



**Hermawan
Paris Sutarjwinata
Heru Pratomo AI**



Aktif Belajar

Kimia

Untuk SMA & MA

**Kelas
X**



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hermawan
Paris Sutarjwinata
Heru Pratomo AI

Aktif Belajar Kimia X

SMA & MA

**Hermawan
Paris Sutarjawinata
Heru Pratomo AI**



Aktif Belajar

Kimia

Untuk SMA & MA

Kelas

X



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta Pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi oleh Undang-Undang

Aktif Belajar Kimia

Untuk SMA & MA Kelas X

Penulis : Hermawan, Paris Sutarjwinata, Heru Pratomo Al
Editor ahli : Crys Fajar P
Editor : Pera Tri Hastuti
Setting/Layout : Wiwik
Perwajahan : Wahyudin M. Anwar
Ilustrator : Adi Wahyono

540.7

HER

a

HERMAWAN

Aktif Belajar Kimia : untuk SMA dan MA Kelas X / penulis, Hermawan, Faris Sutarjwinata, Heru Pratomo Al ; editor, Crys Fajar P, Pera Tri Hastuti ; ilustrator, Adi Wahyono . — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009 vii, 258 hlm. : illus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 240

Indeks

ISBN 978-979-068-733-2 (No. Jil Lengkap)

ISBN 978-979-068-734-9

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Faris Sutarjwinata III. Heru Pratomo Al
IV. Crys Fajar P V. Pera Tri Hastuti VI. Adi Wahyono

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit : CV. Mediatama

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 9 Tahun 2009 tanggal 12 Februari 2009.

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

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan buku **Aktif Belajar Kimia X** untuk Sekolah Menengah Atas dan Madrasah Aliyah.

Setiap konsep materi dibahas secara rinci dengan contoh-contoh yang mudah dipahami menggunakan ilustrasi yang sesuai dan menarik, serta gaya bahasa yang komunikatif. Penyajian materi diusahakan mempunyai relevansi dengan kehidupan sehari-hari, lingkungan siswa atau dengan dunia industri, sehingga ilmu kimia tidak terasa asing bagi para siswa yang baru belajar kimia tetapi menjadi menarik bagi siswa. Pelaksanaan praktikum/kegiatan yang sesuai dengan materi, mudah dilaksanakan, aman, namun tetap mengena pada sasaran pemahaman terhadap materi, dan memudahkan siswa memahami materi secara utuh dan lebih mendalam. Kemudian pada akhir bab diberikan sejumlah soal yang tidak hanya mengukur kemampuan kognitif siswa, tetapi juga mengukur kemampuan afektif dan psikomotorik siswa.

Penyusun telah berupaya semaksimal mungkin untuk berkarya dengan harapan buku ini dapat digunakan sebagai pegangan guru dan siswa dalam proses pembelajarannya. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih dan rasa penghargaan yang setinggi-tingginya kepada guru dan siswa yang menggunakan buku ini. Kritik dan saran yang membangun akan sangat membantu kami demi kesempurnaan buku ini.

Surakarta, Mei 2007

Tim Penyusun

Daftar Isi

Katalog Dalam Terbitan (KDT)	ii
Kata Sambutan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Bab I. Sistem Periodik Unsur dan Struktur Atom	1
A. Perkembangan Tabel Periodik Unsur	2
B. Struktur Atom	9
C. Perkembangan Model Atom	24
Bab II. Ikatan Kimia	39
A. Struktur Lewis	40
B. Ikatan Ion	42
C. Ikatan Kovalen	47
D. Senyawa Polar dan Nonpolar	50
E. Ikatan Kovalen Koordinasi	54
F. Ikatan Logam	55
Bab III. Tata Nama Senyawa dan Persamaan Reaksi	59
A. Tata Nama Senyawa	60
B. Persamaan Reaksi Kimia	67
Bab IV. Hukum Dasar Kimia dan Perhitungan Kimia	77
A. Hukum Dasar Kimia	78
B. Perhitungan Kimia	88
Latihan Semester I	115
Bab V. Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit	119
A. Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit	121
B. Ciri-ciri Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit ..	123
C. Jenis Larutan Berdasarkan Daya Hantar Listriknya	124

D. Senyawa Pembentukan Larutan Elektrolit	127
Bab VI. Reaksi Reduksi Oksidasi	135
A. Reaksi Reduksi dan Oksidasi.....	137
B. Bilangan Oksidasi Unsur dalam Senyawa atau Ion	144
C. Persamaan Reaksi Redoks Sederhana	147
D. Reaksi Redoks dalam Pengolahan Air Buangan	152
Bab VII. Hidrokarbon dan Minyak Bumi	159
A. Kekhasan Atom Karbon	160
B. Senyawa Hidrokarbon.....	165
C. Alkana, Alkena, dan Alkuna	167
D. Minyak Bumi.....	197
E. Kegunaan Senyawa Hidrokarbon dalam Kehidupan Sehari-hari.....	215
Latihan Semester II	225
Latihan Akhir Tahun	230
Glosarium	235
Daftar Pustaka	240
Indeks	241
Lampiran	244
Kunci Latihan	254

Bab I



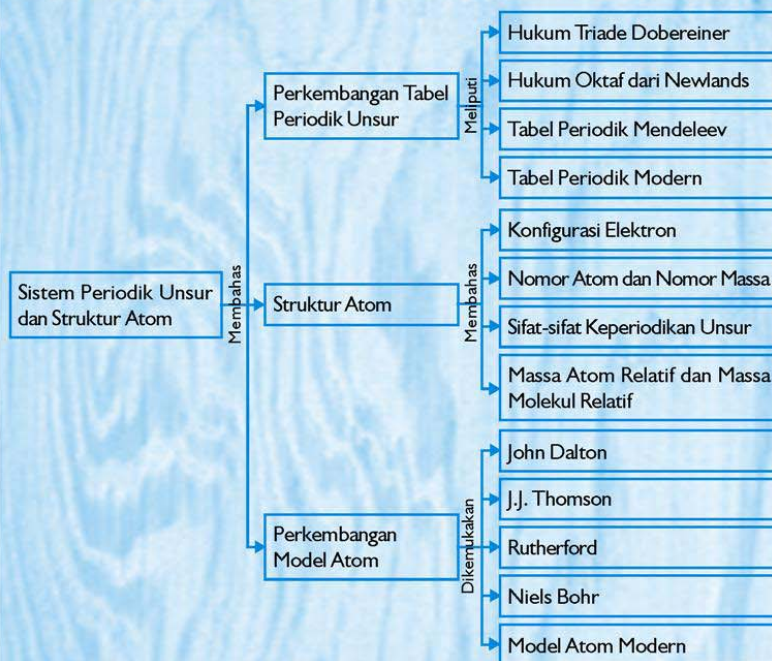
Sistem Periodik Unsur dan Struktur Atom

Tujuan Pembelajaran:

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat mengenal perkembangan sistem periodik unsur dan mengetahui struktur atom, sifat-sifat periodik unsur berdasarkan konfigurasi elektron, massa atom relatif, serta model atom.

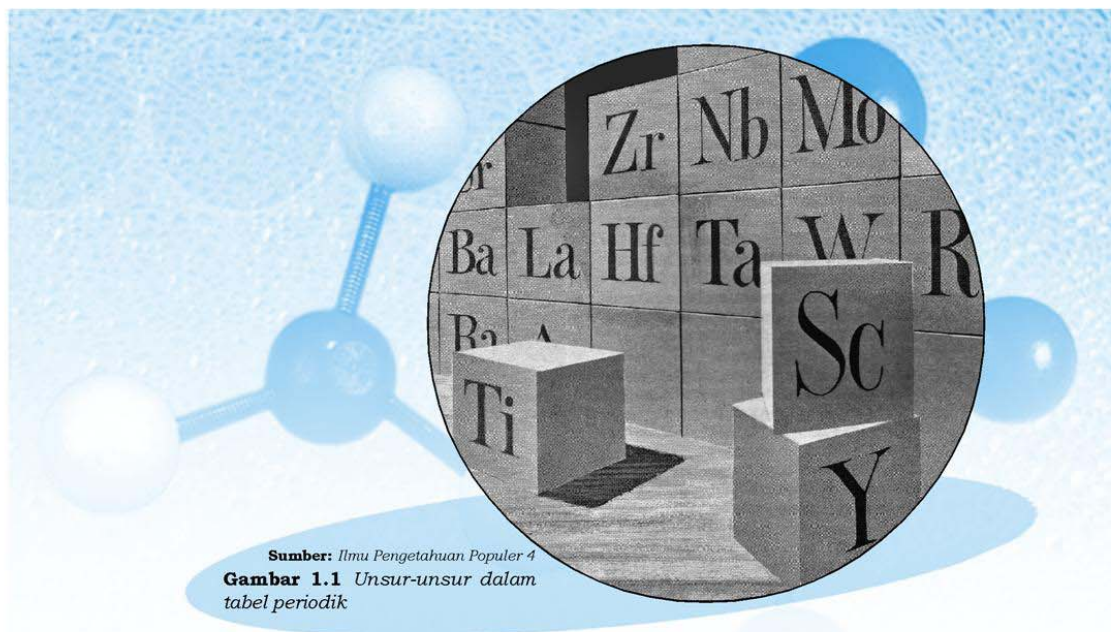
Sumber gambar: Jendela Iptek 4

Untuk mempermudah mempelajari bab ini, perhatikan **peta konsep** berikut!



Dalam bab ini, kalian akan menemukan beberapa **kata kunci**, antara lain:

1. Tabel periodik unsur
2. Elektron
3. Konfigurasi elektron
4. Sifat keperiodikan unsur
5. Model atom
6. Nomor atom



Makhluk hidup diklasifikasikan menjadi hewan dan tumbuhan, kemudian hewan dan tumbuhan diklasifikasikan lagi menjadi kelompok yang lebih kecil sampai spesiesnya. Tujuan klasifikasi tersebut untuk memudahkan mempelajari makhluk hidup. Mereka diklasifikasikan ke dalam kelompok-kelompok yang lebih kecil berdasarkan persamaannya.

Unsur-unsur yang terdapat di alam jumlahnya sangat banyak. Para ahli kimia membuat klasifikasi berdasarkan persamaan sifat unsur. Mengapa? Hal ini bertujuan agar mudah dipelajari. Klasifikasi unsur ditempatkan dalam suatu tabel yang disebut dengan *tabel periodik unsur*.

A. Perkembangan Tabel Periodik Unsur

Semua unsur di alam pertama kali diklasifikasikan menjadi logam dan nonlogam. Sistem klasifikasi logam dan nonlogam terlalu umum, sehingga banyak ilmuwan yang mencoba membuat klasifikasi lain yang lebih spesifik.

1. Hukum Triade Dobereiner

Pada tahun 1817, **Johann Dobereiner** menyatakan bahwa unsur-unsur yang mempunyai sifat serupa jika disusun dalam kelompok yang terdiri atas tiga unsur (triade) akan menunjukkan

keteraturan, yaitu **massa atom di tengah merupakan rata-rata massa atom di tepi**.

Tabel 1.1 Hukum Triade Dobereiner

No.	Triade	Massa Atom	Hubungan Triade
1.	Li Na K	6,94 22,99 39,10	MA Na (22,99) $\approx \frac{\text{Li} + \text{K}}{2} = \frac{6,94 + 39,10}{2}$ $\approx 23,02$
2.	Cl Br I	35,45 79,90 126,9	MA Br (79,9) $\approx \frac{\text{Cl} + \text{I}}{2} = \frac{35,45 + 126,9}{2}$ $\approx 81,1$

Terlihat bahwa massa atom (MA) yang di tengah (atom Na) besarnya mendekati rata-rata massa atom Li dan K, begitu juga dengan massa atom Br yang besarnya mendekati rata-rata massa atom Cl dan I. Contoh triade lainnya adalah Ca, Sr, dan Ba.

