernama Amadeo Avogadro berpendapat bahwa ada hubungan antara jumlah partikel-partikel dalam gas dan volum gas, yang tidak bergantung pada jenis gas.

Untuk memahaminya, perhatikan data percobaan penentuan jumlah molekul beberapa gas pada volum 1 L serta suhu dan tekanan standar (0 °C, 76 cmHg) pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data percobaan pengukuran volum pada suhu dan tekanan standar

Nama	Massa (gram)	Volum (L)	Jumlah Molekul
Oksigen	1,460	1	2,688 x 10 ²²
Nitrogen	1,250	1	2,688 x 10 ²²
Karbon dioksida	1,961	1	2,688 x 10 ²²

Dari data tersebut ternyata dalam volum yang sama dan keadaan yang sama terdapat jumlah molekul yang sama pula. Hipotesis ini dijadikan suatu hukum, yang dikenal sebagai *Hukum Avogadro*.

Hipotesis Avogadro berbunyi:

Pada temperatur dan tekanan yang sama, semua gas pada volum yang sama mengandung jumlah molekul yang sama pula.

Berdasarkan hipotesis tersebut kamu dapat menentukan jumlah molekul gas lain, jika volumenya diketahui. Untuk lebih memahaminya perhatikan contoh soal berikut.

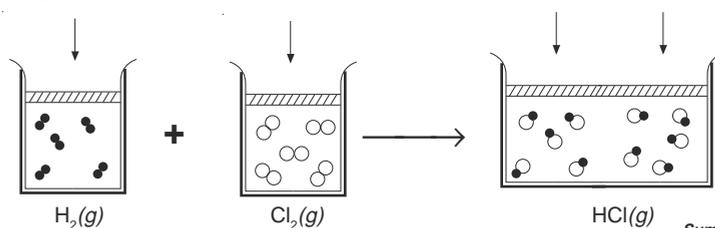
Contoh Soal

Pada suhu dan tekanan tertentu dalam 1 L gas O_2 terdapat 3×10^{22} molekul. Berapa jumlah molekul yang terdapat di dalam 2 liter gas CO_2 pada suhu dan tekanan tersebut?

Penyelesaian:

$$\text{Jumlah molekul } CO_2 = \frac{2}{1} \times 3 \cdot 10^{22} \text{ molekul} = 6 \cdot 10^{22} \text{ molekul.}$$

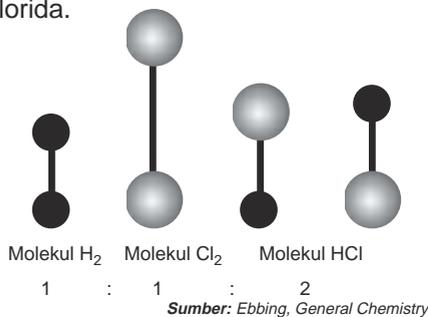
Bagaimana perbandingan jumlah molekul zat pada reaksi gas? Jika satu volum gas hidrogen direaksikan dengan satu volum gas klor akan dihasilkan dua volum gas hidrogen klorida dengan perbandingan 1 : 1 : 2. Amati jumlah molekul pada diagram berikut.



Gambar 4.4 Reaksi H_2 dan Cl_2

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Perbandingan molekul $H_2 : Cl_2 : HCl$ adalah $5 : 5 : 10 = 1 : 1 : 2$ atau 1 molekul gas hidrogen dengan 1 molekul gas klor akan menghasilkan 2 molekul gas hidrogen klorida.



Reaksinya dapat ditulis:
 $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2 HCl(g)$

Gambar 4.5 Perbandingan molekul $H_2 : Cl_2 : HCl$

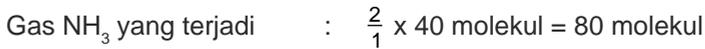
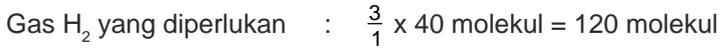
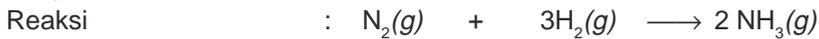
Berdasarkan uraian tentang hipotesis ini, maka perbandingan jumlah molekul pada reaksi ini sama dengan perbandingan koefisien reaksinya.

Contoh Soal

Gas nitrogen dan gas hidrogen dapat bereaksi membentuk gas amoniak (NH_3) pada keadaan tekanan dan suhu yang sama.

Jika 40 molekul gas nitrogen, berapa molekul gas hidrogen yang diperlukan dan berapa molekul gas NH_3 yang dihasilkan?

Penyelesaian:



Jadi, gas H₂ yang diperlukan adalah 120 molekul dan NH₃ yang terjadi adalah 80 molekul.

Latihan 4.5

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Pada suhu dan tekanan yang sama, 100 molekul gas nitrogen direaksikan dengan 300 molekul gas oksigen menghasilkan oksida nitrogen. Tentukan rumus oksida nitrogen yang dihasilkan!
2. Dua liter gas metana dibakar menurut reaksi
 $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g)$.
Jika dalam 1 liter gas metana terdapat 100.000 molekul, tentukan jumlah molekul gas CO₂ dan gas H₂O yang dihasilkan!

Rangkuman

1. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier) berbunyi jumlah massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.
 $\text{Zat A} + \text{Zat B} \rightarrow \text{Zat C}$
Massa A + B = massa C
2. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust) berbunyi perbandingan massa unsur-unsur penyusun dalam tiap senyawa selalu tetap.
 $\text{Unsur A} + \text{Unsur B} \rightarrow \text{Senyawa C}$
Massa A: massa B selalu tetap membentuk senyawa C
3. Hukum Kelipatan Perbandingan (Hukum Dalton) berbunyi jika ada dua senyawa yang dibentuk dari dua unsur yang sama dan massa satu unsur pada kedua senyawa itu sama maka massa unsur yang lainnya mempunyai angka perbandingan yang sederhana dan bulat.
 $\text{Unsur A} + \text{Unsur B} \rightarrow \text{Senyawa I: AB}$
 $\text{Senyawa II: A}_2\text{B}_3$
Massa unsur A sama, maka massa unsur B_I : B_{II} = 2 : 3

4. Hukum Perbandingan Volum (Hukum Gay Lussac) berbunyi pada temperatur dan tekanan yang sama perbandingan volum gas-gas yang bereaksi dan gas hasil reaksi merupakan bilangan bulat dan mudah.
 $1 \text{ volum gas A} + 1 \text{ volum gas B} \rightarrow 2 \text{ volum gas C}$
 Volum A : Volum B : Volum C = 1 : 1 : 2
5. Hukum Avogadro berbunyi pada temperatur dan tekanan yang sama, semua gas pada volum yang sama mengandung jumlah molekul yang sama pula.
 P dan T sama: $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$
 Jumlah molekul A_2 : Jumlah molekul B_2 : Jumlah molekul AB $\rightarrow 1 : 1 : 2$

Kata Kunci

- Hukum dasar kimia
- Hukum kekekalan massa (Hukum Lavoisier)
- Hukum perbandingan tetap (Hukum Proust)
- Hukum kelipatan perbandingan (Hukum Dalton)
- Hukum perbandingan volum (Hukum Gay Lussac)
- Hukum Avogadro

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Pernyataan yang tepat tentang penemu dan nama hukum dasar kimia yang ditemukannya adalah

Penemu	Nama Hukum
A. Lavoisier	Kelipatan Perbandingan
B. Gay Lussac	Kekekalan Massa
C. Avogadro	Perbandingan Berganda
D. Proust	Perbandingan Tetap
E. Dalton	Kekekalan Massa

2. Jika 24 gram karbon dibakar dengan gas oksigen dalam wadah tertutup rapat, maka hasil reaksinya
- A. sama dengan 24 gram
 - B. lebih besar dari 24 gram
 - C. lebih kecil dari 24 gram
 - D. kurang lebih sama dengan 24 gram
 - E. tidak dapat diramalkan

3. Data percobaan pembentukan air dari gas hidrogen dan gas oksigen adalah sebagai berikut.

Massa Hidrogen	Massa Oksigen	Massa H ₂ O	Massa Sisa	
			Hidrogen	Oksigen
4 gram	16 gram	18 gram	2 gram	–
5 gram	32 gram	36 gram	1 gram	–
6 gram	50 gram	54 gram	–	2 gram

Dari data di atas, perbandingan massa hidrogen dan oksigen pada air adalah

- A. 1 : 4
 B. 2 : 4
 C. 1 : 6
 D. 1 : 8
 E. 2 : 9
4. Berapa mol oksigen, O₂, yang diperlukan untuk membakar dua mol C₄H₁₀(g) dengan sempurna? Reaksi C₄H₁₀(g) + O₂(g) → CO₂(g) + H₂O(l).
- A. 2
 B. 8
 C. 10
 D. 13
 E. 2
5. Suatu unsur A bersenyawa dengan unsur B menghasilkan senyawa yang rumus molekulnya A₂B. Jika 100 atom A dicampur dengan 200 atom B, maka jumlah molekul A₂B dapat dihasilkan pada reaksi itu sebanyak-banyaknya adalah
- A. 50
 B. 75
 C. 100
 D. 150
 E. 200
6. Pada P dan T tertentu 2 liter gas NO mengandung 4n molekul. Pada keadaan yang sama 10 liter gas oksigen mengandung jumlah molekul sebanyak
- A. 2 n
 B. 5 n
 C. 8 n
 D. 10 n
 E. 20 n

7. Diketahui 2 liter gas nitrogen ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 atm) bereaksi dengan 3 liter gas oksigen ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 atm), membentuk 2 liter gas N_xO_y ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 atm). Rumus molekul N_xO_y adalah
- NO
 - N_2O_3
 - NO_2
 - N_2O
 - NO_3
8. Unsur belerang dan unsur oksigen dapat membentuk dua senyawa yaitu SO_2 dan SO_3 . Senyawa SO_2 mengandung 50% belerang dan senyawa SO_3 mengandung 40% belerang. Untuk kedua senyawa itu berlaku Hukum Kelipatan Perbandingan maka perbandingan massa oksigen adalah
- 1 : 1
 - 1 : 2
 - 2 : 3
 - 4 : 5
 - 5 : 6
9. 100 mL gas oksigen mengandung x molekul. Jumlah molekul di dalam 100 mL gas karbon dioksida pada kondisi yang sama adalah
- $\frac{4}{11}x$
 - $\frac{8}{11}x$
 - x
 - $\frac{8}{4}x$
 - $\frac{11}{4}x$
10. Massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama. Pernyataan tersebut dikemukakan oleh
- Dalton
 - Lavoisier
 - Proust
 - Avogadro
 - Gay Lussac

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan jelas dan singkat.

- Perbandingan massa magnesium dan oksigen dalam MgO adalah 3 : 2, berapa gram MgO dapat dihasilkan apabila:
 - 6 gram Mg direaksikan dengan 4 gram O,
 - 8 gram Mg direaksikan dengan 4 gram O,
 - 6 gram Mg direaksikan dengan 6 gram O?
- Pada keadaan tertentu ternyata 100 mL gas N_xO_y terurai menjadi 100 mL gas NO dan 50 mL gas O_2 dengan reaksi sebagai berikut.
 $\text{N}_x\text{O}_y(g) \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{O}_2(g)$. Tentukan rumus senyawa N_xO_y tersebut.

3. Karbon dan oksigen dapat membentuk dua buah senyawa dengan massa karbon dalam senyawa-senyawa tersebut masing-masing $\frac{3}{7}$ bagian dan $\frac{4}{6}$ bagian. Apakah kedua senyawa itu memenuhi hukum kelipatan perbandingan?

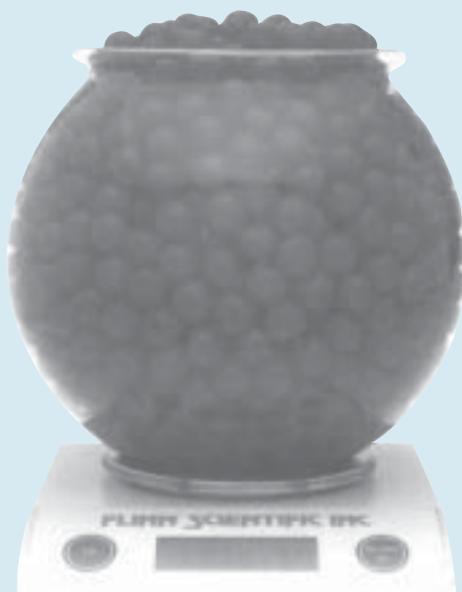
T u g a s

Hukum dasar kimia sangat penting bagi pemecahan masalah pada ilmu kimia dan ilmu pengetahuan alam lainnya. Ada beberapa ahli yang berjasa pada penemuan ini. Cobalah cari informasi tentang penemu hukum-hukum ini secara lengkap, bagaimana sejarahnya sampai mendapatkan penemuan-penemuan yang berharga untuk memotivasimu dalam belajar kimia.

Informasi bisa didapat dari buku-buku, internet, majalah atau ensiklopedia. Buat laporannya dengan singkat!

Bab V

Perhitungan Kimia



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

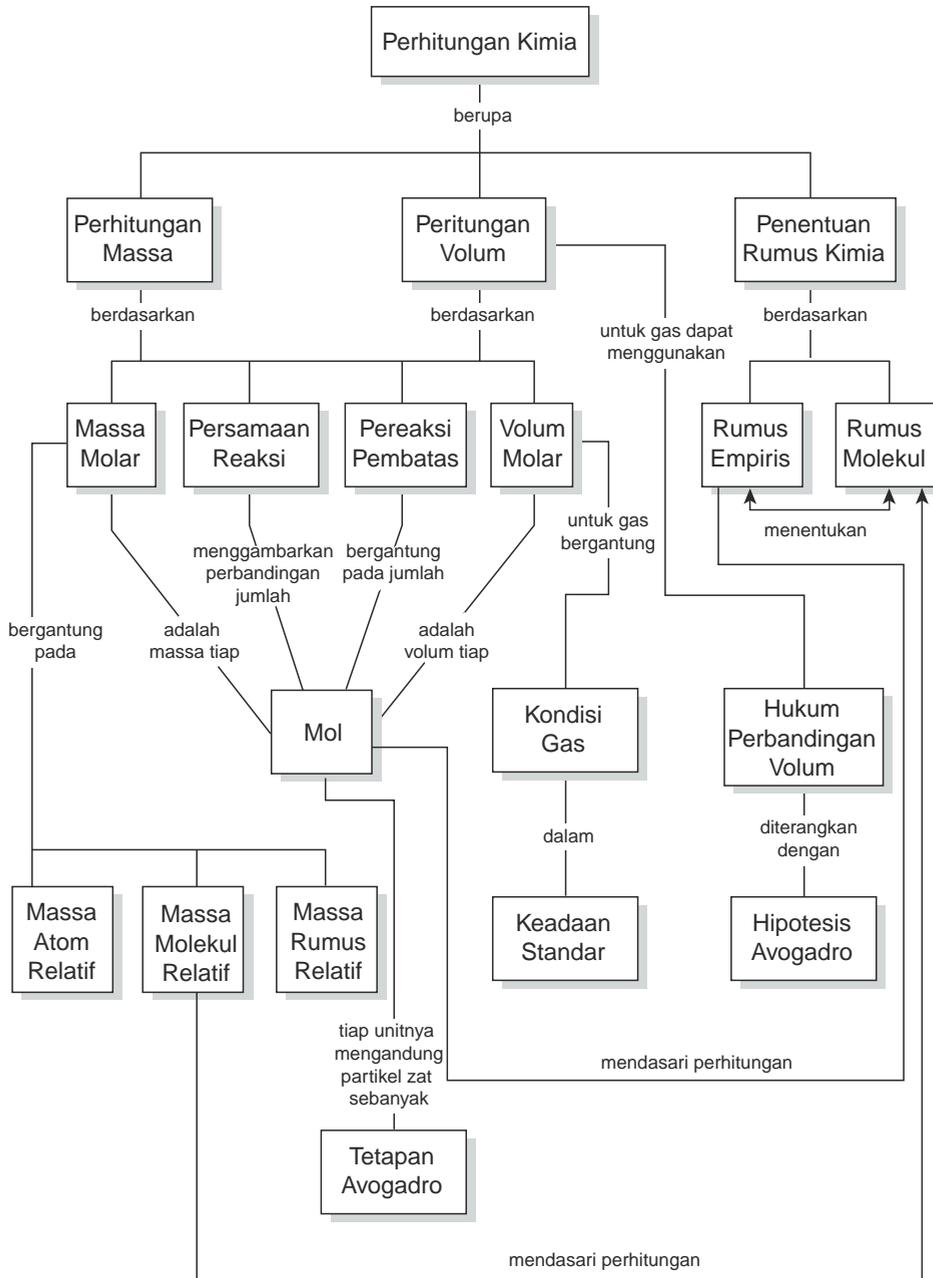
Jumlah permen dalam stoples dapat diketahui jika berat dari satu permen dan seluruh permen diketahui. Cara itu digunakan ahli kimia untuk menentukan sejumlah zat-zat atau jumlah partikel pada unsur atau senyawa.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menentukan A_r suatu atom dan M_r suatu senyawa,
2. menjelaskan pengertian mol,
3. menjelaskan hubungan mol dengan jumlah partikel, massa, dan volum,
4. menerapkan konsep mol dalam berbagai perhitungan kimia.

PETA KONSEP



Perhitungan kimia sangat diperlukan dalam melakukan berbagai reaksi untuk percobaan-percobaan di laboratorium, penelitian-penelitian kimia, juga dalam pembuatan produk kimia secara industri seperti pupuk, detergen, plastik, dan obat-obatan.

Perhitungan kimia selalu menerapkan hukum-hukum dasar ilmu kimia sehingga diperlukan pemahaman persamaan reaksi, massa atom relatif, massa rumus relatif, juga hubungan mol dengan massa zat dan volum. Pada bab ini akan dibahas tentang *massa atom relatif* (A_r) dan *massa molekul relatif* (M_r), konsep mol dengan berbagai cara penentuan massa dan volum, penerapan hukum Gay Lussac dan Avogadro, konsep mol dalam perhitungan kimia, serta perhitungan kimia dengan pereaksi pembatas.

A. Massa Atom Relatif dan Massa Molekul Relatif

Massa atom relatif (A_r) menyatakan perbandingan massa atom unsur dengan massa atom C-12 atau secara matematik ditulis:

$$A_r = \frac{\text{Massa 1 atom unsur}}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12}}$$

Pada bab I, massa atom relatif unsur telah dibahas dan berdasarkan perhitungan dengan rumus di atas, massa atom relatif dari beberapa unsur dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Massa atom relatif beberapa unsur

Unsur	Lambang	A_r	Unsur	Lambang	A_r
Nitrogen	N	14	Titanium	Ti	47,8
Natrium	Na	23	Tembaga	Cu	63,5
Magnesium	Mg	24	Brom	Br	80
Aluminium	Al	27	Barium	Ba	127
Silikon	Si	28	Emas	Au	197
Kalium	K	39	Radium	Ra	226
Kalsium	Ca	40	Uranium	U	238

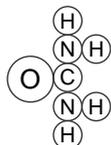
Sumber: Ebbing, General Chemistry

Molekul atom relatif suatu unsur diperlukan untuk menentukan massa molekul relatif suatu senyawa baik yang berupa molekul unsur, molekul senyawa, dan senyawa ion. Massa molekul relatif dinyatakan dengan M_r .

Massa molekul relatif dapat dinyatakan dengan menjumlahkan massa atom relatif atom-atom unsur pembentuk senyawa. Perhatikan perhitungan massa atom relatif pada contoh soal berikut.

Contoh Soal

Tentukan M_r dari urea dengan struktur:



Penyelesaian:

Massa molekul relatif urea,

$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = (1 \times A_r\text{C}) + (1 \times A_r\text{O}) + (2 \times A_r\text{N}) + (4 \times A_r\text{H})$$

$$M_r \text{CO}(\text{NH}_2)_2 = (1 \times 12) + (1 \times 16) + (2 \times 14) + (4 \times 1) = 60$$

Berdasarkan perhitungan seperti di atas, berikut ini dapat dilihat massa molekul relatif beberapa senyawa.

Tabel 5.2 Massa molekul relatif beberapa senyawa

Senyawa	Rumus Molekul	A_r	M_r
Air	H_2O	H = 1, O = 16	$(2 \times 1) + 16 = 18$
Glukosa	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	C = 12 H = 1 O = 16	$(6 \times 12) + (12 \times 1) + (6 \times 16) = 180$
Asam klorida	HCl	H = 1 Cl = 35,5	$(1 \times 1) + (1 \times 35,5) = 36,5$

Untuk senyawa yang terdiri dari ion-ion seperti natrium klorida (NaCl) dan kalium nitrat (KNO_3), cara untuk menentukan *massa rumus relatif* senyawanya sama dengan perhitungan *massa molekul relatif*. Massa rumus relatif beberapa senyawa ion dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Massa rumus relatif beberapa senyawa ion

Senyawa	Rumus Senyawa	A_r Unsur	Massa Rumus Relatif
Natrium klorida	NaCl	Na = 23 Cl = 35,5	$(1 \times 23) + (1 \times 35,5) = 58,5$
Kalium nitrat	KNO_3	K = 39 N = 14 O = 16	$(1 \times 39) + (1 \times 14) + (3 \times 16) = 101$

Latihan 5.1

Tentukan massa molekul relatif dan massa rumus relatif dari senyawa berikut.

- | | | | |
|-------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| a. O_2 | e. C_2H_5OH | i. $NaOH$ | m. $Ca_3(PO_4)_2$ |
| b. Cl_2 | f. H_2SO_4 | j. $Ca(OH)_2$ | n. $K_2Cr_2O_7$ |
| c. P_4 | g. HNO_3 | k. $Al(OH)_3$ | o. $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ |
| d. C_2H_2 | h. $HClO_4$ | l. $Al_2(SO_4)_3$ | p. $Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$ |

B. Penentuan Rumus Kimia Senyawa Berdasarkan A_r dan M_r

Berdasarkan A_r , M_r , dan persentase unsur-unsur pembentuk senyawa, kamu dapat menentukan rumus kimia senyawa dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Tuliskan lambang unsur.
2. Tuliskan perbandingan % massanya.
3. Bagi % massa dengan A_r unsur tersebut, sehingga didapat perbandingan jumlah unsur-unsur.
4. Bagi dengan angka terkecil sehingga didapat perbandingan yang sederhana.

Agar lebih memahami, perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

1. Tentukan rumus empiris dari senyawa yang mengandung 59% natrium dan 41% belerang! ($A_r Na = 23$, $S = 32$).

Penyelesaian:

Perbandingan % massa Na dan S = 59% : 41%

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan jumlah unsur Na dan S} &= \frac{59}{23} : \frac{41}{32} = 2,56 : 1,28 \\ &= 2 : 1 \end{aligned}$$

Perbandingan unsur Na dan S = 2 : 1

Rumus empiris = Na_2S

2. Tentukan rumus empiris dari senyawa yang mengandung 66,3% klor, 26,2% nitrogen, 7,5% hidrogen! ($A_r N = 14$, $H = 1$, $Cl = 35,5$).

Penyelesaian:

Perbandingan % massa N, H, dan Cl = 26,2% : 7,5% : 66,3%

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan jumlah unsur N, H, dan Cl} &= \frac{26,2}{14} : \frac{7,5}{1} : \frac{66,3}{35,5} \\ &= 1,87 : 7,5 : 1,87 \end{aligned}$$

Perbandingan N : H : Cl = 1 : 4 : 1

Rumus empiris = NH_4Cl

Latihan 5.2

Tentukan rumus empiris senyawa dengan perbandingan massa unsur-unsur pembentuknya sebagai berikut.

- 60% magnesium, 40% oksigen
- 47,8% karbon, 57,8% oksigen
- 52,1% karbon, 13,0% hidrogen, 34,9% oksigen
- 62,5% besi, 35,6% oksigen, 2,2% hidrogen
- 33,3% natrium, 20,3% nitrogen, 46,4% oksigen

C. Mol

Untuk menyatakan banyaknya suatu benda, sehari-hari dikenal satuan lusin, kodi, gros, dan rim. 1 lusin banyaknya 12, 1 gros banyaknya 144, 1 kodi banyaknya 20, dan 1 rim banyaknya 500. Apa satuan zat dalam kimia?

Zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia tersebut mengandung partikel-partikel seperti atom, molekul, atau ion. Bayangkanlah bahwa 1 gram besi mengandung lebih dari 10^{20} butir-butir atom besi dan 1 mL air mengandung lebih dari 10^{20} molekul air, jadi sangat sulit menghitungnya.

Agar tidak mengalami kesulitan, maka jumlah partikel yang banyak itu diungkapkan dengan satuan jumlah. Para ahli kimia menyatakan satuan jumlah zat dalam kimia adalah *mol*. Bagaimana menentukan mol suatu zat?

1. Hubungan Mol dengan Jumlah Partikel

Berapa banyak jumlah partikel yang dikandung oleh satu mol zat? Perhatikan hubungan mol dengan jumlah partikel beberapa zat pada tabel berikut.

Tabel 5.4 Hubungan mol dengan jumlah partikel beberapa zat

Zat	Rumus	Jumlah Mol	Jumlah Partikel
Nitrogen	N_2	1 mol	$6,02 \cdot 10^{23}$ molekul
Besi	Fe	1 mol	$6,02 \cdot 10^{23}$ atom
Air	H_2O	1 mol	$6,02 \cdot 10^{23}$ molekul
Urea	$CO(NH_2)_2$	2 mol	$2 \times 6,02 \cdot 10^{23}$ molekul
Amoniak	NH_3	2 mol	$2 \times 6,02 \cdot 10^{23}$ molekul

Dari data tersebut ternyata 1 mol unsur mengandung $6,02 \times 10^{23}$ atom dan 1 mol senyawa mengandung $6,02 \times 10^{23}$ molekul atau ditulis:

1 mol zat mengandung $6,02 \times 10^{23}$ partikel zat

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan Johan Loschmidt (1865) para ahli kimia menetapkan bahwa satu mol zat mengandung partikel zat sebanyak yang dikandung oleh 12 gram atom karbon-12. Dari percobaan yang dilakukan diketahui bahwa dalam 12 gram atom C-12 terdapat $6,02 \times 10^{23}$ atom karbon. Walaupun angka $6,02 \times 10^{23}$ dikemukakan oleh Johan Loschmidt, dalam kenyataannya terkenal sebagai tetapan Avogadro dengan lambang N .

$$\text{Tetapan Avogadro } (N) = 6,02 \times 10^{23}$$

Jadi, jumlah partikel dapat dihitung dengan mengalikan mol dan tetapan Avogadro.

$$\text{Jumlah partikel} = \text{mol} \times N$$

Mol ditentukan dengan membagi jumlah partikel dengan tetapan Avogadro. Untuk mengubah satuan mol ke jumlah partikel atau sebaliknya dapat digunakan cara seperti berikut ini.

$$\text{mol} \begin{array}{c} \xrightarrow{\times N} \\ \xleftarrow{: N} \end{array} \text{jumlah partikel}$$

Untuk memahami cara mengubah satuan mol ke jumlah partikel dan sebaliknya, perhatikan contoh soal berikut ini.

Contoh Soal

1. Tentukan jumlah atom besi yang terdapat dalam 0,5 mol besi.

Penyelesaian:

$$\text{Jumlah atom besi} = 0,5 \text{ mol} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom mol}^{-1} = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ atom}$$

2. Hitung jumlah masing-masing atom yang terdapat di dalam 2 mol H_2O .

Penyelesaian:

H_2O terdiri dari 2 atom H dan 1 atom O

$$\text{Jumlah atom hidrogen} = 2 \times 2 \text{ mol} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom mol}^{-1} = 24,08 \cdot 10^{23} \text{ atom}$$

$$\text{Jumlah atom oksigen} = 1 \times 2 \text{ mol} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom mol}^{-1} = 12,04 \cdot 10^{23} \text{ atom}$$

3. Berapa mol karbon monoksida yang mengandung $6,02 \cdot 10^{21}$ molekul.

Penyelesaian:

$$\text{mol CO} = \frac{6,02 \cdot 10^{21}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,01 \text{ mol}$$

Latihan 5.3

Hitunglah:

1. jumlah atom dalam 2 mol logam emas,
2. jumlah molekul glukosa dalam 0,5 mol glukosa,
3. jumlah mol dari $4,51 \times 10^{22}$ atom magnesium,
4. jumlah mol dari $24,08 \cdot 10^{25}$ molekul air,
5. jumlah atom N dan H yang terkandung di dalam 5 mol NH_3 .

2. Hubungan Mol dengan Massa

Untuk melakukan reaksi dengan tepat, biasanya dilakukan pengukuran terhadap massa zat-zat yang akan direaksikan. Adakah hubungan massa zat dengan konsep mol?

Berdasarkan hasil eksperimen dalam 12 gram karbon-12 terdapat $6,02 \times 10^{23}$ atom karbon. Atom karbon yang jumlahnya $6,02 \times 10^{23}$ ini sama dengan 1 mol karbon, berarti 1 mol karbon memiliki massa 12 gram. Massa 1 mol karbon disebut *massa molar karbon*. $A_r\text{C} = 12$, maka massa molar karbon sama dengan $A_r\text{C}$ yang dinyatakan dalam gram. Untuk memahami pengertian massa molar zat, perhatikan data di bawah ini!

Tabel 5.5 Data penentuan massa molar

Nama	Rumus	A_r atau M_r	Jumlah mol (mol)	Massa Molar (gram)
Besi	Fe	56	1	56
Magnesium	Mg	24	1	24
Belerang	S	32	1	32
Air	H_2O	18	1	18
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46	1	46

Pada data di atas terlihat bahwa massa molar zat menunjukkan massa satu mol zat yang dinyatakan dalam gram. Dengan demikian dapat disimpulkan:

Massa molar zat adalah massa 1 mol suatu zat yang sama dengan A_r atau M_r zat itu yang dinyatakan dalam gram.

Untuk mengubah *massa* menjadi *mol* atau sebaliknya dapat digunakan cara:

- Menghitung massa dari mol:

$$\text{Massa} = \text{jumlah mol} \times \frac{\text{massa molar}}{1 \text{ mol}}$$

- Menghitung mol dari massa:

$$\text{Jumlah mol} = \text{massa} \times \frac{1 \text{ mol}}{\text{massa molar}}$$

Bisa juga menggunakan rumus:

$$\text{Mol} \begin{array}{c} \xrightarrow{\times A_r \text{ atau } M_r} \\ \xleftarrow{: A_r \text{ atau } M_r} \end{array} \text{Massa}$$

Contoh Soal

1. Berapakah massa dari 2 mol glukosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ($A_r \text{ C} = 12$, $\text{H} = 1$, $\text{O} = 16$)?

Penyelesaian:

$$M_r \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 180$$

$$\text{Massa 2 mol glukosa} = 2 \text{ mol} \times \frac{180 \text{ gram}}{1 \text{ mol}} = 360 \text{ gram}$$

Jadi, massa dari 2 mol glukosa = 360 gram.

2. Hitunglah jumlah atom besi dengan massa 5,6 gram ($A_r \text{ Fe} = 56$).

Penyelesaian:

Cara 1

$$5,6 \text{ gram Fe} = 5,6 \text{ gram} \times \frac{1 \text{ mol}}{56 \text{ gram}} = 0,1 \text{ mol Fe}$$

$$0,1 \text{ mol Fe} = 0,1 \text{ mol} \times \frac{6,02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}} = 0,1 \times 6,02 \times 10^{23} = 6,02 \times 10^{22} \text{ atom Fe}$$

Cara 2

$$5,6 \text{ gram Fe} = \frac{5,6 \text{ gram}}{56 \text{ gram mol}^{-1}} = 0,1 \text{ mol Fe}$$

$$0,1 \text{ mol Fe} = 0,1 \times 6,02 \times 10^{23} = 6,02 \times 10^{22} \text{ atom Fe}$$

Jadi, jumlah atom besi = $6,02 \times 10^{22}$ atom

3. Hitung A_r dari X jika 0,2 mol unsur X massanya 8 gram.

Penyelesaian:

Cara 1

$$8 \text{ gram X} = 0,2 \text{ mol} \times \frac{A_r \text{ X gram}}{1 \text{ mol}} = 0,2 (A_r \text{ X})$$

$$A_r \text{ X} = \frac{8}{0,2} = 40$$

Cara 2

$$\text{Massa} = \text{mol} \times A_r$$

$$8 \text{ gram} = 0,2 \text{ mol} \times A_r$$

$$A_r = \frac{8}{0,2} = 40$$

Jadi, $A_r \text{ X} = 40$.

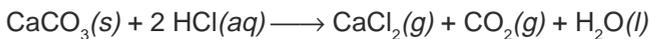
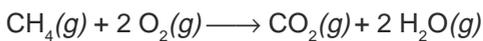
Latihan 5.4

Untuk menyelesaikan soal berikut lihat A_r unsur pada tabel periodik.

- Berapa gram massa dari
 - 0,1 mol CH_3COOH
 - 0,5 mol H_2SO_4
 - 2,5 mol CaCO_3
- Hitunglah berapa mol zat yang mempunyai massa:
 - 5,6 gram besi
 - 0,16 gram gas oksigen
 - 2,76 gram K_2CO_3
 - 10,02 gram $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$
- Tentukan jumlah atom Fe, S, dan O pada 4 gram besi(III) sulfat, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.
- Tentukan jumlah atom N, H, S, dan O pada 66 gram amonium sulfat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
- Berapakah massa molekul relatif senyawa Q, bila 1,5 mol senyawa Q mempunyai massa 105 gram?

3. Hubungan Mol dengan Volum

Reaksi kimia dapat berlangsung dalam fase padat, cair, atau gas. Perhatikan reaksi berikut.



Bagaimana menentukan volum gas yang terlibat dalam suatu reaksi, jika diketahui massanya? Untuk perhitungan ini harus diketahui dulu hubungan mol dengan volum pada suhu dan tekanan tertentu.

Data percobaan di bawah ini menunjukkan volum dari beberapa gas pada 273 °K (0 °C) dan tekanan 76 cmHg (1 atm) untuk setiap 1 mol gas.

Tabel 5.6 Volum beberapa gas untuk setiap 1 mol gas

Nama	Rumus Gas	Massa Molar (gram)	Volum Molar Gas (liter)
Oksigen	O_2	32	22,397
Nitrogen	N_2	28,02	22,402
Hidrogen	H_2	2,02	22,433
Helium	He	4,003	22,434
Karbon dioksida	CO_2	44	22,260

Dari data ini dapat diambil rata-rata volum setiap 1 mol gas pada suhu 0 °C dan tekanan 76 cmHg adalah 22,4 liter. Volum itu disebut *volum molar gas*.

Volum molar gas menunjukkan volum satu mol gas pada keadaan standar.

Keadaan standar atau STP (*Standar Temperature and Pressure*) adalah keadaan pada temperatur 0 °C dan tekanan 1 atmosfer.

$$\text{Volum 1 mol gas pada STP} = 22,4 \text{ L}$$

Untuk mengubah mol ke volum atau volum ke mol dapat digunakan faktor konversi sebagai berikut.

$$\text{Volum} = \text{mol} \times \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}$$

$$\text{mol} = \text{volum} \times \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}}$$

atau

$$\text{Mol} \begin{array}{c} \xrightarrow{\times 22,4 \text{ L}} \\ \xleftarrow{: 22,4 \text{ L}} \end{array} \text{Volum}$$

Contoh Soal

1. Berapa volum 3 mol gas hidrogen pada STP?

Penyelesaian:

$$\text{Volum H}_2 = 3 \text{ mol} \times \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 67,2 \text{ L}$$

2. Berapa volum 8 gram gas oksigen pada STP? ($M_r \text{ O}_2 = 32$)

Penyelesaian:

$$\text{Volum O}_2 = \frac{8}{32} \text{ mol} \times \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 5,6 \text{ L}$$

3. Berapa mol gas CO₂ terdapat di dalam 5600 mL!

Penyelesaian:

$$5600 \text{ mL} = \frac{5600}{1000} \text{ L} = 5,6 \text{ L}$$

Cara 1

$$\begin{aligned} \text{Mol CO}_2 &= 5,6 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} \\ &= \frac{5,6 \text{ L}}{22,4 \text{ L}} \times 1 \text{ mol} = 0,25 \text{ mol} \end{aligned}$$

Cara 2

$$\text{Mol} = \frac{\text{Volum}}{22,4 \text{ L}}$$

$$\text{Mol CO}_2 = \frac{5,6 \text{ L}}{22,4 \text{ L mol}^{-1}} = 0,25 \text{ mol}$$

Dalam prakteknya kita jarang mencoba pada keadaan standar tersebut, kebanyakan reaksi dilakukan pada suhu kamar (25 °C) atau pada suhu yang lebih tinggi, demikian pula tekanannya. Untuk tujuan itu dapat digunakan persamaan umum gas sebagai berikut.

$$PV = nRT$$

dengan

P = tekanan gas (atm)

V = volum (liter)

n = jumlah mol

R = tetapan gas (0,08203 L atm mol⁻¹ K⁻¹)

T = temperatur (Kelvin)

Contoh Soal

Hitung volum 5 mol gas pada tekanan 152 mm Hg dan temperatur 27 °C!

Penyelesaian:

Diketahui: $P = 152 \text{ mmHg} = 0,2 \text{ atm}$; $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

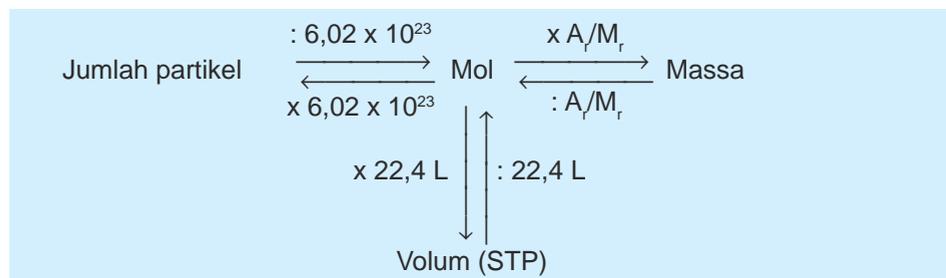
$$PV = nRT$$

$$0,2 \text{ atm} \times V = 5 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$V = 615 \text{ L}$$

Dari pembahasan tetapan Avogadro, mol, massa molar, dan volum molar, semuanya dapat dihubungkan dengan bantuan A_r atau M_r .

Mol merupakan terminal untuk mengubah suatu satuan menjadi satuan lain. Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Dalam mengubah mol menjadi massa, volum, dan jumlah partikel digunakan *tanda kali* (\times). Dalam mengubah massa, volum, dan jumlah partikel menjadi *mol*, digunakan *tanda bagi* ($:$).

Latihan 5.5

Selesaikan soal-soal berikut!