Dobereiner mengklasifikasikan unsur yang sifatnya mirip dalam satu kelompok yang berisi tiga unsur, padahal unsur-unsur yang sifatnya mirip tidak hanya tiga tetapi banyak. Lalu bagaimana klasifikasi unsur-unsur yang banyak dan sifatnya mirip? Dobereiner ternyata tidak dapat mengklasifikasikannya. Jadi yang menjadi *kelemahan hukum triade Dobereiner adalah tidak dapat mengklasifikasikan unsur-unsur yang jumlahnya banyak dan mirip*.

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan akademik** kalian!

Tugas 1.1

1. Jelaskan dasar penyusunan tabel periodik Dobereiner dan kelemahannya!
2. Unsur-unsur Ca, Sr, dan Ba merupakan unsur yang mirip, massa Ca adalah 40,08 dan massa Sr adalah 87,62. Tentukan massa atom Ba menurut hukum Dobereiner!

2. Hukum Oktaf dari Newlands

Di antara kalian pasti ada yang suka musik. Bagaimana dengan tangga lagu? Do, re, mi, fa, sol, la, si, do merupakan tangga lagu yang diajarkan ketika kita duduk di bangku SD dan SMP.

do	re	mi	fa	sol	la	si	do	re	mi	fa	sol	la
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6

Pada tangga lagu terbentuk suatu oktaf (delapan), yang berarti tangga lagu ke delapan bunyinya sama dengan tangga lagu pertama (naik 7 tangga), akan tetapi nadanya lebih tinggi.

John A. Newlands (1864) menyusun unsur-unsur berdasarkan **kenaikan massa atom** dan diperoleh pengulangan sifat unsur seperti pada oktaf lagu, artinya:

Unsur pertama mirip dengan unsur ke-8, dan ke-15 (naik 7).

Unsur kedua mirip dengan unsur ke-9, dan ke-16.

Unsur ketiga mirip dengan unsur ke-10, dan ke-17, dan seterusnya.

Kemiripan unsur tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.2 Hukum Oktaf Newlands

1	2	3	4	5	6	7
H	Li	Be	B	C	N	O
8	9	10	11	12	13	14
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
15	16	17	18	19	20	21
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe

Oktaf Newlands tersebut tidak dapat digunakan untuk semua unsur, karena mempunyai kelemahan, yaitu *hukum oktaf hanya sesuai untuk unsur dengan massa atom kecil, sedangkan untuk unsur dengan massa atom besar ketika disusun tidak terjadi pengulangan sifat sesuai hukum oktaf.*

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas agar kalian dapat **berpikir kritis** dan berkembang **kecakapan akademik** kalian!

Tugas 1.2

1. Jelaskan dasar dan kelemahan hukum oktaf dari Newlands!
2. Unsur-unsur disusun berdasarkan kenaikan massa atom:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P

Menurut hukum oktaf Newlands

Unsur A sifatnya mirip dengan unsur . . . dan unsur

Unsur B sifatnya mirip dengan unsur . . . dan unsur

Unsur C sifatnya mirip dengan unsur

Unsur D sifatnya mirip dengan unsur

Unsur E sifatnya mirip dengan unsur

Unsur F sifatnya mirip dengan unsur

Unsur G sifatnya mirip dengan unsur

3. Tabel Periodik Mendeleev

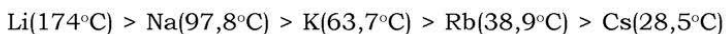
Pada tahun 1872 secara terpisah **Dmitri Ivanovich Mendeleev** dan **Julius Lothar Meyer** mengajukan suatu tabel klasifikasi unsur. Tabel klasifikasi tersebut dikenal dengan tabel periodik unsur. Mereka menyusun unsur-unsur secara mendatar, berdasarkan kenaikan massa atom dan meletakkan unsur yang sifatnya mirip di bawah unsur sebelumnya, sehingga diperoleh tabel periodik yang berisi semua unsur yang sudah diketahui saat itu. Tabel periodik Mendeleev dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1.3 Tabel Periodik Mendeleev 1872

	Gol. I	Gol. II	Gol. III	Gol. IV	Gol. V	Gol. VI	Gol. VII	Gol. VIII
1.	H = 1							
2.	Li = 7							
3.	Na = 23	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
4.	K = 39	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
		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 = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	. . . = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108

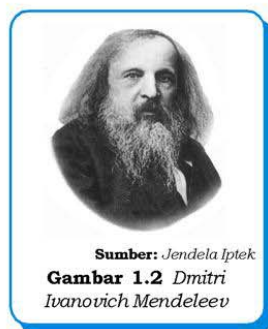
	Gol. I	Gol. II	Gol. III	Gol. IV	Gol. V	Gol. VI	Gol. VII	Gol. VIII
7.	(Ag = 108)	Cd = 112	Ln = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	I = 127	
8.	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	...	...	...
9.	...	...	...	...	...	...	...
10.	...	...	?Er = 178	?La = 180	Ta = 184	W = 184	...	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199
11.	(Au = 199)	Hg = 200	Ti = 204	Pb = 207	Bi = 208	...	...
12.	...	...	...	Th = 231	...	U = 240	...	

Tabel Mendeleviev terdiri atas 12 baris mendatar dan 8 golongan tegak. Unsur-unsur yang terletak pada golongan yang sama mempunyai sifat kimia dan fisika yang sama, sifat-sifat ini berubah secara periodik atas ke bawah. Misalnya, golongan I mempunyai titik didih yang meningkat dengan urutan:



Mendeleviev mengosongkan beberapa tempat unsur yang belum ditemukan, ketika unsur tersebut ditemukan ternyata cocok dengan sifat-sifat yang diramalkannya, misalnya Galium (1875), Skandium (1879), dan Germanium (1886). Tabel periodik Mendeleviev menempatkan unsur secara tidak berurutan, misalnya saja Argon (massa atom 39,9) ditempatkan sebelum Galium (massa atom 39,1).

Tabel periodik tersebut kemudian disempurnakan oleh Moseley, yaitu mengganti urutan massa atom dengan nomor atom, karena sifat dasar atom adalah nomor atom bukan massa atom.



4. Tabel Periodik Modern

Tabel periodik modern disusun secara mendatar berdasarkan **kenaikan nomor atom**. Jika ditemukan suatu unsur yang mirip dengan unsur sebelumnya, maka unsur tersebut diletakkan di bawahnya, sehingga diperoleh kolom tegak yang terdiri atas unsur-unsur yang sifatnya mirip.

Baris unsur-unsur yang disusun mendatar pada tabel periodik modern disebut dengan **periode**, sedangkan kolom yang tegak disebut dengan **golongan**.

Gambar 1.3 Tabel periodik modern disusun berdasarkan nomor atom dan persamaan sifat

a. Periode

Periode adalah barisan mendatar dalam tabel periodik. Periode dibedakan menjadi 2, yaitu periode pendek dan periode panjang. Tabel periodik mempunyai 7 periode, yaitu:

- 1) Periode 1 : berisi 2 unsur
- 2) Periode 2 : berisi 8 unsur
- 3) Periode 3 : berisi 8 unsur
- 4) Periode 4 : berisi 18 unsur
- 5) Periode 5 : berisi 18 unsur
- 6) Periode 6 : berisi 32 unsur
- 7) Periode 7 : periode yang belum lengkap

Periode 1 sampai dengan 3 disebut periode pendek, sedangkan periode 4 sampai dengan 7 merupakan periode panjang. Periode 6 merupakan periode terpanjang, berisi 32 unsur. Periode ini berisi golongan IIIB yang sifatnya mirip dan ditulis di bawah tabel periodik, disebut golongan **Lantanida**. Periode 7 juga berisi golongan IIIB yang sifatnya mirip dan ditulis di bawah, disebut golongan **Aktinida**. Dua golongan ini disebut golongan transisi dalam.

b. Golongan

Golongan adalah kolom tegak dalam tabel periodik unsur. Unsur-unsur dalam satu golongan mempunyai sifat-sifat kimia yang mirip, demikian juga dengan sifat fisiknya. Sifat kimia dan fisika unsur tersebut dalam satu golongan dari atas ke bawah berubah

secara periodik. Nama-nama golongan dalam tabel periodik adalah:

- 1) Golongan IA disebut golongan *alkali* (kecuali H).
- 2) Golongan IIA disebut golongan *alkali tanah*.
- 3) Golongan IIIA disebut golongan *boron aluminium*.
- 4) Golongan IVA disebut golongan *karbon silikon*.
- 5) Golongan VA disebut golongan *nitrogen fosfor*.
- 6) Golongan VIA disebut golongan *oksigen* atau *kalkogen*.
- 7) Golongan VIIA disebut golongan *halogen*.
- 8) Golongan VIIIA disebut golongan *gas mulia*/golongan *gas inert*.
- 9) Golongan B disebut golongan *transisi*.

Tips

Cara Menghapal Golongan (Jembatan Keledai)

1. Golongan IA : H-Li-Na-K-Rb-Cs-Fr
Her Li Na Kawin, Rubi Cs Frustasi
2. Golongan IIA : Be-Mg-Ca-Sr-Ba-Ra
Beta Memang Calon Sri Baginda Raja
3. Golongan IIIA : B-Al-Ga-In-Tl
Bulu Alis Gadis, Indah Tebal
4. Golongan IVA : C-Si-Ge-Sn-Pb
Cewek Si Genit Senang Pembohong
5. Golongan VA : N-P-As-Sb-Bi
Nona Paling Asoy, Sebab Bisu
6. Golongan VIA : O-S-Se-Te-Po
Orang Suka Senyum, Teringat Pornografi
7. Golongan VIIA : F-Cl-Br-I-At
Festival Celana Baru Itu Antik
8. Golongan VIIIA : He-Ne-Ar-Kr-Xe-Rn
Heran Nenek Ari Kriting Xekali Rambutnya

Contoh soal 1.1:

Tentukan golongan dan periode magnesium (Mg) dalam tabel periodik unsur!

Penyelesaian:

Mg terletak pada kolom kedua berarti golongan IIA dan baris ketiga berarti periode 3. Jadi Mg terletak pada golongan IIA, periode 3.

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan wawasan ke-Indonesiaan kalian!

Tugas 1.3

1. Bahan tambang banyak terdapat di Indonesia. Carilah bahan tambang yang terdapat di daerah Papua dan Bangka!
2. Sebutkan nama unsur pokok bahan tambang tersebut!
3. Tentukan golongan dan periode dengan melihat tabel periodik unsur-unsur tersebut!

B. Struktur Atom

Atom terdiri atas proton yang bermuatan positif, elektron bermuatan negatif, dan neutron yang tidak bermuatan. Struktur atom diketahui dari konfigurasi elektron dan melalui konfigurasi tersebut disadari adanya keteraturan sifat-sifat unsur dalam tabel periodik.

1. Konfigurasi Elektron

Konfigurasi elektron adalah gambaran penyebaran elektron dalam kulit atom. Penyebaran elektron pada kulit-kulit atom menjadi pertanyaan besar bagi ahli kimia, apakah elektron tersebar secara acak ataukah mengikuti aturan tertentu.

Beberapa ahli kimia telah membuat konfigurasi elektron untuk menentukan golongan dan periode suatu unsur dengan melihat jumlah kulit dan elektron valensi. **Elektron**

valensi (ev) adalah elektron yang terletak pada kulit paling luar. Golongan ditentukan oleh elektron valensi, sedangkan periode ditentukan oleh jumlah kulit.

Jumlah elektron maksimum yang menempati masing-masing kulit adalah sebagai berikut.

Kulit K ($n = 1$) maksimum 2 elektron.

Kulit L ($n = 2$) maksimum 8 elektron.

Kulit M ($n = 3$) maksimum 18 elektron, dan seterusnya.

$$\text{Jumlah elektron maksimum} = 2n^2$$

n adalah nomor kulit.

Aturan penulisan konfigurasi elektron untuk golongan utama (golongan A), adalah:

- Pengisian elektron dimulai dari kulit dalam ke kulit luar, sehingga urutannya: K, L, M, N, O, dan seterusnya.
- Mengisi penuh sebanyak mungkin kulit, dimulai dari kulit K, dan menghitung jumlah elektron yang tersisa.
- Misal kulit terakhir yang terisi adalah kulit L (maksimum 8), maka kulit berikutnya yaitu kulit M (maksimum 18) diisi dengan 18 elektron. Jika elektron yang tersisa tidak cukup, diisi dengan



- elektron sebanyak kulit sebelumnya, yaitu sebanyak kulit L (8 elektron).
- Jika elektron yang tersisa < 8 , langsung ditempatkan pada kulit berikutnya.
 - Jumlah maksimum elektron pada kulit terluar adalah 8.

Contoh:

Konfigurasi unsur Ca ($Z = 20$)

Kulit K : maksimum 2 elektron, terisi penuh $K = 2$.

Kulit L : maksimum 8 elektron, terisi penuh $L = 8$.

Kulit M : maksimum 18 elektron, karena sisa elektron 10 (tidak cukup), maka diisi dengan elektron sebanyak kulit sebelumnya yaitu M sebanyak 8.

Kulit N : maksimum 32 elektron, karena sisa elektron 2 (kurang dari 8), maka langsung diisikan $N = 2$.

Jadi, konfigurasi elektron $_{20}\text{Ca}$ adalah 2 8 8 2.

Elektron valensinya = 2, maka Ca terletak pada golongan II.

Jumlah kulit 4, maka Ca terletak pada periode 4.

Kelemahan aturan konfigurasi K, L, M, N tidak dapat digunakan untuk menentukan golongan A atau B, hanya bisa menentukan nomor golongan. Contoh: konfigurasi elektron $_{20}\text{Ca}$: 2 8 8 2 mempunyai $ev = 2$, berarti terletak pada golongan II (bisa IIA atau IIB).

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 1.4

- Tentukan konfigurasi elektron, golongan, dan periode unsur-unsur berikut ini:
 - $_{3}\text{Li}$
 - $_{8}\text{S}$
 - $_{12}\text{Mg}$
 - $_{13}\text{Al}$
 - $_{32}\text{Ge}$
 - $_{51}\text{Sb}$
 - $_{54}\text{Xe}$
- Tentukan elektron valensi, jumlah kulit, dan nomor atom unsur-unsur di bawah ini:
 - K, golongan IA, periode 4
 - Mg, golongan IIA, periode 3
 - C, golongan IVA, periode 2
 - Br, golongan VIIA, periode 4
 - Rn, golongan VIIIA, periode 6

2. Nomor Atom (Z) dan Nomor Massa (A)



Keterangan:

X = Lambang Unsur
 Z = Nomor Atom
 A = Nomor Massa

a. Nomor Atom (Z)

Berapakah nomor presensi kalian di kelas? Nomor atom sebenarnya tidak ada hubungannya dengan nomor presensi, tetapi dengan melihat nomor presensi dapat membantu memberikan gambaran mempelajari nomor atom. Seperti halnya siswa yang mempunyai nomor presensi, setiap unsur pasti mempunyai nomor yang disebut nomor atom.

Jumlah proton yang dimiliki oleh suatu atom dinyatakan oleh **nomor atom**. Nomor atom merupakan ciri khas suatu atom, sehingga atom unsur berbeda tidak akan mempunyai nomor atom yang sama, misalnya atom hidrogen yang mempunyai nomor atom 1, artinya semua atom hidrogen mempunyai 1 proton, dengan kata lain atom yang mempunyai 1 proton merupakan atom hidrogen.

Inti atom terdiri atas proton dan neutron. Neutron merupakan partikel tidak bermuatan, sedangkan proton bermuatan positif, sehingga nomor atom juga menyatakan muatan inti atom. Atom H nomor atomnya 1 berarti inti atomnya bermuatan +1. Muatan atom adalah nol (netral), sebab mengandung elektron yang jumlahnya sama dengan jumlah proton, jadi dapat disimpulkan:

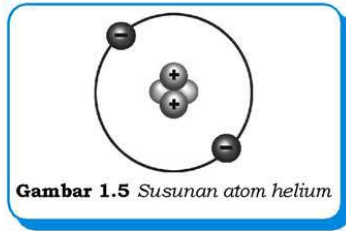
Nomor atom (Z) menyatakan jumlah proton = jumlah elektron suatu atom

b. Nomor Massa (A)

Massa elektron sangat kecil dibandingkan dengan massa proton atau neutron, dengan demikian massa suatu atom ditentukan oleh jumlah proton dan neutron yang disebut dengan **nomor massa**. Jadi dapat disimpulkan:

Nomor massa (A) menyatakan jumlah proton + jumlah neutron suatu atom

Lambang atom helium adalah ${}^4_2\text{He}$.
Nomor atom: 2
Jumlah proton = 2
Jumlah elektron = 2
Nomor massa: 4
Jumlah neutron = $4 - 2 = 2$



Contoh soal 1.2:

Tentukan jumlah proton, elektron dan neutron dari atom ${}^{16}_8\text{O}$!

Penyelesaian:

${}^{16}_8\text{O}$ mempunyai: jumlah proton = 8
jumlah elektron = 8
jumlah neutron = $16 - 8 = 8$

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 1.5

1. Tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron atom unsur-unsur berikut ini!
a. ${}^{28}_{14}\text{Si}$ b. ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ c. ${}^{209}_{83}\text{Bi}$
2. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur-unsur berikut ini!
a. Ni yang mempunyai jumlah proton/elektron 28 dan neutron 30.
b. Co yang mempunyai jumlah proton/elektron 27 dan neutron 32.
c. Fe yang mempunyai jumlah proton/elektron 26 dan neutron 30.

c. Penemuan Proton, Elektron, dan Neutron

Partikel dasar atom yaitu elektron, proton, dan neutron. Elektron merupakan partikel yang bermuatan negatif, sedangkan proton bermuatan positif. Elektron ditemukan oleh J.J Thomson melalui percobaan sinar katode. Penelitian dilanjutkan oleh Robert A Milikan dengan percobaan tetes minyak dan didapat muatan 1 elektron adalah $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb dan massa elektron sebesar $9,11 \times 10^{-28}$ gram.

Proton ditemukan oleh Eugen Goldstein dengan muatan sama dengan muatan elektron hanya berlainan tanda, sedangkan massa proton sebesar $1,673 \times 10^{-24}$ gram. Neutron merupakan partikel inti yang tidak bermuatan listrik. Neutron ditemukan oleh James Chadwick melalui percobaan penembakan partikel alfa pada lempeng berelium. Massa neutron adalah $1,674 \times 10^{-24}$ gram hampir sama dengan massa proton.



Sumber: Jendela Iptek 4

Gambar 1.6 James Chadwick

d. Isotop, Isobar, dan Isoton

Atom unsur-unsur yang ditemukan di alam banyak yang mempunyai nomor atom sama, nomor massa sama, atau jumlah neutron yang sama.

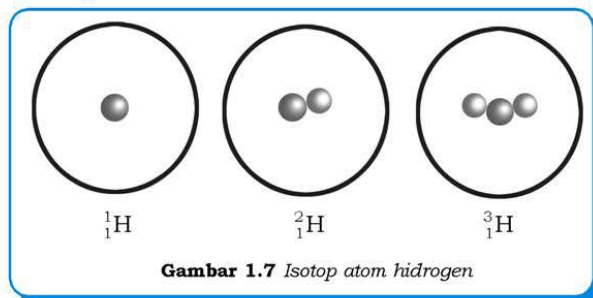
1) Isotop

Isotop adalah atom-atom dari unsur sama yang mempunyai nomor atom (Z) sama, tetapi nomor massanya (A) berbeda.

Contoh:

${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, dengan ${}^3_1\text{H}$: nomor atom sama (1)

${}^{35}_{17}\text{Cl}$ dengan ${}^{36}_{17}\text{Cl}$: nomor atom sama (17)



Gambar 1.7 Isotop atom hidrogen

2) Isobar

Isobar adalah atom-atom yang mempunyai nomor massa (A) sama, tetapi nomor atom (Z) berbeda.

Contoh:

${}^{24}_{11}\text{Na}$ dengan ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ sama-sama mempunyai nomor massa 24.

3) Isoton

Isoton adalah atom-atom dari unsur berbeda yang mempunyai jumlah neutron ($A - Z$) yang sama.

Contoh:

$^{13}_{6}\text{C}$ dengan $^{14}_{7}\text{N}$, sama-sama mempunyai jumlah neutron 7.

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 1.6

1. Tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron atom-atom di bawah ini:
 - a. $^{13}_{6}\text{C}$
 - b. $^{40}_{19}\text{K}$
 - c. $^{58}_{28}\text{Ni}$
 - d. $^{14}_{7}\text{N}$
 - e. $^{59}_{28}\text{Ni}$
 - f. $^{40}_{18}\text{Ar}$
2. Tentukan mana yang termasuk kelompok isotop, isobar, dan isoton atom-atom pada soal nomor satu di atas!

3. Sifat-sifat Keperiodikan Unsur

Tabel periodik disusun mendatar berdasarkan kenaikan nomor atom dalam periode-periode. Unsur yang terletak dalam satu periode mempunyai sifat-sifat yang berubah secara teratur, semakin bertambah ataupun semakin berkurang. Setiap periode dimulai dengan logam dan diakhiri dengan nonlogam, berarti sifat logam berkurang dari kiri ke kanan dan sebaliknya sifat nonlogam bertambah dari kiri ke kanan. Sifat-sifat yang demikian disebut dengan *sifat periodik*, dan masih banyak lagi sifat periodik lainnya.

Terdapat banyak sekali sifat periodik unsur, beberapa yang akan kita bahas di antaranya jari-jari atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas.

a. Jari-jari Atom

Jari-jari atom adalah jarak dari inti atom ke kulit elektron terluar suatu atom bebas, tetapi karena tidak mungkin terdapat atom bebas di alam, maka pengukuran jari-jari menggunakan jari-jari kovalen atau logam.

Kegiatan 1.1

Pada kegiatan ini kita tidak akan melakukan percobaan, tetapi akan melakukan kajian teoritis pelajaran sebelumnya, yaitu konfigurasi elektron. Konfigurasi elektron dapat digunakan untuk menentukan sifat periodik jari-jari atom. Bagaimana caranya? Ikuti beberapa petunjuk di bawah ini!

1. Tuliskan konfigurasi elektron unsur-unsur golongan IA seperti pada tabel pada buku tugas kalian!

No.	Unsur Golongan IA	Kulit							Jumlah Kulit
		K	L	M	N	O	P	Q	
1.	${}_1\text{H}$	1							1
2.	${}_3\text{Li}$								
3.	${}_{11}\text{Na}$			1					
4.	${}_{19}\text{K}$			8					
5.	${}_{37}\text{Rb}$				8				
6.	${}_{55}\text{Cs}$					8			
7.	${}_{87}\text{Fr}$			18					

Berdasarkan konfigurasi elektron golongan IA yang telah kalian buat, jawablah pertanyaan di bawah ini:

- a. Dalam satu golongan dari atas ke bawah, jumlah kulit atom bertambah atau berkurang?
- b. Jari-jari merupakan jarak inti dengan kulit elektron terluar, jika kulit bertambah maka jari-jari juga bertambah, begitu juga sebaliknya jika kulit berkurang maka jari-jari juga berkurang. Tuliskan kesimpulan kalian tentang jari-jari atom dalam satu golongan!

Kesimpulan:

Jari-jari atom dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin

Cobalah dengan golongan yang lain, misalnya golongan IIA, IIIA, atau golongan lainnya. Apakah kalian menghasilkan kesimpulan yang sama?

2. Tuliskan konfigurasi elektron untuk periode 2!

No.	Unsur Per. 2	Kulit					
		K	L	M	Jumlah Kulit	Jumlah Proton	Jumlah Elektron
1.	${}_3\text{Li}$						
2.	${}_4\text{Be}$						
3.	${}_5\text{B}$						
4.	${}_6\text{C}$						
5.	${}_7\text{N}$						
6.	${}_8\text{O}$						

Berdasarkan konfigurasi elektron periode 2 yang telah kalian buat, jawablah pertanyaan di bawah ini!