- Hitunglah massa dari gas-gas di bawah ini pada keadaan standar (STP)!
 - 5,6 liter gas O_2
 - 33,6 liter gas N_2
 - 2,1 liter gas SO_3
 - 2,8 liter gas CH_4

2. Hitunglah volum dari gas-gas di bawah ini pada keadaan STP!
 - a. 11 gram gas CO_2
 - b. 100 gram gas SO_3
 - c. 4 gram gas CO
 - d. 34 gram gas NH_3
3. Berapakah jumlah molekul gas oksigen yang terkandung dalam 1 liter gas oksigen pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm?
4. Pada keadaan sama, berapa massa 5 liter gas CH_4 , bila 1 liter gas SO_2 massanya 8 gram?
5. Hitunglah volum 11 gram gas CO_2 , jika diukur pada:
 - a. keadaan standar;
 - b. keadaan dimana 1 liter gas NO massanya 1 gram;
 - c. suhu 273 K dan tekanan 5 atm!

D. Penerapan Hukum Gay Lussac, Avogadro, dan Konsep Mol pada Perhitungan Kimia

Perhitungan kimia sangat diperlukan dalam menentukan zat-zat yang diperlukan untuk reaksi atau zat-zat yang dihasilkan suatu reaksi. Pada penyelesaian suatu perhitungan, hukum Gay Lussac, hukum Avogadro, dan konsep mol sangat diperlukan.

Pada hukum Gay Lussac atau hukum perbandingan volum dinyatakan bahwa perbandingan *volum* gas-gas pada reaksi sesuai dengan *koefisien reaksi*.

Dalam hal ini koefisien reaksi sangat penting. Perbandingan koefisien reaksi bukan menunjukkan perbandingan volum gas saja tetapi juga menunjukkan perbandingan mol zat dalam reaksi tersebut dalam berbagai fase.

Contoh:

1. Reaksi: $\text{CH}_4(g) + 2 \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(g)$
 Perbandingan koefisien : 1 : 2 : 1 : 2
 Perbandingan mol zat : 1 mol CH_4 : 2 mol O_2 : 1 mol CO_2 : 2 mol H_2O
2. Reaksi: $2 \text{KClO}_3(s) \longrightarrow 2 \text{KCl}(s) + 3 \text{O}_2(g)$
 Perbandingan koefisien : 2 : 2 : 3
 Perbandingan mol zat : 2 mol KClO_3 : 2 mol KCl : 3 mol O_2

Reaksi kimia melibatkan banyaknya pereaksi dan hasil reaksi. Pereaksi maupun hasil reaksi dapat berwujud padat, cair, atau gas. Penentuan banyaknya pereaksi dan hasil reaksi dalam suatu persamaan reaksi perlu memperhatikan hal-hal berikut.

1. Persamaan reaksi sudah setara.
2. Mengubah massa (gram), volum (liter), dan jumlah partikel menjadi mol.
3. Tentukan perbandingan mol zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Mol hasil reaksi biasanya ditentukan oleh jumlah mol pereaksi yang habis.
4. Mengubah mol zat ke satuan yang dikehendaki.

Contoh Soal

Diketahui persamaan reaksi: $\text{Mg}(s) + 2 \text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$

Jika Mg yang bereaksi adalah 2 mol, hitunglah

- mol HCl yang bereaksi,
- volum gas H_2 yang dihasilkan pada STP.

Penyelesaian:

Reaksi setara : $\text{Mg}(s) + 2 \text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$

Perbandingan mol : 1 mol \approx 2 mol \approx 1 mol \approx 1 mol

- 1 mol Mg sebanding dengan 2 mol HCl
2 mol Mg sebanding dengan 4 mol HCl
maka HCl yang bereaksi = 4 mol
Mol HCl dapat ditentukan pula dengan cara:

$$\text{Mol HCl} = \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Mg}} \times 2 \text{ mol Mg} = 4 \text{ mol}$$

- 1 mol Mg sebanding dengan 1 mol H_2
2 mol Mg sebanding dengan 2 mol H_2
 H_2 yang dihasilkan = 2 mol
Volum gas H_2 pada STP = $2 \times 22,4 \text{ L} = 44,8 \text{ L}$
Volum gas H_2 dapat ditentukan pula dengan cara:

$$\text{Volum H}_2 = \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Mg}} \times 2 \text{ mol Mg} \times \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 44,8 \text{ L}$$

Dalam kegiatan evaluasi pada soal-soal pilihan ganda, langkah-langkah pada penyelesaian soal tidak diperlukan. Untuk mempersingkat waktu ada cara yang lebih praktis dalam mengerjakan soal tersebut. Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

- Gas propana C_3H_8 direaksikan dengan gas oksigen menghasilkan gas karbon dioksida dan air. Jika C_3H_8 yang bereaksi adalah 4,4 gram pada STP, hitung
 - volum O_2 yang bereaksi,
 - volum CO_2 yang dihasilkan,
 - massa H_2O yang dihasilkan.

Penyelesaian:

$$\text{Mol C}_3\text{H}_8 = \frac{4,4}{44} = 0,1 \text{ mol}$$

Setarakan reaksi : $\text{C}_3\text{H}_8(g) + 5 \text{O}_2(g) \longrightarrow 3 \text{CO}_2(g) + 4 \text{H}_2\text{O}(l)$

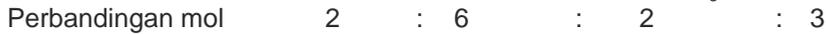
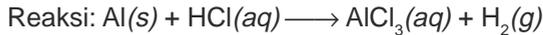
Perbandingan koefisien : 1 : 5 : 3 : 4

Perbandingan mol zat : 0,1 mol : $\frac{5}{1} \times 0,1$: $\frac{3}{1} \times 0,1$: $\frac{4}{1} \times 0,1$
0,1 mol : 0,5 mol : 0,3 mol : 0,4 mol

- a. Volum O_2 yang bereaksi = $0,5 \times 22,4 \text{ L} = 11,2 \text{ L}$
- b. Volum CO_2 hasil reaksi = $0,3 \times 22,4 \text{ L} = 6,72 \text{ L}$
- c. Massa H_2O hasil reaksi = $0,4 \times 18 = 7,2 \text{ gram}$

2. Logam aluminium dapat bereaksi dengan larutan HCl menghasilkan larutan $AlCl_3$ dan gas H_2 . Berapa gram gas H_2 yang terbentuk dan jumlah molekul hidrogen dari 9 gram aluminium?
($A_r \text{ Al} = 27, \text{ H} = 1$).

Penyelesaian:



$$\text{Al yang bereaksi} = \frac{9}{27} \text{ mol} = \frac{1}{3} \text{ mol}$$

$$\frac{1}{3} \text{ mol Al} \sim \frac{3}{2} \times \frac{1}{3} \text{ mol H}_2 = \frac{1}{2} \text{ mol H}_2$$

$$\text{Gas H}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{1}{2} \text{ mol} = \frac{1}{2} \text{ mol} \times 2 = 1 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah molekul H}_2 \text{ yang terbentuk} &= \frac{1}{2} \times 6,02 \times 10^{23} \\ &= 3,01 \times 10^{23} \text{ molekul} \end{aligned}$$

Jadi, gas H_2 yang terbentuk = 1 gram dan jumlah molekul H_2 yang terbentuk = $3,01 \times 10^{23}$.

3. Pada saat korek api gas dinyalakan, reaksi yang terjadi adalah:



Jika pada reaksi itu dihasilkan 88 gram gas CO_2 , hitunglah massa C_4H_{10} yang bereaksi! ($A_r \text{ C} = 12, \text{ O} = 16, \text{ H} = 1$)

Penyelesaian:

$$88 \text{ gram CO}_2 = 88 \text{ gram CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ gram CO}_2} = 2 \text{ mol CO}_2$$

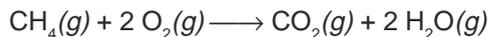


$$\text{Mol } C_4H_{10} = \frac{2}{8} \times 2 \text{ mol CO}_2 = 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{Massa } C_4H_{10} = 0,5 \text{ mol} \times 58 \text{ gram mol}^{-1} = 29 \text{ gram}$$

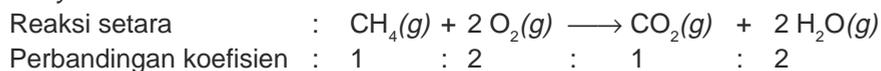
Jadi massa C_4H_{10} yang bereaksi = 29 gram.

4. Gas metana CH_4 dibakar sempurna menurut persamaan:



Bila udara mengandung 20% gas O_2 , berapa liter udara yang dibutuhkan untuk membakar 4 liter gas metana pada P dan T yang sama?

Penyelesaian:



$$4 \text{ liter CH}_4 = \frac{4 \text{ L}}{22,4 \text{ L mol}^{-1}} = 0,18 \text{ mol CH}_4$$

$$\text{Mol oksigen yang dibutuhkan} = \frac{2}{1} \times 0,18 \text{ mol} = 0,36 \text{ mol}$$

$$\text{Volum oksigen yang dibutuhkan} = 0,36 \times 22,4 \text{ L} = 8,064 \text{ L}$$

$$\text{Udara yang dibutuhkan} = \frac{100}{20} \times 8,064 \text{ L} = 40,32 \text{ L}$$

Jadi, udara yang dibutuhkan adalah 40,32 liter.

Latihan 5.6

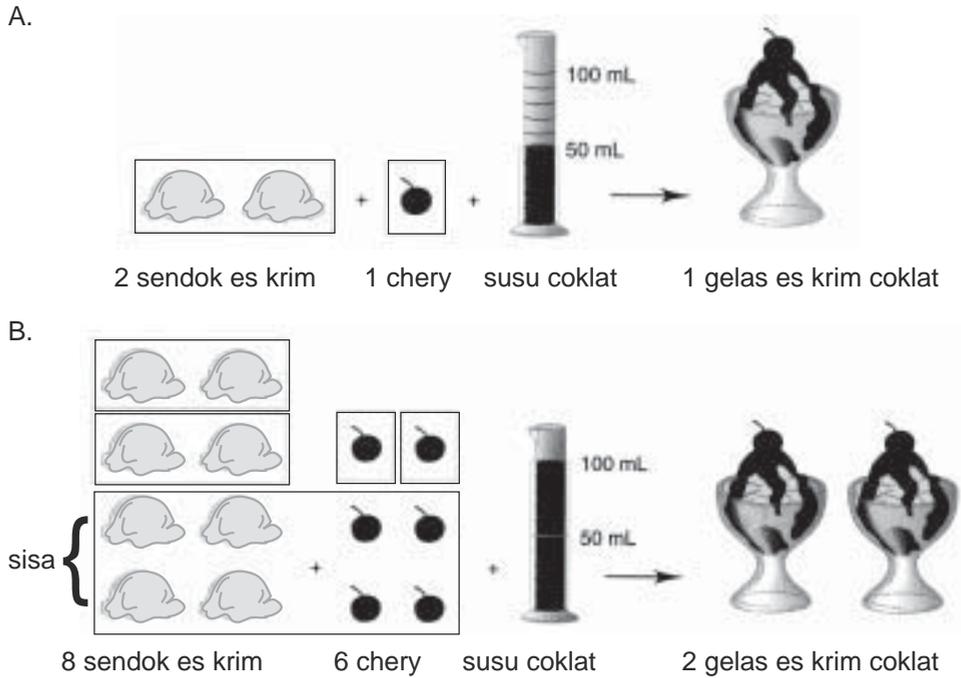
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Hitung berapa gram amoniak dan gas oksigen yang diperlukan untuk membuat 3 gram gas nitrogen oksida ($A_r \text{ N} = 14, \text{ O} = 16, \text{ H} = 1$)!
Reaksi: $4 \text{NH}_3(g) + 5 \text{O}_2(g) \longrightarrow 4 \text{NO}(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$
2. 60 gram karbon habis bereaksi dengan tembaga(II) oksida. Hitung massa tembaga(II) oksida yang bereaksi dan massa tembaga yang dihasilkan.
Reaksi: $2 \text{CuO}(s) + \text{C}(s) \longrightarrow 2 \text{Cu}(s) + \text{CO}_2(g)$
3. Hitung volum gas CO_2 yang dihasilkan pada STP dari reaksi pembakaran 9 gram gas etana C_2H_6 dengan oksigen.
4. Hitung volum HCl yang diperlukan untuk bereaksi dengan 16,2 gram CaCO_3 .

E. Perhitungan Kimia dengan Pereaksi Pembatas

Reaksi yang berlangsung sempurna artinya semua pereaksi habis bereaksi. Kadang-kadang pada suatu reaksi ada pereaksi yang tidak habis bereaksi. Bagaimana cara perhitungan kimianya? Pada reaksi seperti ini, kamu harus menentukan dulu pereaksi yang habis bereaksi atau pereaksi pembatasnya. Agar lebih memahaminya tentang pereaksi pembatas, perhatikan ilustrasi pembuatan es krim coklat pada Gambar 5.1.

Komponen-komponen pembuatan satu gelas "es krim coklat".



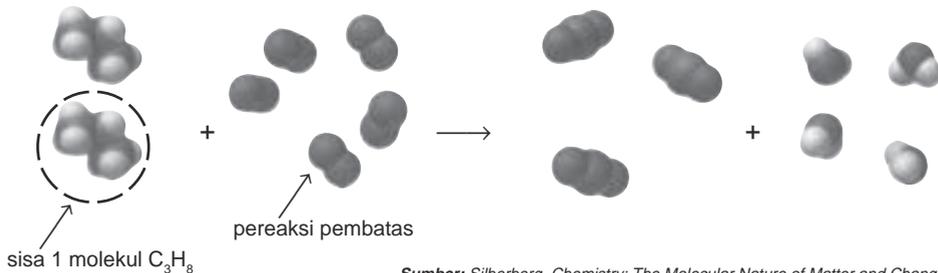
Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 5.1 Ilustrasi cara menentukan pereaksi yang habis bereaksi

Pada pembuatan 1 gelas es krim coklat di atas, susu coklat merupakan bahan yang habis. Dalam reaksi kimia bahan yang habis disebut *pereaksi pembatas*. Apa zat pereaksi pembatas pada reaksi C_3H_8 dengan O_2 ?

Persamaan reaksi setara: $C_3H_8(g) + 5 O_2(g) \longrightarrow 3 CO_2(g) + 4 H_2O(l)$

2 molekul C_3H_8 + 5 molekul O_2 → 3 molekul CO_2 + 4 molekul H_2O



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Menurut persamaan reaksi, 1 mol C_3H_8 akan bereaksi dengan 5 mol O_2 . Jika 2 mol C_3H_8 direaksikan dengan 5 mol O_2 maka C_3H_8 yang bereaksi hanya 1 mol saja. O_2 habis bereaksi, sedangkan C_3H_8 bersisa. O_2 disebut *pereaksi pembatas*.

Contoh Soal

1. 108 gram aluminium dibakar dengan 160 gram gas oksigen untuk membentuk aluminium oksida, Al_2O_3 . Berapa gram Al_2O_3 terbentuk dan massa unsur yang tersisa? ($A_r \text{ Al} = 27$, $\text{O} = 16$)

Penyelesaian:

$$108 \text{ gram Al} = \frac{108 \text{ gram}}{27 \text{ gram mol}^{-1}} = 4 \text{ mol Al}$$

$$160 \text{ gram O}_2 = \frac{160 \text{ gram}}{32 \text{ gram mol}^{-1}} = 5 \text{ mol O}_2$$



4 mol Al akan tepat bereaksi dengan 3 mol O_2 dan menghasilkan 2 mol Al_2O_3 . Berarti O_2 yang tersedia tidak bereaksi semua.

O_2 yang tersisa = 5 mol – 3 mol = 2 mol

Massa O_2 yang tersisa = 2 mol x 32 gram mol^{-1} = 64 gram

Al_2O_3 yang terbentuk = 2 mol

Massa Al_2O_3 yang terbentuk = 2 mol x $M_r \text{ Al}_2\text{O}_3$
 = 2 mol x 102 gram mol^{-1} = 204 gram

Jadi, Al_2O_3 yang terbentuk = 204 gram dan massa unsur O_2 yang tersisa = 64 gram.

2. Di dalam bejana tertutup, 44,8 L gas NH_3 direaksikan dengan 89,6 L gas O_2 pada STP dengan reaksi: $4 \text{ NH}_3(g) + 3 \text{ O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{ N}_2(g) + 6 \text{ H}_2\text{O}(g)$.
- Hitung volum gas N_2 yang dihasilkan.
 - Hitung volum H_2O yang dihasilkan.
 - Hitung volum gas yang tersisa.

Penyelesaian:



$$\text{Mol zat mula-mula} \quad : \quad \frac{44,8}{22,4} = 2 \text{ mol} \quad \frac{89,6}{22,4} = 4 \text{ mol} \quad - \quad -$$

Mol zat yang

$$\text{bereaksi} \quad : \quad 2 \text{ mol} \quad \frac{3}{4} \times 2 = 1,5 \text{ mol}$$

$$\text{Mol zat hasil} \quad : \quad - \quad - \quad \frac{2}{4} \times 2 = 1 \text{ mol} \quad \frac{6}{4} \times 2 = 3 \text{ mol}$$

$$\text{Mol zat sisa} \quad : \quad - \quad (4 - 1,5) = 2,5 \text{ mol}$$

- Volum gas N_2 hasil = 1 x 22,4 L = 22,4 L
- Volum gas H_2O hasil = 3 x 22,4 L = 67,2 L
- Volum gas O_2 sisa = 2,5 x 22,4 L = 56 L

Latihan 5.7

Selesaikan soal-soal berikut!

- 22,4 gram besi dibakar dengan 16 gram gas oksigen untuk membentuk besi oksida, Fe_2O_3 . Berapa gram Fe_2O_3 yang terbentuk dan adakah unsur yang tersisa?
- 12 gram logam magnesium direaksikan dengan 0,5 mol asam sulfat menghasilkan magnesium sulfat dan gas hidrogen. Hitung:
 - massa magnesium sulfat yang dihasilkan,
 - volum gas H_2 yang dihasilkan pada STP,
 - jumlah mol zat yang tersisa.

F. Penentuan Kadar Zat, Rumus Empiris, Rumus Molekul, dan Air Hidrat Berdasarkan Konsep Mol

Dengan menggunakan konversi pada konsep mol, dapat ditentukan kadar zat, rumus empiris, rumus molekul, juga jumlah air hidrat pada suatu senyawa. Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

- Penentuan Kadar Unsur

Hitung massa masing-masing unsur dalam 20 gram $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

$A_r \text{ Fe} = 56$, $S = 32$, $O = 16$; $M_r \text{ Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 400$

Penyelesaian:

$$20 \text{ gram } \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{20 \text{ gram}}{400 \text{ gram mol}^{-1}} \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$$

Pada 0,05 mol $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ mengandung Fe, S, dan O sebagai berikut.

$$\text{Fe} = 2 \times 0,05 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol} \times 56 \text{ gram mol}^{-1} = 5,6 \text{ gram}$$

$$\text{S} = 3 \times 0,05 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol} \times 32 \text{ gram mol}^{-1} = 4,8 \text{ gram}$$

$$\text{O} = 12 \times 0,05 \text{ mol} = 0,6 \text{ mol} = 0,6 \text{ mol} \times 16 \text{ gram mol}^{-1} = 9,6 \text{ gram}$$

- Penentuan Rumus Empiris dan Rumus Molekul

Senyawa hidrokarbon mengandung 90% C, sisanya H. Tentukan rumus empiris hidrokarbon tersebut, jika M_r hidrokarbon = 40. Bagaimana rumus molekulnya?

Penyelesaian:

Unsur	:	C	H
Persentase	:	90%	10%
A_r	:	12	1
Jumlah mol	:	$\frac{90}{12} = 7,5$	$\frac{10}{1} = 10$

Perbandingan mol : 7,5 : 10
 3 : 4

Rumus empiris : C_3H_4

$M_r(C_3H_4)_n = 40$

$(3 \times 12)n + (4 \times 1)n = 40$

$40n = 40$

$n = 1$

Rumus molekul : $(C_3H_4)_1 = C_3H_4$

3. Penentuan Air Hidrat

24,0 gram magnesium sulfat anhidrat bergabung dengan 25,2 gram air membentuk senyawa magnesium sulfat hidrat. Tentukan rumus senyawa hidrat tersebut. ($M_r MgSO_4 = 120$, $H_2O = 18$)

Penyelesaian:

	$MgSO_4$	H_2O
M_r	120	18
Jumlah mol	$\frac{24}{120} = 0,2 \text{ mol}$	$\frac{25,2}{18} = 1,4 \text{ mol}$
Perbandingan mol	0,2 1	1,4 7

Rumus senyawa hidrat: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Latihan 5.8

Selesaikanlah soal-soal berikut!

1. Hitung massa Pb dan massa I_2 di dalam 1,47 gram PbI_2 . Berapa % massa Pb pada senyawa tersebut?
2. Pada saat besi dipanaskan di dalam gas klor akan dihasilkan senyawa besi klorida yang mengandung 34,5% massa besi.
 - a. Tentukan rumus empiris senyawa besi klorida.
 - b. Jika M_r senyawa = 325, bagaimana rumus senyawanya?
3. 344 gram gips mengandung 272 gram $CaSO_4$ dan sisanya sebagai air hidrat. Tentukan rumus gips tersebut!

INFO KIMIA

Dalam kenyataannya, 1 gram hidrogen jumlahnya sekitar 600.000.000.000.000.000.000.000 atom. Menghitung atom tidak mungkin kita lakukan, kita hanya bisa menimbang dan menggunakan mol.

Rangkuman

1. Massa atom relatif

$$A_r = \frac{\text{massa 1 atom unsur}}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12}}$$

2. Massa molekul relatif (M_r) merupakan jumlah massa atom relatif unsur-unsur pembentuk satu molekul suatu senyawa.
3. Satu mol zat mengandung $6,02 \times 10^{23}$ partikel zat (sama dengan tetapan Avogadro). Hubungan mol dengan jumlah partikel ditulis:

$$\text{mol} \begin{array}{c} \xrightarrow{\times N} \\ \xleftarrow{\quad} \\ \text{: N} \end{array} \text{jumlah partikel}$$

4. % unsur X dalam senyawa = $\frac{\text{Jumlah } A_r \text{ X}}{M_r \text{ senyawa}} \times 100 \%$

5. Massa unsur X dalam senyawa = $\frac{\text{Jumlah } A_r \text{ X}}{M_r \text{ senyawa}} \times \text{massa senyawa}$

6. Massa molar zat adalah massa 1 mol suatu zat yang sama dengan A_r atau M_r zat itu yang dinyatakan dalam gram. Hubungan massa dengan mol ditulis:

$$\text{Massa zat} = \text{jumlah mol} \times \frac{\text{massa molar}}{1 \text{ mol}}$$

$$\text{Mol zat} = \text{massa zat} \times \frac{1 \text{ mol}}{\text{massa molar}}$$

$$\text{Mol} \begin{array}{c} \xrightarrow{\times A_r/M_r} \\ \xleftarrow{\quad} \\ \text{: } A_r/M_r \end{array} \text{massa}$$

7. Volum molar gas menunjukkan volum satu mol gas pada keadaan standar. Volum 1 mol gas pada STP = 22,4 L. Hubungan volum dengan mol pada STP ditulis:

$$\text{Mol} \begin{array}{c} \xrightarrow{\times 22,4 \text{ L}} \\ \xleftarrow{\quad} \\ \text{: } 22,4 \text{ L} \end{array} \text{volum}$$

Kata Kunci

- Massa atom relatif
- Massa rumus relatif
- Mol
- Tetapan Avogadro
- Massa molar
- Volum molar
- Pereaksi pembatas

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Manakah yang tidak mengalami perubahan pada suatu reaksi kimia?
A. Wujud zat
B. Volum
C. Suhu
D. Tekanan
E. Massa
2. Di antara senyawa berikut yang mempunyai M_r sama dengan $MgSiO_3$ adalah ($A_r Mg = 24, Si = 28, O = 16$)
A. Al_2O_3
B. $CaCO_3$
C. $CaSO_3$
D. K_2CO_3
E. $NaNO_3$
3. Aluminium banyak digunakan untuk alat-alat rumah tangga. Berapa gram Al yang terdapat dalam 204 gram aluminium oksida, Al_2O_3 ? ($A_r Al = 27, O = 16$)
A. 26 g
B. 54 g
C. 51 g
D. 27 g
E. 108 g
4. Persentase massa kalsium dalam batu kapur ($CaCO_3$) adalah ($A_r Ca = 40, C = 12, O = 16$)
A. 12%
B. 16%
C. 40%
D. 48%
E. 60%
5. Suatu senyawa tersusun dari 52% karbon, 13% hidrogen, dan sisanya oksigen. Rumus empiris senyawa itu adalah ($A_r C = 12, H = 1, O = 16$)
A. C_2H_4O
B. C_3H_8O
C. C_2H_6O
D. C_3H_6O
E. $C_3H_8O_2$
6. Senyawa X mengandung 50% massa belerang dan 50% massa oksigen. Rumus empiris dari senyawa X adalah ($A_r S = 32, O = 16$).
A. SO
B. SO_2
C. SO_3
D. SO_4
E. S_2O
7. Volum 3 gram gas C_2H_6 pada STP adalah ($A_r C = 12, H = 1$)
A. 3,5 liter
B. 7 liter
C. 14 liter
D. 2,24 liter
E. 28 liter

15. Pada suhu dan tekanan yang sama, lima buah bejana masing-masing berisi lima macam gas dengan data sebagai berikut.

Bejana	Gas	Volum (L)
P	O ₂	1
Q	N ₂	2
R	NH ₃	2
S	CO ₂	1
T	CH ₄	3

Gas dengan massa terbesar terdapat pada bejana

(A_r C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)

- A. P
B. Q
C. R
D. S
E. T
16. Jika 24 gram karbon dibakar dengan gas oksigen dalam wadah tertutup rapat, maka hasil reaksi adalah
A. sama dengan 24 gram
B. lebih besar dari 24 gram
C. lebih kecil dari 24 gram
D. lebih besar atau lebih kecil dari 24 gram
E. tidak dapat diramalkan
17. Suatu unsur A bersenyawa dengan unsur B menghasilkan senyawa yang rumus molekulnya A₂B. Jika 100 atom A dicampur dengan 200 atom B, maka jumlah molekul A₂B dapat dihasilkan pada reaksi itu sebanyak-banyaknya adalah
A. 50
B. 75
C. 100
D. 150
E. 200
18. Pembakaran sempurna 5,4 gram senyawa CH₄ (A_r C = 12, H = 1) di udara dengan persamaan reaksi: CH₄(g) + 2 O₂(g) → CO₂(g) + 2 H₂O(l) akan menghasilkan gas CO₂ sebanyak
A. 0,3375 gram
B. 0,4456 gram
C. 7,425 gram
D. 14,85 gram
E. 29,70 gram
19. Natrium hidrogen karbonat jika dipanaskan terurai dengan reaksi: 2 NaHCO₃(s) → Na₂CO₃(s) + CO₂(g) + H₂O(g). Jika 5 mol sampel NaHCO₃ dipanaskan, maka volum gas CO₂ yang dihasilkan adalah (Volum molar gas = 24 L)
A. 24 L
B. 36 L
C. 48 L
D. 60 L
E. 72 L

20. Reaksi pembakaran hidrogen dengan reaksi: $2 \text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(g)$
Jika 1 mol H_2 dicampurkan dengan 1 mol O_2 , setelah reaksi terdapat
- 1 mol uap air
 - 2 mol uap air
 - 1 mol uap air + 0,5 mol gas oksigen
 - 1 mol uap air + 0,5 mol gas hidrogen
 - 2 mol uap air + 0,5 mol gas hidrogen
21. 20 mL gas NH_3 bereaksi dengan 20 mL gas oksigen (O_2) pada STP dengan reaksi: $4 \text{NH}_3(g) + 3 \text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{N}_2(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(l)$. Volum oksigen yang bereaksi adalah
- 0 mL
 - 5 mL
 - 7,5 mL
 - 15 mL
 - 10 mL
22. Dua liter gas nitrogen (25°C , 1 atm) bereaksi dengan 3 liter gas oksigen (25°C , 1 atm) membentuk 2 liter gas N_xO_y (25°C , 1 atm). Rumus molekul N_xO_y adalah
- NO
 - N_2O_3
 - NO_2
 - N_2O
 - NO_3
23. 17,2 gram CaSO_4 bergabung dengan 3,6 gram air membentuk senyawa hidrat. Rumus senyawa hidrat yang dibentuk adalah
(A_r Ca = 40, S = 32, O = 16, H = 1)
- $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 - $2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CaSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
 - $2 \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
24. Senyawa hidrida XH_3 mengandung 90% unsur X. A_r dari X adalah
- 8
 - 27
 - 30
 - 90
 - 118
25. Seorang tukang kebun membutuhkan pupuk nitrogen untuk tanahnya. Nitrogen yang lebih ekonomis bila harga per kg pupuk berikut sama, terdapat pada senyawa (A_r N = 14)
- amonium klorida, NH_4Cl ($M_r = 53,5$)
 - amonium nitrat, NH_4NO_3 ($M_r = 80$)
 - amonium sulfat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ($M_r = 132$)
 - kalium nitrat, KNO_3 ($M_r = 101$)
 - urea, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ($M_r = 60$)

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.

- Hitunglah!
 - Berapa liter gas CH_4 (STP) dalam 0,2 mol CH_4 ?
 - Berapa jumlah atom oksigen dalam 100 gram $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$? ($A_r \text{ Fe} = 56$, $S = 32$, $O = 16$).
 - Berapa gram H_2O dalam $3,01 \times 10^{22}$ molekul H_2O ?
- Bila pada P dan T tertentu volum 8 L gas H_2S massanya 17 gram, berapakah volum dari 11 gram gas CO_2 bila diukur pada keadaan yang sama?
- Berapa gram unsur fosfor (P) harus direaksikan dengan 24 gram gas oksigen (O_2) membentuk senyawa P_4O_{10} ? ($A_r \text{ P} = 31$, $O = 16$).
- 99,8 gram terusi atau $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ mengandung 63,8 gram cupri sulfat anhidrat, CuSO_4 . Tentukan rumus dari terusi tersebut! ($A_r \text{ Cu} = 63,5$, $S = 32$, $O = 16$, $H = 1$).
- Logam magnesium (Mg) sebanyak 18 gram direaksikan dengan 0,4 mol H_3PO_4 , dengan persamaan reaksi.
$$3 \text{Mg}(s) + 2 \text{H}_3\text{PO}_4(aq) \longrightarrow \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2(aq) + 3 \text{H}_2(g)$$
 - Tentukan pereaksi mana yang habis bereaksi?
 - Berapa volum gas H_2 yang terbentuk pada STP?
 - Berapa massa $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ yang terbentuk?
- Berapa volum gas H_2 yang terbentuk pada suhu 27°C dan tekanan 6 atm?

Tugas

Di bidang pertanian pupuk merupakan keperluan penting bagi keberhasilan panen. Misalnya tanaman kentang memerlukan pupuk yang mengandung nitrogen yang bisa didapat dari Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) dan ZA ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Carilah harga masing-masing pupuk di toko pupuk. Hitung kadar nitrogen pada masing-masing pupuk, berdasarkan kadar nitrogen dan harga pupuk tersebut pilih pupuk mana menurutmu yang paling efektif dan efisien bagi para petani.

Buat laporan perhitungannya dalam sebuah tabel seperti berikut.

Pupuk	Rumus Kimia	Harga Pupuk per kg	%N	Harga N per kg
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	....	....	....
Amonium hidrogen fosfat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	....	....	....
Amonium klorida	NH_4Cl}	....	....	....

Pilih mana yang menurutmu paling efektif dan efisien bagi para petani.

Soal Evaluasi Semester I

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Tabel periodik unsur modern yang kita pakai sekarang disusun berdasarkan

.....

- A. sifat kimia unsur
- B. sifat fisika unsur
- C. konfigurasi elektron unsur
- D. kenaikan nomor atom
- E. kenaikan massa atom

2.

No.	Unsur	Nomor atom
1.	P	8
2.	Q	10
3.	R	11
4.	S	12
5.	T	16

Pasangan unsur yang termasuk dalam satu golongan adalah

- A. P dan G
 - B. P dan R
 - C. Q dan S
 - D. P dan T
 - E. Q dan T
3. Periode dalam tabel periodik unsur menunjukkan
- A. banyaknya kulit dalam atom
 - B. banyaknya elektron dalam atom
 - C. banyaknya proton dalam atom
 - D. besarnya muatan inti
 - E. banyaknya neutron dalam inti
4. Tabel berikut menunjukkan jumlah proton, elektron, dan neutron dari masing-masing atom yang ada. Atom ini mungkin netral atau bermuatan.

Atom	Jumlah Elektron	Jumlah Proton	Jumlah Neutron
I	6	6	8
II	7	7	7
III	8	7	7
IV	8	8	8
V	8	8	10

Atom-atom yang merupakan isotop adalah

- A. I dan II
- B. III dan IV
- C. IV dan V
- D. I dan IV
- E. III dan IV

5. Konfigurasi elektron yang dimiliki oleh tiga buah logam berturut-turut adalah

- A. 2 2. 8 2. 8. 8
- B. 2. 1 2. 8. 1 2. 8. 8. 1
- C. 2. 7 2. 8. 7 2. 8. 18. 7
- D. 2. 8 2. 8. 1 2. 8. 18. 7
- E. 2. 8. 3 2. 8. 4 2. 8. 5

6. Suatu atom dari unsur X memiliki konfigurasi elektron 2. 8. 6. Pernyataan yang tepat tentang unsur X adalah

- A. unsur logam
- B. dapat membentuk ion bermuatan +2
- C. hanya dapat bereaksi dengan unsur nonlogam
- D. memiliki 6 proton pada kulit terluar
- E. dapat membentuk senyawa ion dengan natrium

7. Di antara unsur-unsur berikut: ${}_8\text{P}$, ${}_{10}\text{Q}$, ${}_{12}\text{R}$, ${}_{16}\text{S}$, ${}_{18}\text{T}$.

Pasangan yang memiliki elektron valensi sama adalah

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

8. Dari atom ${}_3\text{Li}$, ${}_9\text{F}$, ${}_{10}\text{Ne}$, ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{17}\text{Cl}$, ${}_{19}\text{K}$, ${}_{20}\text{Ca}$, ${}_{35}\text{Br}$, dan ${}_{53}\text{I}$, urutan ion-ion yang mempunyai jumlah elektron sama adalah

- A. Cl^- , Br^- , I^-
- B. F^- , Ne , Na^+
- C. K^+ , Ca^{2+} , Br^-
- D. Li^+ , Na^+ , K^+
- E. Na^+ , K^+ , I^-

9. Diketahui konfigurasi elektron unsur

X 2. 8. 1 dan Y 2. 8. 2

Perbedaan sifat periodik yang tepat dari kedua unsur tersebut adalah

- A. energi ionisasi $X > Y$
- B. energi ionisasi $X < Y$
- C. energi ionisasi $X = Y$
- D. jari-jari atom $X < Y$
- E. jari-jari atom $X = Y$

10. Unsur yang memiliki keelektronegatifan paling tinggi adalah

- A. O
- B. F
- C. H
- D. I
- E. He

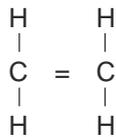
11. Di antara sifat-sifat berikut:

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| i. nonlogam | iii. jari-jari besar |
| ii. energi ionisasi tinggi | iv. keelektronegatifan kecil |

yang dimiliki oleh unsur halogen dibandingkan dengan unsur lain seperiodenya adalah

- | | |
|---------------|---------------|
| A. i dan ii | D. ii dan iv |
| B. i dan iii | E. iii dan iv |
| C. ii dan iii | |

12. Jumlah pasangan elektron yang digunakan bersama pada molekul etena dengan struktur:



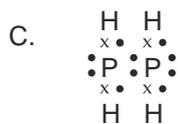
adalah

- | | |
|-------|-------|
| A. 6 | D. 12 |
| B. 8 | E. 16 |
| C. 10 | |

13. Senyawa yang memiliki ikatan ion adalah

- A. CaO, CO₂, dan MgO
 B. CaO, MgO, dan NaCl
 C. CaO, CO₂, dan CuSO₄
 D. CO₂, HCl, dan CuSO₄
 E. CuSO₄, HCl, dan MgO

14. Fosfor terdapat pada golongan V pada tabel periodik unsur, molekul P₂H₄ dapat dinyatakan ikatannya dengan struktur Lewis yaitu



15. Berikut ini yang pasangannya merupakan rumus empiris adalah
- A. Na_2O , P_4O_{10} , C_6H_{12} D. C_5H_{12} , P_2O_3 , N_2O_4
 B. ClO_2 , N_2O_3 , C_6H_{14} E. C_2H_2 , C_3H_6 , $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$
 C. CaO , H_2SO_4 , Al_2O_3
16. Diketahui konfigurasi elektron X dan Y:
 X 2. 8. 5
 Y 2. 8. 7
 Dari unsur X dan Y dapat terbentuk suatu senyawa dengan rumus
- A. XY D. X_3Y
 B. XY_2 E. X_2Y
 C. XY_3
17. Hidrogen dapat membentuk senyawa (dengan ikatan kovalen maupun ikatan ionik) dengan banyak unsur lain. Senyawa di bawah ini yang mempunyai ikatan ionik adalah
- A. CH_4 D. NH_3
 B. HBr E. HCl
 C. KH
18. Urutan senyawa yang mengandung ikatan kovalen, kovalen polar, dan kovalen koordinat adalah
- A. CO_2 , H_2O , HCl D. SO_2 , CO_2 , HF
 B. CO_2 , HF, SO_2 E. HF, SO_2 , H_2O
 C. HF, H_2O , SO_2
19. Titik leleh senyawa atau unsur bergantung pada ikatan-ikatan yang dibentuk atom-atomnya. Di antara unsur dan senyawa berikut yang mempunyai titik leleh tertinggi adalah
- A. intan D. besi
 B. es E. garam dapur
 C. grafit
20. P_2O_5 mempunyai nama
- A. fosfor dioksida D. difosfor pentaoksida
 B. fosfor pentaoksida E. pentafosfor dioksida
 C. difosfor oksida
21. Pasangan yang benar dari rumus empiris dan rumus molekul adalah

	Rumus Empiris	Rumus Molekul
A.	CH_4	NaCl
B.	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	CH_3COOH
C.	HCl	$\text{C}_2\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
D.	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
E.	NaCl	H_2SO_4

22. Seorang siswa mencampurkan dua zat kimia. Siswa tersebut menyimpulkan terjadi reaksi antara dua zat itu, karena timbul salah satu gejala-gejala berikut, *kecuali*
- timbul gas
 - terjadi endapan
 - perubahan suhu
 - perubahan warna
 - perubahan massa
23. Kalsium fosfat mempunyai rumus kimia
- CaPO_4
 - Ca_2PO_4
 - Ca_3PO_4
 - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
 - $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_3$
24. Reaksi yang sudah setara adalah
- $\text{Mg}(s) + \text{HCl}(aq) \square \square \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(l)$
 - $\text{C}_2\text{H}_4(aq) + \text{O}_2(g) \square \square \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(l)$
 - $\text{Ca}(s) + 2 \text{HCl}(aq) \square \square \text{CaCl}_2(aq) + 2 \text{H}_2\text{O}(l)$
 - $\text{CH}_4(g) + 2 \text{O}_2(g) \square \square \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$
 - $2 \text{Na}(s) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) \square \square 2 \text{NaOH}(aq) + \text{H}_2(g)$
25. Jumlah atom dalam senyawa $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ adalah
- 20
 - 18
 - 15
 - 12
 - 10
26. Pada temperatur dan tekanan yang sama, 1 mol setiap gas akan terdapat pada volum yang sama. Pernyataan ini sesuai dengan
- Proust
 - Dalton
 - Avogadro
 - Gay Lussac
 - Boyle
27. Jumlah yang sama antara 1 mol etanol dan 1 mol etana adalah
- massanya
 - jumlah atomnya
 - jumlah molekulnya
 - volum pada STP
 - jumlah unsurnya
28. Jika diketahui massa atom relatif $\text{H} = 1$, $\text{O} = 16$, $\text{Na} = 23$, $\text{C} = 12$, maka massa molekul relatif (M_r) senyawa $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ adalah
- 106
 - 124
 - 134
 - 180
 - 286

29. Massa satu molekul gas nitrogen ($N = 6,0 \times 10^{23}$, $A_r N = 14$) adalah

- A. $\frac{14,0}{2 \times 6,0 \times 10^{23}}$ gram D. $\frac{2 \times 14,0}{6,0 \times 10^{23}}$ gram
 B. $2 \times 14,0 \times 6,0 \times 10^{23}$ gram E. $\frac{\frac{1}{2} \times 14,0}{6,0 \times 10^{23}}$ gram
 C. $\frac{14,0}{6,0 \times 10^{23}}$ gram

30. Senyawa sulfida yang mengandung massa belerang ($A_r S = 32$) paling besar dari tiap 10 gram sampel adalah

Sample	Rumus Kimia	M_r
A.	NiS	90
B.	CuS	95,5
C.	FeS ₂	120
D.	NaS ₂	160
E.	PbS	239

31. 0,2 mol Mg bereaksi dengan HCl berlebih dengan reaksi:
 $Mg(s) + HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$.