- Dalam satu periode dari kiri ke kanan, jumlah kulit atom bertambah, berkurang atau sama?
- Dalam satu periode dari kiri ke kanan, jumlah proton dan elektronnya bertambah atau berkurang?
- Tuliskan kesimpulan kalian tentang jari-jari atom dalam satu periode!

Kesimpulan:

Jari-jari atom dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin

Cobalah dengan periode yang lain, misalnya periode 3, 4, atau periode lainnya. Apakah kalian menghasilkan kesimpulan yang sama? Bandingkan hasil kesimpulan kalian dengan kajian pustaka dari sumber yang kalian dapat tentang jari-jari atom!

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
H 1							He 2
Li 3	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86

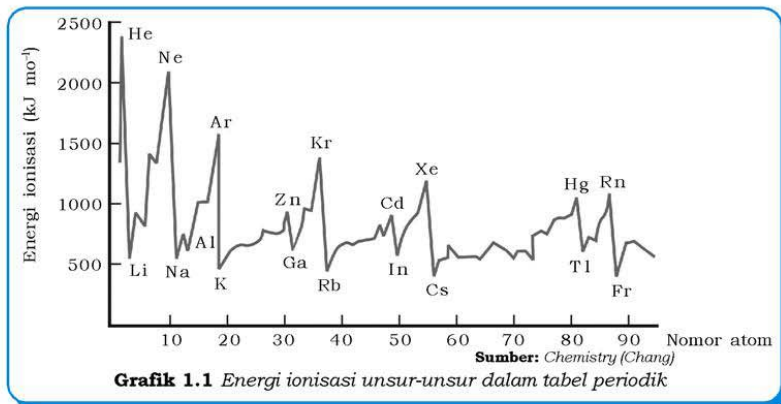
Sumber: Chemistry (Chang)

Gambar 1.8 Jari-jari atom unsur-unsur dalam satu periodik

Bertambahnya jumlah proton dan elektron menyebabkan gaya tarik inti dengan elektron pada kulit terluar semakin kuat, sehingga jari-jari semakin kecil. Dalam satu golongan dari atas ke bawah jari-jari bertambah besar, sedangkan dalam satu periode dari kiri ke kanan jari-jari semakin kecil.

b. Energi Ionisasi

Energi ionisasi adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari suatu atom, hal ini dapat terjadi bila dalam fase gas. Atom netral dengan melepaskan elektron akan menjadi ion positif, cobalah kalian kaji mengapa atom netral bisa menjadi ion positif bila melepaskan elektron?



Kegiatan 1.2

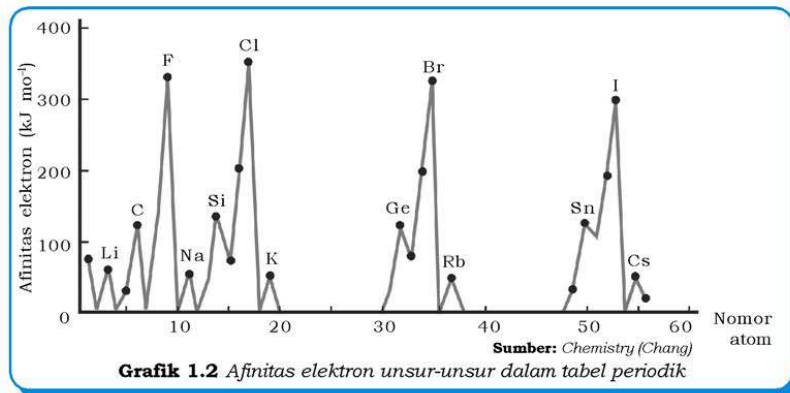
Perhatikan Grafik 1.1, kemudian jawablah pertanyaan berikut!

1. Buatlah urutan energi ionisasi dari yang terbesar ke yang terkecil unsur dalam satu golongan, yaitu golongan VIIIA (He, Ne, Ar, Kr, Xe, dan Rn)!
2. Bagaimana energi ionisasi dalam satu golongan dari atas ke bawah pada soal nomor 1?
3. Mana yang lebih tinggi energi ionisasinya antara Li dengan Ne, Na dengan Ar, dan K dengan Kr?
4. Berdasarkan soal nomor 3, dalam satu periode, mana yang lebih besar energi ionisasinya, unsur yang terletak di sebelah kanan atau kiri?
5. Buatlah kesimpulan energi ionisasi dalam tabel periodik unsur!

Energi ionisasi untuk satu golongan dari atas ke bawah berkurang. Nomor atom dalam satu golongan semakin bertambah besar, jari-jari atom juga bertambah, bertambahnya jari-jari atom menyebabkan gaya tarik inti atom dengan elektron terluar semakin lemah sehingga energi ionisasi untuk memutuskan gaya tarik elektron dengan inti semakin kecil. Energi ionisasi dalam satu periode dari kiri ke kanan bertambah besar. Coba kalian bahas mengapa dalam satu periode energi ionisasi bertambah!

c. Afinitas Elektron

Afinitas elektron merupakan besarnya energi yang dilepas suatu atom bila menangkap elektron. Hal ini terjadi bila atom dalam keadaan gas, atom netral dengan menangkap elektron akan berubah menjadi ion negatif. Mengapa dengan menangkap elektron atom netral menjadi ion negatif? Coba kalian diskusikan dengan teman kalian.



Lakukan kegiatan berikut untuk lebih memahami materi!

Kegiatan 1.3

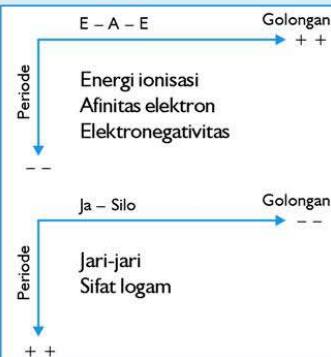
Perhatikan Grafik 1.2, kemudian jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Buatlah urutan afinitas elektron dari yang terbesar ke yang terkecil dari unsur-unsur Li, Na, K, Rb, Cs, dan Fr! Bagaimana keperiodikan afinitas elektron unsur-unsur dalam satu golongan dari atas ke bawah?
2. Manakah afinitas elektron yang lebih besar antara:
 - a. Li dengan C?
 - b. Na dengan Al?
3. Bagaimana keperiodikan afinitas elektron unsur-unsur dalam satu periode dari kiri ke kanan?

Harga elektronegativitas dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin kecil, sedangkan dalam satu periode dari kiri ke kanan harganya bertambah besar. Semakin kecil elektronegativitas, maka sifat logamnya bertambah dan begitu juga sebaliknya semakin besar elektronegativitas maka sifat logam berkurang (nonlogam bertambah). Harga elektronegativitas berikut dapat digunakan sebagai patokan kasar, logam mempunyai elektronegativitas kurang dari 2, metaloid kira-kira sama dengan 2, dan nonlogam lebih besar 2.

Tips

Cara Menghapal Sifat Periodik Unsur



4. Massa Atom Relatif (A_r) dan Massa Molekul Relatif (M_r)

a. Massa Atom Relatif (A_r)

Ada siswa melihat seseorang wanita begitu cantik, akan tetapi siswa yang lain mengatakan wanita tersebut biasa saja dan siswa yang lain lagi mengatakan tidak cantik. Seseorang bisa mengatakan orang lain cantik atau tidak, karena dalam pikirannya ada pembandingan. Artinya seseorang bisa menilai karena ada pembandingan atau standar.

Massa suatu atom sangat kecil, untuk memudahkan perhitungan digunakan massa atom relatif. **Massa atom relatif** adalah massa suatu atom dibandingkan dengan massa atom standar. Mula-mula digunakan atom hidrogen sebagai standar, kemudian oksigen, dan akhirnya IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) menetapkan atom C-12 sebagai standar.

Massa atom relatif suatu unsur adalah perbandingan massa rata-rata unsur dengan $\frac{1}{12}$ massa 1 atom C-12. Misalnya A_r unsur A dirumuskan sebagai berikut.

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

Massa 1 atom C-12 = 12,00 sma

Contoh soal 1.3:

Tentukan massa atom relatif dari atom He yang massa rata-ratanya 4,003 sma!

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}A_r \text{ He} &= \frac{\text{massa rata-rata 1 atom He}}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12}} \\&= \frac{4,003 \text{ sma}}{\frac{1}{12} \times 12 \text{ sma}} = 4,003 \approx 4\end{aligned}$$

Perhatikan data-data hasil perhitungan massa atom relatif beberapa unsur di bawah ini!

Tabel 1.4 Data Hasil Perhitungan Massa Atom Relatif

No.	Lambang Unsur	Massa Rata-rata	Hasil Perhitungan A_r
1.	H	1,008 sma	$1,008 \approx 1$
2.	Li	6,941 sma	$6,941 \approx 7$
3.	O	16,00 sma	$16,00 \approx 16$
4.	Al	26,98 sma	$26,98 \approx 27$
5.	Cl	35,45 sma	$35,45 \approx 35,5$

Terdapat dari data, A_r merupakan bilangan yang sama dengan massa rata-rata suatu atom. Perbedaanannya adalah massa rata-rata bersatuan **sma** (satuan massa atom), sedangkan A_r tidak bersatuan. A_r suatu unsur tidak mempunyai satuan, karena A_r merupakan massa perbandingan bukan massa sebenarnya.

b. Massa Molekul Relatif (M_r)

Massa molekul relatif adalah perbandingan massa 1 molekul dengan $\frac{1}{12}$ massa 1 atom C-12. Misal M_r unsur A dirumuskan sebagai berikut.

$$M_r \text{ A} = \frac{\text{massa molekul A}}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12}}$$

A_r dan M_r adalah sama, bedanya A_r untuk unsur (atom), sedangkan M_r untuk senyawa (molekul). Molekul terbentuk dari atom-atom, sehingga M_r merupakan penjumlahan A_r dari unsur-unsur yang menyusun molekul.

Contoh soal 1.4:

Tentukan massa molekul relatif H_2SO_4 bila diketahui $A_r H = 1$, $A_r S = 32$, dan $A_r O = 16$!

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} M_r H_2SO_4 &= (2 \times A_r H) + (1 \times A_r S) + (4 \times A_r O) \\ &= (2 \times 1) + (1 \times 32) + (4 \times 16) \\ &= 98 \end{aligned}$$

c. Penentuan Massa Atom Relatif dari Persentase/Kadar Isotop

Atom-atom yang berasal dari unsur yang sama mempunyai nomor atom yang sama (isotop). Isotop suatu unsur ditemukan dengan nomor massa berbeda-beda, misalnya unsur klorin, ditemukan dengan nomor massa 35 dan 37, dengan kadar berturut-turut 75,53% dan 24,47%. Penentuan massa atom relatif dari persentase kadar isotop dapat dilihat pada contoh di bawah ini.

Contoh soal 1.5:

Unsur klorin terdiri atas 75,53% isotop Cl-35 dan 24,47% isotop Cl-37. Massa Cl-35 adalah 34,969 sma, sedangkan Cl-37 seberat 36,965 sma. Berapakah massa atom relatif Cl?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} A_r Cl &= \frac{75,53}{100} \times 34,969 + \frac{24,47}{100} \times 36,965 \\ &= 35,45 \end{aligned}$$

Tugas 1.7

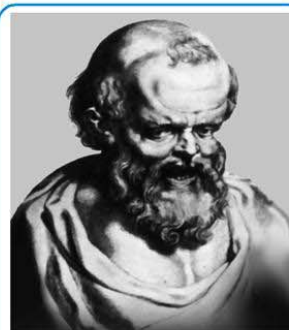
1. Suatu atom A massa rata-ratanya a sma, berapakah massa atom relatif A bila dibandingkan dengan isotop C - 12?
2. Berapakah massa atom relatif A pada soal di atas, bila massa isotop C - 12 adalah b ?
3. Hitunglah massa molekul relatif senyawa di bawah ini!
($A_r H = 1$, $C = 12$, $O = 16$, $N = 14$, $Na = 23$, dan $P = 31$)
a. H_2O b. CO_2 c. HNO_3 d. Na_3PO_4

C. Perkembangan Model Atom

Mungkin kalian tidak percaya atom itu ada, karena memang tidak ada seorang pun yang pernah melihatnya dengan mata biasa, termasuk para ahli kimia. Sesuatu yang tidak dapat dilihat oleh mata belum tentu tidak ada, misalnya angin. Kita dapat merasakannya melalui hembusannya.