Jika volum molar gas = 24 L, maka gas H₂ yang dihasilkan adalah

- A. 4,8 mL D. 480 mL
 B. 48 mL E. 48 L
 C. 4,8 L

32. Empat mol belerang dioksida direaksikan dengan gas oksigen menghasilkan belerang trioksida. Gas oksigen yang diperlukan adalah

- A. 0,5 mol D. 2,0 mol
 B. 1,0 mol E. 2,5 mol
 C. 1,5 mol

33. Massa oksigen yang terdapat di dalam 72 gram air murni adalah

- A. 16 gram D. 64 gram
 B. 32 gram E. 70 gram
 C. 36 gram

34. 0,1 mol XSO₄ bergabung dengan 5,4 gram air membentuk senyawa hidrat XSO₄·nH₂O. Nilai n adalah ($M_r H_2O = 18$).

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

35. Tembaga(II) sulfat mempunyai massa molekul relatif = 160. Terusi mempunyai rumus $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Persentase air yang terdapat pada terusi adalah

A. $\frac{18 \times 100}{160}\%$

D. $\frac{5 \times 18 \times 100}{160 + (5 \times 18)}\%$

B. $\frac{5 \times 18 \times 100}{160}\%$

E. $\frac{18 \times 100}{160 + (5 \times 18)}\%$

C. $\frac{18 \times 100}{160 + 18}\%$

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.

- Bandingkan sifat keperiodikan unsur antara unsur golongan IIA dan VIIA yang seperiode.
- Jumlah proton, neutron, dan elektron dari unsur A sampai dengan F adalah sebagai berikut.

Unsur	Proton	Neutron	Elektron
A	9	10	10
B	11	12	10
C	12	12	12
D	17	18	17
E	10	10	10
F	17	20	17

- Dari tabel di atas, pilih unsur yang dinyatakan sebagai
 - atom logam yang netral
 - ion positif
 - gas mulia
 - ion negatif
 - pasangan isotop
 - Berdasarkan data di atas, gambarlah struktur Lewis dari unsur C, D, dan F.
 - Dari data di atas, ramalkan senyawa yang terbentuk antara C dan D serta D dan F. Tulis juga jenis ikatan kimianya.
- Gambarkan elektron-elektron yang membentuk ikatan kovalen dari molekul Cl_2 , HCl , H_2O , dan CH_4 .
 - Dari senyawa di atas mana yang merupakan senyawa kovalen polar?
 - Tulis rumus dari
 - amonium sulfat
 - kalsium karbonat
 - natrium hidroksida
 - aluminium oksida

- b. Tulis nama dari rumus: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, FeS , dan H_2SO_4 .
- c. Hitung jumlah atom dalam masing-masing senyawa di atas!
- d. Hitung jumlah unsur pembentuk senyawa di atas!
5. Pemanasan 33,12 gram timbal(II) nitrat akan menghasilkan timbal oksida, nitrogen oksida, dan gas oksigen dengan persamaan reaksi: ($A_r \text{Pb} = 207$, $N = 14$, $O = 16$).
- $$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{s}) \square \square \text{PbO}(\text{s}) + \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$$
- a. Setarakan persamaan reaksi tersebut!
- b. Hitung mol PbO , gas O_2 , NO_2 yang dihasilkan.
- c. Tentukan massa PbO yang dihasilkan.
- d. Tentukan volum O_2 pada STP.
- e. Tentukan jumlah molekul NO_2 .

Bab VI

Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit



Sumber: Dokumentasi Penerbit

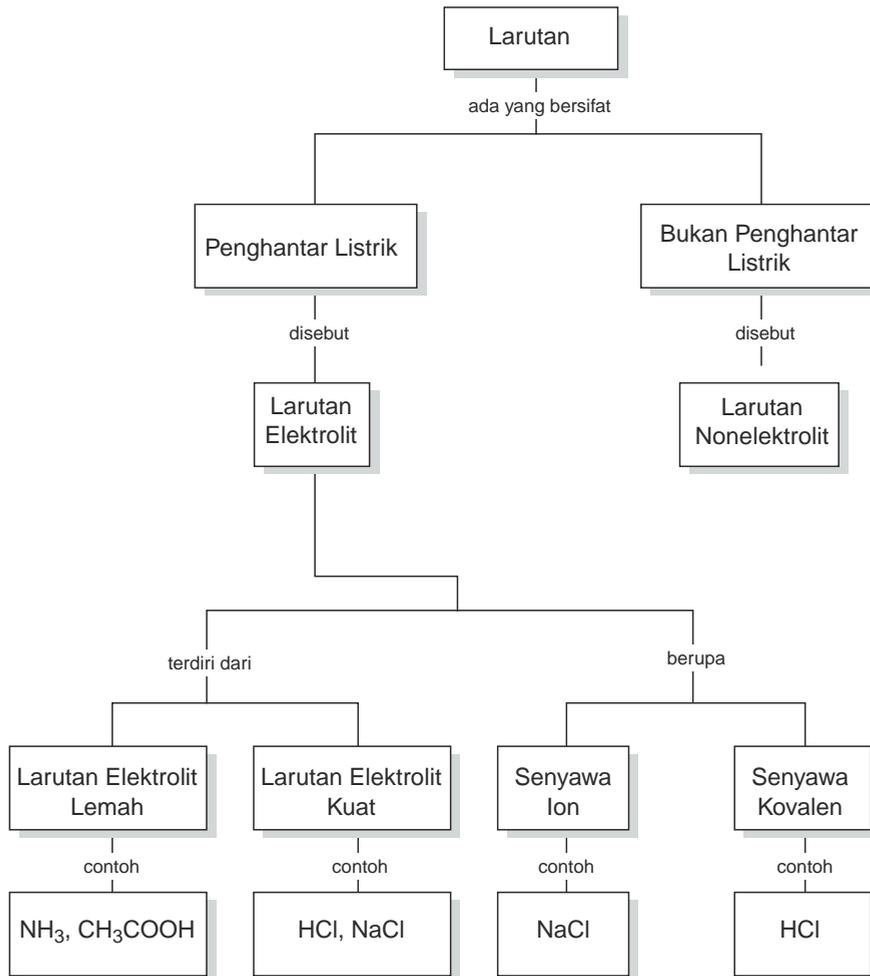
Air laut merupakan elektrolit karena di dalamnya terdapat ion-ion seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , dan CO_3^{2-} .

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. mengidentifikasi sifat-sifat larutan elektrolit dan nonelektrolit melalui percobaan,
2. menjelaskan penyebab kemampuan larutan elektrolit menghantarkan arus listrik,
3. menjelaskan kekuatan larutan elektrolit,
4. menentukan larutan elektrolit yang berasal dari senyawa ion dan senyawa kovalen.

PETA KONSEP



Larutan mempunyai peranan penting dalam kehidupan maupun di bidang industri. Makanan yang disebarkan ke seluruh tubuh, diubah dulu menjadi zat dalam bentuk *larutan*. Mineral dari tanah diserap tumbuh-tumbuhan dalam bentuk larutan. Reaksi-reaksi kimia di laboratorium atau di pabrik-pabrik industri kimia juga umumnya dalam bentuk larutan. Larutan dapat *berwujud cair* seperti larutan gula, *berwujud gas* seperti udara, dan *berwujud padat* yang diberi nama alloy contohnya perunggu.

Bergantung pada jenis zat terlarutnya, larutan ada yang bersifat *elektrolit* dan *nonelektrolit*. Apa yang dimaksud dengan larutan elektrolit dan nonelektrolit? Apa yang menyebabkan perbedaannya?

A. Komponen Larutan



Sumber: New Stage Chemistry

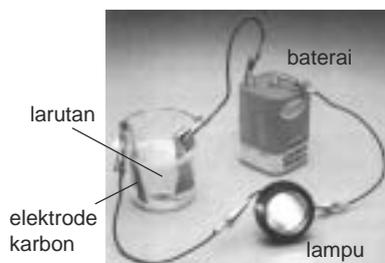
Gambar 6.1 Berbagai zat dalam bentuk larutan

Berbagai zat di laboratorium sebelum direaksikan, biasanya sudah dibuat dalam bentuk larutannya. Larutan termasuk ke dalam campuran homogen yang komponennya terdiri atas zat terlarut dan pelarut. Pelarut yang biasa digunakan adalah air, sedangkan *zat terlarut* terdiri dari berbagai senyawa baik *senyawa ion* maupun *senyawa kovalen*. Contoh senyawa ion yaitu KCl, NaOH, NaCl. Contoh senyawa kovalen yaitu $C_6H_{12}O_6$, NH_3 , HCl, dan C_2H_5OH .

Untuk keperluan penelitian, jumlah zat terlarut di dalam pelarutnya ditentukan dalam satuan tertentu, misalnya dalam % volum dan *molaritas* (akan dibahas di kelas XI).

B. Daya Hantar Listrik Berbagai Larutan

Bila kita memegang kabel berarus listrik yang terkelupas isolatornya maka dapat tersengat aliran listrik. Mengapa? Hal ini terjadi karena di dalam tubuh kita terdapat larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Apakah semua larutan menghantarkan listrik?



Sumber: Lawrie Ryan, Chemistry For You

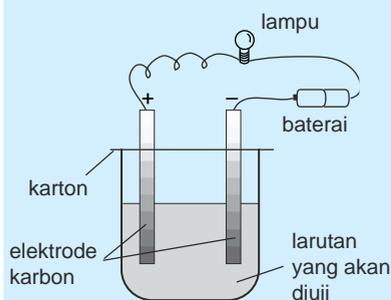
Untuk menguji daya hantar listrik larutan digunakan alat uji elektrolit yang dapat dirangkai sendiri dari lampu, kabel, elektrode karbon, dan batu baterai. Perhatikan Gambar 6.2.

Gambar 6.2 Alat penguji daya hantar listrik larutan

Untuk menguji daya hantar listrik larutan, lakukan kegiatan berikut ini!

KEGIATAN 6.1 *Klasifikasi*

Daya Hantar Listrik Larutan



1. Sediakan berbagai larutan yang akan diuji yaitu larutan garam dapur, gula, cuka, natrium hidroksida, alkohol, dan asam klorida di dalam gelas kimia kecil dengan volum yang sama.
2. Celupkan alat penguji elektrolit pada larutan garam dapur seperti pada gambar di samping!
3. Amati lampu dan keadaan larutan di sekitar elektrode karbon, catat dalam tabel pengamatan.
4. Lakukan hal yang sama untuk larutan lainnya. Setiap akan digunakan, elektrode dicuci dulu.

Pertanyaan:

1. Larutan mana yang dapat menghantarkan listrik dan yang tidak?
2. Tulis rumus zat terlarut pada masing-masing larutan!

Dari percobaan di atas kamu dapat mengamati ada larutan yang dapat menyebabkan lampu menyala dan gelembung gas di sekitar elektrode. *Larutan tersebut dapat menghantarkan listrik* atau disebut *larutan elektrolit*.

Larutan yang tidak menyebabkan lampu menyala dan gelembung gas adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan listrik atau disebut *larutan nonelektrolit*. Sekarang coba kamu perhatikan hasil pengujian daya hantar listrik terhadap beberapa larutan pada tabel berikut.

Tabel 6.1 Pengujian daya hantar listrik beberapa larutan

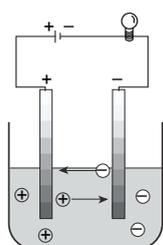
Bahan	Rumus Zat Terlarut	Nyala Lampu	Pengamatan pada Elektrode (Gelembung Gas)
Air suling	—	—	—
Alkohol 70%	C_2H_5OH	—	—
Larutan gula	$C_{12}H_{22}O_{11}$	—	—
Larutan asam klorida	HCl	Terang	Ada
Larutan natrium hidroksida	$NaOH$	Terang	Ada
Larutan asam asetat (cuka)	CH_3COOH	Redup	Ada
Larutan amonia	NH_3	Redup	Ada
Larutan natrium klorida	$NaCl$	Terang	Ada

Sumber: Ebbing, *General Chemistry*

Berdasarkan data pada Tabel 6.1 kamu dapat menggolongkan larutan berdasarkan daya hantar listriknya yaitu sebagai berikut.

1. *Larutan elektrolit* yaitu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, seperti larutan garam dapur, natrium hidroksida, hidrogen klorida, amonia, dan cuka.
2. *Larutan nonelektrolit* yaitu larutan yang tidak menghantarkan arus listrik, seperti air suling, larutan gula, dan alkohol.

Mengapa larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik?



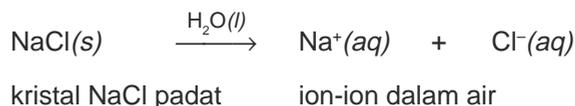
Gambar 6.3
Ion-ion bergerak menuju elektrode

Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju elektrode dengan muatan yang berlawanan. Melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar, akibatnya larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik.

Gula pasir, urea, dan alkohol jika dilarutkan dalam air tidak terurai menjadi ion-ion. Dalam larutan itu, zat-zat tersebut tetap berwujud molekul-molekul netral yang tidak bermuatan listrik, maka larutan-larutan tersebut tidak menghantarkan arus listrik atau nonelektrolit.

Berdasarkan penjelasan ini maka penyebab larutan dapat menghantarkan listrik adalah karena adanya ion-ion positif dan ion negatif yang berasal dari senyawa elektrolit yang terurai dalam larutan.

Penguraian senyawa elektrolit menjadi ion-ionnya disebut reaksi ionisasi. Contohnya NaCl dalam air terurai menjadi Na^+ dan Cl^- . Cara penulisan reaksi ionisasinya adalah sebagai berikut:



C. Kekuatan Larutan Elektrolit

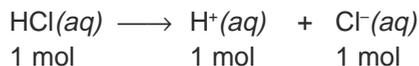
Perhatikan data percobaan terhadap asam klorida dan asam cuka pada Tabel 6.1. Mengapa nyala lampu berbeda?

Pada data percobaan, larutan HCl dapat menyebabkan lampu menyala terang, sedangkan larutan asam cuka menyebabkan lampu menyala redup. Berdasarkan hal ini larutan digolongkan menjadi dua kelompok yaitu larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah.

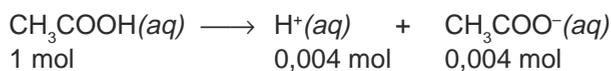
1. *Larutan elektrolit kuat* yaitu larutan yang daya hantar listriknya kuat, contohnya larutan NaCl, NaOH, HCl, dan H_2SO_4 .
2. *Larutan elektrolit lemah* yaitu larutan yang daya hantar listriknya lemah, contohnya larutan CH_3COOH dan NH_3 .

Apa perbedaan larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah? Sebagai contoh akan dibedakan bagaimana ionisasi HCl dan CH₃COOH dalam air.

Jika HCl dilarutkan dalam air, hampir seluruh molekul HCl akan terurai membentuk ion H⁺ dan ion Cl⁻. HCl terionisasi sempurna, artinya, jika 1 mol HCl dilarutkan akan dihasilkan 1 mol ion H⁺ dan 1 mol ion Cl⁻.



Larutan CH₃COOH tidak terionisasi sempurna tetapi hanya sebagian. Pada CH₃COOH sekitar 0,4% molekul yang terionisasi, artinya jika 1 mol CH₃COOH dilarutkan dalam air, jumlah ion H⁺ dan ion CH₃COO⁻ masing-masing hanya 0,004 mol.



Berdasarkan uraian ini maka *kekuatan daya hantar listrik dari larutan elektrolit bergantung dari jumlah ion-ion yang ada dalam larutan.*

Secara garis besar, perbedaan larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Perbedaan elektrolit kuat dan lemah

Elektrolit Kuat	Elektrolit Lemah
1. Dalam air akan terionisasi sempurna.	1. Dalam air hanya terionisasi sebagian.
2. Zat terlarut berada dalam bentuk ion-ion dan tidak ada molekul zat terlarut yang netral.	2. Zat terlarut sebagian besar berbentuk molekul netral dan hanya sedikit yang berbentuk ion.
3. Jumlah ion dalam larutan relatif banyak.	3. Jumlah ion dalam larutan relatif sedikit.
4. Daya hantar listrik kuat.	4. Daya hantar listrik lemah.

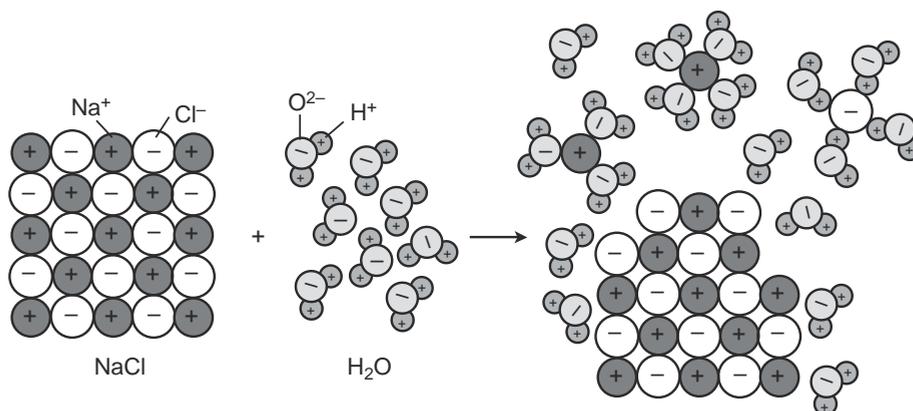
D. Senyawa-Senyawa Pembentuk Larutan Elektrolit

Senyawa-senyawa elektrolit dapat merupakan senyawa ion dan senyawa kovalen. Bagaimana terjadinya ion-ion dari senyawa ion maupun kovalen? Sebagai contoh dapat dipelajari dari proses pelarutan NaCl dan pelarutan HCl.

1. Senyawa Ion

NaCl merupakan senyawa ion. Jika kristal NaCl dilarutkan dalam air, maka ikatan antara ion positif Na^+ dan ion negatif Cl^- terputus dan ion-ion itu berinteraksi dengan molekul air. Ion-ion ini dikelilingi oleh molekul air. Peristiwa ini disebut *hidrasi*. Dalam keadaan terhidrasi, ion-ion bebas bergerak di seluruh bagian larutan.

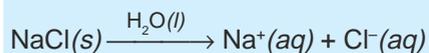
Perhatikan ilustrasi proses hidrasi senyawa ion pada Gambar 6.4!



Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry With Qualitative Analysis*

Gambar 6.4 Proses hidrasi senyawa ion

Pelarutan NaCl dalam air dinyatakan dengan persamaan berikut:



Semua senyawa ion merupakan zat elektrolit, sebab jika larut dalam air dapat menghasilkan ion-ion. Beberapa reaksi ionisasi dari larutan elektrolit dapat dilihat pada contoh berikut.

Contoh:



NaCl padat (kristal) tidak menghantarkan listrik karena ion-ionnya terikat kuat. Apabila NaCl dilelehkan pada temperatur $\pm 800^\circ\text{C}$, ion Na^+ dan Cl^- akan dapat bergerak bebas sehingga lelehan NaCl akan merupakan penghantar listrik yang baik.

Latihan 6.1

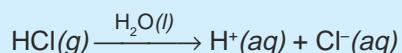
Tulis reaksi ionisasi dari senyawa-senyawa berikut.

- | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|----------|
| a. NaOH | d. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | g. HCOOH |
| b. Na_2CO_3 | e. HNO_3 | h. KCl |
| c. CaCl_2 | f. CH_3COOH | |

2. Senyawa Kovalen

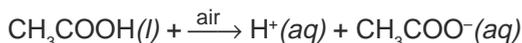
Senyawa kovalen adalah senyawa yang atom-atomnya bergabung melalui ikatan kovalen. Senyawa kovalen polar terbentuk karena dua atom yang bergabung mempunyai perbedaan keelektronegatifan. Contoh senyawa kovalen polar, di antaranya larutan asam klorida, larutan amonia, dan asam cuka murni. Senyawa-senyawa ini dalam bentuk murni bukan penghantar listrik yang baik, tetapi bila senyawa-senyawa tersebut dilarutkan dalam air akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan listrik.

Apakah yang menyebabkan hal tersebut terjadi? HCl merupakan senyawa kovalen polar. Air juga merupakan molekul polar yang mempunyai kutub positif dan negatif. Ketika HCl dilarutkan ke dalam air, terjadilah pembentukan ion, yaitu ion H^+ dan ion Cl^- . Reaksi ionisasinya:

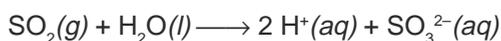
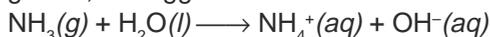


Beberapa senyawa kovalen polar dapat terionisasi tapi tidak sempurna, hanya sedikit ion yang dihasilkan pada saat pelarutan maka larutan bersifat elektrolit lemah. Contoh HNO_2 dan CH_3COOH .

Reaksi ionisasinya: $\text{HNO}_2(l) + \xrightarrow{\text{air}} \text{H}^+(aq) + \text{NO}_2^-(aq)$



Selain proses pelarutan, larutan elektrolit ada yang dihasilkan akibat reaksi senyawa kovalen dengan air, sehingga membentuk ion-ion. Contoh NH_3 dan SO_2 . Reaksi :



Latihan 6.2

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tuliskan gejala-gejala yang terjadi pada sebuah tabel, jika larutan urea, kalium iodida, amonium klorida, asam sulfat, cuka, dan magnesium sulfat (garam Inggris) diuji daya hantar listriknya dengan alat uji elektrolit.
2. Tuliskan reaksi ionnya dari soal no. 1 yang merupakan larutan elektrolit.

INFO KIMIA

Larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik karena mengandung ion-ion. Beberapa ion sangat diperlukan tubuh manusia. Penyakit anemia disebabkan kekurangan ion Fe^{2+} dalam darah.

Rangkuman

1. Larutan merupakan campuran homogen yang komponennya terdiri dari zat terlarut dan pelarut. Pelarut yang digunakan air, sedangkan zat terlarut terdiri dari senyawa ion atau senyawa kovalen polar.
2. Larutan elektrolit
 - Larutan yang bersifat dapat menghantarkan arus listrik.
 - Larutan dengan zat terlarutnya dalam air akan terurai menjadi ion negatif dan ion positif.
3. Larutan nonelektrolit
 - Larutan yang bersifat *tidak* dapat menghantarkan arus listrik.
 - Larutan dengan zat terlarutnya dalam air tidak terionisasi.
4. Berdasarkan kekuatannya menghantarkan listrik, larutan elektrolit digolongkan menjadi larutan elektrolit lemah dan kuat.

Kata Kunci

- Campuran homogen
- Larutan
- Larutan elektrolit
- Larutan nonelektrolit
- Senyawa ion
- Senyawa kovalen polar

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Lampu alat pengujian elektrolit tidak menyala ketika elektrodanya dicelupkan ke dalam larutan asam cuka, tetapi pada elektrode terbentuk gelembung-gelembung gas. Penjelasan untuk keadaan ini adalah
 - A. larutan asam cuka bukan larutan elektrolit
 - B. gas yang terbentuk adalah cuka yang menguap
 - C. asam cuka merupakan elektrolit kuat
 - D. sedikit sekali asam cuka yang terionisasi
 - E. alat pengujian elektrolit rusak

7. Jika asam cuka dilarutkan ke dalam air, hanya sebagian kecil yang terurai menjadi ion-ion, karena asam cuka

1. elektrolit lemah
2. senyawa kovalen
3. senyawa ion
4. senyawa kovalen polar

yang benar adalah

- | | |
|---------|---------|
| A. 1, 2 | D. 2, 3 |
| B. 1, 3 | E. 3, 4 |
| C. 1, 4 | |

8. Amonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dilarutkan ke dalam air sesuai dengan persamaan reaksi

- A. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
- B. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
- C. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow 2 \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
- D. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{NH}_4^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
- E. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow 2 \text{NH}_4^+(\text{aq}) + 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

9. Berikut ini beberapa reaksi ionisasi.

1. $\text{CaCl}_2(\text{aq}) \longrightarrow \text{Ca}^+ + \text{Cl}^-$
2. $\text{NaNO}_3(\text{aq}) \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{N}^-(\text{aq}) + 3 \text{O}^{2-}(\text{aq})$
3. $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow 2 \text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
4. $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + 2 \text{SO}_4$

Reaksi yang benar adalah

- | | |
|------------|-----------|
| A. 1, 2, 3 | D. 2, 4 |
| B. 1, 2 | E. 3 saja |
| C. 2, 3 | |

10.

	K^+	Ca^{2+}	Al^{3+}
NO_3^-	KNO_3 I	CaNO_3 II	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ III
SO_4^{2-}	K_2SO_4 IV	CaSO_4 V	Al_2SO_4 VI

Rumus kimia pada kotak di atas yang salah adalah

- | | |
|-----------|------------|
| A. I, II | D. II, VI |
| B. I, III | E. III, VI |
| C. II, IV | |

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. a. Salin tabel berikut dan lengkapi dengan rumus kimia dari masing-masing kation dan anion.

	Na ⁺	Mg ²⁺	H ⁺
Cl ⁻
OH ⁻	H ₂ O
Br ⁻
NO ₃ ⁻	HNO ₃

- b. Tuliskan nama dari setiap rumus.
c. Tentukan yang termasuk senyawa ion dan senyawa kovalen.
d. Tulis masing-masing reaksi ionnya.
2. Mengapa jika akan memperbaiki gangguan listrik, kaki tidak boleh basah dan harus bersepatu karet? Jelaskan!
3. Jika zat berikut ini: NaOH, KCl, H₂SO₄, C₆H₁₂O₆, CO(NH₂)₂, HCl, KOH, CH₃COOH, CCl₄, NH₃ dilarutkan dalam air, manakah yang tergolong
- larutan nonelektrolit,
 - larutan elektrolit kuat,
 - larutan elektrolit lemah.
4. Coba jelaskan mengapa air hujan jika diuji hantaran listriknya oleh alat uji elektrolit lampunya tidak menyala, tetapi air laut lampunya menyala.

Tugas

Untuk percobaan pengujian daya hantar listrik larutan cobalah buat rangkaian "Elektrolit Tester" dengan desain yang menarik. Contohnya, lampu dibuat sebagai lampu taman. Buatlah taman dari bahan bekas seperti triplek, styrofoam, kertas warna, dan pohon kering. Gunakan batu batere dan kabel secukupnya. Lampu dapat juga diganti dengan bel listrik atau lampu *spot light* yang berwarna, sehingga pada saat digunakan untuk menguji larutan akan lebih menarik dan menambah semangat pada saat praktikum. Hasil karyamu dapat dipamerkan.

Bab VII

Reaksi Oksidasi-Reduksi



Sumber: Dokumentasi Penerbit

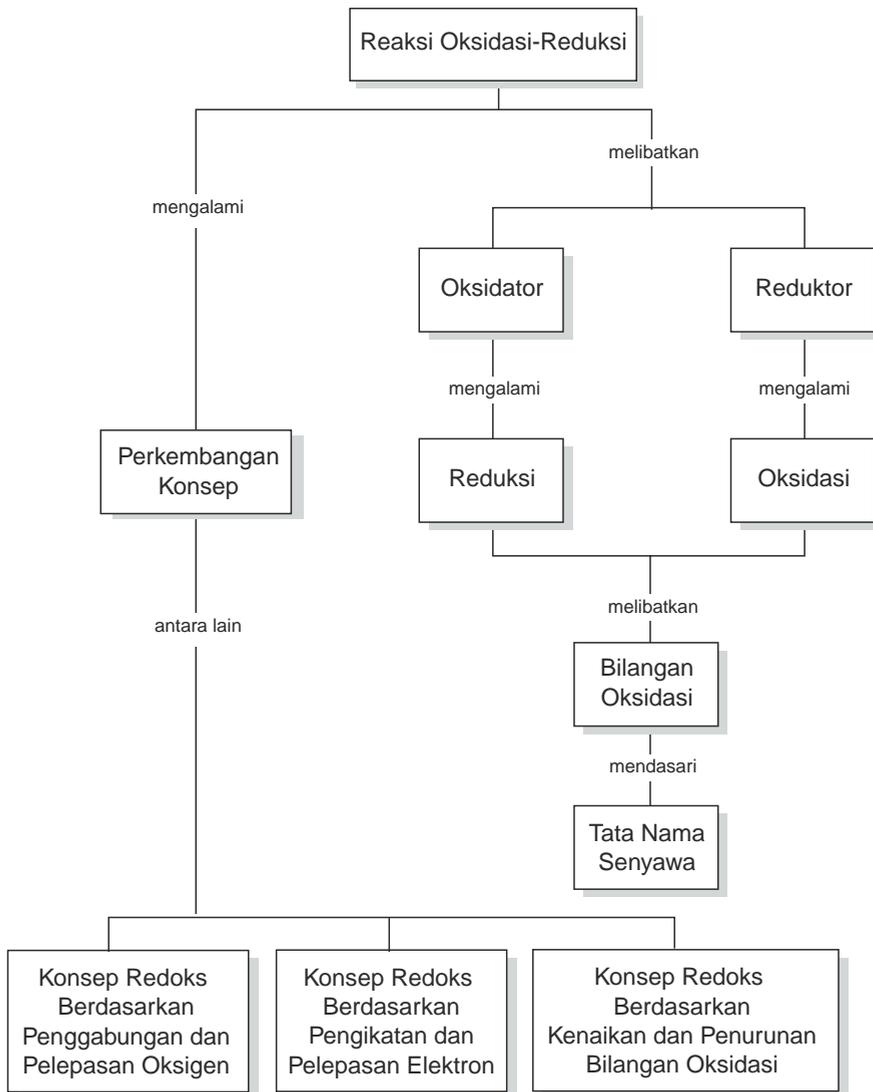
Perkaratan besi merupakan proses reaksi oksidasi-reduksi.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan konsep reaksi oksidasi-reduksi berdasarkan penggabungan dan pelepasan oksigen,
2. menjelaskan konsep reaksi oksidasi-reduksi berdasarkan pengikatan dan pelepasan elektron,
3. menjelaskan konsep reaksi oksidasi-reduksi berdasarkan kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi,
4. menunjukkan zat yang bertindak sebagai oksidator atau reduktor pada suatu reaksi oksidasi-reduksi,
5. menuliskan tata nama senyawa berdasarkan harga bilangan oksidasi logam pembentuknya.

PETA KONSEP



Di sekitar kita terdapat berbagai proses kimia yang dapat dijelaskan dengan konsep reaksi redoks. Contohnya proses pembakaran bahan bakar, bahan makanan menjadi basi karena teroksidasi oleh udara, penggunaan baterai sebagai sumber listrik, penyepuhan logam, dan perkaratan.

Pengertian oksidasi-reduksi berkembang sesuai dengan konsep-konsep yang menyertainya, mulai dari konsep *penggabungan* dan *pelepasan oksigen*, konsep pengikatan dan pelepasan elektron, serta konsep *bilangan oksidasi*. Konsep ini sangat membantu dalam penjelasan proses oksidasi-reduksi. Pada reaksi redoks dikenal zat-zat *oksidator* dan *reduktor*. Pada bab ini akan dijelaskan perkembangan konsep reaksi redoks, tata nama berdasarkan bilangan oksidasi, dan penerapan konsep redoks.

A. Konsep Reaksi Oksidasi Reduksi

Salah satu reaksi kimia yang terpenting adalah reaksi oksidasi-reduksi. Reaksi ini tidak dapat dibahas satu per satu, sebab keduanya tidak dapat dipisahkan. Jika terjadi *reaksi oksidasi* selalu disertai *reaksi reduksi*.

Pada mulanya, kira-kira pada abad ke-19, ahli kimia meninjau reaksi redoks hanya dari konsep reaksi dengan oksigen. Kini konsep reaksi redoks mengalami perkembangan yaitu ditinjau dari *pengikatan dan pelepasan elektron* serta *perubahan bilangan oksidasi*.

1. Konsep Reaksi Oksidasi Reduksi Berdasarkan Penggabungan dan Pelepasan Oksigen

Sejak dulu para ahli mengamati bahwa dalam reaksi kimia, jika suatu zat menerima oksigen, zat itu dikatakan mengalami *oksidasi*, reaksinya disebut reaksi oksidasi. Jika zat melepaskan oksigen, zat itu mengalami *reduksi*, reaksinya disebut reaksi reduksi. Pengertian oksidasi dan reduksi dapat dijelaskan dengan contoh-contoh reaksi berikut.

Contoh:

- Magnesium terbakar dalam oksigen sesuai dengan persamaan reaksi:
$$2 \text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2 \text{MgO}(s)$$

Magnesium mengikat oksigen berarti magnesium mengalami oksidasi.
- Reaksi antara logam seng dan tembaga(II) oksida dengan persamaan reaksi:
$$\text{Zn}(s) + \text{CuO}(aq) \rightarrow \text{ZnO}(aq) + \text{Cu}(s)$$

Tembaga(II) oksida melepaskan oksigen dan seng mengikat oksigen, berarti tembaga(II) oksida mengalami reduksi, seng mengalami oksidasi. Seng disebut zat pereduksi atau reduktor, sedangkan tembaga(II) oksida adalah zat pengoksidasi atau oksidator.

- c. Reaksi antara tembaga(II) oksida dan hidrogen dengan persamaan reaksi:
 $\text{CuO}(s) + \text{H}_2(g) \square \square \text{Cu}(s) + \text{H}_2\text{O}(l)$

Tembaga(II) oksida melepaskan oksigen maka CuO mengalami reduksi. Hidrogen mengikat oksigen dari tembaga(II) oksida, hidrogen mengalami oksidasi.

Reaksi oksidasi dan reduksi terjadi bersamaan. Misalnya pada reaksi $\text{CuO}(s)$ dan $\text{H}_2(g)$. CuO mengoksidasi H_2 berarti *mengalami reduksi*, disebut oksidator. H_2 *mereduksi* CuO berarti *mengalami oksidasi*, disebut reduktor. Persamaan reaksinya ditulis:



Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut.

Oksidasi adalah peristiwa pengikatan oksigen.
 Reduksi adalah peristiwa pelepasan oksigen.
 Oksidator adalah zat yang mengalami reduksi atau zat yang mengoksidasi zat lain.
 Reduktor adalah zat yang mengalami oksidasi atau zat yang mereduksi zat lain.

Latihan 7.1

Tentukan zat yang mengalami oksidasi, reduksi, sebagai oksidator, dan sebagai reduktor dari reaksi-reaksi berikut:

1. $\text{PbO}(s) + \text{H}_2(g) \square \square \text{Pb}(s) + \text{H}_2\text{O}(l)$
2. $2 \text{CuS}(s) + 3 \text{O}_2(g) \square \square 2 \text{CuO}(s) + 2 \text{SO}_2(g)$
3. $\text{ZnO}(s) + \text{C}(s) \square \square \text{Zn}(s) + \text{CO}(g)$
4. $2 \text{Al}(s) + \text{Fe}_2\text{O}_3(s) \square \square \text{Al}_2\text{O}_3(l) + 2 \text{Fe}(s)$

2. Konsep Reaksi Oksidasi Reduksi Berdasarkan Pengikatan dan Pelepasan Elektron

Dahulu pengertian reaksi oksidasi–reduksi hanya digunakan untuk reaksi-reaksi yang berlangsung dengan adanya perpindahan oksigen. Konsep ini kemudian berkembang terutama setelah konsep struktur atom dipahami. Melalui konsep struktur atom maka konsep oksidasi–reduksi dapat juga dijelaskan berdasarkan pengikatan dan pelepasan elektron, perhatikan uraian berikut!

Untuk mempelajari konsep ini perhatikan reaksi logam magnesium dengan asam menghasilkan ion Mg^{2+} dengan persamaan reaksi:

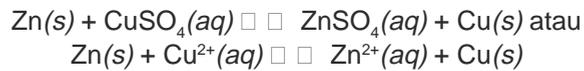


Atom magnesium, Mg, berubah menjadi ion magnesium, Mg^{2+} , sambil melepaskan elektron: $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(s) + 2 e^-$.

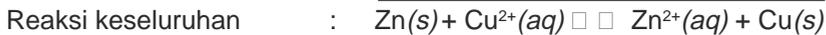
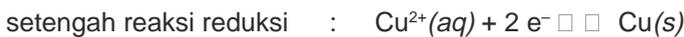
Ion hidrogen, H^+ , berubah menjadi H_2 , berarti ion hidrogen, H^+ mengikat elektron yang dihasilkan Mg: $2 H^+(aq) + 2 e^- \rightarrow H_2(g)$.

Pada reaksi ini Mg bertindak sebagai reduktor dan hidrogen sebagai oksidator. Jadi, *oksidator adalah zat yang mengikat elektron dan reduktor adalah zat yang melepaskan elektron.*

Perhatikan contoh reaksi antara logam seng dan larutan tembaga sulfat di bawah ini.



Reaksi ini dapat ditulis dalam dua tahap yang disebut setengah reaksi, yaitu:



Reaksi keseluruhan adalah jumlah dari kedua setengah reaksi, yaitu setengah reaksi oksidasi dan setengah reaksi reduksi yang disebut reaksi redoks. Reaksi di atas menunjukkan terjadinya pelepasan dan pengikatan elektron, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

Oksidasi adalah peristiwa pelepasan elektron.

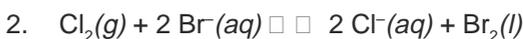
Reduksi adalah peristiwa pengikatan elektron.

Proses oksidasi dan reduksi berlangsung dalam satu reaksi.

Oksidator adalah pengikat elektron. Reduktor adalah pelepas elektron.

Latihan 7.2

Tentukan setengah reaksi dari reaksi-reaksi berikut. Tunjukkan zat oksidator dan reduktornya.



3. Konsep Reaksi Oksidasi-Reduksi Berdasarkan Perubahan Bilangan Oksidasi

Para ilmuwan telah menciptakan suatu metode untuk menentukan oksidator dan reduktor dalam suatu reaksi redoks yaitu menggunakan konsep bilangan oksidasi. Bilangan oksidasi suatu unsur menggambarkan kemampuan unsur tersebut berikatan dan menunjukkan bagaimana peranan elektron dalam suatu senyawa. Untuk memahaminya berikut akan diuraikan cara menentukan bilangan oksidasi dan penggunaan bilangan oksidasi pada reaksi redoks.

a. Bilangan Oksidasi

Bilangan oksidasi atau tingkat oksidasi diterangkan berdasarkan komposisi senyawa, keelektronegatifan relatif unsur, dan menurut beberapa aturan.

Aturan untuk menentukan bilangan oksidasi unsur adalah sebagai berikut.

- 1) Bilangan oksidasi atom unsur bebas adalah nol.
Aturan ini berlaku untuk setiap unsur dalam satuan rumus, misalnya dalam H_2 , N_2 , O_2 , P_4 , S_8 , Na, Mg, Fe, dan Al.
- 2) Bilangan oksidasi hidrogen dalam senyawa = +1, misalnya dalam HCl, NH_3 , dan H_2SO_4 .
Dalam hidrida logam, bilangan oksidasi hidrogen = -1, misalnya dalam NaH dan CaH_2 .
- 3) Bilangan oksidasi oksigen dalam senyawanya sama dengan -2, kecuali dalam peroksida misalnya, H_2O_2 , Na_2O_2 , BaO_2 = -1, dan dalam OF_2 sama dengan +2.
- 4) Bilangan oksidasi suatu ion monoatomik sama dengan muatannya, contohnya bilangan oksidasi Na^+ = +1, Mg^{2+} = +2, Al^{3+} = +3, Cl^- = -1, dan S^{2-} = -2.
- 5) Dalam senyawa, bilangan oksidasi unsur golongan alkali sama dengan +1, dan unsur golongan alkali tanah sama dengan +2.

Contoh:

Bilangan oksidasi K dalam KCl, $KMnO_4$, $KHSO_4$, $KClO_4$ sama dengan +1.

Bilangan oksidasi Ca dalam $CaSO_4$, $CaHCO_3$, $CaCl_2$ sama dengan +2.

- 6) Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam senyawa sama dengan nol.

Contoh:

Bilangan oksidasi SO_2

Jumlah bilangan 2 O = $2 \times (-2) = -4$

Bilangan oksidasi S = +4

Jumlah bilangan oksidasi SO_2 = $(+4) + (-4) = 0$

- 7) Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam suatu ion yang terdiri atas beberapa unsur sama dengan muatannya.

Contoh:

Jumlah bilangan oksidasi pada $\text{SO}_4^{2-} = -2$
-2 berasal dari 1 x bilangan oksidasi S + 4 x bilangan oksidasi O yaitu
 $-2 = (1 \times (+6)) + (4 \times (-2))$

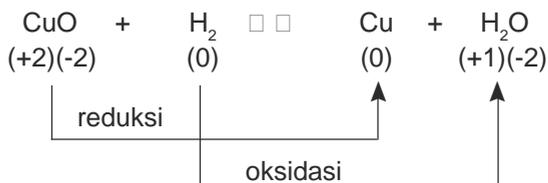
Latihan 7.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan bilangan oksidasi mangan pada
 - a. ion MnO_4^-
 - b. MnO_2
2. Tentukan bilangan oksidasi krom pada
 - a. ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
 - b. CrO_3
 - c. $[\text{Cr}(\text{Cl})_6]^{3-}$
3. Tentukan bilangan oksidasi masing-masing unsur pada
 - a. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
 - b. HNO_3
 - c. NaNO_3

b. Penggunaan Bilangan Oksidasi pada Reaksi Redoks

Pada suatu reaksi, perubahan bilangan oksidasi unsur-unsurnya menunjukkan terjadinya reaksi oksidasi dan reduksi. Untuk memahaminya perhatikan reaksi berikut.



Oksidator : CuO

hasil oksidasi : H_2O

Reduktor : H_2

hasil reduksi : Cu

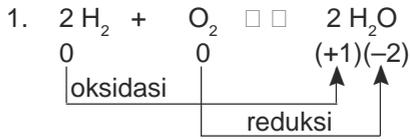
Bilangan oksidasi Cu pada CuO = +2 dan pada Cu = 0. Bilangan oksidasi Cu mengalami penurunan dari +2 menjadi 0. Bilangan oksidasi H pada $\text{H}_2 = 0$ dan pada $\text{H}_2\text{O} = +1$. Bilangan oksidasi H mengalami kenaikan dari 0 menjadi +1.

Pada reaksi tersebut dinyatakan CuO mengalami reduksi dan H_2 mengalami oksidasi. Dengan demikian berdasarkan perubahan bilangan oksidasinya, *oksidasi* adalah peristiwa kenaikan bilangan oksidasi dan *reduksi* adalah peristiwa penurunan bilangan oksidasi.

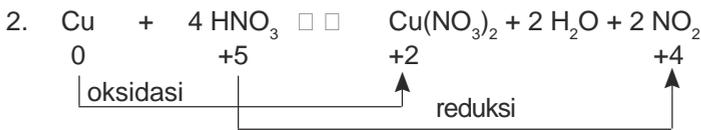
Pada reaksi ini CuO bertindak sebagai oksidator. H_2 bertindak sebagai reduktor.

Penggunaan bilangan oksidasi pada reaksi redoks lainnya dapat dilihat pada contoh berikut.

Contoh:



Oksidator : O_2 hasil oksidasi : H_2O atau H^+
 Reduktor : H_2 hasil reduksi : H_2O atau O^{2-}



Oksidator : HNO_3 hasil oksidasi : $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ atau Cu^{2+}
 Reduktor : Cu hasil reduksi : NO_2

Dari penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

Oksidasi adalah peristiwa kenaikan bilangan oksidasi suatu unsur.
 Reduksi adalah peristiwa penurunan bilangan oksidasi suatu unsur.
 Oksidator mengalami penurunan bilangan oksidasi.
 Reduktor mengalami kenaikan bilangan oksidasi.

Latihan 7.4

Jelaskan dengan menggunakan perubahan bilangan oksidasi, peristiwa reduksi dan oksidasi, serta tunjukkan zat oksidator dan zat reduktor pada reaksi berikut.

1. $\text{Ca}(s) + 2 \text{HCl}(aq) \quad \square \quad \square \quad \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$
2. $\text{Cl}_2(g) + 2 \text{NaBr}(aq) \quad \square \quad \square \quad 2 \text{NaCl}(aq) + \text{Br}_2(g)$
3. $\text{Zn}(s) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \quad \square \quad \square \quad \text{ZnSO}_4(aq) + \text{H}_2(g)$
4. $\text{Fe}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \quad \square \quad \square \quad \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Cu}(s)$

B. Tata Nama Senyawa Berdasarkan Bilangan Oksidasi

Pada bab III telah dibahas tentang rumus kimia dan tata nama senyawa. Rumus-rumus tersebut sebenarnya terjadi atas dasar harga-harga bilangan oksidasi unsur-unsur penyusunnya yang pada bab III dikenalkan dalam bentuk muatan dari ion-ion.

Tata nama yang mengungkapkan atau menuliskan harga bilangan oksidasi unsurnya yaitu untuk senyawa-senyawa yang dibentuk oleh logam-logam yang mempunyai lebih dari satu harga bilangan oksidasi misalnya logam-logam transisi.

Bilangan oksidasi Fe : + 2, +3

Bilangan oksidasi Cu : + 1, +2

Bilangan oksidasi Mn : +2, +3, +4, +6, +7

Bilangan oksidasi Cr : +2, +3, +6

Tata nama untuk senyawa dari unsur-unsur tersebut ada dua cara yaitu sebagai berikut.

1. Menyebutkan nama logam dalam bahasa Indonesia, diikuti dengan bilangan oksidasi logam dalam tanda kurung, kemudian nama suku pertama nonlogam yang dirangkai dengan akhiran *-ida*. Misalnya tembaga mempunyai dua macam bilangan oksidasi, yaitu Cu^+ dan Cu^{2+} , contoh tata nama senyawanya yaitu sebagai berikut.

Rumus Senyawa	Nama Senyawa
Cu_2O	Tembaga(I) oksida
CuO	Tembaga(II) oksida
CuS	Tembaga(II) sulfida

2. Menyebutkan nama logam dalam bahasa Latin dengan akhiran *-o* untuk logam yang bilangan oksidasinya rendah dan akhiran *-i* untuk logam yang bilangan oksidasinya tinggi, diikuti dengan nama suku pertama nonlogam yang dirangkai dengan akhiran *-ida*. Berikut contoh tata nama senyawa tembaga dengan oksigen.

Rumus Senyawa	Nama Senyawa
Cu_2O	Cupro oksida
CuO	Cupri oksida

Latihan 7.5

Selesaikan soal-soal berikut.

1. Beri nama rumus senyawa berikut!
 KBr , CaO , Fe_2O_3 , FeCl_3 , CO , CO_2 , FeSO_4 , SnCl_4 , AlPO_4 , Cl_2O_3 , dan HgI_2 .
2. Tuliskan rumus senyawa-senyawa berikut.
 Besi(II) sulfida, timah(IV) nitrat, besi(III) karbonat, magnesium sulfat, natrium sulfat, kalium nitrat, dan natrium nitrit.

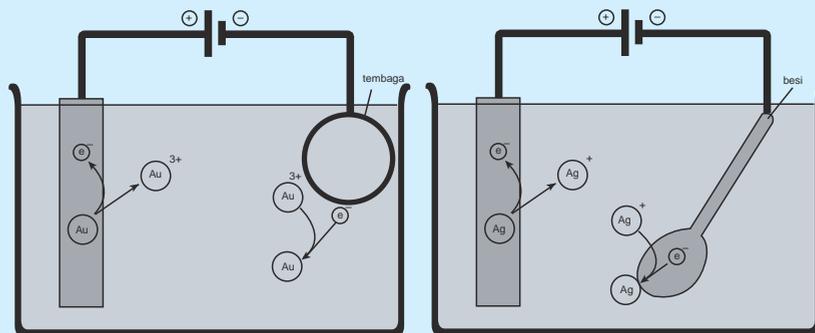
C. Penerapan Konsep Reaksi Oksidasi-Reduksi

Konsep reaksi oksidasi-reduksi banyak kita manfaatkan, contohnya pada penyepuhan emas. Emas termasuk logam yang harganya mahal, sehingga saat ini banyak perhiasan yang terbuat dari tembaga yang dilapisi emas melalui penyepuhan. Pada penyepuhan logam terjadi reaksi oksidasi-reduksi. Untuk memahami proses ini lakukan kegiatan berikut!

KEGIATAN 7.1

Penyepuhan

Perhatikan gambar penyepuhan gelang tembaga oleh emas dan sendok besi oleh perak berikut ini.



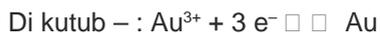
Sumber: New Stage Chemistry

Amati komponen apa yang berubah pada proses tersebut.

Pertanyaan:

1. Jelaskan bagaimana proses penyepuhan pada masing-masing percobaan!
2. Tentukan zat apa yang teroksidasi dan zat apa yang tereduksi pada masing-masing percobaan!
3. Tulis masing-masing reaksinya!

Penyepuhan merupakan contoh dari proses elektrolisis, reaksi akan terjadi karena adanya aliran listrik. Pada penyepuhan tembaga oleh emas, logam emas dihubungkan dengan kutub positif, tembaga pada kutub negatif. Kedua logam tersebut dicelupkan pada larutan AuCl_3 . Setelah beberapa saat logam emas akan larut membentuk ion Au^{3+} . Ion ini akan tereduksi menjadi Au pada kutub negatif yaitu tembaga. Lama-lama tembaga akan terlapisi emas. Reaksi yang terjadi:



Selain penyepuhan logam untuk perhiasan, penyepuhan ini banyak dilakukan pada benda-benda kerajinan untuk souvenir dari logam, misalnya sendok-sendok kecil dilapisi perak atau patung besi dilapisi emas. Benda-benda lain yang penggunaannya berdasarkan reaksi redoks antara lain aki dan batu baterai.

Latihan 7.6

Selesaikan soal-soal berikut.

1. Jelaskan proses yang terjadi pada penyepuhan benda dari besi oleh tembaga!
2. Berikan contoh penerapan konsep redoks pada kehidupan sehari-hari!

INFO KIMIA



Peluncuran roket seperti gambar menggunakan prinsip reaksi redoks. Untuk meluncurkan roket tersebut digunakan kerosin. Kerosin terbakar oleh oksigen memberikan energi untuk naik ke atas. Di angkasa roket menggunakan hidrogen yang dibakar dengan oksigen. Semua ini adalah reaksi redoks.

Sumber: New Stage Chemistry

Rangkuman

1. Reaksi redoks berkembang mulai dari konsep penggabungan dan pelepasan oksigen, pengikatan dan pelepasan elektron, serta kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi.
2. Pada konsep penggabungan dan pelepasan oksigen, oksidasi adalah peristiwa pengikatan oksigen sedangkan reduksi adalah peristiwa pelepasan oksigen.
3. Pada konsep pengikatan dan pelepasan elektron, oksidasi adalah peristiwa pelepasan elektron sedangkan reduksi adalah peristiwa pengikatan elektron.
4. Pada konsep kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi, oksidasi adalah peristiwa kenaikan bilangan oksidasi sedangkan reduksi adalah peristiwa penurunan bilangan oksidasi.
5. Zat yang mengalami oksidasi disebut reduktor.
Zat yang mengalami reduksi disebut oksidator.
6. Beberapa nama senyawa dapat ditentukan berdasarkan bilangan oksidasi logam-logamnya.
Contoh: Nama FeCl_2 adalah besi(II) klorida atau fero klorida
Nama FeCl_3 adalah besi(III) klorida atau feri klorida
Pada tata nama yang menggunakan bahasa Indonesia angka Romawi dan kurung menunjukkan bilangan oksidasi besi. Pada tata nama yang menggunakan nama latin, akhiran *-o* pada nama logam menunjukkan bilangan oksidasi logam yang lebih rendah dan akhiran *-i* menunjukkan bilangan oksidasi logam yang tinggi.

Kata Kunci

- Reduksi
- Oksidasi
- Reaksi redoks
- Oksidator
- Reduktor
- Bilangan oksidasi
- Penyepuhan

Evaluasi Akhir Bab

I. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Di antara reaksi berikut, manakah yang bukan reaksi redoks?
 - $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
 - $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
 - $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$
- Reaksi oksidasi yang benar adalah
 - $\text{Mg}(s) + 2 e^- \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq)$
 - $\text{Na}(s) \rightarrow \text{Na}^{2+}(aq) + 2 e^-$
 - $\text{Cu}(s) + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq)$
 - $\text{Al}(s) \rightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + 3 e^-$
 - $\text{Ca}(s) \rightarrow \text{Ca}^{3+}(aq) + 3 e^-$
- Dalam senyawa manakah mangan memiliki bilangan oksidasi tertinggi?
 - MnO_2
 - MnO
 - Mn_2O_3
 - K_2MnO_4
 - KMnO_4
- Bilangan oksidasi nitrogen dalam HNO_3 adalah
 - 5
 - 3
 - 0
 - +3
 - +5
- Reaksi reduksi dapat ditunjukkan oleh terjadinya
 - penambahan proton
 - pelepasan elektron
 - penambahan muatan atom
 - penambahan bilangan oksidasi
 - pengurangan bilangan oksidasi

6. Dalam persamaan reaksi: $\text{Zn}(s) + \text{NiCl}_2(aq) \rightarrow \text{ZnCl}_2(aq) + \text{Ni}(s)$, bilangan oksidasi Zn berubah dari
- A. 0 menjadi -2
B. 0 menjadi +2
C. -2 menjadi 0
D. +2 menjadi 0
E. -2 menjadi +2
7. Mangan yang tidak dapat dioksidasi lagi terdapat pada ion
- A. Mn^{2+}
B. Mn^{3+}
C. Mn^{4+}
D. MnO_4^-
E. MnO_4^{2-}
8. Pada reaksi: $2 \text{KClO}_3 \rightarrow 2 \text{KCl} + 2 \text{O}_2$
Atom klor mengalami perubahan bilangan oksidasi sebesar
- A. 3
B. 4
C. 5
D. 6
E. 7
9. Pada reaksi
 $2 \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Cl}_2(g) \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}(aq) + 2 \text{Cl}^-(aq)$
yang bertindak sebagai oksidator adalah
- A. Fe^{2+}
B. Cl_2
C. Fe^{3+}
D. Cl^-
E. Cl
10. Pada reaksi: $3 \text{Cu} + 8 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NO}$, yang bertindak sebagai pereduksi adalah
- A. Cu
B. HNO_3
C. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
D. H_2O
E. NO
11. Manakah yang merupakan reaksi redoks?
- A. $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$
B. $\text{ZnCO}_3 \rightarrow \text{ZnO} + \text{CO}_2$
C. $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{HCl}$
D. $\text{CuO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
E. $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$
12. Reaksi berikut: $\text{Mg} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ disebut reaksi redoks. Pernyataan yang benar dari reaksi di atas adalah
- A. logam Mg berubah menjadi senyawa MgCl_2
B. ion Cl^- berubah menjadi senyawa MgCl_2
C. senyawa HCl berubah menjadi MgCl_2
D. logam Mg mengikat H dari senyawa HCl
E. logam Mg mengalami peningkatan bilangan oksidasi dan hidrogen penurunan bilangan oksidasi

13. Pada reaksi reduksi logam tembaga dan asam nitrat berikut:
 $3 \text{Cu} + 8 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NO}$
- Bila 1 mol tembaga bereaksi maka berapa mol gas NO yang terbentuk?
- A. 0,2 mol
 B. 0,3 mol
 C. 0,66 mol
 D. 1 mol
 E. 1,5 mol
14. Suatu zat dengan rumus kimia CaCl_2 disebut
- A. kalium klorida
 B. kalsium klorida
 C. kalium diklorida
 D. karbon diklorida
 E. kalsium diklorida
15. Rumus kimia feri oksida adalah
- A. FeO
 B. $\text{Fe}(\text{OH})_2$
 C. Fe_3O_4
 D. Fe_2O_3
 E. $\text{Fe}(\text{OH})_3$
16. Suatu senyawa dengan rumus CuS disebut
- A. tembaga(I) sulfida
 B. tembaga(II) sulfida
 C. kuprum sulfida
 D. tembaga sulfida
 E. tembaga sulfat
17. Semua reaksi berikut ini merupakan reaksi redoks, *kecuali*
- A. besi dengan oksigen menjadi karat besi
 B. karbon dengan oksigen menjadi gas karbon dioksida
 C. asam klorida dengan natrium hidroksida menjadi garam dapur
 D. kayu dibakar menjadi arang
 E. logam dengan asam menghasilkan gas hidrogen
18. Manakah perubahan di bawah ini yang memerlukan suatu reduktor?
- A. $\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
 B. $\text{BrO}_3^- \rightarrow \text{BrO}^-$
 C. $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2$
 D. $\text{AsO}_3^{2-} \rightarrow \text{AsO}_4^{3-}$
 E. $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_4^-$
19. Di bawah ini tertulis nama senyawa berikut rumus kimianya.
1. Tembaga(I) oksida, Cu_2O
 2. Kalsium sulfat, CaSO_4
 3. Besi(III) karbonat, $\text{Fe}_3(\text{CO}_3)_2$
 4. Tembaga nitrat, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

yang benar adalah

- A. 1, 2, 3, dan 4
B. 1, 2, dan 3
C. 1, 2, dan 4
D. 1, 3
E. 1, 3, dan 4

20. Sendok aluminium dapat dilapisi oleh perak melalui proses penyepuhan. Manakah dari pernyataan di bawah ini yang tidak benar?
- A. Kedua logam tercelup dalam larutan perak nitrat ($\text{AgNO}_3(\text{aq})$)
B. Sendok aluminium dihubungkan dengan kutub positif dan logam perak dengan kutub negatif
C. Logam perak larut membentuk Ag^+
D. Ion Ag^+ akan tereduksi menjadi Ag pada kutub negatif
E. di kutub positif terjadi $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan jelas dan singkat.

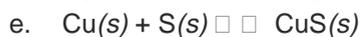
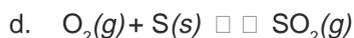
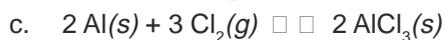
1. Tentukan bilangan oksidasi setiap unsur dalam senyawa ion berikut ini!
- a. H_2
b. H_2O
c. NaH
d. H_2O_2
e. Na_2O
f. KCl
g. NO_3^-
h. SO_4^{2-}

2. Pada reaksi elektrolisis timbal (II) bromida, terjadi reaksi:

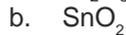


Di antara dua proses tersebut, mana proses oksidasi dan proses reduksi? Jelaskan alasannya!

3. Dari reaksi di bawah ini, tentukanlah oksidator dan reduktor serta perubahan bilangan oksidasinya.



4. Tentukan nama dari senyawa-senyawa berikut.



5. Jelaskan proses penyepuhan logam seng oleh emas, tulis reaksi redoks yang terjadi!

T u g a s

Lakukan percobaan penyepuhan logam dengan larutan tembaga(II) sulfat atau larutan terusi.

Gunakan alat dan bahan sebagai berikut:

Alat-alat: Kunci bekas Bahan : Larutan tembaga(II) sulfat
 Batu baterai 12 volt Logam tembaga (dari dalam kabel)
 Kabel listrik
 Wadah dari kaca

Carilah informasi dari buku tentang percobaan penyepuhan.

Buatlah laporan hasil percobaan dengan lengkap dan tunjukkan kunci yang sudah disepuh!

Bab VIII

Kekhasan Atom Karbon



Sumber: Lawrie Ryan, Chemistry For You

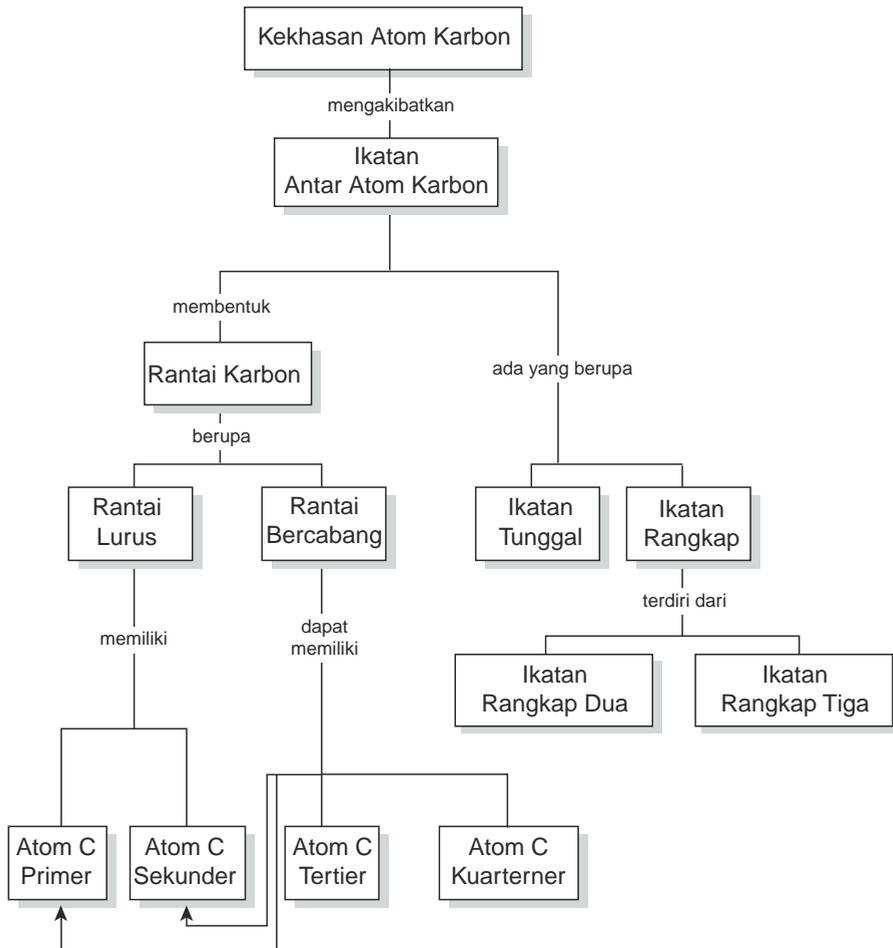
Mengelas menggunakan campuran gas etuna dan oksigen murni. Etuna merupakan senyawa karbon.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

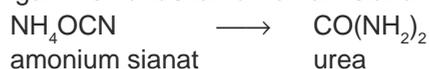
1. mengidentifikasi unsur C, H, dan O dalam senyawa karbon melalui percobaan,
2. mendeskripsikan kekhasan atom karbon dalam senyawa karbon,
3. membedakan atom C primer, sekunder, tersier, dan kuarterner.

PETA KONSEP



Karbon merupakan satu unsur yang banyak ditemukan jenis senyawanya. Contoh senyawa yang mengandung karbon antara lain, protein, lemak, vitamin, tepung kanji, gula, wol, nilon, plastik, dan bahan bakar. Senyawa karbon ada yang termasuk senyawa organik dan senyawa anorganik.

Apakah senyawa organik hanya didapat dari makhluk hidup? Awalnya senyawa organik diduga hanya dapat dihasilkan oleh makhluk hidup atau terdapat dalam makhluk hidup, tetapi Friedrich Wohler tahun 1828 berhasil mensintesis urea (senyawa organik) dengan memanaskan amonium sianat melalui reaksi berikut.



Senyawa organik lebih sering disebut senyawa karbon. Senyawa karbon mengandung paling sedikit satu atom karbon, tetapi kebanyakan terdiri dari beberapa atom karbon yang saling berikatan satu sama lain. Salah satu sifat khas senyawa karbon yaitu mempunyai rumus dan struktur molekul yang beraneka ragam bergantung pada jumlah atom karbonnya. Pada bab ini akan dibahas keberadaan unsur C, H, dan O dalam senyawa karbon dan kekhasan atom karbon.

A. Unsur C, H, dan O dalam Senyawa Karbon

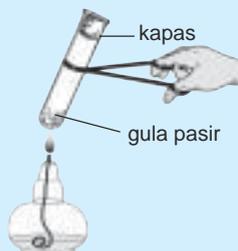
Pada waktu kita membakar kertas atau memanaskan gula dengan waktu yang lama maka akan didapat zat yang berwarna hitam dan uap. Zat apakah yang berwarna hitam dan uap itu? Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut lakukan pengujian senyawa karbon berikut.

KEGIATAN 8.1 Eksperimen

Menguji Unsur C, H, dan O pada senyawa karbon

Pada percobaan ini akan diuji adanya unsur H dan O serta unsur C pada gula pasir.

Percobaan 1. Menguji unsur H dan O



Sumber: Lawrie Ryan, *Chemistry for You*

1. Sediakan tabung reaksi, penjepit tabung, dan pembakar spirtus.
2. Masukkan seujung sendok kecil gula pasir ke dalam tabung reaksi kemudian sumbat dengan kapas.
3. Panaskan gula sampai berwarna coklat dan uap yang dihasilkan membasahi kapas.
4. Ambillah kapas dan totolkan pada kertas kobal. Apa yang terjadi?

Pertanyaan:

1. Mengapa kertas kobal klorida berubah warna?
2. Unsur apa yang terdapat dari hasil pemanasan gula tersebut?

Percobaan 2. Menguji adanya unsur C



Sumber: Lawrie Ryan, *Chemistry for You*

1. Sediakan tabung reaksi, penjepit tabung, sumbat yang sudah terpasang pipa bengkok, dan pembakar spiritus.
2. Masukkan gula pasir dan CuO ke dalam tabung reaksi.
3. Rangkaikan alat seperti pada gambar di samping.
4. Panaskan campuran gula pasir dengan CuO dalam tabung reaksi.
5. Siapkan air kapur dalam tabung reaksi lain, masukkan ujung pipa ke dalam tabung reaksi tersebut.
6. Amati gejala yang terjadi pada air kapur dan sisa pemanasan tabung reaksi.

Pertanyaan:

1. Mengapa terjadi perubahan pada air kapur?
2. Bagaimana warna campuran setelah pemanasan dan zat apa yang terjadi?
3. Tuliskan reaksi-reaksi yang terjadi pada percobaan tersebut!
4. Kesimpulan apa yang kamu dapatkan dari percobaan ini?

Pada pemanasan gula pasir akan menghasilkan karamel yang berwarna coklat dan uap yang dapat mengubah warna kertas kobal dari warna biru menjadi merah muda.

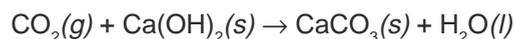
Hal ini membuktikan bahwa uap yang dihasilkan dari pemanasan gula pasir adalah uap air. Air terdiri dari unsur hidrogen dan oksigen, maka dalam gula pasir terdapat unsur *hidrogen* dan *oksigen*.

Jika campuran gula pasir dan CuO dipanaskan maka pada dinding tabung terbentuk lapisan tembaga dan gas yang dapat mengeruhkan air kapur. Hal ini menunjukkan reaksi yang terjadi menghasilkan gas karbon dioksida.

Dari mana gas CO₂ tersebut? CO₂ terbentuk dari reaksi antara C sebagai sisa pembakaran gula pasir dengan CuO. Persamaan reaksinya:



CO₂ yang terbentuk bereaksi dengan air kapur (Ca(OH)₂) dengan reaksi:

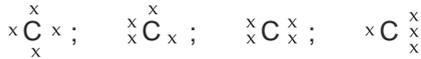


Senyawa organik atau senyawa karbon umumnya mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Selain ketiga unsur tersebut ada unsur lain yang jumlahnya sangat sedikit seperti nitrogen dan belerang. Jika senyawa tersebut hanya mengandung C dan H saja disebut *hidrokarbon*.

B. Kekhasan Atom Karbon dalam Senyawa Karbon

Mengapa senyawa karbon jumlahnya banyak? Karbon mudah berikatan sehingga membentuk berbagai senyawa. Hal ini disebabkan kekhasan atom karbon itu sendiri.

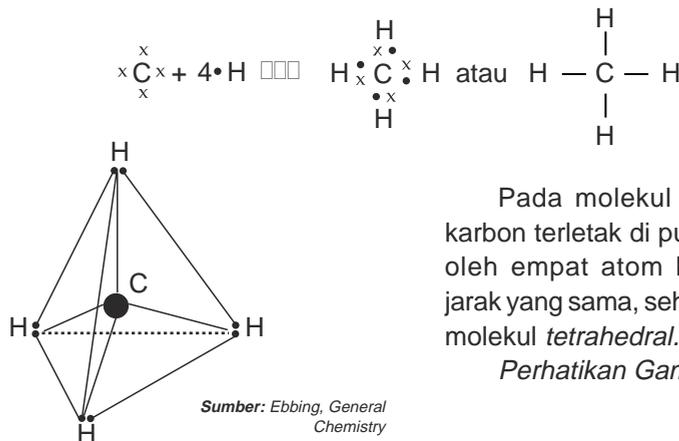
Kekhasan atom karbon di antaranya kemampuan membentuk empat ikatan kovalen dengan atom lain atau atom karbon lain. Atom karbon mempunyai 4 elektron valensi, bila berikatan dengan atom lain kemungkinan struktur Lewisnya adalah sebagai berikut.



Ikatan yang terjadi dapat berupa ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga, serta membentuk rantai karbon lurus atau bercabang.

1. Ikatan Karbon dengan Hidrogen

Senyawa karbon dengan hidrogen disebut *hidrokarbon*. Hidrokarbon yang paling sederhana adalah metana dengan rumus CH_4 . Pada metana, ikatan C dan H dapat digambarkan sebagai berikut.



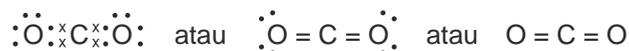
Pada molekul metana ini atom karbon terletak di pusat dan dikelilingi oleh empat atom hidrogen dengan jarak yang sama, sehingga membentuk molekul *tetrahedral*.

Perhatikan Gambar 8.1

Gambar 8.1 Metana dengan bentuk tetrahedral

2. Ikatan Karbon dengan Oksigen

Selain berikatan dengan atom hidrogen, karbon dapat pula berikatan kovalen dengan atom oksigen. Senyawa karbon dengan oksigen disebut *karboksida*. Bagaimana karbon berikatan dengan oksigen? Karbon mempunyai empat elektron valensi dan oksigen mempunyai enam elektron valensi. Ikatan yang terjadi digambarkan dengan struktur Lewis sebagai berikut.



Pada struktur ini setiap atom akan stabil karena dikelilingi 8 elektron, seperti yang ditunjukkan oleh lingkaran berikut.



Pada CO_2 ini dua pasang elektron digunakan bersama antara karbon dan oksigen. Oleh karena itu ikatannya berupa ikatan rangkap dua.

INFO KIMIA



CO_2

- Tidak berwarna.
- Sedikit larut dalam air membentuk asam lemah.
- Lebih berat dari udara.
- Dapat memadamkan api.
- Menyegarkan minuman ringan.
- Dalam bentuk padat disebut *dry ice*.

3. Ikatan Karbon dengan Karbon

Selain dengan hidrogen dan oksigen, karbon dapat berikatan dengan karbon lain. Ikatan yang terbentuk dapat merupakan ikatan kovalen tunggal atau ikatan kovalen rangkap. Contoh senyawa yang berikatan kovalen tunggal dan rangkap dapat dilihat pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Contoh senyawa dengan berbagai ikatan

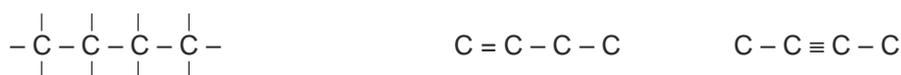
Jenis Ikatan Kovalen	Contoh Rumus	Struktur Lewis	Rumus Struktur
Tunggal	C_2H_6	$\begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} \\ & \times & \times \\ \text{H} & \times & \times & \times & \text{C} & \times & \times & \text{C} & \times & \times & \text{H} \\ & \times \\ & \text{H} & \text{H} & & & & & & & & \end{array}$	$\begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} \\ & | & | \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - \text{H} \\ & | & & | & \\ & \text{H} & & \text{H} & \end{array}$
Rangkap dua	C_2H_4	$\begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} \\ & \times & \times \\ \text{H} & \times & \times & \times & \text{C} & \times & \times & \text{C} & \times & \times & \text{H} \\ & \times \\ & \text{H} & \text{H} & & & & & & & & \end{array}$	$\begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} \\ & | & | \\ & \text{C} & = & \text{C} \\ & | & & | \\ & \text{H} & & \text{H} & \end{array}$
Rangkap tiga	C_2H_2	$\text{H} \times \text{C} \times \times \times \text{C} \times \text{H}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$

4. Rantai Karbon pada Senyawa Karbon

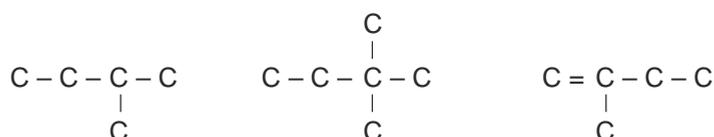
Karbon dengan karbon dapat berikatan. Makin banyak atom karbon dengan atom karbon yang berikatan maka akan terbentuk rantai karbon. Rantai karbon yang terbentuk dapat berupa rantai lurus atau rantai bercabang.

Contoh:

a. Rantai karbon lurus

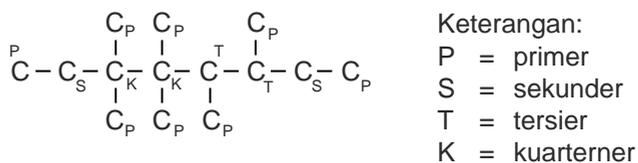


b. Rantai karbon bercabang



5. Atom C Primer, Sekunder, Tersier, dan Kuarternar

Berdasarkan jumlah atom karbon yang terikat pada atom karbon lainnya, atom karbon dibedakan menjadi atom C primer, C sekunder, C tersier, dan C kuarternar. Untuk memahaminya perhatikan struktur karbon berikut.



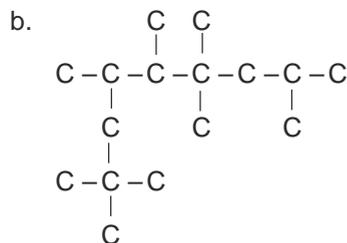
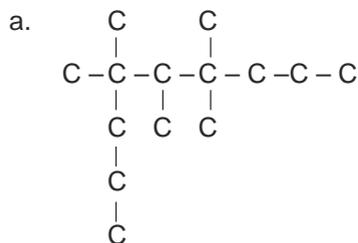
Dari struktur karbon di atas berapa masing-masing atom C yang terikat pada atom C primer, sekunder, tersier, dan kuarternar? Jelaskan apa yang disebut atom C primer, sekunder, tertier, dan kuarternar!

Berdasarkan struktur karbon di atas, dapat disimpulkan:

- Atom C primer yaitu atom C yang mengikat 1 atom C lain.
- Atom C sekunder yaitu atom C yang mengikat 2 atom C lain.
- Atom C tersier yaitu atom C yang mengikat 3 atom C lain.
- Atom C kuarternar yaitu atom C yang mengikat 4 atom C lain.

Latihan 8.1

Tentukan C primer, C sekunder, C tersier, dan C kuarterner pada rumus struktur berikut.



Rangkuman

1. Senyawa organik disebut juga senyawa karbon karena dihasilkan oleh makhluk hidup dan selalu mengandung atom karbon.
2. Kekhasan atom karbon adalah dapat membentuk 4 ikatan kovalen dengan atom C atau atom lain dan dapat membentuk rantai karbon.
3. Ikatan antara atom karbon dengan atom karbon dibedakan menjadi ikatan tunggal ($\text{C} - \text{C}$), ikatan rangkap dua ($\text{C} = \text{C}$), dan ikatan rangkap tiga ($\text{C} \equiv \text{C}$).
4. Rantai karbon dapat berupa rantai lurus atau rantai bercabang.
5. Berdasarkan jumlah atom karbon lain yang terikat oleh suatu atom karbon, atom karbon ada yang berupa atom karbon primer, sekunder, tersier, dan kuarterner.