Para ahli menerima keberadaan atom walaupun belum pernah melihatnya dengan mata biasa. Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari percobaan ataupun eksperimen, para ahli mengajukan teori tentang model atom, yaitu suatu gambar rekaan atom berdasarkan eksperimen ataupun kajian teoretis. Model atom hanya suatu gambaran, karena para ahli tersebut tidak tahu pasti seperti apakah bentuk atom yang sebenarnya. Bisa jadi suatu saat nanti ditemukan suatu model atom terbaru yang dapat menggugurkan atau menyempurnakan teori atom yang sudah ada dan mungkin ada di antara kalianlah yang menjadi penemunya?

Teori tentang atom sudah ditemukan sejak 400 tahun Sebelum Masehi (SM), oleh ahli filsafat Yunani, yaitu **Leukippos** dan **Demokritos** yang mencari asal mula semua benda di alam semesta. Mereka menyatakan bahwa semua benda terdiri atas bagian-bagian yang sangat kecil dan tidak mungkin dibagi-bagi lagi yang dinamakan **atom** (*a* : tidak, *tomos*: dibagi). Pada abad ke-5 SM di India telah ada pendapat yang menyatakan bahwa tiap unsur benda terdiri atas satu sampai lima atom. Abad ke-8, **Jabir** seorang ilmuwan muslim menyatakan bahwa semua materi dibentuk oleh



Sumber: Jendela Iptek 5

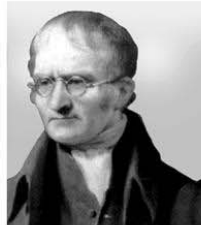
Gambar 1.10 Demokritos

partikel dasar bermuatan yang menyerupai petir dan partikel, yang tidak dapat dibagi lagi. Selanjutnya perkembangan atom setelah abad ke-19 mulai bermunculan, dari Dalton sampai teori atom modern.

1. John Dalton

John Dalton dilahirkan pada tanggal 6 September 1766 di Eaglefeld, Inggris. Bagaimana sebuah teori atom dapat ditemukan? Untuk jelasnya lakukan kegiatan berikut ini!

Lakukan kegiatan berikut untuk menumbuhkan **etos kerja** dan kalian dapat **berpikir kritis**!



Sumber: Ensiklopedi Umum untuk Pelajar
Gambar 1.11 John Dalton

Kegiatan 1.5

Siapa bilang anak SMA tidak dapat menjadi seorang ilmuwan seperti Dalton? Seorang ilmuwan harus dapat memanfaatkan apa yang ada di sekitar menjadi kegiatan yang mudah tetapi dapat menemukan suatu teori atom.

Besi merupakan suatu unsur, apabila sepotong besi kita potong menjadi 2 dan hasil potongannya kita potong terus, maka kita akan mendapatkan bagian besi yang paling kecil yang merupakan penyusunnya. Akan tetapi kalau kita menggunakan besi akan kesulitan untuk memotong, sehingga kita ganti besi dengan unsur lain, yaitu belerang (*jika belerang tidak ada, belerang dapat diganti dengan kapur. Kita misalkan kapur adalah belerang, tapi ingat kapur bukan unsur*).

1. Ambillah dua bongkahan belerang sebesar kelereng, hancurkan belerang pertama menjadi serbuk belerang sampai yang paling kecil dan tidak dapat diperhalus lagi. Dapat dikatakan serbuk belerang adalah bagian terkecil dari belerang yang tidak dapat dibagi lagi. Kita misalkan serbuk belerang sebagai **atom** dan bongkahan belerang sebagai **unsur**.
 - a. Apa yang kalian dapat simpulkan tentang atom dikaitkan dengan unsur?
"Atom" adalah
 - b. Hancurkan juga bongkahan belerang kedua seperti yang pertama!

Bandungkanlah serbuk belerang yang pertama dengan yang kedua!

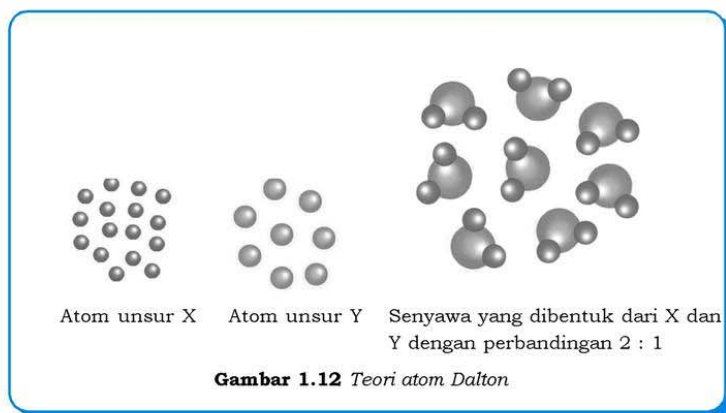
Menurut kalian, sama ataukah tidak antara serbuk belerang yang pertama dengan yang kedua? Jika sama, *unsur yang sama terdiri atas atom-atom yang sama* sedangkan jika tidak, berarti *unsur yang sama terdiri atas atom-atom yang berbeda*. Ingat bongkahan belerang sebagai unsur dan serbuk belerang sebagai atom.

“Atom” unsur yang sama terdiri

2. Kumpulkan kesimpulan dari hasil kegiatan ini, kemudian bandingkanlah kesimpulan kalian dengan teori atom Dalton. Sesuai tidak hasil kesimpulan kalian? Kalau tidak jangan putus asa karena untuk menjadi seorang ilmuwan tidak boleh putus asa dan harus mencoba lagi bila mengalami kegagalan.

Pendapat Dalton tentang atom disebut dengan **teori atom Dalton**. Teorinya dapat menerangkan beberapa peristiwa kimia, di antaranya sebagai berikut.

- a. Atom adalah bagian terkecil dari suatu unsur yang tidak dapat dibagi lagi.
- b. Unsur terdiri atas atom-atom yang sama, sehingga mempunyai sifat-sifat sama, seperti ukuran, bentuk, dan massa.
- c. Reaksi kimia terjadi karena penggabungan, pemisahan, atau pertukaran atom suatu unsur dengan atom unsur lain, sehingga atom tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan dengan reaksi kimia biasa.



Dalam perkembangannya, teori atom Dalton memiliki beberapa kelemahan sehingga memerlukan penyempurnaan, yaitu teorinya tentang *atom adalah bagian terkecil dari unsur dan tidak dapat dibagi lagi dan unsur terdiri atas atom-atom yang sama, sehingga mempunyai sifat fisika dan kimia yang sama*. Hal ini setelah terjadi:

- a. Penemuan elektron oleh Hittoff, Crookes, Thomson, Lenard, dan lain-lain.
- b. Penemuan proton oleh Goldstein.
- c. Penemuan isotop oleh Thomson.
- d. Penemuan radioaktivitas oleh Becquerel.

2. J. J. Thomson

Joseph John Thomson adalah seorang ahli fisika berkebangsaan Inggris, dilahirkan pada 18 Desember 1856 di Cheetham, Inggris. Thomson merupakan seorang pendiri Laboratorium Cavendish yang sangat terkenal, sehingga banyak ilmuwan lain melakukan penelitian yang sama dengan dirinya.

Penemuan elektron oleh percobaan-percobaan yang dilakukan oleh Hittroff, Crookes, Lenard, Stark, dan Thomson mengakibatkan teori-teori tentang bagaimana atom itu dibangun mengalami babak baru. Percobaan Thomson tentang konduksi listrik melalui gas-gas dalam tabung Crookes, menghasilkan suatu pendapat bahwa sinar katode terdiri atas partikel-partikel bermuatan negatif yaitu elektron. Selain itu logam-logam dengan pengaruh sinar UV atau panas dapat membebaskan partikel bermuatan negatif. Oleh karena itu, Thomson menyimpulkan bahwa elektron-elektron adalah partikel yang berasal dari atom.

Info Kimia

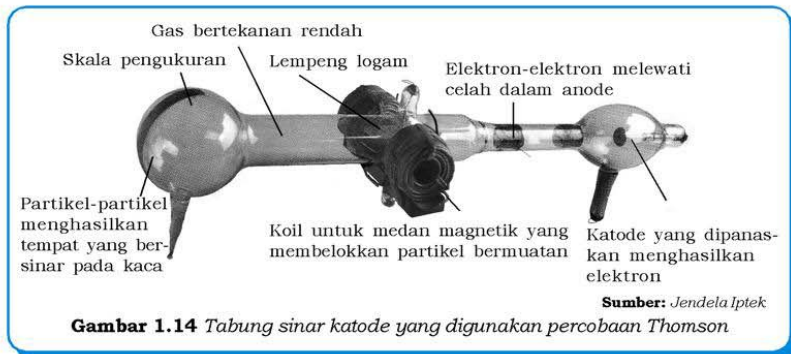
Pada pertemuan *The Manchester Literary and Philosophical Society*, Dalton memakai jas berwarna merah menyala yang dipandang kurang pas untuk pertemuan tersebut. Setelah diberitahu dia terkejut sebab dia yakin bahwa jas yang dipakai berwarna coklat. Sejak itulah Dalton mengetahui dirinya menderita buta warna.

Bermula dari itulah Dalton melakukan penelitian tentang buta warna dan tulisannya dimuat dalam majalah *Memoirs*. Eksperimen-eksperimen lainnya pun ia lakukan, di antaranya tentang meteorologi, sifat fisika gas, atom, dan pengamatan lainnya.

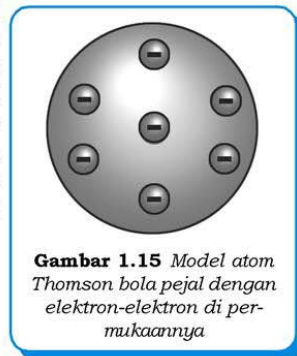


Sumber: www.chemheritage.com

Gambar 1.13 J.J. Thomson



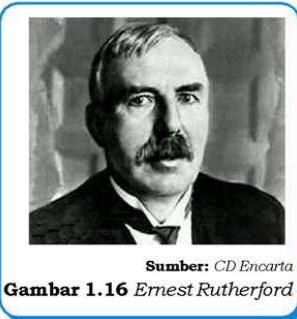
Thomson menganggap atom selain terdapat elektron juga terdapat muatan positif, sehingga teorinya menyatakan **atom sebagai suatu bola pejal bermuatan positif dan di permukaannya terdapat elektron-elektron** atau lebih dikenal dengan “model kue kismis”. Coba jelaskan mengapa model atom Thomson disebut model kue kismis?



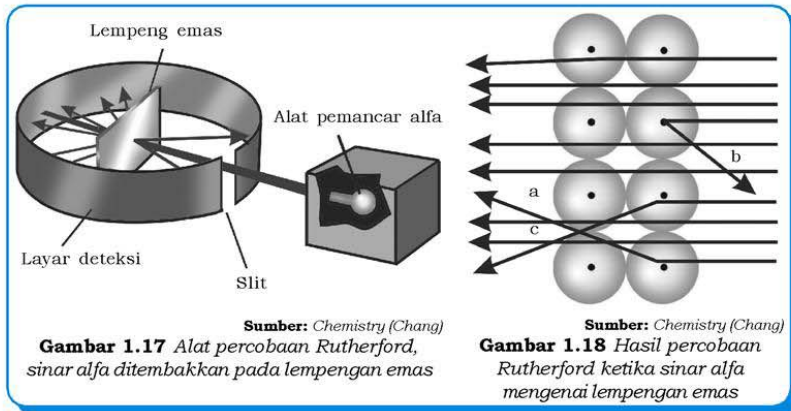
3. Ernest Rutherford

Ernest Rutherford lahir pada 30 Agustus 1871 di New Zewland. Ia pernah menjadi murid Thomson saat belajar di Trinity College University di Inggris. Penemuannya yang terkenal adalah penemuan sinar radioaktif yang diberi nama **alfa**, **beta**, dan **gamma**.