Kata Kunci

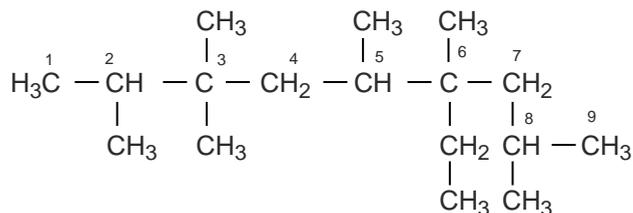
- Senyawa organik
- Senyawa karbon
- Tetrahedral
- Karboksida
- Atom C primer
- Atom C sekunder
- Atom C tersier
- Atom C kuarterner

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Suatu padatan senyawa organik dipanaskan dalam tabung reaksi dan di atas tabung diletakkan kertas kobal. Setelah beberapa saat ternyata terjadi perubahan warna pada kertas kobal. Berdasarkan data itu dapat disimpulkan bahwa unsur-unsur yang terkandung dalam senyawa itu adalah

7. Dari rumus struktur suatu molekul hidrokarbon berikut,



yang mempunyai kedudukan C kuarternar adalah nomor

- A. 2 dan 5
 B. 3 dan 6
 C. 4 dan 7
 D. 1 dan 9
 E. 5 dan 8
8. Dari rumus struktur zat ini: $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3$
 $\quad \quad \quad | \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- dapat dikatakan bahwa zat ini mempunyai
- A. 4 atom C primer, 2 atom C sekunder, dan 1 atom C tersier
 B. 4 atom C primer, 1 atom C sekunder, dan 2 atom C tersier
 C. 3 atom C primer, 2 atom C sekunder, dan 2 atom C tersier
 D. 3 atom C primer, 1 atom C sekunder, dan 3 atom C tersier
 E. 2 atom C primer, 1 atom C sekunder, dan 4 atom C tersier

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan jelas dan singkat.

- Peristiwa apakah yang menunjukkan bahwa dalam gula mengandung unsur hidrogen dan oksigen? Jelaskan!
- Bagaimana membuktikan bahwa hasil pembakaran senyawa karbon dikeluarkan gas karbon dioksida dan uap air?
- Tuliskan struktur Lewis dari senyawa C_2H_4 , C_3H_8 , C_2H_6 , C_4H_6 , C_3H_6 , C_4H_{10} .
- Apakah yang dimaksud dengan C primer, C sekunder, C tersier, dan C kuarternar? Jelaskan!
- Sebutkan hal-hal yang menunjukkan kekhasan atom karbon!

Tugas

- Buat model senyawa karbon yang mengandung atom C primer, C sekunder, dan C kuarternar dari bahan-bahan yang ada di rumah seperti kawat dan kertas koran. Beri warna yang berbeda untuk atom-atom C tersebut!
- Buatlah model senyawa yang mengandung ikatan tunggal saja dan mengandung ikatan rangkap.

Bab IX

Alkana, Alkena, dan Alkuna



Sumber: Ramsden, Key Science Chemistry

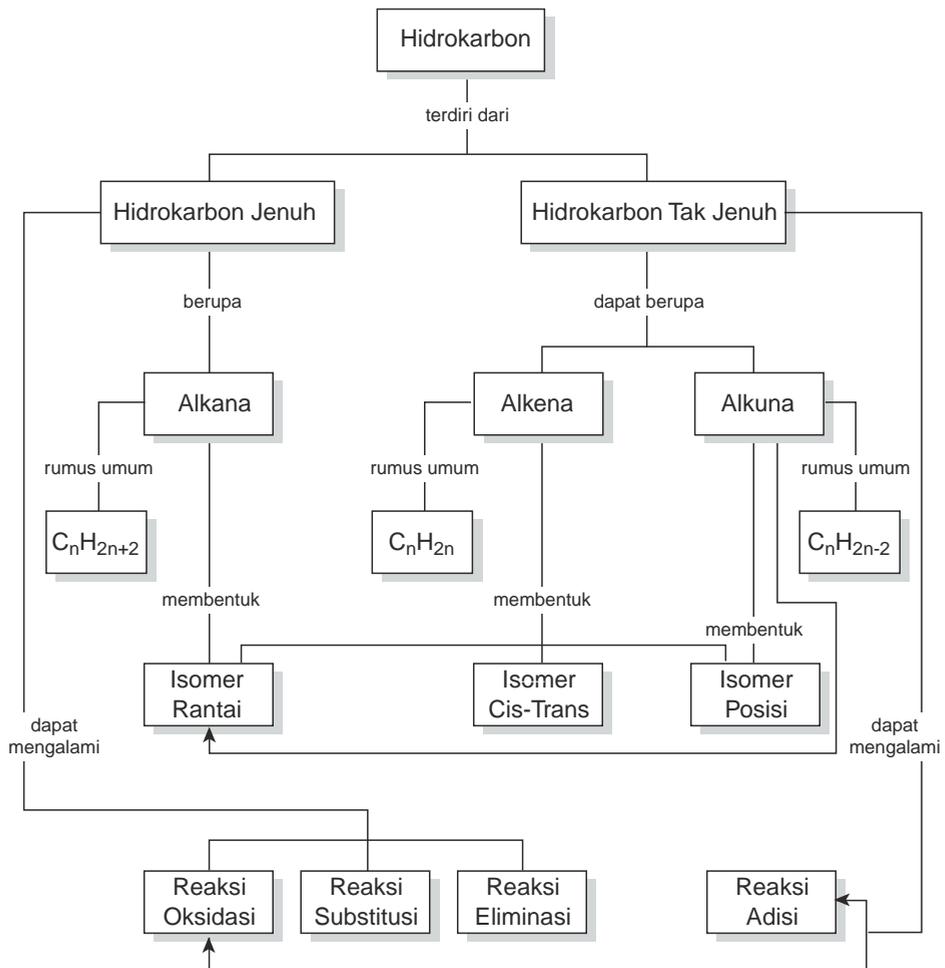
Mainan anak-anak banyak yang terbuat dari plastik. Mainan plastik tersebut dibuat dari polimerisasi etena.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat:

1. mengelompokkan senyawa hidrokarbon berdasarkan kejenuhan ikatan,
2. memberi nama senyawa alkana, alkena, dan alkuna,
3. menyimpulkan hubungan titik didih senyawa hidrokarbon dengan massa molekul relatifnya dan strukturnya,
4. membuat isomer-isomer dari senyawa hidrokarbon,
5. menuliskan contoh reaksi sederhana pada senyawa alkana, alkena, dan alkuna,

PETA KONSEP



Senyawa hidrokarbon banyak terdapat di alam terutama pada minyak bumi dan gas alam. Senyawa hidrokarbon adalah senyawa karbon yang hanya mengandung unsur karbon dan hidrogen. Senyawa hidrokarbon dapat berupa hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon siklik.

Berdasarkan ikatan yang terjadi di antara atom C nya, hidrokarbon alifatik yang mengandung ikatan tunggal disebut *hidrokarbon jenuh* contohnya alkana dan yang mengandung ikatan rangkap disebut *hidrokarbon tak jenuh* contohnya alkena dan alkuna. *Hidrokarbon siklik yang jenuh* disebut *sikloalkana* dan *hidrokarbon siklik yang tidak jenuh* disebut *hidrokarbon aromatik*, contohnya benzena. Bagaimana rumus kimia dari senyawa-senyawa hidrokarbon tersebut?

Pada bab ini akan dibahas senyawa alifatik dan beberapa reaksi yang terjadi pada alkana, alkena, dan alkuna. Senyawa siklik akan dibahas di kelas XII.

A. Alkana

Bahan bakar yang kita gunakan dalam keperluan sehari-hari termasuk golongan alkana, contohnya minyak tanah, bensin, dan LPG. Bagaimana rumus dan sifat-sifat alkana?

1. Rumus Umum Alkana

Untuk mempelajari rumus umum alkana, perhatikan tabel rumus molekul dan nama beberapa alkana berikut ini.

Tabel 9.1 Rumus molekul dan nama beberapa alkana

No.	Rumus Molekul	Nama	No.	Rumus Molekul	Nama
1.	CH ₄	Metana	6.	C ₆ H ₁₄	Heksana
2.	C ₂ H ₆	Etana	7.	C ₇ H ₁₆	Heptana
3.	C ₃ H ₈	Propana	8.	C ₈ H ₁₈	Oktana
4.	C ₄ H ₁₀	Butana	9.	C ₉ H ₂₀	Nonana
5.	C ₅ H ₁₂	Pentana	10.	C ₁₀ H ₂₂	Dekana

Sumber: Raph J. Fesenden, Organic Chemistry

Bila senyawa alkana diurutkan berdasarkan jumlah atom C nya, ternyata ada perbedaan jumlah atom C dan H secara teratur yaitu CH₂. Deret senyawa ini merupakan *deret homolog* yaitu suatu deret senyawa sejenis yang perbedaan jumlah atom suatu senyawa dengan senyawa berikutnya sama.

Dari rumus-rumus molekul alkana di atas dapat disimpulkan bahwa rumus umum alkana adalah:



Pada penulisan rumus senyawa karbon dikenal *rumus molekul* dan *rumus struktur*. Contoh penulisan rumus molekul dan rumus struktur alkana dapat dilihat pada Tabel 9.2.

Tabel 9.2 Contoh rumus molekul dan rumus struktur pada alkana

Nama Rumus	Rumus Molekul	Struktur Lewis	Rumus Struktur
Etana	C_2H_6	$ \begin{array}{c} H & H \\ \cdot & \cdot \\ H \times C & \times C \times H \\ \cdot & \cdot \\ H & H \end{array} $	$ \begin{array}{c} H & H \\ | & | \\ H-C & -C-H \\ | & | \\ H & H \end{array} \quad \text{atau } CH_3 - CH_3 $
Propana	C_3H_8	$ \begin{array}{c} H & H & H \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ H \times C & \times C & \times C \times H \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ H & H & H \end{array} $	$ \begin{array}{c} H & H & H \\ | & | & | \\ H-C & -C & -C-H \\ | & | & | \\ H & H & H \end{array} \quad \text{atau } CH_3 - CH_2 - CH_3 $

Berdasarkan strukturnya alkana merupakan suatu hidrokarbon yang mempunyai ikatan tunggal antara C dan C nya. Oleh karena semua C sudah mengikat 4 atom lain, maka alkana disebut hidrokarbon jenuh atau parafin. Parafin artinya mempunyai daya gabung yang kecil atau sukar bereaksi dengan zat lain.

2. Tata Nama Alkana

Tata nama alkana menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) adalah sebagai berikut.

- a. Senyawa-senyawa alkana diberi nama berakhiran *-ana*.

Contoh:

Metana, etana, dan propana.

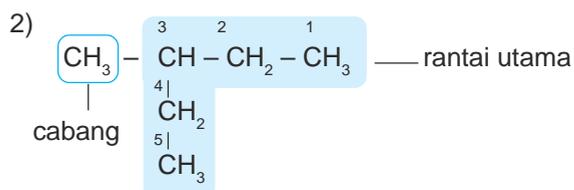
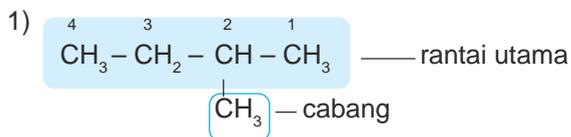
- b. Senyawa alkana yang mempunyai rantai karbon lurus namanya diberi awalan normal dan disingkat dengan n.

Contoh:

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	n-butana
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	n-pentana
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	n-heksana

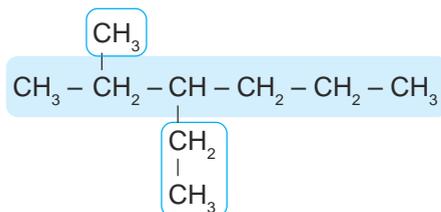
- c. Senyawa alkana yang mempunyai rantai karbon bercabang terdiri dari rantai utama dan rantai cabang.
Rantai utama adalah rantai hidrokarbon yang terpanjang diberi nomor secara berurutan dimulai dari ujung yang terdekat dengan cabang.

Contoh:

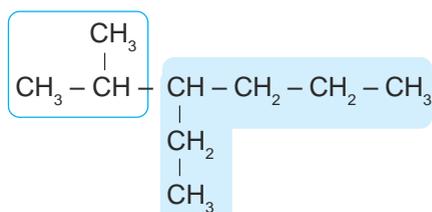


Jika terdapat beberapa pilihan rantai utama maka pilihlah rantai utama yang paling banyak cabangnya.

Contoh:



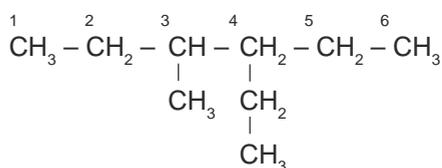
dua cabang (dipilih)



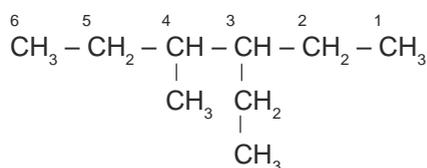
satu cabang (tidak dipilih)

Jika ada dua cabang yang berbeda terikat pada atom C dengan jarak yang sama dari ujung maka penomoran dimulai dari atom C yang lebih dekat ke cabang yang lebih panjang.

Contoh:



(salah)



(benar)

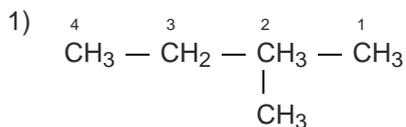
Sebagai cabang adalah gugus alkil (alkana yang kehilangan satu atom hidrogennya). Beberapa gugus alkil dan namanya dapat dilihat pada Tabel 9.3.

Tabel 9.3 Rumus gugus alkil dan namanya

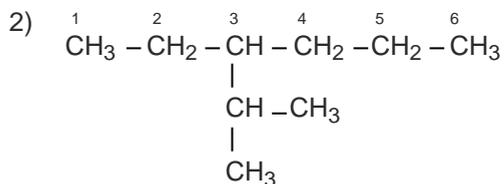
Gugus Alkil	Nama	Gugus Alkil	Nama
$\text{CH}_3 -$	Metil	$\text{C}_4\text{H}_9 -$	Butil
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$	Etil	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$	Sekunder butil
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	Propil	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 -$	Isobutil
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$	Isopropil	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} -$	Tersier butil

- d. Penulisan nama untuk senyawa alkana bercabang dimulai dengan penulisan nomor cabang diikuti tanda (-). Lalu nama cabang berikut nama rantai utamanya.

Contoh:



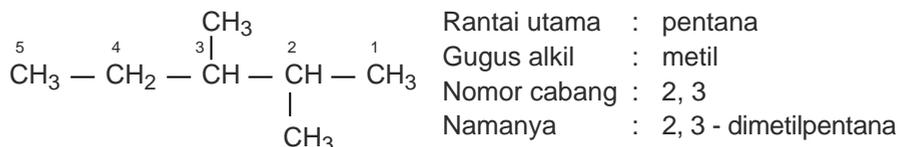
Rantai induk : butana
 Gugus alkil (cabang) : metil
 Nomor cabang : 2
 Namanya : 2-metilbutana



Rantai induk : heksana
 Gugus alkil : isopropil
 Nomor cabang : 3
 Namanya : 3-isopropilheksana

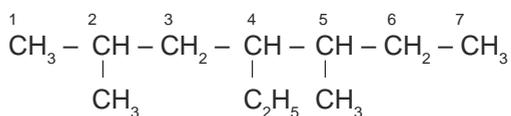
- e. Bila cabangnya terdiri atas lebih dari satu gugus alkil yang sama maka cara penulisan namanya yaitu tuliskan nomor-nomor cabang alkil, tiap nomor dipisahkan dengan tanda (,). Lalu diikuti nama alkil dengan diberi awalan Yunani sesuai jumlah gugus alkilnya (dua = di, tiga = tri, empat = tetra, dan seterusnya), kemudian nama rantai utamanya.

Contoh:



- f. Bila cabangnya terdiri atas gugus alkil yang berbeda, maka penulisan nama cabang diurutkan berdasarkan abjad.

Contoh:

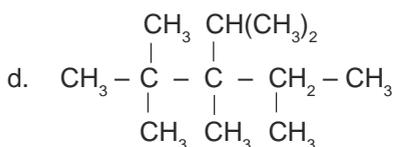
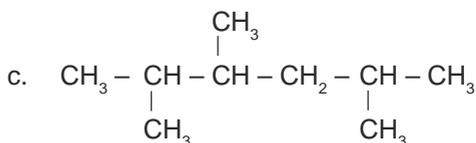
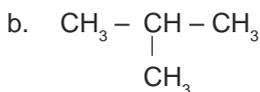
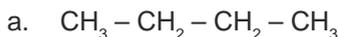


Rantai utama : heptana
Gugus alkil : metil dan etil
Nama : 4-etil-2,5-dimetilheptana

Latihan 9.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Berikan nama pada rumus struktur berikut ini.



2. Tuliskan rumus strukturnya!
 - a. 2,2,3-trimetilpentana
 - b. 2,2,3,4-tetrametilheptana
 - c. 2,3,4-trimetiloktana
 - d. 3-etil, 4-isopropil, 2,5-dimetiloktana
 - e. 3-etil, 2,5-dimetil, 4-propilnonana

3. Keisomeran pada Alkana

Mengapa senyawa karbon ditemukan dalam jumlah yang banyak? Salah satu penyebabnya karena senyawa karbon mengalami keisomeran. Apa yang dimaksud dengan keisomeran? Coba lakukan kegiatan berikut.

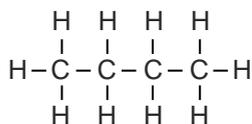
KEGIATAN 9.1 Menyimpulkan

Keisomeran

Gunakan *molywood* atau model atom

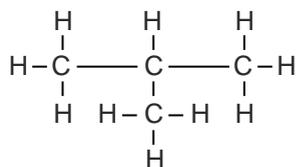
1. Rangkaikan 4 atom C dan 10 atom H sehingga membentuk senyawa alkana rantai lurus. Gambar senyawa yang kamu buat dan beri nama.
2. Ubahlah rangkaian tersebut menjadi rantai bercabang. Gambar senyawa dan beri nama.
3. Lakukan kegiatan seperti no. 1 dan 2 dengan menggunakan 5 atom C dan 12 atom H.
4. Berapa senyawa yang didapat dari masing-masing percobaan?
5. Apa yang dimaksud dengan keisomeran?

Empat atom C dan 10 atom H akan membentuk rumus molekul C_4H_{10} . Dari C_4H_{10} ternyata dapat dibuat dua buah rumus struktur atau dua isomer yaitu n-butana dan 2-metilpropana.



n-butana
(titik didih -1°C)

dengan



2-metilbutana
(titik didih 8°C)

Kedua struktur tersebut sifatnya berbeda. Ini dapat ditunjukkan oleh titik didihnya. Bagaimana jika jumlah atom C makin banyak, apakah jumlah isomernya bertambah?

Dari rumus molekul C_5H_{12} didapat tiga buah isomer seperti pada Tabel 9.4

Tabel 9.4 Isomer pentana

Rumus Molekul	Rumus Struktur	Nama	Titik Leleh ($^{\circ}C$)	Titik Didih ($^{\circ}C$)
C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	n-pentana	- 130	36
	$ \begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH-CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array} $	2-metilbutana	- 160	28
	$ \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array} $	2,2-dimetilpropana	-17	9

Sumber: Book of Data

Rumus molekul C_5H_{12} dapat membentuk tiga buah isomer yang berbeda. Peristiwa semacam ini disebut *keisomeran*. Makin banyak rantai C pada alkana makin banyak struktur yang terbentuk.

Berdasarkan penjelasan di atas maka:

Isomer adalah senyawa-senyawa yang memiliki rumus molekulnya sama tetapi rumus strukturnya berbeda.

Latihan 9.2

Tuliskan rumus struktur dan nama isomer-isomer dari:

1. Heksana
2. Heptana
3. Oktana

4. Sifat-Sifat Alkana

Pada temperatur kamar ($25^{\circ}C$) dan tekanan satu atmosfer senyawa alkana memiliki wujud yang berbeda-beda. Untuk mengetahui wujud alkana dapat dilihat dari titik didih dan titik lelehnya. Perhatikan data titik didih dan titik leleh senyawa alkana pada Tabel 9.5.

Tabel 9.5 Titik didih, titik leleh, dan M_r alkana

No.	Nama	Rumus	M_r	Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)	Titik Leleh ($^{\circ}\text{C}$)
1.	Metana	CH_4	16	- 164	- 182
2.	Etana	C_2H_6	30	- 88	- 183
3.	Propana	C_3H_8	44	- 42	- 190
4.	Butana	C_4H_{10}	58	- 4	- 138
5.	Pentana	C_5H_{12}	72	36	- 130
6.	Heksana	C_6H_{14}	86	69	- 95
7.	Heptana	C_7H_{16}	100	98,5	- 90,5
8.	Oktana	C_8H_{18}	114	126	- 57
9.	Nonana	C_9H_{20}	128	151	- 51
10.	Dekana	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	142	174	- 30
11.	Oktadekana	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	254	317	28

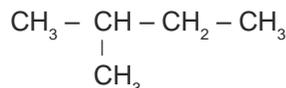
Sumber: Raph J. Fesenden, *Organic Chemistry*

Dari data tersebut alkana rantai lurus (n-alkana) yang mengandung C_1 sampai dengan C_4 berwujud gas, C_5 sampai dengan C_{17} berwujud cair, dan mulai C_{18} berwujud padat. Titik didih n-alkana bertambah sesuai dengan kenaikan M_r senyawanya. Titik didih alkana bercabang lebih rendah dari titik didih rantai lurus.

Contoh:



Titik didih 36°C



Titik didih $27,9^{\circ}\text{C}$

Titik leleh alkana tidak seperti titik didihnya yaitu sesuai dengan M_r nya.

Massa jenis alkana umumnya lebih rendah dari $1,00 \text{ g mL}^{-1}$ (massa jenis air pada suhu 4°C). Buktinya minyak terapung di atas air.

Alkana tidak larut di dalam air sebab termasuk senyawa nonpolar. Alkana larut di dalam pelarut nonpolar seperti karbon tetraklorida, kloroform, dan benzena.

Latihan 9.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan hubungan M_r alkana dengan titik didihnya!
2. Mengapa senyawa alkana tidak larut dalam air?

INFO KIMIA



LPG (*Liquified Petroleum Gas*) merupakan campuran gas metana, etana, propana, dan butana yang dicairkan dengan tekanan tinggi hingga mencair agar memudahkan dalam pengangkutannya. Hasil pembakarannya tidak membentuk jelaga dan panasnya cukup tinggi sehingga masakan lebih cepat matang.

LNG (*Liquified Natural Gas*) banyak mengandung metana. LNG jarang digunakan di Indonesia. LNG dari Indonesia banyak di ekspor ke luar negeri misalnya ke negara Jepang.

B. Alkena

Plastik merupakan barang yang sangat dibutuhkan untuk alat rumah tangga, perlengkapan sekolah, pembungkus barang atau makanan, serta banyak lagi yang lainnya. Ini disebabkan plastik harganya murah, indah warnanya, tidak mudah rusak, dan ringan. Bahan-bahan pembuat plastik merupakan senyawa kimia yang termasuk golongan *alkena*.

Alkena termasuk senyawa tak jenuh. Bagaimana rumus umum alkena dan sifat-sifatnya? Perhatikan pembahasan berikut ini.

1. Rumus Umum Alkena

Perhatikan rumus molekul beberapa alkena dan namanya pada Tabel 9.6.

Tabel 9.6 Rumus molekul alkena dan namanya

No.	Rumus Molekul	Nama	No.	Rumus Molekul	Nama
1.	C_2H_4	Etena	6.	C_7H_{14}	Heptena
2.	C_3H_6	Propena	7.	C_8H_{16}	Oktena
3.	C_4H_8	Butena	8.	C_9H_{18}	Nonena
4.	C_5H_{10}	Pentena	9.	$C_{10}H_{20}$	Dekena
5.	C_6H_{12}	Heksena	10.	$C_{11}H_{22}$	Undekena

Sumber: Raph J. Fesenden, Organic Chemistry

Dari Tabel 9.6 dapat disimpulkan bahwa rumus umum alkena adalah:



Bagaimana rumus struktur alkena? Perhatikan Tabel 9.7.

Tabel 9.7 Contoh rumus molekul dan rumus struktur pada alkena

Nama	Rumus Molekul	Struktur Lewis	Rumus Struktur
Etena	C_2H_4	<pre> H H x x C C x x x x x x H H </pre>	<pre> H H | | C = C | | H H </pre> <p>atau $CH_2 = CH_2$</p>
Propena	C_3H_6	<pre> H H x x C C x x x x x x x x x H H H </pre>	<pre> H H | | C = C - C - H | | | H H H </pre> <p>atau $CH_2 = CH - CH_3$</p>

Pada alkana, ikatan C dengan C merupakan ikatan tunggal, sedangkan pada alkena terdapat satu ikatan rangkap dua, sehingga alkena termasuk senyawa hidrokarbon *tidak jenuh*, artinya alkena masih mempunyai daya ikat terhadap molekul lain akibat adanya ikatan rangkap di antara atom C-nya.

2. Tata Nama Alkena

Tata nama alkena menurut IUPAC pada umumnya sama dengan cara pemberian nama pada alkana dengan catatan sebagai berikut.

- a. Akhiran *-ana* menjadi *-ena*.

Contoh:

C_2H_4 etena

C_3H_6 propena

C_4H_8 butena

C_5H_{10} pentena

C_6H_{12} heksena

C_7H_{14} heptena

- b. Letak ikatan rangkap ditunjukkan dengan nomor, ditulis sebelum nama alkena rantai utama yaitu rantai terpanjang yang mengandung ikatan rangkap. Pemberian nomor dimulai dari atom karbon yang terdekat dengan ikatan rangkap.

Contoh:

$$\begin{array}{cccc}
 4 & 3 & 2 & 1 \\
 CH_3 - CH_2 - CH = CH_2
 \end{array}$$

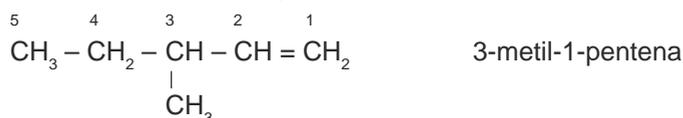
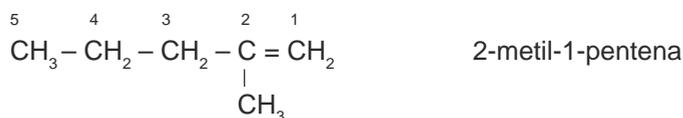
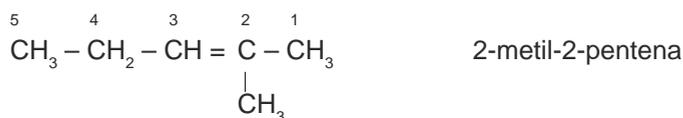
1-butena

$$\begin{array}{cccc}
 1 & 2 & 3 & 4 \\
 CH_3 - CH = CH - CH_3
 \end{array}$$

2-butena

- c. Alkena bercabang diberi nama dimulai dengan nomor cabang, tanda (-), namanya alkil, nomor tempat ikatan rangkap, tanda (-), dan nama rantai utama.

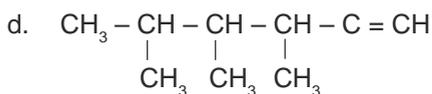
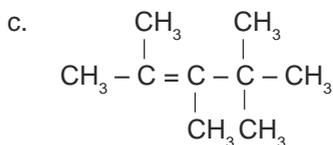
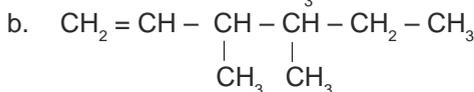
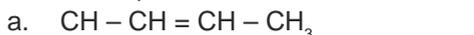
Contoh:



Latihan 9.4

1. Tulis rumus struktur dari senyawa berikut:
 - a. 3,4-dimetil-2-heksena
 - b. 2,3-dimetil-1-pentena
 - c. 3,4,4-trimetil-2-heptena

2. Beri nama pada rumus struktur berikut:



3. Isomer pada Alkena

Seperti halnya pada alkana, pada alkena juga menunjukkan peristiwa keisomeran. Isomer yang terjadi pada alkena dapat berupa *isomer rantai*, *isomer posisi*, dan *isomer cis-trans*.

a. Isomer Rantai

Isomer rantai pada alkena terjadi karena rantai karbon berubah misalnya dari lurus menjadi bercabang tetapi posisi ikatan rangkap tetap.

Contoh:

Rumus Molekul	Rumus Struktur	Nama
C_4H_8	$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$	1-butena
	$CH_3 - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{C} = CH_2$	2-metil-1-propena
C_5H_{10}	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-pentena
	$CH_3 - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{C} = CH_2 - CH_3$	2-metil-2-butena
C_6H_{12}	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH = CH_2$	1-heksena
	$CH_3 - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH} - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{C} = CH_2$	2,3-dimetil-1-butena

b. Isomer Posisi

Terjadinya isomer posisi pada alkena disebabkan posisi ikatan rangkap di antara atom-atom C nya dapat pindah tempat.

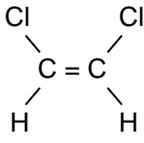
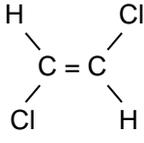
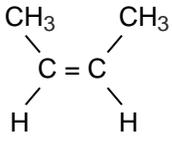
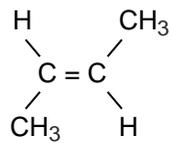
Contoh:

Rumus Molekul	Rumus Struktur	Nama
C_4H_8	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$	1-butena
	$CH_3 - CH = CH - CH_3$	2-butena
C_5H_{10}	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-pentena
	$CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$	2-pentena
C_6H_{12}	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-heksena
	$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH_3$	3-heksena

c. Isomer Cis-Trans

Isomer cis-trans terjadi karena adanya perbedaan kedudukan gugus-gugus yang sejenis di sekitar ikatan $C = C$.

Contoh:

Rumus Molekul	Struktur	Nama	Titik Didih (°C)
$C_2H_2Cl_2$		Cis 1,2-dikloroetena	60
		Trans 1,2-dikloroetena	48
C_4H_8		Cis 2-butena	3,7
		Trans 2-butena	0,9

Sumber: Raph J. Fesenden, *Organic Chemistry*

Terjadinya isomer cis dan trans disebabkan ikatan rangkap pada $C = C$ tidak dapat diputar sehingga molekul alkena terbagi menjadi dua bagian atau ruangan. Perbedaan posisi atom atau gugus atom yang terikat oleh ikatan rangkap menyebabkan sifat fisik misalnya titik didih berbeda, artinya kedua senyawa tersebut berbeda atau *berisomeri*.

Tata nama isomer ini adalah sebagai berikut.

- 1) Jika pada suatu isomer, gugus sejenis yang terikat pada $C = C$ letaknya dalam ruangan yang sama, nama isomer tersebut diberi *awalan cis*.
- 2) Jika pada isomer tersebut gugus sejenis yang terikat pada $C = C$ letaknya dalam ruangan yang berbeda atau berseberangan, nama isomer tersebut diberi *awalan trans*.

Nama isomer-isomer pada keisomeran cis-trans akan sama, perbedaannya hanya awalan cis dan trans. Walaupun demikian sifat fisik kedua isomer ini berbeda, tetapi sifat kimianya pada umumnya sama.

Berdasarkan uraian ini, isomer cis-trans dapat terjadi pada:

1. Senyawa yang mempunyai atom C yang berikatan rangkap dua (alkena).
2. Atom C yang berikatan rangkap masing-masing mengikat atom atau dua gugus atom yang berbeda.

4. Sifat-Sifat Alkena

Alkena mempunyai sifat-sifat tidak larut dalam air, massa jenis lebih kecil dari satu, dan titik didih bertambah tinggi dengan meningkatnya jumlah atom C.

Perhatikan tabel titik didih dan massa jenis alkana berikut ini.

Tabel 9.8 Titik didih dan massa jenis

No.	Nama	Rumus	M_r	Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)
1.	Etena	C_2H_4	28	-102
2.	Propena	C_3H_6	42	-48
3.	1-butena	C_4H_8	56	-4,5
5.	Heksana	C_6H_{12}	84	63,4

Sumber: Raph J. Fesenden, *Organic Chemistry*

Berdasarkan data titik didihnya, tiga senyawa alkena dengan rantai terpendek berwujud gas.

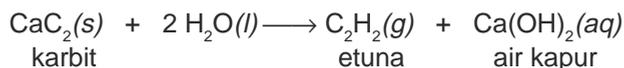
Latihan 9.5

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tuliskan rumus struktur dan nama isomer-isomer dari senyawa berikut.
 - Isomer rantai dari pentena dan heptena.
 - Isomer posisi dari pentena dan oktena.
 - Isomer cis-trans dari 1,2-dibromoetena dan butena.
- Bagaimana hubungan titik didih dengan M_r alkena?

C. Alkuna

Gas berbau khas yang biasa digunakan oleh tukang las adalah senyawa dari alkuna yang disebut *etuna* atau *asetilena* yang sehari-hari disebut gas karbit. Gas ini dihasilkan dari reaksi antara karbit (CaC_2) dengan air. Persamaan reaksinya ditulis:



Jika etuna direaksikan dengan oksigen akan menghasilkan kalor yang sangat tinggi sehingga dapat melelehkan besi pada proses pengelasan. Persamaan reaksinya:



Bagaimana rumus umum alkuna dan sifat-sifatnya? Perhatikan pembahasan berikut ini.

1. Rumus Umum Alkuna

Rumus molekul beberapa alkuna dan namanya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 9.8 Rumus molekul dan nama beberapa alkuna

No.	Rumus Molekul	Nama	No.	Rumus Molekul	Nama
1.	C ₂ H ₂	Etuna	6.	C ₇ H ₁₂	Heptuna
2.	C ₃ H ₄	Propuna	7.	C ₈ H ₁₄	Oktuna
3.	C ₄ H ₆	Butuna	8.	C ₉ H ₁₆	Nonuna
4.	C ₅ H ₈	Pentuna	9.	C ₁₀ H ₁₈	Dekuna
5.	C ₆ H ₁₀	Heksuna	10.	C ₁₁ H ₂₀	Undekuna

Sumber: Ebbing, *General Chemistry*

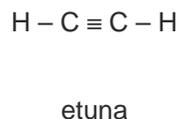
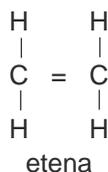
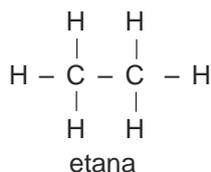
Dari data rumus molekul di atas, dapat disimpulkan bahwa rumus umum alkuna adalah:



n = jumlah atom C

2. Ikatan Rangkap pada Alkuna

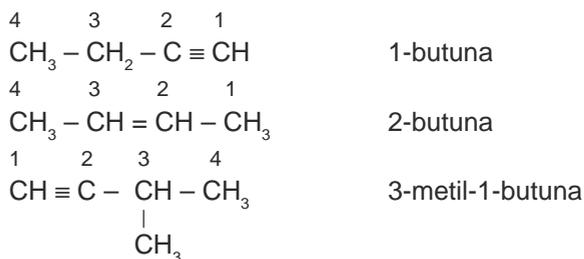
Perhatikan rumus struktur etana, etena, dan etuna berikut ini.



Ikatan kovalen antara C dengan C pada etana, etena, dan etuna ada perbedaan. Pada etana membentuk ikatan tunggal, etena ikatan rangkap dua, dan etuna ikatan rangkap tiga. Oleh karena mempunyai ikatan rangkap tiga, alkuna termasuk senyawa "hidrokarbon tidak jenuh", dengan daya ikatnya terhadap molekul lain lebih tinggi daripada alkena.

3. Tata Nama Alkuna

Tata nama alkuna pada umumnya sama dengan alkena, hanya akhiran *-ena* diganti menjadi *-una*.

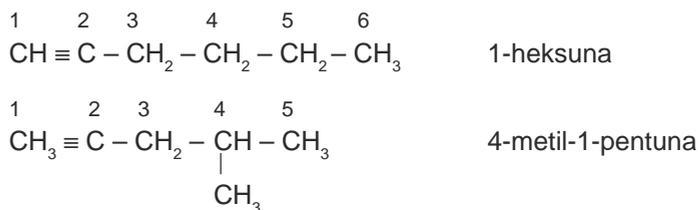
Contoh:**Latihan 9.6**

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut ini!
 - 3-metil-1-pentuna
 - 3,4-dimetil-1-heksuna
 - 3,3,4,4-tetrametil-1-heptuna
- Tuliskan nama dari rumus struktur berikut ini!
 - $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$
 - $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$
 - $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 - $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 - $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{C} \equiv \text{CH}$

4. Isomer pada Alkuna

Pada alkuna terjadi isomer posisi dan isomer rantai. Pada isomer rantai letak ikatan rangkap tetap. Pada isomer posisi letak ikatan rangkap berubah.

Contoh:**Isomer rantai:**

Isomer posisi:



5. Sifat Fisik Alkuna

Sifat fisik alkuna mirip dengan sifat-sifat alkana maupun alkena, Berdasarkan titik didihnya, tiga senyawa alkuna terpendek berwujud gas. Perhatikan tabel berikut.

Tabel 9.9 Titik didih, titik leleh, dan M_r alkuna

No.	Nama	Rumus	M_r	Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)	Titik Leleh ($^{\circ}\text{C}$)
1.	Etuna	C_2H_2	26	-83,6	-81,8
2.	Propuna	C_3H_4	40	-23,2	-101,51
3.	Butuna	C_4H_6	54	8,1	-122,5
4.	Pentuna	C_5H_8	68	27	-32,3
5.	Heksuna	C_6H_{10}	82	39,3	-90

Sumber: Raph J. Fesenden, Organic Chemistry

Alkuna sangat sukar larut dalam air tetapi larut di dalam pelarut organik seperti klorotetrafluorida. Massa jenis alkuna sama seperti alkana dan alkena lebih dari air.

Latihan 9.7

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tuliskan rumus struktur dan nama isomer-isomer dari
 - heksuna
 - pentuna
 - heptuna
 - oktuna
- Apakah ada hubungan antara M_r alkuna dengan titik didihnya. Coba jelaskan!

D. Reaksi-Reaksi pada Alkana, Alkena, dan Alkuna

Reaksi-reaksi pada senyawa karbon terjadi akibat adanya pemutusan dan pembentukan ikatan kovalen antar C dan H atau C dan C pada ikatan rangkap. Reaksi terjadi melalui beberapa tahap reaksi atau mekanisme reaksi. Mekanisme reaksi tidak dibahas pada tingkat SMA.