Rutherford juga meneruskan penelitian gurunya, J.J. Thomson tentang model atom. Eksperimen Rutherford menembakkan sinar alfa ke dalam atom, unsur radioaktif yang dapat memancarkan partikel alfa diletakkan di depan layar dari logam timbal dan diberi lubang kecil. Sinar alfa dapat bergerak melalui



lubang kecil dengan kecepatan tinggi dan menabrak lempeng emas yang sangat tipis, di belakang lempeng emas ditempatkan layar seng sulfida yang dapat menimbulkan sinar bila terkena partikel alfa.



Sinar alfa yang ditembakkan ke dalam lempengan emas tipis dapat mengalami:

- Sinar alfa menembus lurus.
- Sinar alfa yang dipantulkan kembali.
- Sinar alfa dapat menembus, tetapi arahnya dibelokkan.

Rutherford berpendapat, partikel alfa yang relatif berat dan mempunyai kecepatan tinggi dapat dipantulkan dan dibelokkan oleh atom, tentu ada gaya yang kuat di dalam atom yang dapat menyebabkan hal tersebut, yaitu gaya pada inti atom. Hal ini karena massa elektron sangat kecil, sehingga tidak mungkin menjadi penyebabnya. Ia mengeluarkan hipotesis yang menggugurkan model atom Thomson, yaitu **atom terdiri atas inti atom yang bermuatan positif dengan dikelilingi elektron yang bergerak.**

Teori Rutherford bertentangan dengan teori Maxwell "jika elektron bergerak mengelilingi inti atom, lama-kelamaan elektron kehilangan energi. Karena elektron bermuatan negatif, maka elektron akan ditarik inti atom



yang bermuatan positif, akibatnya elektron yang kehabisan energi akan jatuh pada inti.” Jadi kelemahan teori Rutherford adalah *tidak dapat menjelaskan mengapa elektron tidak tertarik dan jatuh pada inti atom.*

4. Niels Bohr

Ilmuwan ini dilahirkan pada 7 Oktober 1885 di Kopenhagen. Medali emas pernah diperoleh atas hasil penelitiannya tentang tegangan permukaan air. Kekagumannya terhadap Rutherford, membuatnya tertarik untuk mempelajari inti atom dan ia pernah bekerja sama dengan Rutherford tahun 1912 – 1916.

Dalam rangka mengatasi kelemahan model atom Rutherford, maka Niels Bohr mengeluarkan postulat:

- Ada suatu keadaan yang dinamakan keadaan stasioner yang merupakan tempat elektron mengelilingi inti. Selama elektron berada di daerah itu tidak ada perubahan energi, baik yang dipancarkan maupun yang diserap. Di sini terdapat gaya sentripetal untuk mempertahankan gerak melingkar, yaitu gerak mengelilingi inti atom.
- Keadaan stasioner tersebut disebut lintasan atau orbit yang memenuhi syarat secara fisika, yang dirumuskan:

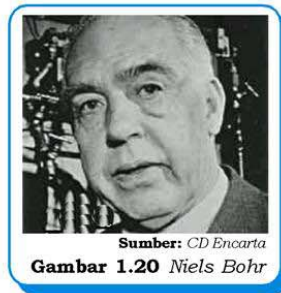
$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

Keterangan:

- m = massa elektron
 v = kecepatan elektron
 r = jari-jari lintasan
 h = tetapan Planck
 n = bilangan kuantum Bohr, 1, 2, 3, 4,

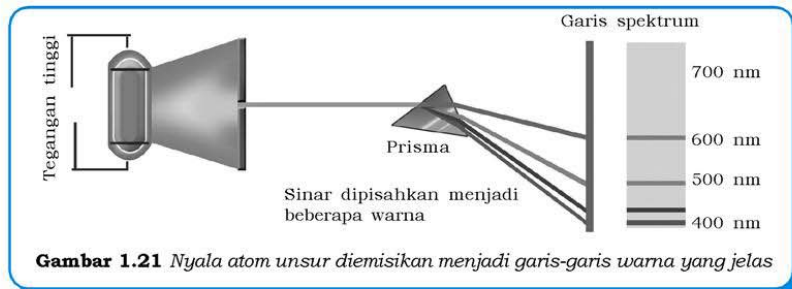
Postulat-postulat Bohr tersebut diperkuat dengan eksperimen-eksperimen yang dilakukannya, salah satunya penguraian sinar menjadi spektrum yang jelas.

Pada tahun 1913, Niels Bohr mengemukakan teori struktur atom yang dapat menerangkan adanya spektrum garis serta kestabilan atom. Ide eksperimen Bohr mirip dengan kejadian dalam kehidupan sehari-hari, yaitu terjadinya pelangi. Pelangi merupakan



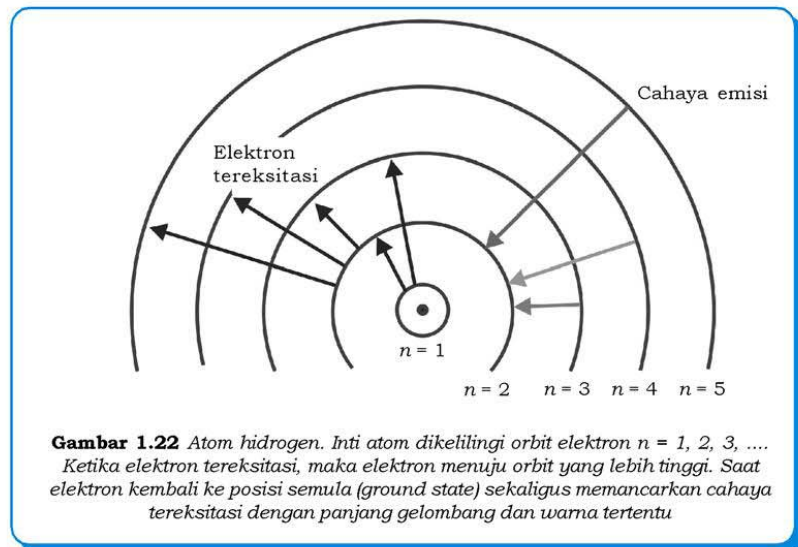
hasil uraian sinar matahari menjadi beberapa jenis cahaya tampak, di antaranya merah, jingga, kuning, ungu, dan lain-lain.

Bohr kemudian melakukan eksperimen menggunakan nyala api yang diberi suatu garam, misalnya NaCl, yang terjadi adalah sinar diuraikan menjadi garis-garis warna yang jelas dan bukan spektrum yang kontinu. Setiap garis warna tersebut oleh Bohr diartikan dengan tingkatan energi yang berbeda-beda yang merupakan kedudukan elektron.



Gambar 1.21 Nyala atom unsur diemisikan menjadi garis-garis warna yang jelas

Bohr juga dapat menjelaskan spektrum gas hidrogen yang diperoleh dari percobaannya, yaitu:



Gambar 1.22 Atom hidrogen. Inti atom dikelilingi orbit elektron $n = 1, 2, 3, \dots$. Ketika elektron tereksitasi, maka elektron menuju orbit yang lebih tinggi. Saat elektron kembali ke posisi semula (ground state) sekaligus memancarkan cahaya tereksitasi dengan panjang gelombang dan warna tertentu

Ilmuwan ini kemudian menyimpulkan bahwa atom terdiri atas **inti atom yang bermuatan positif dan elektron-elektron yang bergerak mengelilingi inti dalam orbit lingkaran dengan energi tertentu**

Kelemahan teori atom Bohr adalah hanya dapat menjelaskan spektrum gas hidrogen atau spesi lain yang berelektron tunggal (He^+ dan Li^+), akan tetapi tidak dapat menjelaskan spektrum atom atau ion yang mempunyai elektron banyak. Teori atom Bohr kemudian disempurnakan teori atom modern dengan tetap memakai tingkat energi elektron.

5. Model Atom Modern

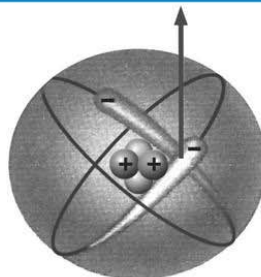
Teori mekanika gelombang merupakan dasar teori atom modern, tokohnya yaitu *Louis de Broglie*, *Erwin Schrödinger*, dan *Werner Heisenberg*. Menurut teori atom modern, atom terdiri atas inti yang terdiri 2 jenis nukleon (proton dan neutron) dan elektron berada di sekeliling inti atom. Massa proton sama dengan massa neutron, proton bermuatan positif dan neutron tidak bermuatan (netral). Elektron mempunyai sifat yang dualistik, yaitu dapat bersifat sebagai partikel dan gelombang, sehingga kedudukan elektron dalam atom tidak dapat ditentukan secara pasti, yang dapat dikatakan adalah kebolehjadian menemukan elektron pada jarak tertentu dari inti. Oleh karena itu kebolehjadian menemukan elektron digambarkan berupa awan, tebal tipisnya awan menyatakan besar kecilnya kebolehjadian menemukan elektron di daerah itu, yang disebut dengan **orbital**.

Atom memiliki banyak orbital, tiap orbital maksimum ditempati 2 elektron. Orbital menggambarkan juga **tingkat energi**, mengapa demikian? Hal ini karena elektron dalam orbital memiliki energi tertentu yang khas bagi orbital tersebut. Elektron dengan energi



Sumber: Ensiklopedi Umum untuk Pelajar

Gambar 1.23 Erwin Schrödinger



Gambar 1.24 Model atom modern. Atom terdiri dari inti atom (nukleus: proton + neutron) yang bermuatan positif, dikelilingi elektron (-) yang bergerak dalam awan elektron

terendah menempati orbital yang paling dekat dengan inti, sedangkan yang energinya lebih besar dapat menempati orbital yang jauh dari inti. Orbital yang mempunyai tingkat energi sama atau hampir sama dapat membentuk kulit atom, jadi **kulit atom** adalah kumpulan dari orbital-orbital.

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal, akademik, dan kreativitas** kalian!

Tugas 1.8

1. Sebutkan teori atom yang kalian ketahui beserta penemunya, dan jelaskan secara singkat teori tersebut dengan bahasa kalian sendiri!
2. Jelaskan pula kelemahan masing-masing teori atom tersebut!

Rangkuman

1. Perkembangan tabel periodik unsur mulai dari Hukum Triade Dobereiner, Hukum Oktaf dari Newlands, tabel periodik Mendeleev, sampai dengan tabel periodik modern.
2. Baris unsur-unsur yang disusun mendatar pada tabel periodik modern disebut dengan periode, sedangkan kolom yang tegak disebut dengan golongan.
3. Konfigurasi elektron adalah gambaran penyebaran elektron dalam kulit atom. Golongan dan periode ditentukan dari konfigurasi elektron. Golongan ditentukan oleh elektron valensi, sedangkan periode ditentukan oleh jumlah kulit.
4. Massa atom relatif (A_r) adalah massa suatu atom dibandingkan dengan massa atom standar, yaitu atom C - 12.
5. Sifat-sifat periodik unsur dalam tabel periodik antara lain: jari-jari atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas.
6. Model atom berkembang dari model Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, sampai dengan model atom modern.

Uji Kompetensi

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Hukum triade Dobereiner menyatakan apabila unsur-unsur yang sifatnya mirip disusun tiga, maka massa atom unsur
 - A. ke-1 merupakan penjumlahan massa atom ke-2 dan ke-3
 - B. di tengah merupakan penjumlahan massa atom ke-1 dan ke-3
 - C. di tengah merupakan rata-rata massa atom ke-1 dan ke-3
 - D. ke-1 merupakan rata-rata massa atom ke-2 dan ke-3
 - E. ke-3 merupakan rata-rata massa atom ke-1 dan ke-2
2. Triade unsur-unsur adalah X, Y, dan Z. Jika massa atom X dan Y berturut-turut 23 sma dan 32 sma, massa atom Z sebesar
 - A. 27,5 sma
 - B. 14 sma
 - C. 41 sma
 - D. 55 sma
 - E. 9 sma
3. Pernyataan tentang kemiripan sifat yang ditunjukkan oleh hukum oktaf Newlands adalah benar, **kecuali**
 - A. unsur pertama mirip unsur kedelapan
 - B. unsur kelima mirip unsur kedua belas
 - C. unsur kesepuluh mirip unsur delapan belas
 - D. unsur ketiga belas mirip unsur kedua puluh
 - E. unsur keempat belas mirip unsur kedua puluh satu
4. Tabel periodik Mendeleev disusun berdasarkan kenaikan
 - A. nomor atom
 - B. massa atom
 - C. nomor atom dan kemiripan sifat
 - D. massa atom dan kemiripan sifat
 - E. nomor atom dan massa atom

5. Pernyataan-pernyataan tentang tabel periodik modern berikut ini benar, **kecuali**
 - A. tabel periodik modern merupakan fungsi periodik nomor atom
 - B. baris mendatar tabel periodik disebut periode
 - C. kolom tegak tabel periodik disebut golongan
 - D. golongan B disebut golongan unsur utama
 - E. golongan VIIIA disebut golongan gas mulia
6. Atom X konfigurasi elektronnya 2 8 8 3, maka X terletak pada
 - A. periode 4, golongan III
 - B. periode 3, golongan IV
 - C. periode 4, golongan IV
 - D. periode 3, golongan IV
 - E. periode 3, golongan III
7. Atom In dengan nomor atom 49 memiliki konfigurasi elektron
 - A. 2 8 18 21
 - B. 2 8 18 18 2 1
 - C. 2 8 18 8 8 5
 - D. 2 8 18 8 8 3 2
 - E. 2 8 18 18 3
8. Atom $^{31}_{15}\text{Pa}$ mempunyai jumlah proton, elektron, dan neutron berturut-turut
 - a. 15, 15, dan 46
 - b. 15, 15, dan 16
 - c. 15, 46, dan 15
 - d. 15, 16, dan 15
 - e. 16, 15, dan 15
9. Suatu atom X mempunyai jumlah proton, neutron, dan elektron berturut-turut 13, 24, dan 13. Lambang atom X adalah
 - A. $^{37}_{13}\text{X}$
 - B. $^{24}_{13}\text{X}$
 - C. $^{13}_{24}\text{X}$
 - D. $^{13}_{47}\text{X}$
 - E. $^{24}_{11}\text{X}$
10. Di antara berbagai atom berikut yang merupakan isotop dari $^{31}_{15}\text{X}$ adalah
 - A. $^{31}_{13}\text{P}$
 - B. $^{32}_{15}\text{P}$
 - C. $^{70}_{31}\text{Ga}$
 - D. $^{32}_{16}\text{S}$
 - E. $^{31}_{16}\text{S}$

11. Partikel dasar penyusun atom terdiri atas proton, neutron, dan elektron, yang memiliki muatan listrik berturut-turut
A. -1, +1, 0
B. +1, -1, 0
C. +1, 0, -1
D. -1, 0, +1
E. 0, -1, +1
12. Massa atom dan muatan positif atom berpusat pada inti atom, pertama kali dikemukakan oleh
A. Leukippos
B. John Dalton
C. Rutherford
D. J.J. Thomson
E. Louis de Broglie
13. Dalam satu golongan dari atas ke bawah sifat periodik di bawah ini benar, **kecuali**
A. energi ionisasi berkurang
B. elektronegativitas berkurang
C. afinitas elektron bertambah
D. jari-jari atom bertambah
E. sifat logam bertambah
14. Senyawa $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ mempunyai massa molekul relatif 175, harga x adalah (A_r Na = 23, S = 32, O = 16, H = 1)
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 5
15. Konfigurasi elektron unsur:
X : 2 8 8 1
Y : 2 8 8 2
Pernyataan yang benar dari sifat periodik unsur X dan Y adalah
A. energi ionisasi $X > Y$
B. jari-jari atom $X < Y$
C. elektronegativitas $X > Y$
D. afinitas elektron $X > Y$
E. sifat logam $X > Y$
16. Konfigurasi elektron ion $\text{M}^{2+} : 2 \ 8 \ 8$, maka letak atom M dalam tabel periodik unsur adalah
A. periode 2 golongan IV
B. periode 3 golongan II
C. periode 2 golongan III
D. periode 3 golongan VIII
E. periode 4 golongan II

17. Di bawah ini adalah nama tokoh dan teori atomnya, **kecuali**
- A. Dalton, atom adalah bagian terkecil unsur yang tidak dapat dibagi lagi
 - B. Thomson, atom seperti bola pejal dengan elektron tersebar di dalamnya
 - C. Rutherford, atom terdiri atas inti bermuatan positif dengan elektron yang mengelilinginya
 - D. Niels Bohr, atom merupakan inti bermuatan positif dengan elektron yang mengelilinginya dengan lintasan tertentu
 - E. Leukippos dan Demokritos, inti atom terdiri atas proton dan neutron dengan elektron mengelilinginya dalam orbital
18. Reaksi kimia adalah reaksi penggabungan, pemisahan, atau pertukaran atom suatu unsur dengan atom unsur lain, sehingga atom tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan dengan reaksi kimia biasa. Teori ini dikemukakan oleh
- A. John Dalton
 - B. Rutherford
 - C. J.J. Thomson
 - D. Niels Bohr
 - E. Louis de Broglie
19. Teori atom modern adalah penyempurnaan teori atom sebelumnya, dan dipakai sampai sekarang. Teori ini menyatakan
- A. inti atom terdiri atas proton, sedangkan elektron bergerak mengelilinginya dalam orbital
 - B. inti atom terdiri atas neutron, sedangkan elektron bergerak mengelilinginya dalam orbital
 - C. inti terdiri atas proton, sedangkan elektron bergerak mengelilinginya dalam lintasan tertentu
 - D. inti terdiri atas proton dan neutron, sedangkan elektron berada di sekeliling inti dalam orbital
 - E. inti terdiri atas proton dan neutron, sedangkan elektron bergerak mengelilinginya dalam lintasan tertentu

20. Sinar alfa ditembakkan pada lempengan emas tipis, sinar alfa ada yang dipantulkan kembali, ada yang menembus dengan arah dibelokkan. Eksperimen tersebut menunjukkan
- inti atom bermuatan positif
 - inti atom bermuatan negatif
 - inti atom tidak bermuatan
 - elektron tersebar merata di sekitar inti
 - elektron bergerak mengelilingi inti

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

- Jelaskan apa yang dimaksud tentang nukleus (inti atom)!
- Tentukan periode dan golongan unsur-unsur di bawah ini: C, Ca, S, Br, dan Bi yang berturut-turut mempunyai nomor atom 12, 20, 16, 35, dan 83. Tentukan pula mana yang termasuk logam dan nonlogam!
- Jelaskan yang dimaksud dengan golongan dan periode dalam susunan periodik!
- Perhatikan data proton, elektron, dan neutron berikut!

	A	B	C	D	E	F	G
Proton	16	20	19	8	20	22	20
Neutron	18	20	21	22	24	26	28
Elektron	18	20	18	17	18	22	20

- Tuliskan atom-atom yang termasuk isotop!
 - Mana saja atom unsur yang berbentuk atom netral dan ion!
 - Tuliskan lambang unsur masing-masing!
5. Diketahui lima buah unsur $_{16}\text{S}$, $_{17}\text{Cl}$, $_{18}\text{Ar}$, $_{19}\text{K}$, dan $_{20}\text{Ca}$. Urutkanlah kelima unsur tersebut dari kiri ke kanan berdasarkan pertambahan:
- energi ionisasi,
 - elektronegativitas, dan
 - jari-jari atom!

Bab II

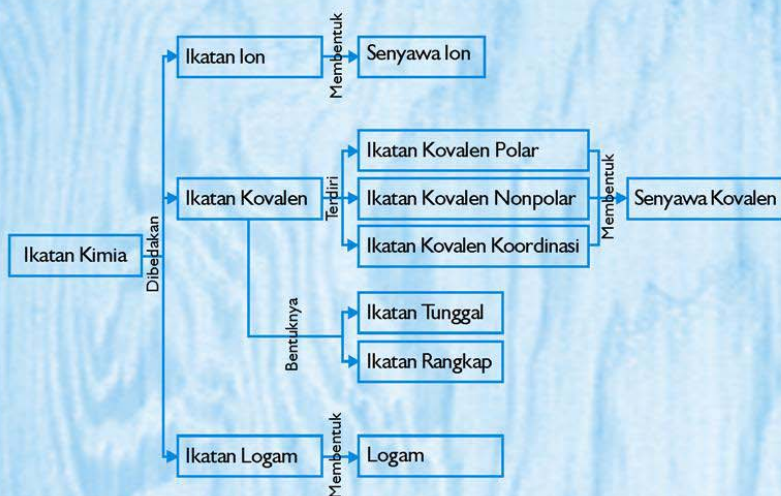
Ikatan Kimia

Sumber gambar: CD Image

Tujuan Pembelajaran:

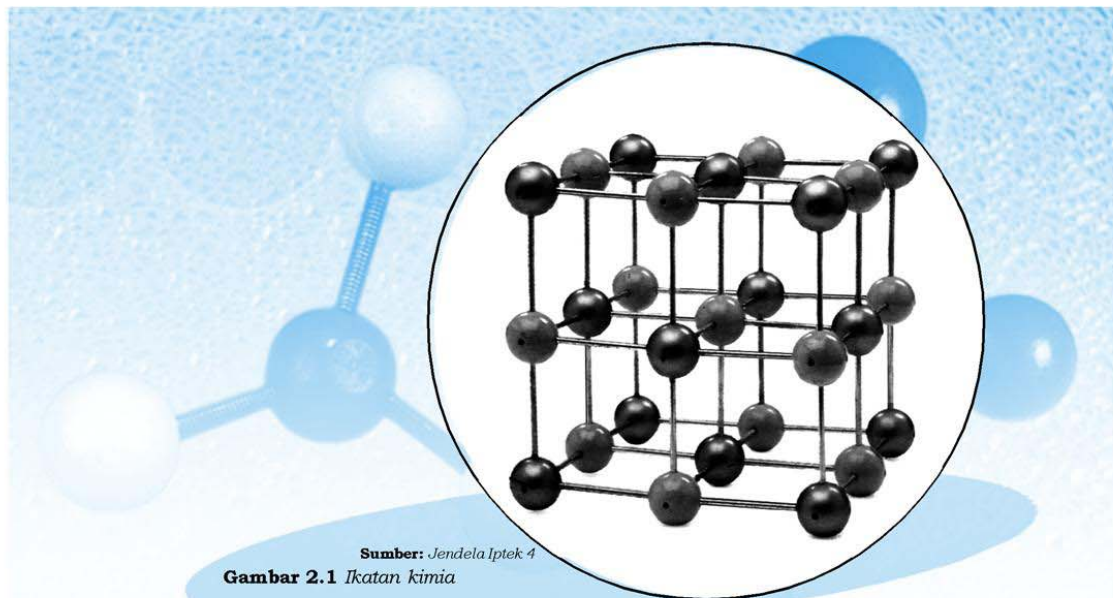
Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat membandingkan proses pembentukan ikatan kimia dan hubungannya dengan sifat fisik senyawa yang terbentuk.

Untuk mempermudah mempelajari bab ini, perhatikan **peta konsep** berikut!