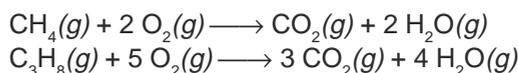
Perbedaan ikatan pada alkana, alkena, dan alkuna menyebabkan reaksi-reaksi yang terjadi pun berbeda. Reaksi-reaksi pada alkana, alkena, dan alkuna dapat berupa reaksi oksidasi, reaksi substitusi, reaksi adisi, dan reaksi eliminasi.

1. Reaksi Oksidasi

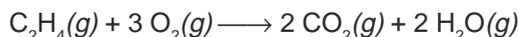
Reaksi oksidasi pada senyawa hidrokarbon misalnya reaksi pembakaran dengan gas oksigen di udara. Hasil reaksinya adalah gas CO_2 , air, dan energi.

Contoh:

a. Pembakaran alkana



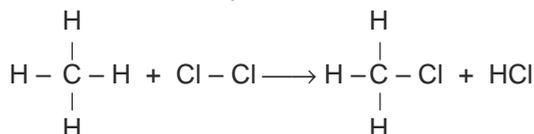
b. Pembakaran alkena



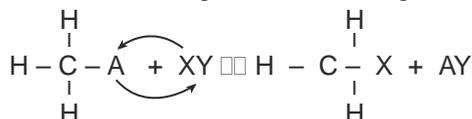
Reaksi oksidasi alkana paling banyak dimanfaatkan karena energi yang dihasilkan cukup besar, sehingga alkana digunakan sebagai bahan bakar baik bahan bakar minyak maupun bahan bakar gas. Bahan bakar pada kendaraan bermotor secara sempurna menghasilkan gas CO_2 , jika tidak sempurna akan menghasilkan gas CO yang sangat berbahaya bagi manusia.

2. Reaksi Substitusi

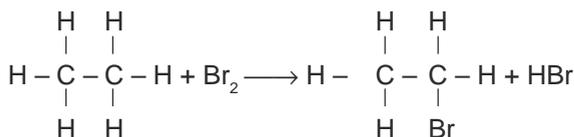
Reaksi substitusi biasa terjadi pada alkana. Alkana dapat bereaksi dengan Cl_2 dengan bantuan sinar matahari terjadi reaksi substitusi sebagai berikut.



Pada reaksi tersebut satu atom H pada metana diganti oleh satu Cl dari Cl_2 . Secara umum reaksi substitusi digambarkan sebagai berikut.



Contoh:

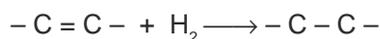


Reaksi substitusi adalah reaksi penggantian suatu atom atau gugus atom yang terikat pada atom C dalam suatu molekul oleh atom atau gugus atom lain.

3. Reaksi Adisi

Senyawa etena C_2H_4 dapat diubah menjadi etana dengan menambah dua atom H. Penambahan suatu gugus atom pada senyawa tak jenuh (ikatan rangkap dua atau rangkap tiga) sehingga terjadi senyawa jenuh disebut *reaksi adisi*.

Reaksi adisi ada yang terjadi pada senyawa dengan ikatan rangkap antara C dan C atau ikatan rangkap pada C dan O. Adisi pada ikatan rangkap $C = O$ akan dipelajari pada tingkat lebih lanjut. Secara umum reaksi adisi digambarkan sebagai berikut!

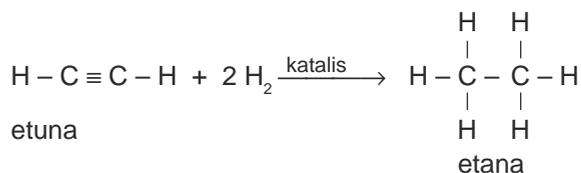
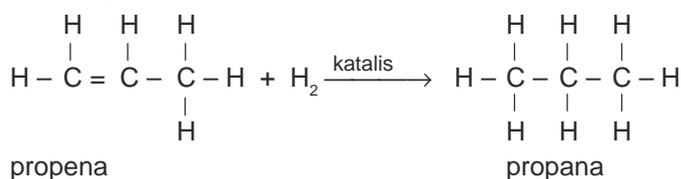


Contoh reaksi adisi:

- a. Adisi hidrogen pada alkena atau alkuna

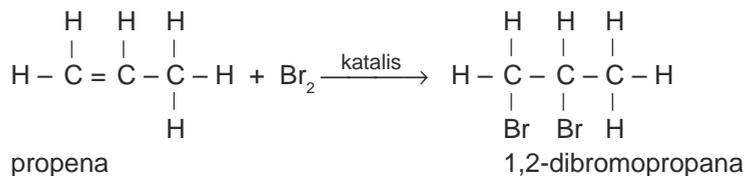
Adisi hidrogen pada suatu senyawa disebut hidrogenasi

Contoh:



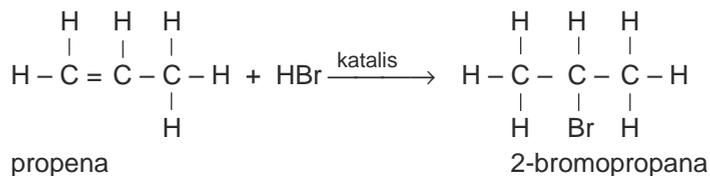
- b. Adisi halogen

Contoh:



- c. Adisi hidrohalogen

Contoh:



Dalam reaksi adisi, ada aturan “Markovnikov” yaitu atom H dari H₂O atau HX (X = F, Cl, Br, I) akan terikat pada atom C ikatan rangkap yang mengandung H lebih banyak.

Reaksi adisi adalah reaksi penambahan atau pemasukan suatu gugus atom pada senyawa tak jenuh sehingga terjadi senyawa jenuh.

4. Reaksi Eliminasi

Senyawa alkena dapat dibuat dari senyawa alkana dengan *reaksi eliminasi*. Perhatikan beberapa reaksi eliminasi berikut ini.

a. Dehidrogenasi (penarikan hidrogen)

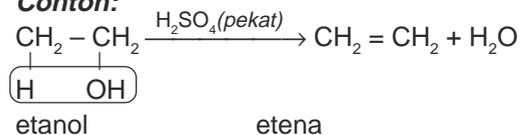
Contoh:

Pemanasan butana dengan katalis Cr₂O₃.AsO₃



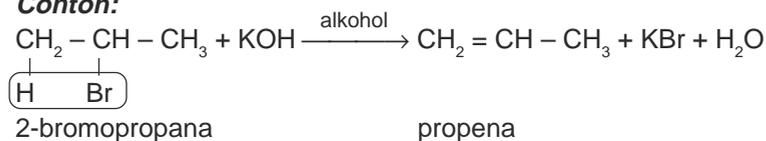
b. Dehidrasi (penarikan air)

Contoh:

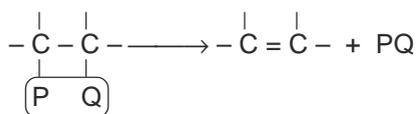


c. Dehidrohalogenasi (penarikan HX)

Contoh:



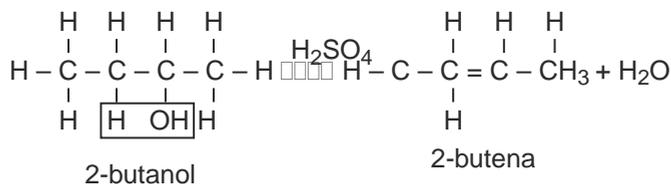
Berdasarkan contoh di atas reaksi eliminasi adalah reaksi pengeluaran gugus atom dari dua atom C yang berdekatan pada senyawa jenuh sehingga terbentuk senyawa tak jenuh atau senyawa yang mempunyai ikatan rangkap. Secara umum reaksi eliminasi digambarkan sebagai berikut.



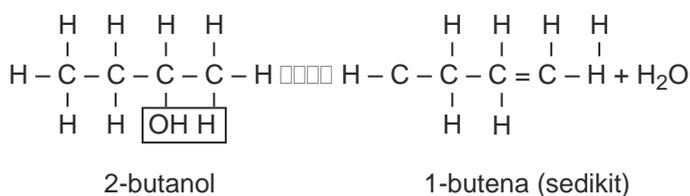
Reaksi eliminasi pada senyawa-senyawa yang tidak simetri, atom H lebih banyak terlepas dari atom C yang mengikat H dengan jumlah sedikit.

Contoh:

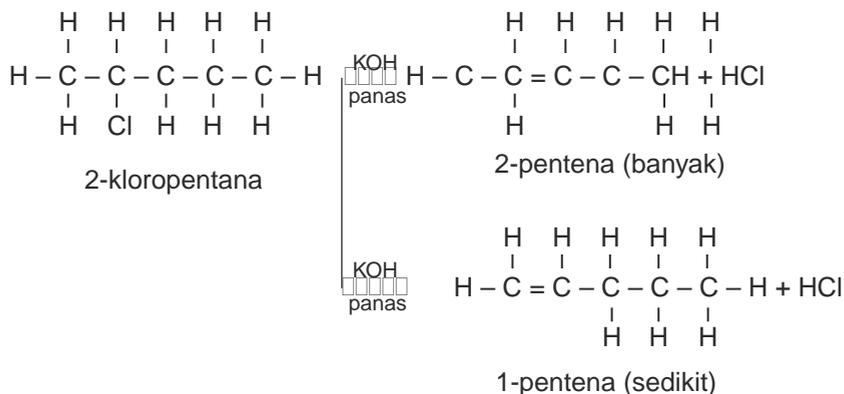
1.



Selain 2-butena, terbentuk juga 1-butena tapi dalam jumlah yang sedikit.



2.



Latihan 9.8

Dari reaksi berikut, tentukan yang mana reaksi substitusi, adisi, dan oksidasi!

- $\text{CH} \equiv \text{CH} + 2 \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_3$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Cl} + \text{HCl}$
- $2 \text{C}_2\text{H}_6 + 7 \text{O}_2 \longrightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{CH}_2\text{Br} - \text{CH}_2\text{Br}$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Rangkuman

1. Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa karbon yang terdiri dari atom karbon dan hidrogen.
2. Berdasarkan bentuk rantainya hidrokarbon dikelompokkan menjadi alifatik dan siklik.
3. Berdasarkan jenis ikatannya hidrokarbon dikelompokkan menjadi hidrokarbon jenuh dan tak jenuh.
4. Alkana termasuk hidrokarbon jenuh, makin besar M_r alkana, titik didihnya makin tinggi.
5. Alkena termasuk hidrokarbon tak jenuh yang memiliki satu ikatan rangkap 2 di antara atom karbonnya.
6. Alkuna termasuk hidrokarbon tak jenuh yang memiliki satu ikatan rangkap 3 di antara atom karbonnya.
7. Isomer adalah senyawa-senyawa yang memiliki rumus molekul sama tetapi rumus strukturnya berbeda.
8. Isomer-isomer pada alkana dapat berupa isomer rantai, isomer posisi, dan isomer cis-trans.
9. Reaksi pada senyawa karbon dapat berupa reaksi oksidasi, substitusi, adisi, dan eliminasi.

Kata Kunci

- | | | |
|-------------------------|------------------|---------------------|
| ● Hidrokarbon | ● Deret homolog | ● Isomer posisi |
| ● Hidrokarbon jenuh | ● Rumus molekul | ● Isomer cis-trans |
| ● Hidrokarbon tak jenuh | ● Rumus struktur | ● Reaksi substitusi |
| ● Alkana | ● Gugus alkil | ● Reaksi adisi |
| ● Alkena | ● Keisomeran | ● Reaksi eliminasi |
| ● Alkuna | ● Isomer rantai | ● Reaksi oksidasi |

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Sifat-sifat dari suatu deret homolog sebagai berikut, *kecuali*
 - A. dapat dinyatakan dengan suatu rumus umum
 - B. titik didihnya meningkat dengan panjangnya rantai
 - C. mempunyai sifat kimia yang serupa
 - D. mempunyai rumus empiris yang sama
 - E. memiliki perbedaan gugus $-\text{CH}_2-$ di antara anggotanya

2. Dari rumus-rumus hidrokarbon berikut:



Hidrokarbon yang termasuk dalam satu deret homolog adalah

A. I dan III

D. II dan IV

B. III dan IV

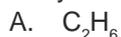
E. I dan IV

C. I dan II

3. Rumus molekul yang menyatakan hidrokarbon jenuh adalah



4. Senyawa berikut yang merupakan hidrokarbon tidak jenuh adalah



5. Rumus molekul pentana adalah



6. Gugus $CH_3 - CH_2 -$ disebut

A. metil

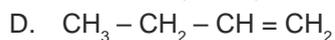
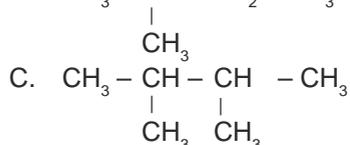
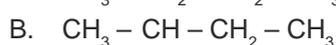
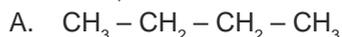
D. butil

B. etil

E. amil

C. propil

7. Rumus 2,3-dimetilbutana adalah



8. Nama senyawa dengan rumus $(CH_3)_2CHCH_3$ adalah

A. propana

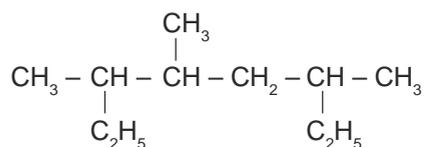
B. 2-metilpropana

C. butana

D. 2-metilbutana

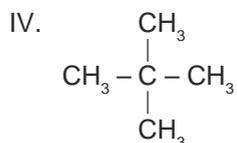
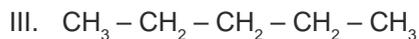
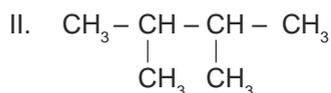
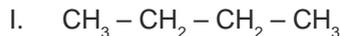
E. pentana

9. Nama senyawa berikut adalah



- A. 2,5-dietil-3-metilheksana
- B. 2-etil-4,5-dimetilheptana
- C. 6-etil-3,4-dimetilheptana
- D. 3,4,6-trimetiloktana
- E. 3,5,6-trimetiloktana

10. Perhatikan rumus struktur berikut:



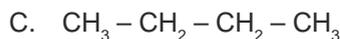
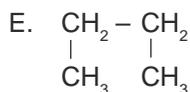
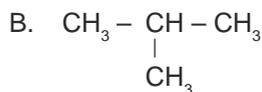
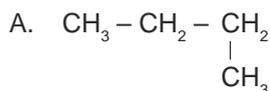
Zat yang merupakan isomer adalah

- A. I dan II
- B. I dan III
- C. I dan IV
- D. II dan III
- E. III dan IV

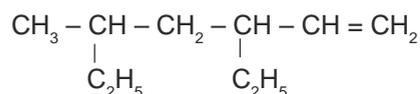
11. Jumlah isomer alkana dengan rumus C_6H_{14} adalah

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6
- E. 7

12. Di antara rumus struktur di bawah ini yang berisomer dengan n-butana adalah



13. Nama senyawa berikut adalah



- A. 3-etil-5-metil-1-butena
- B. 5-etil-3-metil-6-heptena
- C. 3-etil-5-metil-2-heptena
- D. 3,5-dietil-1-heksena
- E. 2,4-dietil-5-heksena

Bab X

Minyak Bumi



Sumber: Ramsden, Key Science Chemistry

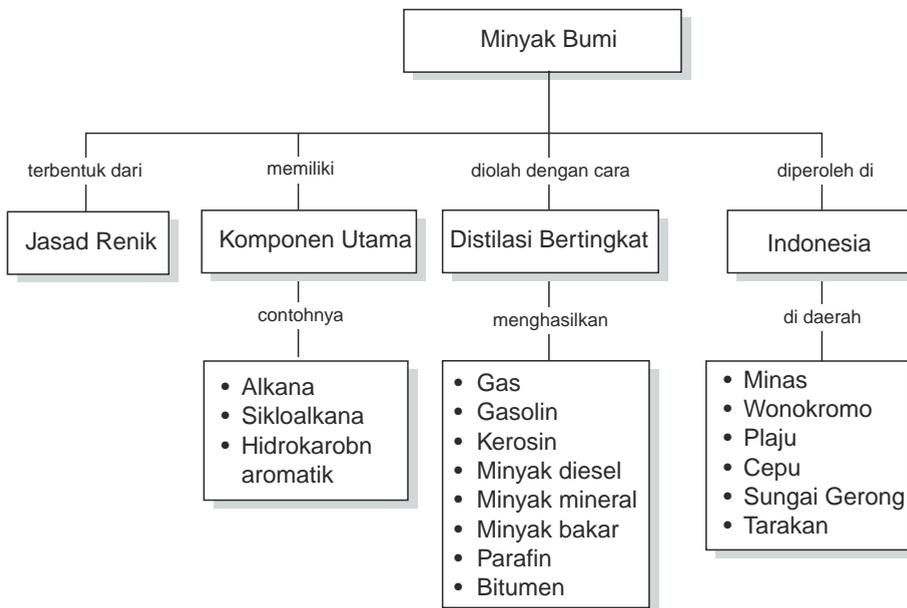
Minyak bumi didapatkan dengan pengeboran. Tempat pengeboran minyak bumi pada umumnya berada di lepas pantai.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. mendeskripsikan proses pembentukan minyak bumi dan gas alam,
2. menjelaskan komponen-komponen utama penyusun minyak bumi,
3. menafsirkan bagan penyulingan bertingkat untuk menjelaskan dasar dan teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi,
4. membedakan kualitas bensin berdasarkan bilangan oktannya,
5. menganalisis dampak pembakaran bahan bakar terhadap lingkungan.

PETA KONSEP



Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak bumi dan gas alam yang cukup banyak. Minyak bumi merupakan sumber alam yang sangat potensial karena dari minyak bumi dapat dihasilkan berbagai bahan bakar, seperti LPG (*Liquified Petroleum Gas*), minyak tanah, dan bensin. Selain itu senyawa yang berupa gas dan minyak bumi dipakai untuk produk industri seperti pupuk, obat-obatan, bahan peledak, karet sintesis, serat tekstil, dan plastik.

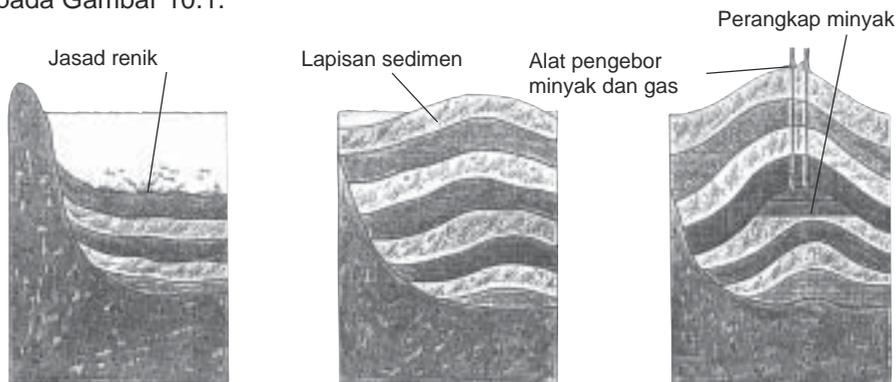
Di Indonesia minyak bumi ditemukan di berbagai tempat. Oleh karena itu, kita perlu mengetahui dan lebih mengenal tentang minyak bumi. Pada bab ini akan dipelajari proses pembentukan minyak bumi, pengolahan minyak bumi, tempat-tempat pengilangan gas dan minyak bumi yang ada di Indonesia, produk-produk petrokimia, serta dampak dari penggunaan bahan bakar minyak bumi.

A. Proses Pembentukan Minyak Bumi

Pada umumnya tempat-tempat pengeboran minyak dan gas bumi berada di lepas pantai. Mengapa minyak dan gas bumi banyak terdapat di sekitar pantai? Untuk menjelaskan hal itu, kita akan pelajari bagaimana proses terjadinya minyak dan gas bumi.

Minyak bumi dan gas alam adalah sisa tumbuhan dan hewan kecil atau jasad renik yang hidup di laut berjuta-juta tahun yang lalu. Pada waktu hewan dan tumbuhan mati, mereka tenggelam ke dasar laut, tertutup lapisan lumpur dan pasir selama bertahun-tahun. Kemudian lumpur dan pasir berubah menjadi batu sedimen. Panas, bakteri, dan berat sedimen yang mengubur jasad renik tersebut pelan-pelan mengubahnya menjadi minyak dan gas alam.

Sebagian minyak dan gas alam mengalir ke atas permukaan, sebagian lagi terperangkap di dalam lubang-lubang batu berpori. Di beberapa tempat, gerakan bumi melengkungkan lapisan batu tersebut dan menciptakan perangkap minyak yang sangat besar. Di tempat perangkap minyak inilah kita dapat memperoleh minyak dan gas alam. Proses pembentukan minyak dan gas alam dapat dilihat pada Gambar 10.1.



Sumber: Visual Encyclopedia

Gambar 10.1 Proses pembentukan minyak dan gas alam

Bagaimana cara menentukan adanya perangkap minyak? Perangkap minyak dapat dicari oleh ahli geofisika menggunakan gelombang elektromagnetik. Pencarian minyak dimulai dengan menentukan lapisan batuan yang paling mungkin mengandung minyak.

Tanda-tanda ada perangkap minyak ditentukan dengan pengukuran perubahan sifat magnet atau perubahan gaya tarik bumi. Kemudian dipasang peledak untuk mengirimkan gelombang pengejut ke bawah dan menembus bebatuan tersebut. Gaung yang dipantulkan direkam dan dianalisis untuk memperkirakan lapisan batuan. Jika memungkinkan, maka dilakukan uji pengeboran untuk mengetahui apakah benar-benar ada minyak di dalamnya.

Pengeboran dilakukan dengan pipa-pipa yang digerakkan oleh mesin. Ujung bor biasanya ada intannya untuk memecahkan batu yang amat keras. Apabila pengeboran berhasil, minyak akan mengalir dari sumur bor dan disebut minyak mentah. Minyak mentah dibawa ke kilang minyak melalui jaringan pipa, kapal tanker, kereta api, atau jalan raya. Di kilang minyak, minyak mentah diolah dengan cara distilasi bertingkat atau fraksionasi.

Minyak dan gas bumi berguna untuk kesejahteraan manusia, tapi kita tahu bahwa proses pembentukannya memerlukan waktu yang sangat lama. Mencari dan mengambilnya melalui pengeboran sangat sukar, serta mengolahnya menjadi bahan bakar memerlukan biaya yang sangat mahal. Selain itu minyak dan gas bumi juga merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui dalam waktu yang cepat. Oleh karena itu, mulai sekarang kita harus menghemat dalam menggunakan minyak dan gas bumi, baik sebagai bahan bakar maupun produk-produk industri lainnya.

Latihan 10.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan dengan singkat bagaimana proses terbentuknya minyak bumi!
 2. Bagaimana cara memperkirakan adanya minyak bumi dalam perut bumi?
 3. Jelaskan proses pengeboran minyak bumi!
-

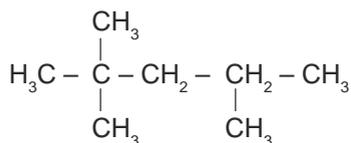
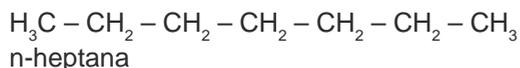
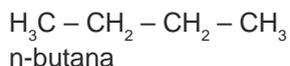
B. Komponen Utama Minyak Bumi

Minyak bumi yang baru keluar dari pengeboran merupakan minyak mentah (*crude oil*) yang kental berwarna hitam. Minyak mentah merupakan campuran dari berbagai macam senyawa yang di dalamnya sebagian besar merupakan senyawa hidrokarbon seperti alkana, sikloalkana dan hidrokarbon aromatik, serta terdapat senyawa-senyawa lain.

1. Alkana

Senyawa alkana yang terdapat dalam minyak bumi ada yang memiliki rantai karbon lurus seperti n-butana dan n-heptana ada juga yang memiliki rantai karbon bercabang seperti 2,2,4-trimetilpentana (isooktana).

Rumus struktur senyawa alkana tersebut yaitu sebagai berikut.

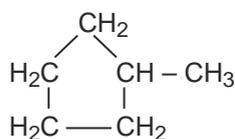


2,2,4-trimetilpentana (isooktana)

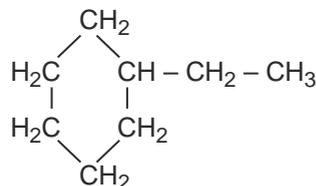
Dalam minyak bumi senyawa yang paling banyak ditemukan adalah senyawa hidrokarbon dengan rantai lurus.

2. Sikloalkana

Sikloalkana yang ditemukan dalam minyak bumi contohnya metilsiklopentana dan etilsikloheksana dengan rumus struktur sebagai berikut.



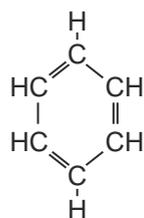
metilsiklopentana



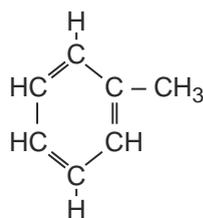
etilsikloheksana

3. Hidrokarbon Aromatik

Senyawa hidrokarbon aromatik paling sederhana yang terdapat pada minyak bumi adalah benzena (C_6H_6) dan metilbenzena dengan rumus struktur sebagai berikut.



benzena



metil benzena

4. Senyawa Lain

Komposisi senyawa-senyawa yang terkandung dalam minyak bumi berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya. Selain hidrokarbon jenuh terdapat pula senyawa hidrokarbon tak jenuh, senyawa belerang dan oksigen, serta organologam. Jumlah kandungan atau kadar senyawa-senyawa ini menentukan kualitas dari minyak bumi.

Hasil pengilangan minyak dan gas bumi di Indonesia memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan yang diproduksi oleh negara-negara lain. Mengapa demikian?

Latihan 10.2

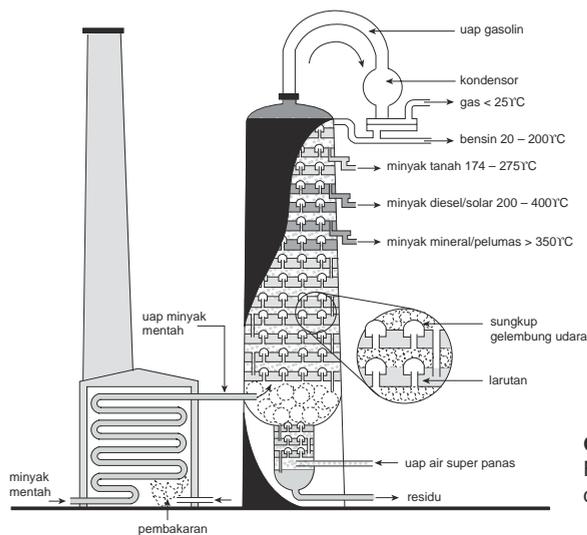
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Sebutkan komponen utama yang terdapat dalam minyak bumi!
2. Tuliskan rumus isooktana yang terdapat dalam minyak bumi!

C. Pengolahan Minyak Bumi

Bahan bakar yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, merupakan hasil pengolahan minyak bumi. Minyak bumi yang dihasilkan dari pengeboran tidak dapat langsung digunakan, tapi harus melalui proses distilasi bertingkat terlebih dahulu.

Pada distilasi bertingkat, pemisahan terjadi berdasarkan perbedaan titik didih berbagai hidrokarbon senyawa yang terdapat dalam minyak bumi. Perhatikan gambar diagram fraksionasi minyak bumi dengan distilasi bertingkat berikut.



Gambar 10.2
Fraksionasi minyak bumi dengan distilasi bertingkat

Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry with Qualitative Analysis*

Proses distilasi bertingkat merupakan cara untuk memisahkan komponen-komponen penyusun minyak bumi melalui kolom-kolom berfraksi dengan pelat-pelat dan sejumlah sungkup gelembung udara.

Minyak bumi dipanaskan sehingga berubah menjadi gas dan bergerak melalui sungkup-sungkup. Senyawa karbon yang mempunyai rantai karbon panjang akan mencair pada kolom fraksi di bagian bawah, sedangkan senyawa karbon yang rantai karbonnya lebih pendek akan terus ke atas. Akibatnya komponen-komponen minyak bumi itu akan dapat dipisahkan melalui kolom-kolom berfraksi.

Masing-masing fraksi minyak bumi yang telah dipisahkan satu sama lain segera mengalami proses *desulfurisasi* (penghilangan belerang). Senyawa-senyawa belerang yang dikandung minyak bumi perlu dikurangi, sebab belerang menyebabkan bau tidak enak pada minyak bumi. Minyak bumi yang kadar belerangnya tinggi jika dibakar akan menghasilkan gas SO_2 , sehingga meningkatkan pencemaran udara.

Hasil fraksionasi minyak bumi digunakan untuk berbagai keperluan. Hasil fraksionasi minyak bumi dan kegunaannya dapat dilihat pada Tabel 10.1.

Tabel 10.1 Hasil fraksionasi minyak bumi dan kegunaannya

Nama	Rantai C	Jarak Titik Didih	Kegunaan
1. Gas	$\text{C}_1 - \text{C}_4$	$< 25^\circ\text{C}$	Gas LPG
2. Gasolin	$\text{C}_4 - \text{C}_{12}$	$20 - 200^\circ\text{C}$	Bahan bakar kendaraan bermotor
4. Kerosin	$\text{C}_{10} - \text{C}_{14}$	$174 - 275^\circ\text{C}$	Bahan bakar kompor
5. Minyak disel	$\text{C}_{14} - \text{C}_{19}$	$200 - 400^\circ\text{C}$	Bahan bakar mesin disel, atau solar
6. Minyak mineral	$\text{C}_{19} - \text{C}_{35}$	350°C	Minyak pelumas atau oli
7. Minyak bakar	> 20	$> 400^\circ\text{C}$	Bahan bakar untuk industri, kapal laut
8. Parafin	> 35	padat	Lilin
9. Bitumen	> 35	padat	Aspal jalan, atap rumah

Sumber: Michael Lewis, *Thinking Chemistry*

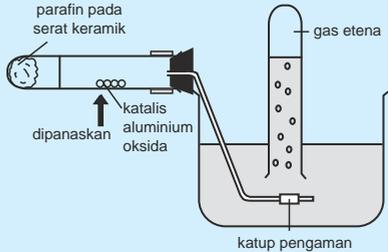
Gasolin, Herosin atau bensin, dan minyak tanah lebih banyak diperlukan daripada hidrokarbon yang rantainya lebih panjang. Untuk memenuhi kebutuhan bensin dan minyak tanah itu maka dilakukan pemecahan molekul hidrokarbon yang besar menjadi molekul kecil. Proses ini disebut *cracking*. Cara melakukan *cracking* yaitu dengan pemanasan hidrokarbon rantai panjang pada suhu tinggi dan ditambah katalis Al_2O_3 atau SiO_2

Percobaan *cracking* minyak bumi dapat kita lakukan secara sederhana. Perhatikan kegiatan berikut ini.

KEGIATAN 10.1 Menyimpulkan

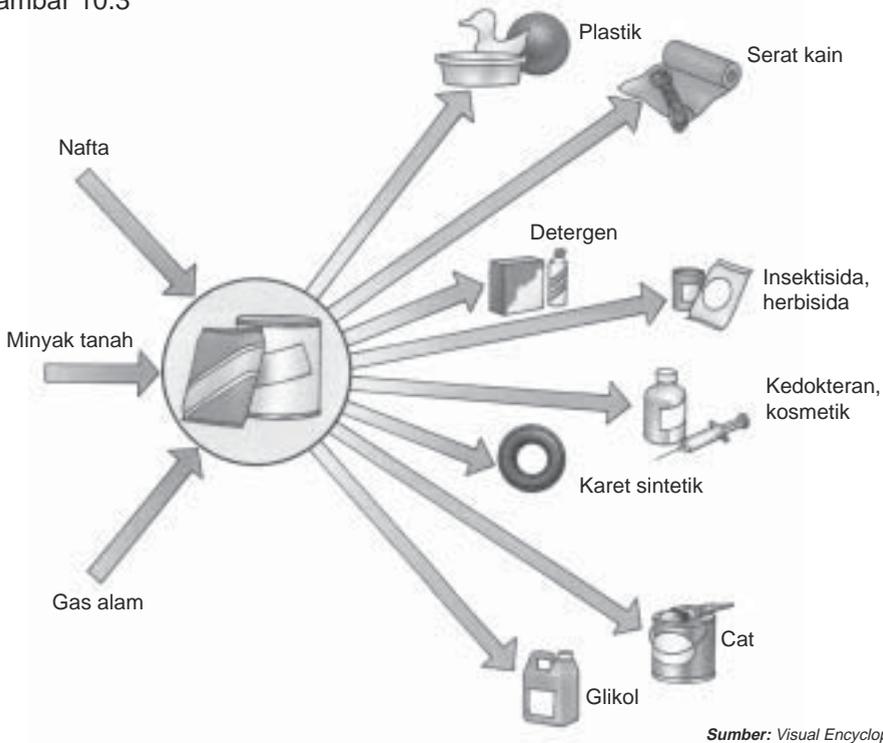
Cracking Minyak Bumi

Perhatikan diagram percobaan *cracking* berikut ini.



1. Apa nama hidrokarbon yang akan di *cracking*?
2. Tentukan perkiraan rantai C pada hidrokarbon tersebut!
3. Katalis apa yang digunakan?
4. Gas apa yang dihasilkan?
5. Apa manfaat gas tersebut?

Hasil *cracking* minyak bumi di antaranya adalah nafta. Nafta banyak digunakan untuk industri-industri bahan sintesis seperti plastik, deterjen, dan obat-obatan, juga *avtur* yaitu bahan bakar pesawat terbang. Produk-produk yang dihasilkan dari hasil fraksinasi minyak bumi disebut juga produk petrokimia. Perhatikan Gambar 10.3



Sumber: Visual Encyclopedia

Gambar 10.3 Berbagai produk petrokimia

Latihan 10.3

Selesaikan soal-soal berikut!

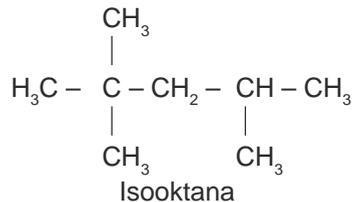
1. Jelaskan dasar dan teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi.
2. Sebutkan fraksi minyak bumi berikut rantai C dan perkiraan titik didihnya!
3. Sebutkan contoh produk-produk industri yang dihasilkan dari minyak bumi!
4. Mengapa bensin tidak digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga?

D. Bensin sebagai Bahan Bakar

Bensin adalah campuran isomer-isomer *heptana* (C_7H_{16}) dan *oktana* (C_8H_{18}). Bensin yang komponen terbanyaknya hidrokarbon rantai bercabang, energi hasil pembakarannya lebih besar dibandingkan dengan bensin yang komponen terbanyaknya rantai lurus. Dengan demikian bensin dari hidrokarbon rantai lurus kurang efisien untuk menggerakkan mesin kendaraan.

Kurangnya efisiensi ini ditandai dengan suara ketukan (*knocking*) pada mesin kendaraan. Dengan demikian, sebaiknya menggunakan bensin yang komponennya senyawa hidrokarbon bercabang.

Komponen bensin yang paling banyak cabangnya adalah *2,2,4-trimetil-pentana* atau *isooktana* dengan rumus:



Apa kegunaan bensin dalam kehidupan sehari-hari?

Bensin merupakan fraksi minyak bumi yang paling komersial, paling banyak diproduksi, dan paling banyak digunakan, sebab berfungsi sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang menjadi alat transportasi manusia sehari-hari.

Bensin yang dijual di pasaran merupakan campuran isooktana dengan alkana-alkana lainnya, seperti heptana dan oktana.

Persentase isooktana dalam suatu bensin disebut *angka oktana* (bilangan oktana). Misalnya campuran yang mengandung 20% n-heptana dan 80% *isooktana*, mempunyai bilangan oktan 80. Mutu atau kualitas bensin ditentukan oleh besarnya bilangan oktan.

Makin tinggi harga bilangan oktan suatu bensin, berarti bensin tersebut makin bagus atau makin efisien dalam menghasilkan energi. Bensin premium mutunya lebih rendah dibandingkan petramax. Bensin premium memiliki bilangan oktan antara 80 - 84 sedangkan petramax mempunyai bilangan oktan 92 - 94. Selain itu, di pasaran dikenal pula petramax plus yang memiliki bilangan oktan 98.

Bila bilangan oktan bensin rendah, pada mesin kendaraan akan timbul suara ketukan (*knocking*) sehingga mesin mudah panas dan rusak. Untuk meningkatkan bilangan oktan pada bensin ditambahkan TEL (*Tetra Etyl Lead*) dengan rumus kimia $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$. TEL dikenal sebagai *anti knocking*. Penggunaan TEL ini ternyata menimbulkan masalah yaitu timbulnya pencemaran udara oleh partikulat Pb. Agar PbO hasil pembakaran tidak mengendap dalam mesin dan keluar melalui knalpot, maka ditambahkan lagi senyawa 1,2-dibromoetana, sehingga yang keluar dari hasil pembakaran adalah PbBr_2 yang mudah menguap.

Fraksi bensin dalam minyak bumi sebetulnya relatif sedikit jumlahnya. Oleh karena itu, bensin banyak diperoleh dari hasil *cracking* minyak bumi, yaitu pemutusan hidrokarbon yang rantainya panjang menjadi rantai yang lebih pendek.

1. Dampak Penggunaan TEL pada Bensin

Proses penambahan TEL pada bensin premium dapat menimbulkan pencemaran yang diakibatkan oleh Pb di udara, air, maupun tanah. Bila termakan oleh kita akan menyebabkan terganggunya pembentukan sel darah merah, merusak otak, dan menghalangi proses metabolisme. Sekarang penggunaan TEL sebagai zat aditif pada bensin tidak diperbolehkan lagi dan digantikan oleh senyawa lain yang lebih ramah lingkungan yaitu MTBE (*Methyl Tertiary Butyl Ether*). Contoh bensin yang menggunakan MTBE adalah petramax dan petramax plus.

2. Dampak Pembakaran Tidak Sempurna pada Bensin

Bensin yang dibakar dalam mesin kendaraan bermotor akan menghasilkan gas CO_2 dan H_2O . Bila pembakaran tidak sempurna maka akan dihasilkan jelaga dan gas CO. Gas CO ini tidak berwarna dan tidak berbau, tetapi sangat berbahaya bagi manusia karena gas CO mempunyai daya ikat yang lebih kuat terhadap haemoglobin daripada oksigen. Akibat dari pembentukan COHb maka sistem pengangkutan oksigen dalam darah ke seluruh tubuh akan terganggu sehingga tubuh akan kekurangan oksigen. Hal ini dapat dilihat dengan timbulnya gejala-gejala seperti sesak napas, permukaan kulit tampak membiru, dan bila melebihi kadar 5% dapat mengganggu jantung, serta menyebabkan kematian.

Untuk mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan maka mutu bahan bakar perlu diperbaiki dengan memberikan zat aditif yang ramah lingkungan serta emisi gas buang dalam kendaraan perlu disempurnakan.

INFO KIMIA

Biogas merupakan bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari pemecahan biomass (hewan dan tumbuhan) di dalam proses anaerob. Biomass diperoleh dari sampah pertanian. Komponen biogas adalah metana, gas ini biasanya didapat dari penyulingan minyak bumi.

E. Daerah-Daerah Pengilangan Minyak Bumi dan Gas Bumi di Indonesia

Berdasarkan data yang didapat dari Museum Minyak dan Gas Bumi Graha Widya Patra di TMII Jakarta, lapangan produksi minyak dan gas bumi di Indonesia berjumlah 51 tempat, antara lain di Minas (sumur Minas merupakan lapangan minyak yang terbesar di Asia Tenggara), kilang minyak Wonokromo (kilang minyak yang pertama di Indonesia), kilang minyak Plaju, lapangan minyak Cepu, kilang minyak Sungai Gerong, lapangan minyak Tarakan, kilang minyak Pangkalan Brandan, kilang minyak Dumai, dan kilang minyak Balongan. Kilang gas terdapat di LNG Arun, LNG Badak (Bontang), LPG Mundu (Cirebon), dan LPG Rantau (Aceh).

Latihan 10.4

Selesaikan soal-soal berikut.

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan bilangan oktan!
2. Jelaskan dampak penggunaan TEL pada bensin!
3. Jelaskan perbedaan bensin premium dengan petramax!
4. Sebutkan tempat kilang minyak yang ada di Indonesia!

Rangkuman

1. Minyak bumi merupakan sumber utama senyawa hidrokarbon.
2. Minyak mentah adalah minyak bumi yang baru keluar dari pengeboran yang berwarna hitam dan kental.
3. Proses pembentukan minyak bumi terjadi dari penguraian senyawa-senyawa organik yang berasal dari jasad renik yang hidup di laut jutaan tahun lalu.
4. Komponen utama minyak bumi adalah alkana, sikloalkana, dan hidrokarbon aromatik.
5. Pengolahan minyak bumi melalui beberapa tahap yaitu melalui distilasi bertingkat, desulfurisasi, dan *cracking*.
6. Contoh industri petrokimia adalah plastik, serat kain, detergen, insektisida, kosmetik, dan karet sintetis.
7. Bilangan oktan menunjukkan persentase isooktana dalam bensin.
8. Dampak pembakaran tidak sempurna pada bensin adalah timbulnya gas CO.
9. Daerah pengilangan minyak bumi di Indonesia antara lain Minas, Wonokromo, Plaju, Cepu, Sungai Gerong, Tarakan, Pangkalan Brandan, Dumai, dan Balongan.

Kata Kunci

- Gelombang elektromagnetik
- Distilasi bertingkat
- Desulfurisasi
- Cracking
- Nafta
- Bilangan oktan

Evaluasi Akhir Bab

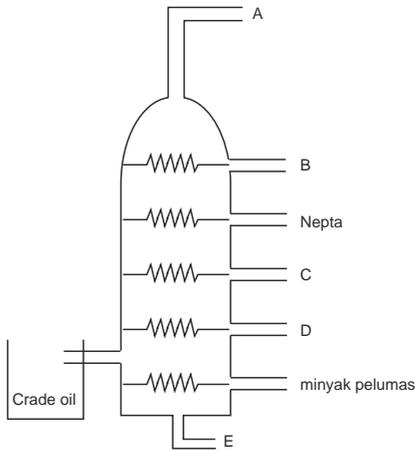
A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi dilakukan berdasarkan perbedaan
 - A. titik didih
 - B. ikatan kimia
 - C. massa rumus
 - D. reaksi adisi
 - E. berat jenis
2. Berikut ini yang *tidak* termasuk minyak bumi adalah
 - A. minyak tanah
 - B. solar
 - C. bensin
 - D. nafta
 - E. minyak kelapa
3. Fraksi minyak bumi yang dihasilkan pada suhu yang paling rendah adalah
 - A. kerosin
 - B. residu
 - C. bensin
 - D. nafta
 - E. solar
4. Bensin yaitu fraksi minyak bumi yang mengalami penyulingan pada suhu
 - A. 20 °C – 70 °C
 - B. 70 °C – 140 °C
 - C. 140 °C – 180 °C
 - D. 174 °C – 275 °C
 - E. 200 °C – 400 °C
5. Hasil sulingan minyak bumi yang paling tinggi titik didihnya adalah
 - A. bensin
 - B. kerosin
 - C. solar
 - D. nafta
 - E. residu
6. Berdasarkan perjanjian, bilangan oktan isooktana diberi nilai
 - A. 0
 - B. 25
 - C. 50
 - D. 80
 - E. 100
7. Bensin premium mempunyai angka oktan
 - A. 98 – 100
 - B. 70 – 80
 - C. 85 – 98
 - D. 80 – 85
 - E. 60 – 75

8. Senyawa hidrokarbon yang paling banyak terdapat pada LNG adalah
- | | |
|------------|-----------|
| A. pentana | D. etana |
| B. butana | E. metana |
| C. propana | |
9. Fraksi minyak bumi yang tersusun menurut berkurangnya titik didih adalah
- | |
|---------------------------|
| A. solar, kerosin, bensin |
| B. solar, bensin, kerosin |
| C. kerosin, solar, bensin |
| D. bensin, solar, kerosin |
| E. bensin, kerosin, solar |
10. Bensin tersusun dari isomer-isomer heptana dan oktana. Manakah di bawah ini yang bukan komponen bensin?
- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| A. 2,3-dimetilheksana | D. 2,3-dimetilbutana |
| B. 2-metilheksana | E. 2,2,4-trimetilpentana |
| C. 2-metilheptana | |
11. Suatu hidrokarbon mempunyai rumus empiris CH. Massa rumus senyawa itu = 26. Rumus senyawa tersebut adalah
- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| A. CH ₂ | D. C ₂ H ₆ |
| B. C ₂ H ₂ | E. C ₃ H ₃ |
| C. C ₂ H ₄ | |
12. Untuk membakar 2 liter gas etana (t,p) diperlukan udara sebanyak (udara mengandung 20% volum oksigen)
- | | |
|-------------|-------------|
| A. 2 liter | D. 15 liter |
| B. 3 liter | E. 30 liter |
| C. 10 liter | |
13. Bila bahan bakar pembakarannya tidak sempurna, akan terbentuk suatu gas yang mudah diikat oleh haemoglobin. Gas yang berbahaya itu adalah
- | | |
|--------------------|--------------------|
| A. CO ₂ | D. SO ₂ |
| B. CO | E. SO ₃ |
| C. CH ₄ | |
14. Uap hasil pembakaran bensin yang merupakan logam berat dan berbahaya bagi kesehatan manusia mengandung
- | | |
|-----------|------------|
| A. timah | D. raksa |
| B. emas | E. natrium |
| C. timbal | |

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan jelas dan singkat.

1. Minyak bumi adalah campuran hidrokarbon. Dengan alat penyulingan, minyak bumi dipisahkan dengan distilasi bertingkat seperti gambar berikut:



- Tunjukkan fraksi mana (A, B, C, D dan E).
 - Dibakar akan menghasilkan asap hitam kotor.
 - Digunakan untuk mengaspal jalan.
 - Titik didih paling rendah.
 - Tidak cocok untuk bahan bakar.
 - Cocok untuk bahan kendaraan.
 - Bahan untuk dipecah menjadi bahan bakar rumah tangga.
 - Sebutkan kegunaan dari fraksi A dan fraksi B.
 - Untuk memisahkan minyak bumi, mengapa harus dengan distilasi bertingkat?
2. Bahan bakar rumah tangga biasanya digunakan minyak tanah dan batu bara. Mengapa bensin hanya digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, tidak digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga? Jelaskan.
3. Mengapa penggunaan TEL tidak diperbolehkan lagi dan diganti dengan MTBE? Jelaskan.

Tugas

Diskusikan dalam kelompok, apa saja yang dapat dilakukan untuk menghemat bahan bakar sehubungan dengan sumber daya alam untuk bahan bakar tidak dapat diperbarui. Presentasikan di kelas.

Bab XI

Kegunaan dan Komposisi Senyawa Hidrokarbon dalam Kehidupan Sehari-Hari



Sumber: Pustaka Ilmu Molekul Raksasa

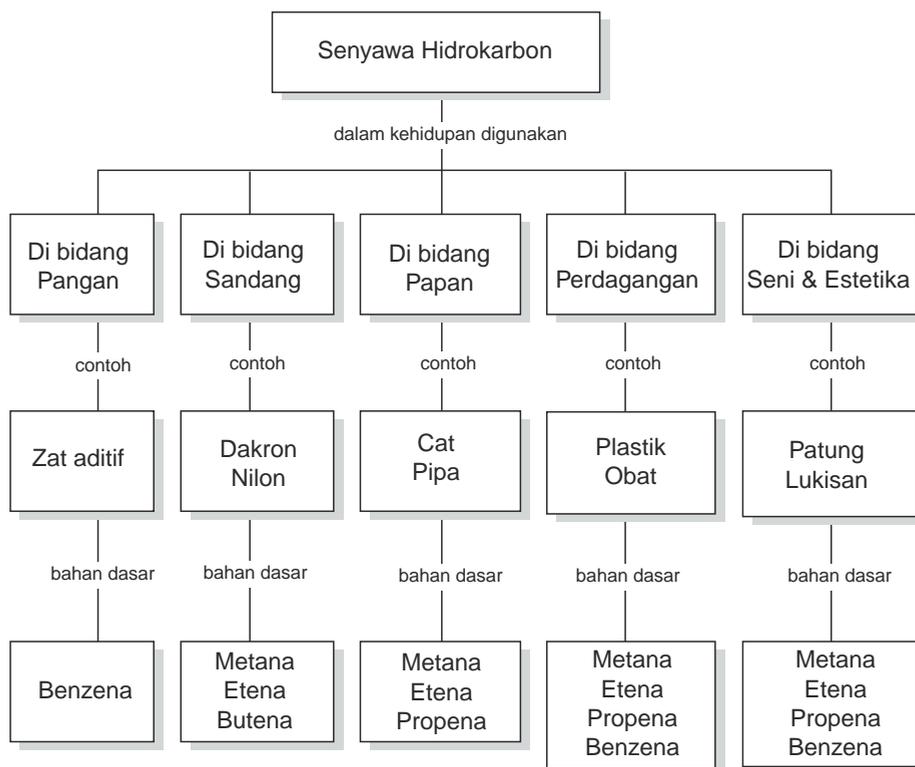
Rumah plastik pertama dibangun tahun 1957. Salah satu bahan utama plastik adalah senyawa hidrokarbon.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan senyawa hidrokarbon di bidang pangan, papan, sandang, perdagangan, seni, dan estetika,
2. memberikan contoh produk-produk senyawa hidrokarbon di berbagai bidang,
3. menjelaskan kegunaan dan komposisi senyawa hidrokarbon dalam berbagai bidang.

PETA KONSEP



Coba perhatikan benda-benda di sekitarmu! Adakah benda yang terbuat dari plastik? Sekarang plastik merupakan bahan yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan, coba berikan alasannya! Salah satu bahan utama plastik berupa senyawa hidrokarbon. Hidrokarbon banyak digunakan sebagai bahan dasar untuk berbagai benda, tetapi hidrokarbon tersebut bereaksi dulu dengan zat lain sehingga membentuk senyawa-senyawa yang dapat langsung digunakan misalnya sebagai bahan pembuatan kain, pupuk, obat-obatan, zat aditif, dan bahan untuk hiasan.

Senyawa hidrokarbon yang digunakan sebagai bahan dasar umumnya berupa hasil distilasi dan *cracking* minyak bumi seperti gas metana, etena, dan etuna juga hidrokarbon aromatik seperti benzena.

Pada bab ini akan dibahas kegunaan dan komposisi senyawa hidrokarbon dalam bidang pangan, sandang, papan, perdagangan, seni, dan estetika.

A. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Pangan

Bahan makanan merupakan keperluan hidup manusia di bidang pangan. Senyawa-senyawa yang terkandung di dalam bahan makanan masing-masing mempunyai fungsi bagi tubuh manusia, misalnya karbohidrat untuk memenuhi kebutuhan energi dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Karbohidrat bukan termasuk senyawa hidrokarbon karena selain mengandung unsur C dan H juga mengandung unsur oksigen, misalnya glukosa dengan rumus $C_6H_{12}O_6$. Senyawa ini merupakan bahan alami, dapat diambil langsung dari tanaman. Senyawa karbon lainnya yang terdapat dalam makanan yaitu protein dan lemak.

Senyawa hidrokarbon di bidang pangan berperan dalam penyediaan makanan, untuk memasak bahan makanan digunakan bahan dasar minyak tanah atau LPG.

Sekarang banyak makanan dan minuman yang dikemas dengan citarasa dan aroma yang beraneka ragam serta dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Pada makanan ini telah ditambahkan berbagai zat aditif makanan. Bahan dasar zat aditif ada yang berasal dari hidrokarbon yaitu benzena yang mempunyai rumus C_6H_6 .

Untuk mengenal berbagai zat aditif sintesis yang berasal dari hidrokarbon, coba lakukan kegiatan berikut dan diskusikan.

KEGIATAN 11.1 Analisis

Zat Aditif Sintesis

Perhatikan komposisi zat pada kemasan makanan dan minuman yang dijual di pasaran misalnya permen, sirup, dan kue-kue kering.

1. Tentukan bahan kimia alami dan bahan kimia sintesis!
2. Tentukan bahan kimia sintesis yang termasuk pemanis, pewarna, pengawet, pengembang, atau antioksidan pada makanan yang diteliti.

Bahan-bahan kimia sintetis biasanya dicantumkan pada label kemasan makanan seperti contoh berikut.



Gambar 11.1 Contoh label kemasan produk minuman dan makanan

Zat aditif yang berasal dari senyawa hidrokarbon misalnya pemanis sakarin dan sodium siklamat, keduanya mengandung bahan dasar benzena C_6H_6 . Bahan pengawet lainnya yang mengandung bahan dasar senyawa turunan benzena yaitu natrium benzoat yang biasa digunakan untuk pengawet manisan buah dan minuman. Senyawa ini merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang bentuknya siklik, tak jenuh, dan berbahaya.

Latihan 11.1

Selesaikan soal-soal berikut!

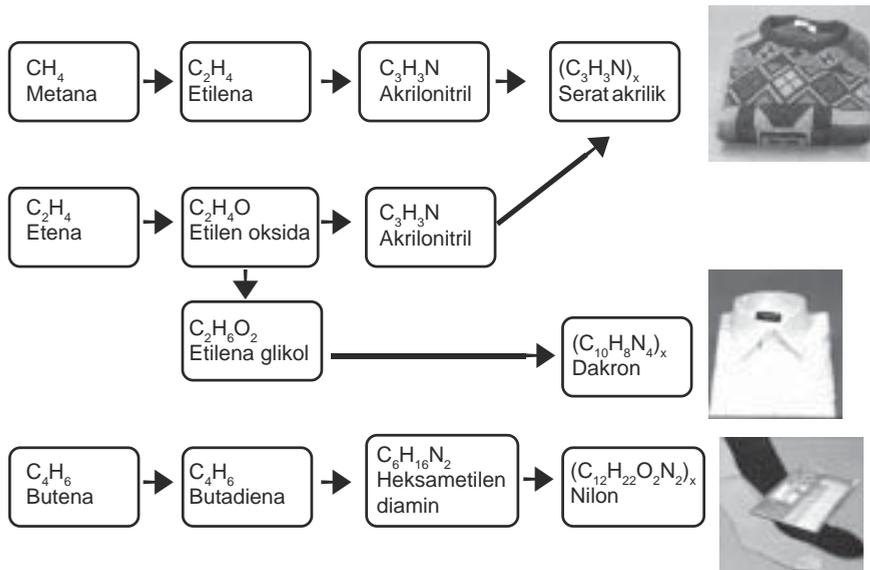
1. Mengapa penggunaan zat aditif sintetis harus dibatasi?
2. Tulis nama-nama zat aditif sintetis yang ada pada permen, dan sirup yang bahan dasarnya mengandung senyawa hidrokarbon!

B. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Sandang

Untuk keperluan sandang senyawa hidrokarbon mulai digunakan untuk mengganti bahan alam seperti kapas, sutra, dan wool. Bahan pakaian sintetis harganya lebih murah dan dapat diproduksi secara besar-besaran dalam waktu singkat. Produk ini termasuk polimer yang dibuat dari berbagai senyawa hidrokarbon molekul kecil yang disebut monomer.

Senyawa hidrokarbon apa yang digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan bahan pakaian sintetis?

Perhatikan bagan berikut.



Sumber: New Stage Chemistry

Gambar 11.2 Bagan pembuatan beberapa bahan sandang dari hidrokarbon

Termasuk golongan apa hidrokarbon bahan dasar sandang di atas? Carilah contoh kain dari bahan akrilik, dakron, dan nilon, amati perbedaannya!

Bahan sandang sintesis umumnya merupakan polimer dari beberapa senyawa kimia yang bahan dasarnya adalah senyawa hidrokarbon yaitu metana, etena, butena, juga benzena. Hidrokarbon tersebut direaksikan dengan zat lain untuk menghasilkan monomer-monomer yang mengandung oksigen dan mengandung nitrogen kemudian monomer-monomer dipolimerisasikan menjadi senyawa polimer yang berupa serat atau benang. Serat atau benang tersebut diolah menjadi kain-kain yang digunakan sebagai bahan sandang.

Latihan 11.2

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Pakaian jenis apa yang bahannya terbuat dari nilon, serat akrilik dan dakron?
2. Mengapa harga sandang dari bahan sintesis lebih murah dari bahan alami seperti katun dan sutra?

C. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Papan

Coba perhatikan bahan-bahan untuk membangun rumahmu atau sekolah! Terbuat dari apa bahan bangunan tersebut? Apakah menurutmu ada yang berasal dari senyawa hidrokarbon? Umumnya bahan bangunan seperti semen, bata, dan

kayu bukan dari senyawa hidrokarbon. Semen dibuat dari campuran batu kapur, tanah liat, pasir, dan senyawa lainnya.

Bahan bangunan yang dibuat dari senyawa hidrokarbon antara lain cat dan kaca plastik atau fiberglas. Cat ada yang bahan dasarnya metana, etena, dan butena. Beberapa contoh cat sesuai bahan dasar tertera pada tabel berikut.

Tabel 11.1 Berbagai jenis cat sesuai bahan dasarnya

Hidrokarbon	Jenis Cat	Rumus	Kegunaan
Metana	Cat Vinil	$(C_4H_6O_2)_n$	Cat tembok
Etena	Cat Lateks Stirena - Butadiena	$(C_{28}H_{30})_n$	Cat tembok
Propena	Cat Damar Alkid	$(C_{11}H_{10}O_5)_n$	Cat kayu atau besi

Sumber: Pustaka Ilmu: Molekul Raksasa

Selain cat, bahan bangunan lain ada yang dibuat dari macam-macam polimer hidrokarbon, misalnya daun pintu, atap plastik, bak mandi, dan pipa-pipa air.

Contoh senyawa hidrokarbon untuk bahan-bahan bangunan ini tertera pada tabel berikut!

Senyawa Hidrokarbon	Jenis Plastik	Jenis Bahan Bangunan
Kloro etena	PVC	Pipa air
2-metilpropanoat	Perspek	Kaca plastik

INFO KIMIA

Dewasa ini sudah dirancang rumah dari bahan plastik baik bangunannya maupun segala isinya. Rumah plastik pertama yaitu bangunan Institut Teknik Massachusetts dan Monsanto tahun 1957 mempunyai enam kamar dan terdiri dari 16 bagian cetakan, masing-masing mengandung 0,5 ton damar poliester.

Latihan 11.3

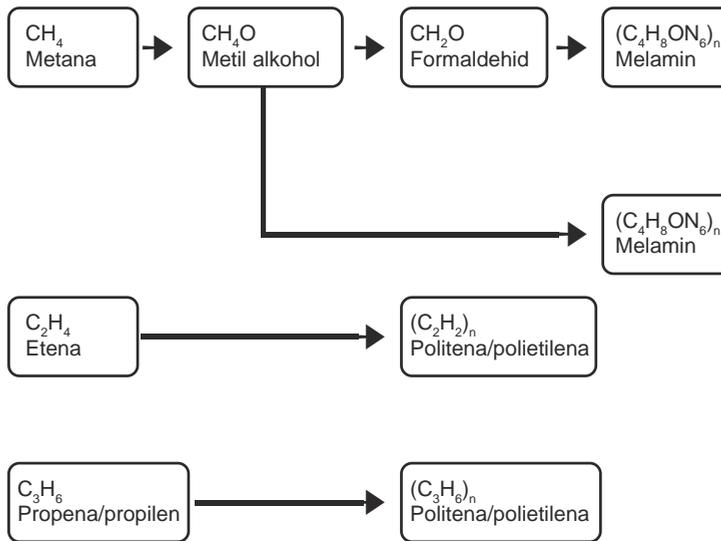
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Sebutkan kelebihan cat dinding yang diproduksi sekarang ini!
2. Cari bahan bangunan rumahmu yang terbuat dari bahan-bahan yang berasal dari senyawa hidrokarbon!

D. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Perdagangan

Berbagai produk industri banyak diperdagangkan untuk berbagai keperluan sehari-hari misalnya barang-barang dari plastik, pupuk, pestisida, detergen, karet sintesis, dan obat-obatan. Semua bahan ini dibuat dari zat-zat kimia yang diolah di pabrik secara besar-besaran. Senyawa apa yang digunakan untuk membuat produk tersebut?

Coba perhatikan bagan proses pembuatan berbagai jenis plastik berikut!



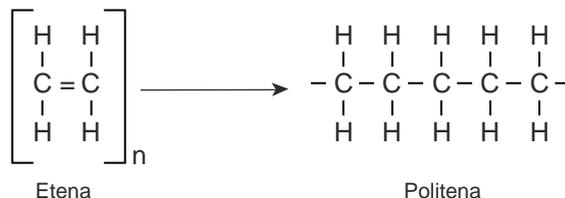
Sumber: Pustaka Ilmu: Molekul Rasasa

Gambar 11.2 Bagan pembuatan berbagai jenis plastik

Pada bagan tersebut dapat dilihat bahwa plastik ternyata ada yang bahan dasarnya gas metana, etena, dan propena.

Plastik yang paling banyak produknya adalah politena atau polietilena. Pembuatannya melalui proses polimerisasi adisi, yaitu penggabungan monomer-monomer etena yang berikatan rangkap dan berwujud gas sehingga terbentuk polimer yang ikatan antara C dan C nya tunggal dan berwujud padat.

Contoh pembentukan polimernya:



Sebenarnya ada lagi jenis plastik lain yang bahan dasarnya metana, etena, propena, dan benzena, contohnya tertera pada Tabel 11.2.

Tabel 11.2 Berbagai jenis plastik dan kegunaannya

Hidrokarbon	Jenis Plastik	Kegunaan
Metana	Plastik urea	Bahan kancing
	Melamin	Alat rumah tangga
	Teflon	Plastik anti lengket untuk wajan, <i>rice cooker</i> .
	Pleksiglas	Kaca pesawat terbang
Etena	Politena	Botol, pembungkus, kantong plastik, alat rumah tangga
	Polistirena	Sarung tangan, mainan anak-anak
Propena	Polipropilena	Kopor
	Selofan	Plastik tipis untuk pembungkus
	Bakelit fenolat	Alat-alat listrik
Benzena	Polistirena	Sarung tangan, mainan anak-anak
	Poliuretan	Spon

Sumber: Pustaka Ilmu: Molekul Rasasa

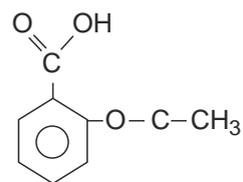
Produk industri lain dalam perdagangan yang bahan dasarnya hidrokarbon contohnya tertera pada Tabel 11.3!

Tabel 11.3 Berbagai produk industri dari hidrokarbon

Hidrokarbon	Jenis Produk	Nama Produk	Kegunaan
Metana	Aerosol	Freon	Gas pendorong pada bahan yang disemprotkan, misal hair spray
	Detergen	Detergen nonionik	Bahan pencuci pakaian
Etena	Obat	Aspirin	Obat sakit kepala
		Rayon asetat	Sapu plastik
Propilena	Alat rumah tangga	Stirena butadiena	Selang karet
	Ban	Karet butil	Ban mobil dan motor
Benzena	Pertanian	Pupuk	Bahan penyubur tanaman
	Obat	Analgesik	Obat penahan sakit
	Detergen	Detergen nonionik	Bahan pencuci pakaian
	Insektisida	Benzena heksaklorida	Pembasmi serangga
	Obat	Aspirin	Obat sakit kepala

Sumber: Pustaka Ilmu: Molekul Rasasa

Sebetulnya obat sudah ditemukan sejak dulu. Dahulu obat dibuat dari bahan alami, misalnya akar tanaman dan daun. Sekitar tahun 1800 obat-obatan dari senyawa kimia mulai diproduksi, misalnya ahli kimia Perancis Charles Frederie Gerhard tahun 1853 membuat aspirin sebagai penahan sakit dengan struktur kimia seperti Gambar 11.3.



Gambar 11.3 Struktur aspirin

Bahan dasar aspirin dapat berupa etena dan benzena. Tahun 1950 diproduksi lagi obat penahan sakit yaitu paracetamol. Sampai saat ini paracetamol banyak digunakan.

E. Senyawa Hidrokarbon di Bidang Seni dan Estetika

Adakah benda-benda seni di rumahmu? Benda seni dapat berupa lukisan cat, perhiasan, dan kerajinan tangan dari plastik. Beberapa benda seni ditempatkan di suatu ruangan atau dipakai di badan untuk menambah estetika atau keindahan. Lukisan umumnya dibuat dari cat yang sebagian komponennya berasal dari senyawa hidrokarbon.

Benda seni lainnya banyak dibuat dari plastik seperti patung-patung, aksesoris, bunga-bunga, atau buah-buahan. Contoh beberapa benda seni tertera pada tabel berikut.

Tabel 11.4 Beberapa benda seni dari hidrokarbon

Benda Seni	Bahan	Hidrokarbon
Kerajinan tangan patung	Busa poliuretan	Benzena
Bunga dan buah plastik	Polietilena	Etena
Hiasan dinding	Pleksiglas	Propilena
Hiasan aquarium	Polietilena	Etena

Sumber: Pustaka Ilmu: Molekul Raksasa

Banyak lagi benda-benda seni yang indah dibuat dari bahan-bahan plastik, coba cari contohnya!

Pembuatan bahan-bahan dari senyawa hidrokarbon ini setelah melewati berbagai proses atau reaksi kimia di pabrik-pabrik. Mengingat senyawa hidrokarbon ini merupakan hasil distilasi minyak bumi maka penggunaannya harus sangat bijaksana karena minyak bumi ini termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui.

Latihan 11.4

Beri contoh bahan-bahan yang ada di sekelilingmu dengan bahan dasar senyawa hidrokarbon yang termasuk bidang sandang, perdagangan, dan seni.

Rangkuman

1. Senyawa hidrokarbon dapat diolah menjadi senyawa karbon yang langsung dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari melalui berbagai reaksi dengan zat lain atau reaksi polimerisasi.
2. Di bidang pangan senyawa hidrokarbon kurang berperan kecuali sebagai bahan bakar memasak makanan dan bahan dasar beberapa zat aditif makanan.
3. Di bidang sandang banyak bahan pakaian dibuat dari bahan dasar hidrokarbon metana, etena, dan butena. Jenis kain yang dihasilkan contohnya serat akrilik, dakron, orlon, dan nilon.
4. Di bidang papan senyawa metana, etena, dan propena merupakan bahan dasar pembuatan cat, pipa paralon, dan jenis plastik untuk kaca, pipa air, dan seng plastik.
5. Di bidang perdagangan senyawa hidrokarbon yang banyak dijual yaitu produk plastik, obat-obatan, detergen, pestisida, dan pupuk. Plastik yang terkenal adalah polietilena yang merupakan polimer dari etena. Dari metana dihasilkan melamin, dari propena dihasilkan polipropilen. Obat yang bahan dasarnya etena dan benzena adalah aspirin.
6. Di bidang seni dan estetika senyawa yang banyak digunakan adalah cat. Karya seni lainnya banyak dibuat dari polietilen dan akrilik.

Kata Kunci

- Hidrokarbon
- Polimer
- Plastik
- Metana
- Etilena
- Propilena
- Butilena
- Benzena

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Senyawa hidrokarbon yang paling sederhana adalah
 - A. etuna
 - B. etena
 - C. etana
 - D. metana
 - E. benzena
2. Pemanis buatan yang bahan dasarnya berasal dari senyawa hidrokarbon C_6H_6 adalah
 - A. sorbitol
 - B. asam benzoat
 - C. sodium siklamat
 - D. glukosa
 - E. gula batu

3.



Pakaian pada foto terbuat dari polimer sintesis, hidrokarbon pembentuk polimer tersebut adalah

- A. metana
- B. etana
- C. etena
- D. propana
- E. butena

4. Butena merupakan senyawa hidrokarbon yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan

- A. rayon
- B. orlon
- C. nilon
- D. dacron
- E. tetoron

5. Pakaian kamu ada yang berasal dari bahan berikut:

- 1. serat akrilik
- 2. orlon
- 3. dakron
- 4. nilon

Di antara pakaian tersebut yang bahan dasarnya dari etena adalah

- A. 1 dan 3
- B. 2 dan 3
- C. 1 dan 4
- D. 2 dan 4
- E. 3 dan 4

6. Cat tembok yang berasal dari metana yaitu cat vinil, rumusnya adalah

- A. $(C_{28}H_3O)_n$
- B. $(C_{17}H_{34}O)_n$
- C. $(C_1H_{10}O)_n$
- D. $(C_4H_6O_2)_n$
- E. $(C_2H_4)_n$

7. Cat kayu/besi yang termasuk jenis damar alkid mempunyai bahan dasar

- A. metana
- B. etena
- C. propena
- D. butena
- E. propana

8. Di antara bahan bangunan berikut yang bahan dasarnya berasal dari senyawa hidrokarbon adalah

- A. semen
- B. bata
- C. ubin
- D. batu kapur
- E. cat tembok

9. Berikut ini contoh-contoh benda dari melamin, *kecuali*

- A. piring
- B. gelas
- C. mangkok
- D. wajan
- E. sendok

10.



Gambar di samping merupakan contoh benda dari jenis plastik

- A. poliuretan
- B. polietena
- C. polistirena
- D. polivinilklorida
- E. polipropilena

11. Bahan dasar pembentuk kaca pesawat terbang adalah
 - A. metana
 - B. etena
 - C. etuna
 - D. benzena
 - E. propilena
12. Jenis plastik teflon biasanya digunakan sebagai
 - A. bahan kancing
 - B. botol minuman
 - C. sarung tangan
 - D. spon pencuci piring
 - E. pelapis anti lengket
13. Berikut ini yang merupakan obat dengan bahan dasar hidrokarbon adalah
 - A. karbon aktif
 - B. magnesium hidroksida
 - C. aspirin
 - D. natrium klorida
 - E. kalium hidroksida
14. Ban mobil merupakan produk sintesis dengan bahan dasar
 - A. benzena
 - B. propilena
 - C. etena
 - D. metana
 - E. etuna
15. Benda-benda seni berikut yang bahan dasarnya hidrokarbon adalah
 - A. teko antik
 - B. patung logam
 - C. tembikar
 - D. gelas kristal
 - E. patung plastik

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan singkat dan jelas

1. Jelaskan kegunaan senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari!
2. Berikan contoh proses pembuatan produk bahan pakaian yang bahan dasarnya senyawa hidrokarbon!
3. Tuliskan reaksi polimerisasi dari etena menjadi polietilena!
4. Senyawa hidrokarbon apa saja yang merupakan bahan dasar pembuatan produk aspirin, detergen, pestisida, teflon, dakron, dan spon!
5. Bagaimana pendapatmu tentang diproduksinya benda-benda keperluan kehidupan sehari-hari yang bahan dasarnya senyawa hidrokarbon?

Tugas

Lilin termasuk senyawa hidrokarbon. Dijual sebagai pengganti lampu jika aliran listrik mati dan pada acara-acara tertentu seperti ulang tahun. Cobalah buat lilin-lilin dengan bentuk yang cantik dan warna yang indah sehingga memiliki nilai jual.

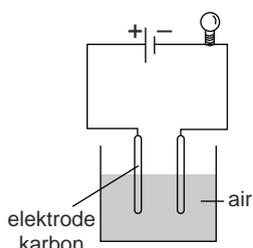
Caranya:

1. Carilah cetakan yang berbentuk bunga, binatang, huruf, atau bentuk seni lainnya.
2. Cairkan lilin kemudian beri warna.
3. Letakkan benang kasur untuk sumbu pada cetakan kemudian tuangkan cairan lilin dengan hati-hati.
4. Lepaskan dari cetakan tersebut.

Soal Evaluasi Semester II

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Diagram berikut menunjukkan alat uji elektrolit. Zat berikut yang bila dilarutkan dalam air akan menyebabkan lampu menyala terang adalah



- A. alkohol
- B. gula pasir
- C. urea
- D. garam dapur
- E. asam cuka encer

2. Data percobaan daya hantar listrik air dari berbagai sumber adalah sebagai berikut.

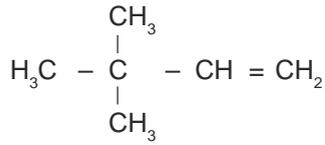
No.	Jenis Air	Nyala Lampu	Pengamatan Lain
1.	Air laut	Redup	Ada gas
2.	Air ledeng	Redup	Ada gas
3.	Air danau	Terang	Ada gas
4.	Air sumur	Redup	Ada gas
5.	Air suling	Redup	Ada gas

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa

- A. air laut merupakan elektrolit kuat
 - B. air suling bersifat nonelektrolit
 - C. semua air dari berbagai sumber itu bersifat elektrolit
 - D. ada air yang bersifat elektrolit dan nonelektrolit
 - E. air sumur termasuk elektrolit kuat
3. Asam asetat dalam air merupakan elektrolit lemah. Reaksi ionisasinya adalah
- A. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{CO}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$
 - B. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^+(aq) + \text{H}^-(aq)$
 - C. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{OH}^-(aq)$
 - D. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}^+(aq)$
 - E. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3^+(aq) + \text{COOH}^-(aq)$
4. Senyawa yang jika dilarutkan dalam air membentuk larutan bersifat basa lemah adalah
- A. NaOH
 - B. KOH
 - C. CH_3COOH
 - D. NH_3
 - E. HClO

5. Di antara larutan berikut yang tidak menghantarkan arus listrik adalah
- A. cuka
B. gula
C. kapur
D. garam dapur
E. air aki
6. Reaksi ionisasi yang benar adalah
- A. $\text{MgCl}_2(aq) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2 \text{Cl}^-(aq)$
B. $\text{Na}_2\text{CO}_3(aq) \longrightarrow \text{Na}^{2+}(aq) + \text{CO}_3^{2-}(aq)$
C. $\text{H}_2\text{SO}_3(aq) \longrightarrow 2 \text{H}^+(aq) + 2 \text{SO}_4^{-(aq)}$
D. $\text{KOH}(aq) \longrightarrow \text{KO}^+(aq) + \text{H}^-(aq)$
E. $\text{KNO}_3(aq) \longrightarrow \text{K}^{2+}(aq) + \text{NO}_3^-(aq)$
7. Unsur Mn yang mempunyai bilangan oksidasi sama dengan bilangan oksidasi Cr dalam $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ adalah
- A. MnO
B. MnO_2
C. MnSO_4
D. KMnO_4
E. K_2MnO_4
8. Perhatikan reaksi berikut.
- $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2 \text{HCl}$
 - $\text{CuO} + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{HCl}$
 - $\text{Cl}_2 + 2 \text{I}^- \longrightarrow 2 \text{Cl}^- + \text{I}_2$
- Di antara reaksi-reaksi tersebut yang termasuk reaksi redoks adalah
- A. 1, 2
B. 1, 3
C. 1, 4
D. 2, 3
E. 3, 4
9. Pada reaksi gas hidrogen sulfida dan gas belerang dioksida terbentuk endapan belerang. Persamaan reaksinya sebagai berikut:
 $2 \text{H}_2\text{S}(g) + \text{SO}_2(g) \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(l) + 3 \text{S}(s)$
 Pernyataan yang benar adalah
- A. kedua pereaksi direduksi
B. kedua pereaksi dioksidasi
C. hidrogen sulfida dioksidasi dan belerang dioksida direduksi
D. hidrogen sulfida direduksi dan belerang dioksida dioksidasi
E. belerang dioksida reduktor
10. Pada reaksi:
 $2 \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{F}_2(g) \longrightarrow 2 \text{Fe}^{3+}(aq) + 2 \text{F}^-(aq)$
 yang bertindak sebagai oksidator adalah
- A. Fe^{2+}
B. F_2
C. Fe^{3+}
D. F^-
E. Fe

19. Senyawa alkena dengan rumus struktur berikut, mempunyai nama



- A. 3, 3-dimetil-2-butena D. 2, 2-dimetil-2-butena
 B. 3, 3-dimetil-1-butena E. 2, 2-dimetil-1-butena
 C. 2, 2-dimetil-3-butena

20. Zat yang berisomer dengan n heksana adalah

- A. 2,2-dimetilpentana D. 3-metilheksana
 B. 3-etilpentana E. 3,4-dimetilheksana
 C. 2-metilpentana

21. Jumlah isomer dari C_4H_6 adalah

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

22. Isomer posisi dari senyawa heksena jumlahnya

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

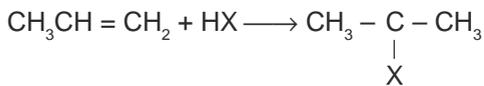
23. Gas karbit yang biasa digunakan untuk proses pengelasan adalah gas

- A. metana D. etuna
 B. etana E. propena
 C. etena

24. Di antara reaksi-reaksi berikut yang termasuk reaksi eliminasi adalah

- A. $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6$ D. $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$
 B. $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ E. $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$
 C. $\text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$

25. Reaksi berikut



dikenal sebagai reaksi

- A. kondensasi D. adisi
 B. eliminasi E. substitusi
 C. oksidasi

26. Senyawa yang dapat membentuk isomer cis dan trans adalah

- A. $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_2$ D. C_2H_2
 B. $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ E. CH_4
 C. C_2H_4

27. Pembentukan butana dari 1 butena termasuk reaksi
- A. oksidasi
 - B. adisi
 - C. eliminasi
 - D. substitusi
 - E. hidrasi

28. Data hasil penyulingan bertingkat minyak bumi adalah sebagai berikut.

Fraksi	Jumlah Atom C	Trayek Titik Didih (°C)
1.	$C_1 - C_4$	<25
2.	$C_4 - C_{12}$	20 – 200
3.	$C_{10} - C_{14}$	174 – 275
4.	$C_{14} - C_{19}$	200 – 400
5.	$C_{19} - C_{35}$	>350

Bensin dan solar terdapat pada fraksi nomor

- A. 1 dan 2
 - B. 1 dan 3
 - C. 2 dan 3
 - D. 2 dan 4
 - E. 3 dan 5
29. Bensin premium mempunyai bilangan oktan 80, berarti bensin tersebut mengandung
- A. 80% heptana dan 20% butana
 - B. 80% isooktana dan 20% butana
 - C. 80% butana dan 20% isooktana
 - D. 80% normal heptana dan 20% isooktana
 - E. 80% isooktana dan 20% normal heptana
30. Tabel berikut menunjukkan jumlah mol hasil pembakaran sempurna dari lima hidrokarbon.

Hidrokarbon	Karbon Dioksida (mol)	Air (mol)
1. C_3H_8	3	4
2. C_5H_{12}	5	6
3. C_6H_{12}	6	6
4. C_7H_8	7	4
5. C_7H_{16}	7	8

Hidrokarbon mana yang memerlukan 11 mol gas oksigen untuk pembakaran itu?

- A. C_3H_8
- B. C_5H_{12}
- C. C_7H_{16}
- D. C_7H_8
- E. C_6H_{12}

31. Produk industri petrokimia yang dihasilkan dari nafta adalah sebagai berikut, *kecuali*
- | | |
|-------------|--------------|
| A. plastik | D. cat |
| B. detergen | E. pestisida |
| C. lilin | |
32. TEL merupakan zat aditif pada bensin tetapi menimbulkan pencemaran udara. Rumus TEL adalah
- | | |
|--|--|
| A. $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ | D. $\text{Pb}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ |
| B. $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)$ | E. PbC_2H_5 |
| C. $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ | |
33. Bahan dari nilon tidak baik digunakan untuk
- | | |
|--------------|------------|
| A. kaos kaki | D. jaket |
| B. lap meja | E. parasut |
| C. payung | |
34. Senyawa hidrokarbon yang digunakan untuk bahan pembuatan dacron adalah
- | | |
|-----------|-----------|
| A. metana | D. etuna |
| B. etana | E. butena |
| C. etena | |
35. Polietena merupakan polimer dari etena yang banyak digunakan untuk
- | | |
|-------------------------|--------------------|
| A. plastik anti lengket | D. kantong plastik |
| B. paralon | E. ban mobil |
| C. nilon | |

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.

- "Hidrogen klorida adalah senyawa kovalen. Hidrogen klorida dalam air dapat menghantarkan listrik." Umumnya senyawa kovalen dalam air tidak menghantarkan listrik. Jelaskan pernyataan itu!
- $\text{MnO}_2(\text{s}) + 4 \text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{MnCl}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
 - Tentukan senyawa yang merupakan oksidator dan reduktor.
 - Hitung volum gas klor yang dihasilkan pada STP dari reaksi yang memerlukan 2 mol HCl.
- Buat isomer kerangka dari rumus molekul C_5H_{12} berikut namanya!
- Reaksikan senyawa-senyawa berikut.
 - Etena dengan gas hidrogen
 - Etana dengan gas klor
 - Butana dengan gas oksigen
- Berikan contoh zat aditif sintetis pada makanan.
 - Bagaimana cara memilih makanan kemasan yang dijual di toko-toko?

LAMPIRAN 1

TABEL UNSUR

Nama Unsur	Lambang Unsur	Nomor Atom	A_r	Isotop
Hidrogen	H	1	1,0	2, 3
Helium	He	2	4,0	3, 4
Litium	Li	3	7,0	7, 6
Berilium	Be	4	9,0	
Boron	B	5	10,8	10, 11
Karbon	C	6	12,0	13, 14
Nitrogen	N	7	14,0	15, 16
Oksigen	O	8	16,0	16, 17, 18
Fluor	F	9	19,0	
Neon	Ne	10	20,2	20, 21, 22
Natrium	Na	11	23,0	
Magnesium	Mg	12	24,3	24, 25, 26
Aluminium	Al	13	27,0	
Silikon	Si	14	28,0	28, 29, 30
Fosfor	P	15	31,0	
Belerang	S	16	32,1	32, 33, 34, 36
Klor	Cl	17	35,5	35, 37
Argon	Ar	18	40,0	36, 38
Kalium	K	19	39,1	39, 40, 41
Kalsium	Ca	20	40,0	42, 43, 44, 46, 48
Skandium	Sc	21	45,0	
Titanium	Ti	22	47,9	46, 47, 48, 49
Vanadium	V	23	50,9	50,51
Krom	Cr	24	52,0	50, 52, 53, 54
Mangan	Mn	25	54,9	
Besi	Fe	26	55,8	54, 56, 57, 58
Kobal	Co	27	58,8	
Nikel	Ni	28	58,7	58, 60, 61, 62, 63, 64
Tembaga	Cu	29	63,5	65, 68
Seng	Zn	30	65,4	64, 66, 67, 68, 70
Galium	Ga	31	69,7	69, 71
Germanium	Ge	32	72,6	70, 72, 73, 74, 76
Arsen	As	33	74,9	
Selenium	Se	34	79,0	74, 76, 77, 78, 80, 82
Brom	Br	35	79,9	79, 81
Kripton	Kr	36	83,8	78, 80, 82, 83, 84, 86
Rubidium	Rb	37	85,5	85, 87
Stronsium	Sr	38	87,6	84, 86, 87, 88
Itrium	Y	39	88,9	89
Zirkon	Zr	40	91,2	90, 91, 92, 94, 96
Niobium	Nb	41	92,9	
Molibdenum	Mo	42	95,9	92, 94, 95, 96, 97, 98, 100
Teknesium	Tc	43	98,0	
Rutenium	Ru	44	101,0	96, 98, 99, 100, 101, 102, 104
Rodium	Rh	45	102,9	
Paladium	Pd	46	106,4	102, 104, 105, 106, 108, 110
Perak	Ag	47	107,9	107, 109
Kadmium	Cd	48	112,4	106, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 116
Indium	In	49	114,8	113, 115
Timah	Sn	50	118,7	112, 114, 115, 116, 117, 118, 119,
Antimon	Sb	51	121,8	120, 121, 122, 123, 124
Telurium	Te	52	127,6	120, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 130
Iodium	I	53	126,9	
Xenon	Xe	54	131,3	124, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136
Sesium	Ce	55	132,9	
Barium	Ba	56	137,3	130, 132, 134, 135, 136, 138
Lantanum	La	57	138,9	138, 139

Nama Unsur	Lambang Unsur	Nomor Atom	A_r	Isotop
Serium	Ce	58	140,1	136, 138, 140,142
Praseodimium	Pr	59	140,9	
Neodimium	Nd	60	144,2	142, 143, 144, 145, 146,148, 150
Prometium	Pm	61	147,0	
Samarium	Sm	62	150,4	144, 147, 148, 149, 150, 152, 154
Europium	Eu	63	152,0	151, 153
Gadolinium	Gd	64	157,3	152, 154, 155,156, 157, 158, 160
Terbium	Tb	65	158,9	
Disprosium	Dy	66	162,5	156, 158, 160, 161, 162, 163, 164
Holmium	Ho	67	164,9	
Erbium	Er	68	167,3	162, 164, 166, 167, 168, 170
Tulium	Tm	69	168,9	
Iterbium	Yb	70	173,0	168, 170, 171, 172, 173, 174, 176
Lantanium	La	71	175,0	175, 176
Hafnium	Hf	72	178,5	174, 176, 177, 178, 179, 180
Tantalum	Ta	73	180,9	180, 181
Wolfram	W	74	183,9	180, 182, 183, 184, 186
Renium	Re	75	186,2	185, 187
Osmium	Os	76	190,2	188, 189, 190, 192
Iridium	Ir	77	192,2	191, 193
Platina	Pt	78	195,1	190, 192, 194, 195, 196, 198
Emas	Au	79	197,0	
Air raksa	Hg	80	200,6	196, 198, 199, 200, 201, 202, 204
Talium	Tl	81	204,4	203, 205
Timbal	Pb	82	207,2	202, 204, 206, 207, 208
Bismut	Bi	83	209,0	
Polonium	Po	84	210,0	
Astatin	At	85	210,0	217
Radon	Rn	86	222,0	220, 222
Fransium	Fr	87	223,0	221, 223
Radium	Ra	88	226,0	223, 224, 226, 228
Aktinium	Ac	89	227,0	226, 228
Torium	Th	90	232,0	
Protaktinium	Pa	91	231,0	231, 233, 234
Uranium	U	92	238,0	234, 235, 238
Neptunium	Np	93	237,0	237, 239
Plutonium	Pu	94	242,0	238, 239, 242
Amerisium	Am	95	243,0	
Kurium	Cm	96	247,0	
Berkelium	Bk	97	247,0	
Kalifornium	Cf	98	249,0	
Einsteinium	Es	99	254,0	
Fermium	Fm	100	253,0	
Mendelevium	Md	101	256,0	
Nobelium	No	102	254,0	
Lawrensium	Lr	103	257,0	
Rutherfordium	Rf	104	261,1	
Dubrium	Db	105	262,1	
Seaborgium	Sg	106	263,1	
Bohrium	Bh	107	262,1	
Hassium	Hs	108	265,0	
Meitnerium	Mt	109	265,0	

Sumber: Book of Data

LAMPIRAN 2

SIFAT FISIK UNSUR

Nama Unsur	Bentuk	Tb	Tf	Nama Unsur	Bentuk	Tb	Tf
Hidrogen	gas	20	14	Barium	padat	1931	998
Helium	gas	4	26	Lantanum	padat	3730	1194
Litium	padat	1615	459	Serium	padat	—	—
Berilium	padat	3243	155	Praseodimium	padat	—	—
Boron	padat	2823	2573	Neodimium	padat	—	—
Karbon	padat	5100	70	Prometium	padat	—	—
Nitrogen	gas	77	63	Samarium	padat	—	—
Oksigen	gas	90	55	Europium	padat	—	—
Fluor	gas	85	53	Gadolinium	padat	—	—
Neon	gas	27	25	Terbium	padat	—	—
Natrium	padat	1156	391	Disprosium	padat	—	—
Magnesium	padat	1300	922	Holmium	padat	—	—
Aluminium	padat	2740	933	Erbium	padat	—	—
Silikon	padat	2628	1683	Tulium	padat	—	—
Fosfor	padat	473	863	Iterbium	padat	—	—
Belerang	padat	718	386	Lantanium	padat	—	—
Klor	gas	238	172	Hafnium	padat	4875	2500
Argon	gas	87	84	Tantalum	padat	5700	3269
Kalium	padat	1033	336	Wolfram	padat	5433	3683
Kalsium	padat	1757	1112	Renium	padat	5900	3453
Skandium	padat	3104	1814	Osmium	padat	5570	2973
Titanium	padat	3560	1933	Iridium	padat	4403	2683
Vanadium	padat	3653	2163	Platina	padat	4100	2045
Krom	padat	2943	2130	Emas	padat	3353	1337
Mangan	padat	2235	1517	Air raksa	cair	630	234
Besi	padat	3023	1808	Talium	padat	1730	577
Kobal	padat	3143	1768	Timbal	padat	2813	601
Nikel	padat	3003	1728	Bismut	padat	1833	544
Tembaga	padat	2840	1356	Polonium	padat	1235	527
Seng	padat	1180	693	Astatin	padat	610	575
Galium	padat	2676	303	Radon	gas	211	207
Germanium	padat	3103	1210	Fransium	padat	950	300
Arsen	padat	881	1090	Radium	padat	1410	973
Selenium	padat	958	490	Aktinium	padat	3473	1323
Brom	cair	332	266	Torium	padat	5060	2023
Kripton	gas	121	116	Protaktinium	padat	4300	1870
Rubidium	padat	595	312	Uranium	padat	4091	1405
Stronsium	padat	1657	1042	Neptunium	padat	—	—
Itrium	padat	3611	1793	Plutonium	padat	3505	914
Zirkon	padat	4650	2125	Amerisium	padat	—	—
Niobium	padat	5015	2740	Kurium	padat	—	—
Molibdenum	padat	5833	2883	Berkelium	padat	—	—
Teknesium	padat	4173	2445	Kalifornium	padat	—	—
Rutenium	padat	4000	2583	Einsteinium	padat	—	—
Rodium	padat	3243	2239	Fermium	padat	—	—
Paladium	padat	3243	1827	Mendelevium	padat	—	—
Perak	padat	2485	1235	Nobelium	padat	—	—
Kadmium	padat	1038	594	Lawrensium	padat	—	—
Indium	padat	2353	429	Rutherfordium	padat	—	—
Timah	padat	2533	505	Dubrium	padat	—	—
Antimon	padat	2023	904	Seaborgium	padat	—	—
Telurium	padat	1263	723	Bohrium	padat	—	—
Iodium	padat	457	387	Hassium	padat	—	—
Xenon	gas	166	161	Meitnerium	padat	—	—
Sesium	padat	942	302				

Sumber: Book of Data

LAMPIRAN 3

KUNCI JAWABAN SOAL EVALUASI AKHIR BAB

Bab I

A. Pilihan Ganda

1. C 7. C 13. B 19. A 25. E
2. A 8. E 14. D 20. A 26. E
3. B 9. B 15. E 21. D 27. C
4. D 10. E 16. D 22. A 28. C
5. D 11. D 17. C 23. B 29. D
6. D 12. A 18. D 24. B 30. B

B. Uraian

1. a. lihat teks
b. lihat teks
2. a. $\underbrace{\text{Na, Mg, Al}}_{\text{logam}}, \underbrace{\text{Si}}_{\text{metaloid}}, \underbrace{\text{P, S, Cl, Ar}}_{\text{nonlogam}}$
b. Na golongan IA P golongan VA
Mg golongan IIA S golongan VIA
Al golongan IIIA Cl golongan VIIA
Si golongan IVA Ar golongan VIIIA
c. Konfigurasi elektron
Na = 2, 8, 1 P = 2, 8, 5
Mg = 2, 8, 2 S = 2, 8, 6
Al = 2, 8, 3 Cl = 2, 8, 7
Si = 2, 8, 4 Ar = 2, 8, 8
d. lihat teks
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks
6. Lihat teks
7. Lihat teks
8. Lihat teks
9. Lihat teks
10. a. Q
b. P, Z, T, Y, X, S
c. V, R, W
d. P, Z, T, X, Y, S
e. Z
f. V

Bab II

A. Pilihan Ganda

1. B 6. A 11. C
2. B 7. C 12. E
3. B 8. E 13. D
4. B 9. C 14. A
5. C 10. B 15. C

B. Uraian

1. Lihat teks
2. Lihat teks
3. Lihat teks

4. Lihat teks

5. Lihat teks

Bab III

A. Pilihan Ganda

1. C 6. D 11. B
2. C 7. C 12. B
3. A 8. D 13. B
4. B 9. C 14. B
5. D 10. C 15. C

B. Uraian

1. Cu, P, N₂O₄, K₂SO₄
2. Kalsium fosfat, karbon tetraklorida, asam sulfat, magnesium nitrat
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

Bab IV

A. Pilihan Ganda

1. D 6. E
2. B 7. B
3. D 8. C
4. D 9. C
5. A 10. B

B. Uraian

1. a. 10 g MgO
b. 10 g MgO jadi 2 g Mg
c. 10 g MgO jadi 2 g O
2. N₂O₃
3. CO dan CO₃
O_I : O_{II} = 1 : 3

Bab V

A. Pilihan Ganda

1. E 6. B 11. C 16. B 21. D
2. B 7. D 12. D 17. A 22. B
3. E 8. E 13. E 18. D 23. C
4. C 9. B 14. A 19. D 24. B
5. C 10. C 15. B 20. C 25. E

B. Uraian

1. a. 0,2 (22,4)2
b. 0,25 (6,02.10²³) (12) atau O
c. $\frac{3,01 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}}$ (18) gram H₂O
2. 4 L

3. 18,6 gram
4. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
5. a. H_3PO_4
- b. $0,6(22,4)^2$
- c. 52,4 gram
- d. $\frac{06(0,08205 \text{ L atm})(700)}{6 \text{ atm}}$

Soal Evaluasi Semester I

A. Pilihan Ganda

- | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 1. D | 8. B | 15. E | 22. E | 29. D |
| 2. D | 9. B | 16. C | 23. D | 30. C |
| 3. A | 10. B | 17. C | 24. E | 31. C |
| 4. C | 11. A | 18. B | 25. C | 32. D |
| 5. B | 12. A | 19. A | 26. C | 33. D |
| 6. E | 13. B | 20. D | 27. D | 34. C |
| 7. C | 14. C | 21. A | 28. E | 35. D |

B. Uraian

1. Lihat teks
2. a. 1. C 4. A
 2. B 5. Dan 7
 3. E
- b. $^{12}_6\text{C}$: 2.8.2
 $^{17}_8\text{O}$: 2.8.7
 $^{17}_8\text{F}$: 2.8.7
- c. Lihat teks
3. a. Lihat teks
 b. Lihat teks
4. a. 1) amonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4^-$
 2) kalsium karbonat CaCO_3
 3) natrium hidroksida NaOH^-
 4) aluminium oksida Al_2O_3
- b. 1) lihat teks
 2) lihat teks
 3) lihat teks
5. a. $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{s}) \square 2\text{PbO}(\text{s}) + 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 b. 0,1 mol
 c. 22,3 gram
 d. 1,2 liter
 e. $1,2 \times 10^{23}$ molekul

Bab VI

A. Pilihan Ganda

1. D 6. A
2. D 7. C
3. B 8. C
4. E 9. E
5. A 10. D

B. Uraian

1. a. Tabel
 b. Lihat teks
 c. Lihat teks
2. Lihat teks
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

Bab VII

A. Pilihan Ganda

1. A 6. B 11. E 16. B
2. D 7. D 12. E 17. C
3. E 8. D 13. C 18. C
4. E 9. B 14. E 19. C
5. E 10. A 15. D 20. B

B. Uraian

1. a. Lihat teks
 b. Lihat teks
2. Lihat teks
3. a. Lihat teks
 b. Lihat teks
 c. Lihat teks
 d. Lihat teks
 e. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

Bab VIII

A. Pilihan Ganda

1. C 5. B
2. B 6. C
3. A 7. B
4. D 8. B

B. Uraian

1. Lihat teks
2. Lihat teks
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

Bab IX

A. Pilihan Ganda

1. E 6. B 11. C 16. D 21. B
2. E 7. C 12. B 17. D 22. C
3. D 8. B 13. A 18. B 23. D
4. C 9. D 14. D 19. C 24. A
5. E 10. E 15. A 20. B 25. D

B. Uraian

1. Lihat teks
2. Lihat teks
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

Bab X

A. Pilihan Ganda

1. A 6. D 11. B
2. E 7. D 12. E
3. C 8. E 13. B
4. A 9. A 14. C
5. E 10. D

B. Uraian

1. a. 1) D dan E 5) B
2) A 6) C
3) E
b. Lihat teks
c. Lihat teks
2. Lihat teks
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

Bab XI

A. Pilihan Ganda

1. D 6. D 11. E
2. C 7. C 12. E
3. C 8. E 13. A
4. E 9. D 14. B
5. C 10. D 15. E

B. Uraian

1. Lihat teks
2. Lihat teks
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

Soal Evaluasi Semester II

A. Pilihan Ganda

1. D 8. C 15. D 22. C 29. E
2. C 9. C 16. C 23. D 30. C
3. D 10. B 17. B 24. C 31. C
4. D 11. B 18. C 25. D 32. C
5. B 12. E 19. B 26. A 33. B
6. A 13. C 20. C 27. C 34. C
7. E 14. C 21. B 28. D 35. D

B. Uraian

1. Lihat teks
2. Lihat teks
3. Lihat teks
4. Lihat teks
5. Lihat teks

GLOSARIUM

A

- Adisi 20 penambahan masing-masing satu gugus kepada atom karbon yang berikatan rangkap dua atau tiga.
- Afinitas elektron 32 energi yang dilepaskan atau yang diperlukan saat masuknya elektron ke dalam atom atau ion dalam keadaan gas.
- Alkana 183 senyawa hidrokarbon yang jenuh dengan rumus C_nH_{2n+2} .
- Alkena 191 senyawa hidrokarbon yang mengandung ikatan rangkap dua antara karbon-karbon dengan rumus umum C_nH_{2n} .
- Alkuna 196 senyawa hidrokarbon yang mempunyai ikatan rangkap tiga antara karbon-karbon dengan rumus umum C_nH_{2n-2} .
- Aturan duplet 46 suatu atom stabil dengan elektron valensi dua.
- Aturan oktet 46 suatu atom cenderung mempunyai elektron valensi delapan seperti gas mulia (kecuali helium = 2).
- Avogadro, tetapan 115 jumlah partikel (atom, molekul, ion) dalam satu mol. Satu mol = $6,02 \times 10^{23}$ buah.
- Avogadro, hipotesis 102 pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas yang bervolum sama mempunyai jumlah molekul yang sama.

B

- Bilangan oksidasi 160 muatan satu atom dalam senyawa jika semua elektron yang terikat menjadi milik atom yang lebih elektronegatif.
- Bohr, teori atom 20 semua elektron atom berada dalam tingkat energi tertentu.

C

- Cracking 215 pemecahan molekul hidrokarbon yang besar menjadi molekul yang kecil.

D

- Dalton, teori atom 19 materi terdiri dari partikel terkecil yang disebut atom.

Deret homolog 183	suatu deret senyawa sejenis yang perbedaan jumlah atom suatu senyawa dengan berikutnya sama.
Dobereiner, triade 4	tiga unsur yang massa atom relatif unsur kedua merupakan rata-rata unsur pertama dan ketiga.
E	
Elektron 12, 13	partikel pembentuk atom yang terdapat di luar inti bermuatan negatif satu satuan ($-1,6 \times 10^{-16}$ C) dan bermassa $9,1 \times 10^{-28}$ g (kira-kira 1/1800 massa proton).
Elektron valensi 23	elektron yang berada pada kulit terluar suatu atom.
Eliminasi 202	reaksi penarikan dua gugus, masing-masing dari dua atom karbon yang berdekatan, sehingga membentuk ikatan rangkap.
Energi ionisasi 31	energi yang diperlukan untuk melepaskan satu elektron dari partikel (atom, ion, atau molekul) dalam keadaan gas.
G	
Gay Lussac, hukum 100	bila volum tetap, tekanan gas dengan massa tertentu berbanding lurus dengan suhu mutlak.
Golongan transisi 35	unsur yang terletak antara golongan IIA dan IIIA atau blok d dalam tabel periodik.
Gugus alkil 185	suatu gugus alkana yang telah kehilangan satu atom hidrogennya.
H	
Hidrokarbon 174	senyawa organik yang mengandung unsur karbon dan hidrogen.
Hidrokarbon alifatik 183	senyawa hidrokarbon yang tidak mengandung inti benzena.
Hukum kekekalan massa 93	massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.
Hukum perbandingan tetap 94	perbandingan massa unsur-unsur penyusun suatu senyawa selalu tetap.

Hukum kelipatan perbandingan	96	jika ada dua senyawa yang dibentuk dari dua unsur yang sama dan massa satu unsur pada kedua senyawa itu sama maka massa unsur yang lainnya mempunyai angka perbandingan yang sederhana dan bulat.
I		
Ikatan ion	48	gaya tarik elektrostatik antara ion positif dan negatif dalam kristal.
Ikatan logam	62	gaya tarik listrik antara ion positif dengan elektron dalam kisi logam.
Ikatan kovalen koordinat	64	ikatan kovalen antara dua tom, tetapi pasangan elektron yang dipakai bersama berasal dari salah satu atom.
Ikatan kovalen	51	ikatan antara dua atom dengan pemakaian bersama sepasang elektron atau lebih.
Inti atom	21	partikel yang terdapat di pusat atom, bermuatan positif, dan mengandung proton dan neutron.
ion poliatomik	71	suatu ion yang mengandung dua atom atau lebih.
Ion negatif	25	partikel (monoatom atau poliatom) yang bermuatan negatif.
Ion positif	25	partikel (monoatom atau poliatom) yang bermuatan positif.
Isobar	15	unsur-unsur yang memiliki nomor massa sama tetapi nomor atomnya berbeda.
Isomer cis-trans	194	isomer suatu senyawa antara posisi searah (cis) dan berlawanan arah.
Isomer posisi	194	isomer senyawa yang terbentuk akibat perubahan letak posisi ikatan rangkap.
Isotop	13	dua atom atau lebih yang bernomor atom sama tetapi nomor massanya berbeda.
Isoton	13	dua atom atau lebih yang berbeda tetapi jumlah neutronnya sama.
J		
Jari-jari atom	29	setengah jarak antara dua atom sejenis yang berikatan tunggal.

K

Keelektronegatifan 33

Keperiodikan sifat unsur 29

Koefisien reaksi 85

Konfigurasi elektron 21

L

Larutan elektrolit 147

Larutan nonelektrolit 146

Logam 26

M

Massa atom relatif 15

Massa molekul relatif 17

Massa rumus 17

Metaloid 26

Mendeleev, tabel periodik 7

Mol 109

N

Neutron 12

Newlands, hukum oktaf 5

daya tarik relatif atom terhadap elektron yang dipakai bersama dalam ikatan kovalen.

sifat unsur merupakan fungsi periodik massa atom relatifnya.

angka yang terdapat di depan rumus kimia dalam suatu persamaan reaksi.

penyebaran elektron dalam orbital atom.

larutan yang menghantarkan arus listrik.

larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik.

unsur yang sedikit mengkilat dan bersifat pengantar listrik dan panas.

perbandingan massa atom dengan suatu unsur terhadap 1/12 massa atom C-12.

jumlah massa relatif semua atom dalam molekul.

jumlah massa relatif semua atom dalam rumus senyawa ion.

unsur yang sifatnya di antara logam dan bukan logam.

tabel unsur yang disusun berdasarkan hukum periodik.

kuantitas zat yang mempunyai massa (dalam gram) sebanyak massa atom molekul relatifnya.

partikel pembentuk atom yang terdapat dalam inti atom, bermassa ($1,67 \times 10^{-24}$ g) sedikit lebih besar dari proton dan tidak bermuatan.

unsur disusun berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya, sifat unsur yang kedelapan mirip dengan yang pertama, dst.

Nonlogam 26	unsur yang tidak menghantar listrik dan panas, kurang sekali mempunyai sifat yang dimiliki logam.
Nomor atom 11	jumlah proton dalam inti atom.
P	
Pelarut 145	komponen larutan yang konsentrasinya paling besar.
Pereaksi 82	zat yang berubah selama reaksi dan ditulis di sebelah kiri persamaan reaksi.
Pereaksi pembatas 124	reaksi yang salah satu pereaksinya tersisa.
Periode 9	unsur yang terletak pada baris yang sama dalam sistem periodik.
Persamaan reaksi 82	penyajian reaksi kimia dalam bentuk rumus pereaksi, tanda panah, dan rumus hasil reaksi.
Proton 11	partikel pembentuk atom yang terdapat dalam semua inti atom bermuatan positif satu satuan ($+1,67 \times 10^{-19}$) dan bermassa satu amu ($1,67 \times 10^{-24}$ g).
R	
Redoks 155	reaksi serah terima elektron sehingga satu pereaksi teroksidasi dan yang lain tereduksi.
Reduksi 155 - 169	menerima elektron atau penurunan bilangan oksidasi
Rumus empiris 72	perbandingan jumlah atom yang paling
Rumus molekul 72	rumus kimia yang menunjukkan jenis dan jumlah atom yang terdapat dalam satu molekul zat.
Rutherford, teori atom 19	atom terdiri dari inti bermuatan positif dan elektron yang bergerak dalam ruang hampa mengelilingi inti.
S	
Senyawa organik 75	senyawa yang strukturnya ditentukan oleh atom-atom karbon yang berikatan satu sama lain di dalamnya.
Sikloalkana 183	hidrokarbon yang atom-atom karbonnya membentuk rantai tertutup.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, James E. 1990. *General Chemistry, Principles & Structure, fifth edition*. New York: John Wiley & Son.
- Boyd, Morrison. 1992. *Organic Chemistry*. New York: Prentice Hall International, Inc.
- Ebbing. 1990. *General Chemistry*. USA: Houghton Mifflin Co.
- Fong Lee Eet. 1996. *Science Chemistry*. Singapore: EPB Publishers Pte. Ltd.
- Hart, Richard. 1989. *Beginning Science Chemistry*. New York: Oxford University Press.
- Hill, Graham and John Holman. 1988. *GCSE Chemistry*. Quick Check Study Guides. Bell & Hyman.
- Hunter. 1983. *Chemical Science*. Science Press .
- Holtzclaw, Robinson, and Odom. 1991. *General Chemistry With Qualitative Analysis*. Lexington: D.C Heath and Company.
- James, Maria. 2000. *Chemical Connections 2*. Sydney: John Wiley & Sons Australia, Ltd.
- Kerrod, Robin . 1997. *Encyclopedia of Science: Industry*. New York: Macmillan Publishing.
- Lewis, Michael and Guy Waller. 1997. *Thinking Chemistry*. London: Great Britain Oxford University Press.
- Mapple, James. 1996. *Chemistry, an enquiry-based approach*. London: Jonh Murray Ltd.
- McDuell, Bob. 1995. *A Level Chemistry*. London: Letts Educational.
- Morris, Jane. 1986 *GCSE Chemistry*. Bell & Hyman.
- Pertamina. 1994. *Pertamina Menyongsong Tantangan Masa Depan*. Dinas Hupmas Pertamina.
- Petrucci, Ralph H. 1982. *General Chemistry, Principles and Modern Application*. Third edition. London: Macmillan Publishing Co.
- Pustaka Ilmu Life. 1980. *Molekul Raksasa*. Time Life Books Inc.
- Ramsden, Eileen. 2001. *Key Science: Chemistry*. Third edition. London: Nelson Thornes Ltd.
- Ryan, Lawrie. 2001. *Chemistry For You*. London: Nelson Thornes.
- Silberberg. 2003 *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change*. New York: Mc Graw Hill Companies. Inc.
- T.n. 1999. *New Stage Chemistry*. Tokyo.
- .2005. Encarta Encyclopedia.

INDEKS

A

- Afinitas Elektron 32, 33
- Aktinida 11
- Alkana 81, 181-192, 199
- Alkena 81, 192-196, 199
- Alkuna 81, 196-199
- Atom C kuarternier 177
 - primer 177
 - sekunder 177
 - tersier 177
- Antoiene Lavoisier 3
- Aturan duplet 46, 52
- Aturan oktet 46
- Avogadro tetapan 115
 - hipotesis 102 - 104

B

- Bilangan oksidasi 157, 160 - 163
- Bilangan oktan 217 - 220
- Bohr 20

C

- Cracking 215, 216

D

- Dalton 19, 96
- Deret homolog 183
- Desulfurisasi 215
- Distilasi bertingkat 214, 215
- Dobereiner 4

E

- Elektron 12, 13, 158, 159, 160, 175, 176
- Elektron ikatan 46
- Elektron valensi 23, 24
- Energi Ionisasi 31, 32
- Etilena 227

F

- F.W. Aston 13

G

- Gay Lussac 100
- Gaya elektrostatik 49, 50, 62
- Golongan 10, 227
- Gugus Alkil 185 - 187

H

- Hidrokarbon 174, 175, 183, 192, 197,
212 - 219, 223- 231
 - jenuh 183, 184, 214
 - tak jenuh 183, 192, 197, 214
- Hukum dasar kimia 91 - 104

I

- Ikatan
 - ion 48 - 51
 - kimia 43, 45, 64, 220
 - kovalen 51 - 57
 - kovalen polar 60
 - kopalen nonpolar 60
 - kopalen koordinat 64 - 66
 - logam 62 - 63
- Ion negatif 25, 50, 73, 149
- Ion positif 25, 50, 73, 149
- Isobar 13, 15
- Isomer
 - cis-trans 194
 - posisi 194, 199
 - Rantai 193, 198
- Isoton 13, 15
- Isotop 13, 14

J

- Jari-jari atom 29, 30

K

- Karboksida 175
- Keelektronegatifan 33, 34
- Keisomeran 188, 193, 195
- Keperiodikan sifat unsur 29 - 34
- Koefisien 85, 103, 104, 122, 123, 124
- Konfigurasi elektron 21, 24, 25, 50 - 54
- Kovalen koordinat 56, 57

L

- Lantanida 11

Larutan elektrolit 147, 148
nonelektrolit 146, 147

Lautan elektron 62

Lavoisier 93, 94

Lewis 46

Logam 26 – 28

Logam transisi 163

Lothar Meyer 6

M

Massa atom relatif 15 – 18
molar 116, 118
molekul relatif 111, 112
rumus relatif 17, 112

Mendeleev 7 – 9

Metaloid 26, 28

Mol 109, 111, 114- 122

Molekul monoatomik 71, 72
datomik 71, 72
poliatomik 71, 72

N

Nafta 216

Neutron 12 – 15

Newlands 5

Nomor atom 11, 12, 15
massa 11, 12

Nonlogam 28, 51, 76, 77, 80, 163

O

Oktaf Newlands 3, 5

Oksidasi 155 - 169

Oksidator 155 - 169

P

Penyepuhan 157, 164

Pereaksi pembatas 124, 125

Periode 9, 11

Plastik 191, 234

Propilena 230

Proton 11, 12

Proust 94 - 96

R

Reaksi adisi 201

Reaksi eliminasi 202
oksidasi 155 - 169, 200
reduksi 155 - 169
substitusi 200

Reduksi 155 - 169

Reduktor 155 - 169

Rutherford 19

Rumus empiris 71, 72, 127, 128
kimia 71 - 74
molekul 71, 72, 112, 127,
128, 194, 195,
183 - 192, 197,
struktur 184, 189, 192, 193

S

Senyawa anorganik 75
biner 76
hidrat 78, 128
ion 43, 57, 58, 73, 149
karbon 171 - 177, 183, 184,
188, 199, 215
kovalen 57 - 59, 71, 150, 150,
kovalen nonpolar 60
kovalen polar 60
organik 80, 81, 87, 88,
173, 174, 219
poliatom 77

Struktur Atom 21

Struktur Lewis 46, 47, 53 - 57, 184 - 192

T

Tabel Periodik Mendeleev 7
Modern 8
unsur 9

Tata nama senyawa ion 75 - 79
kovalen 80
organik 80, 81

Tetrahedral 175, 178

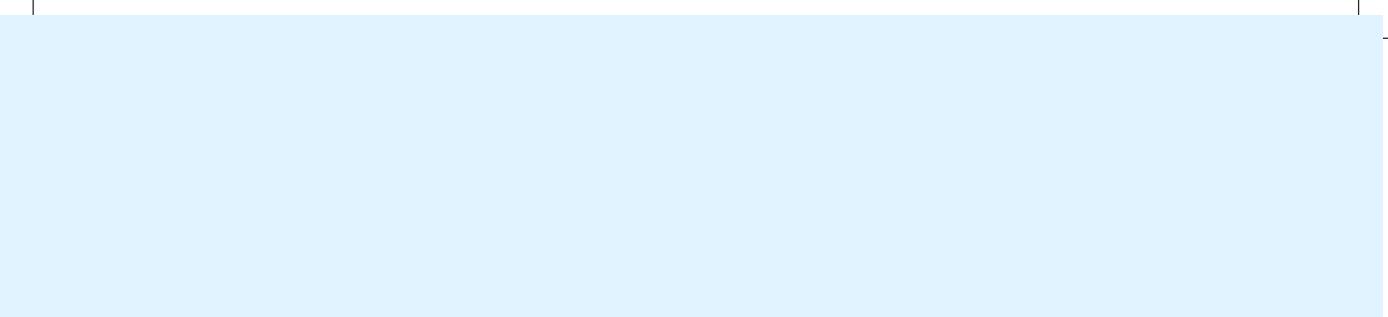
Teori Atom 18 – 20

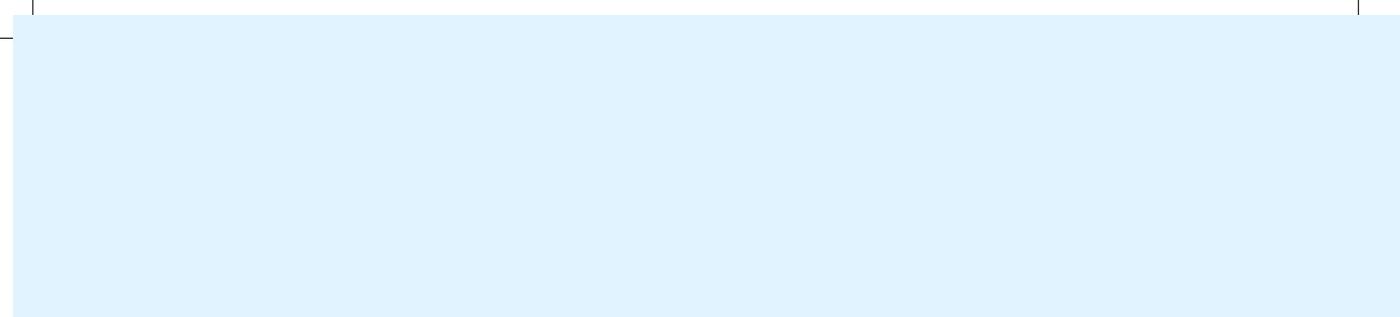
Thomson 19

Triade Dobereiner 4

V

Volum molar 118, 120





KIMIA 1



Ilmu kimia merupakan mata pelajaran untuk mendapatkan jawaban atas pertanyaan “apa” dan “mengapa” tentang materi yang ada di alam, sifat materi, perubahan-perubahan materi, serta energi yang menyertainya. Tujuan belajar kimia yaitu untuk mengembangkan keterampilan intelektual dan psikomotor yang dilandasi sikap ilmiah. Keterampilan intelektual dapat dikembangkan melalui aktivitas membaca. Untuk menunjang aktivitas membaca diperlukan sarana yaitu buku. Buku yang baik harus memuat materi yang sesuai dengan standar kompetensi, sesuai dengan tingkat kecerdasan siswa, menarik, dan mudah dipahami.

Buku Kimia SMA dan MA ini memuat semua yang diharapkan oleh pembaca yang disusun oleh guru kimia yang sudah berpengalaman dalam mengajar dan dalam penulisan buku Sains.

Buku ini memiliki kelebihan di antaranya sebagai berikut.

- Disajikan secara sistematis sesuai dengan struktur ilmu.
- Membantu mengkonstruksi ilmu pengetahuan untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.
- Disajikan dengan gaya bahasa yang sederhana dan jelas.
- Penyajian materi menarik dilengkapi info kimia.
- Ilustrasi gambar yang inovatif.
- Dilengkapi bagan konsep untuk membantu siswa mengetahui materi yang akan dibahas.
- Dilengkapi contoh-contoh soal, latihan soal evaluasi akhir bab serta evaluasi akhir semester 1 dan 2.
- Dilengkapi rangkuman, kunci jawaban, glosarium, dan indeks.
- Menggunakan referensi yang terkini.

ISBN 978-979-068-725-7 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-727-1

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) Rp13.472,-