Dalam bab ini, kalian akan menemukan beberapa **kata kunci**, antara lain:

1. Struktur Lewis
2. Ikatan ion
3. Ikatan kovalen
4. Ikatan kovalen koordinasi
5. Ikatan logam



Perhatikan ruang kelas kalian! Adakah benda yang menempel atau menggantung? Misalnya foto presiden, lampu, atau papan tulis, mengapa benda-benda tersebut tidak jatuh ke bawah? Foto presiden tidak jatuh karena ada paku yang menahan dan mengikat pada tembok, lampu tetap menggantung di udara karena ada tali atau besi yang mengikat di atap.

Hal tersebut juga terjadi pada unsur-unsur kimia, atom unsur ditemukan tidak dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk senyawa. Atom yang satu dengan yang lain membentuk kelompok atom atau kelompok molekul. Seperti halnya dengan benda yang menempel, atom-atom tersebut tidak dapat terpisah secara spontan karena terdapat suatu ikatan yang membuat mereka tetap bersatu. Ikatan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul disebut dengan **ikatan kimia**.

A. Struktur Lewis

Terbentuknya ikatan antaratom hanya terjadi pada bagian luarnya. Ini menunjukkan elektron pada kulit terluarlah yang berperanan, yaitu elektron valensi. Elektron valensi suatu atom digambarkan dengan notasi yang disebut **struktur Lewis**. Struktur ini dikemukakan Gilbert Newton Lewis. Penulisan struktur Lewis dengan menuliskan lambang atom dikelilingi oleh titik di sekitarnya.



Sumber: www.chemheritage.org

Gambar 2.2 Gilbert Newton Lewis

Jumlah silang menunjukkan jumlah elektron valensi (ev) atom tersebut.

Tabel 2.1 Struktur Atom Lewis Golongan A

Golongan	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
Elektron valensi	1	2	3	4	5	6	7	8
Lambang Lewis periode 2	Li•	•Be•	•B•	•C•	•N•	•O•	•F•	•Ne•

Perhatikan susunan elektron kedelapan atom pada Tabel 2.1 di atas! Elektron valensi terbanyak dimiliki oleh Ne dengan 8 elektron yang merupakan golongan VIIIA. Susunan elektron golongan VIIIA merupakan susunan elektron stabil, mengapa bisa stabil? Bukalah kembali materi pada subbab konfigurasi elektron jika kalian lupa.

Jumlah elektron valensi dari golongan gas mulia (VIIIA) adalah 8 yang disebut **oktet** (kecuali He 2 elektron). Menurut Lewis, suatu atom mempunyai kecenderungan membentuk konfigurasi elektron yang stabil, yaitu konfigurasi elektron gas mulia dengan cara membentuk ikatan dengan atom lain.

Tabel 2.2 Tabel Konfigurasi Elektron Golongan VIIIA

Unsur	Konfigurasi Elektron
2 He 4,003	2
10 Ne 20,179	2 8
18 Ar 39,948	2 8 8
36 Kr 83,80	2 8 18 8

Unsur	Konfigurasi Elektron
$^{54}_{131,129}\text{Xe}$	2 8 18 18 8
$^{86}_{222}\text{Rn}$	2 8 18 32 18 8

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal, akademik, dan kreativitas** kalian!

Tugas 2.1

1. Apakah yang dimaksud dengan ikatan kimia? Jelaskan dengan kalimat kalian sendiri!
2. Apa yang dimaksud dengan struktur Lewis?
3. Gambarkan konfigurasi elektron dan struktur Lewis unsur-unsur di bawah ini!
 - a. $^{11}_{6}\text{Na}$
 - b. $^{11}_{6}\text{C}$
 - c. $^{8}_{53}\text{O}$
 - d. $^{8}_{53}\text{I}$
 - e. $^{17}_{56}\text{Cl}$
 - f. $^{17}_{56}\text{Ba}$

B. Ikatan Ion

Ikatan ion adalah ikatan yang terjadi karena gaya elektrostatis antara ion positif dan negatif. Unsur yang dapat membentuk ion positif adalah unsur logam dan unsur dengan energi ionisasi serta elektronegativitas yang kecil. Unsur yang dapat membentuk ion negatif adalah unsur nonlogam dan unsur dengan afinitas elektron serta elektronegativitas yang besar.



Gambar 2.3 (a) Kutub magnet yang berlawanan akan terjadi gaya tarik-menarik (menempel), (b) kutub magnet yang sejenis terjadi gaya tolak-menolak (menjauh)

Apakah kalian pernah bermain-main dengan magnet? Pada magnet terdapat kutub positif dan negatif, apabila kutub positif dengan positif didekatkan, maka kedua magnet akan saling tolak-menolak dan menjauh, ini juga terjadi antara kutub negatif dengan negatif. Sebaliknya bila kutub positif didekatkan kutub negatif, kedua magnet akan saling tarik-menarik dan akhirnya menempel.

Tahukah kalian mengapa itu bisa terjadi? Di dalam magnet terdapat gaya elektrostatis, yaitu gaya listrik yang terdapat dalam magnet. Kutub yang sejenis apabila didekatkan akan terjadi gaya tolak-menolak sehingga magnet akan saling menjauh, sedangkan untuk kutub yang berlawanan (muatan positif dengan negatif) akan terjadi gaya tarik-menarik yang mengakibatkan magnet saling menempel dan sulit dipisahkan. Sekarang yang harus kalian lakukan adalah menghubungkan apa yang terjadi pada magnet tersebut, untuk mendeskripsikan ikatan ion pada atom-atom. Ingat atom dapat membentuk ion positif dan negatif.

1. Pembentukan Ion Positif

Atom logam yang paling mudah membentuk ion positif adalah atom unsur golongan IA (kecuali atom H) dan golongan IIA, karena mudah melepaskan elektron. Perhatikan konfigurasi elektron golongan IA dan IIA berikut.

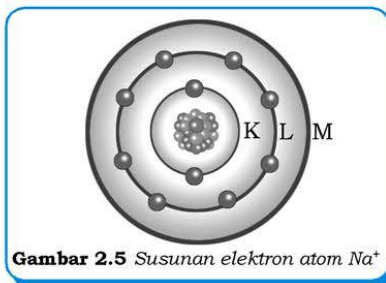
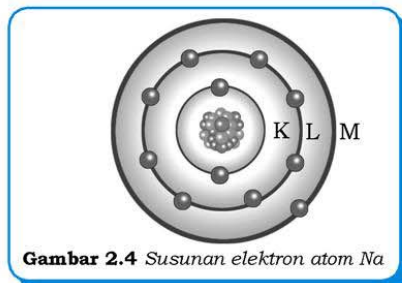
Tabel 2.3 Pembentukan Ion Positif Golongan IA dan IIA

Unsur IA dan IIA	Konfigurasi Elektron	Elektron yang Dilepas	Ion yang Terbentuk	Konfigurasi Ion
${}^3\text{Li}$	2 1	1	${}^3\text{Li}^+$	2
${}^{11}\text{Na}$	2 8 1	1	${}^{11}\text{Na}^+$	2 8
${}^{19}\text{K}$	2 8 8 1	1	${}^{19}\text{K}^+$	2 8 8
${}^4\text{Be}$	2 2	2	${}^4\text{Be}^{2+}$	2
${}^{12}\text{Mg}$	2 8 2	2	${}^{12}\text{Mg}^{2+}$	2 8
${}^{20}\text{Ca}$	2 8 8 2	2	${}^{20}\text{Ca}^{2+}$	2 8 8

Sesuai dengan teori oktet dari Lewis, golongan IA melepas 1 elektron, yaitu elektron pada kulit terluar untuk mendapatkan konfigurasi elektron gas mulia, sedangkan golongan IIA melepas 2 elektron. Pembentukan ion positif dilakukan dengan melepaskan elektron, sedangkan protonnya tetap. Hitunglah jumlah proton, elektron, dan neutron dari atom-atom dan ion-ion di atas!

Contoh:

Jumlah elektron atom $_{11}\text{Na}$ dan ion $_{11}\text{Na}^+$

**Atom Na**

Jumlah proton (+) : 11
Jumlah elektron (-) : 11
Muatan Na : 0

Ion Na^+

Jumlah proton (+) : 11
Jumlah elektron (-) : 10
Muatan Na^+ : 1+

2. Pembentukan Ion Negatif

Atom nonlogam yang paling mudah membentuk ion negatif adalah atom unsur golongan VIA (atom O dan S) dan VIIA, karena mudah menerima elektron. Perhatikan konfigurasi elektron berikut!

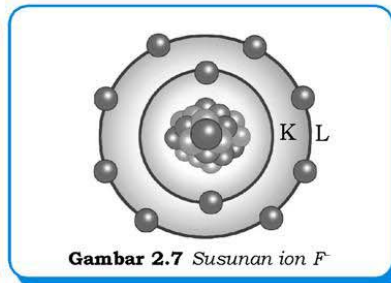
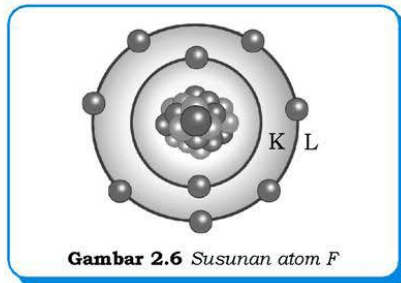
Tabel 2.4 Pembentukan Ion Negatif Golongan VIA dan VIIA

Unsur VIA dan VIIA	Konfigurasi Elektron	Elektron Valensi (Belum Oktet)	Ion yang Terbentuk	Konfigurasi Ion
$_{8}\text{O}$	2 6	6	$_{8}\text{O}^{2-}$	2 8
$_{16}\text{S}$	2 8 6	6	$_{16}\text{S}^{2-}$	2 8 8
$_{9}\text{F}$	2 7	7	$_{9}\text{F}^{-}$	2 8
$_{17}\text{Cl}$	2 8 7	7	$_{17}\text{Cl}^{-}$	2 8 8
$_{35}\text{Br}$	2 8 8 7	7	$_{35}\text{Br}^{-}$	2 8 8 8

Sesuai dengan teori oktet dari Lewis, golongan VIA menerima 2 elektron, yaitu membentuk ion negatif untuk mendapatkan konfigurasi elektron gas mulia, sedangkan golongan VIIA menerima 1 elektron. Pembentukan ion negatif dilakukan dengan menerima elektron, sehingga jumlah elektronnya bertambah sedangkan jumlah protonnya tetap. Hitunglah jumlah proton, elektron, dan neutron dari atom-atom dan ion-ion di atas!

Contoh:

Jumlah elektron atom ${}_9\text{F}$ dan ion ${}_9\text{F}^-$

**Atom F**

Jumlah proton (+) : 9
 Jumlah elektron (-) : 9
 Muatan F : 0

Ion F^-

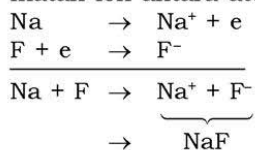
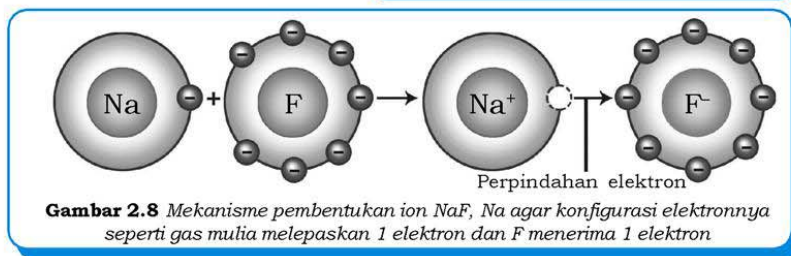
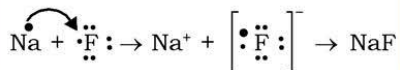
Jumlah proton (+) : 9
 Jumlah elektron (-) : 10
 Muatan F^- : 1-

3. Pembentukan Ikatan Ion

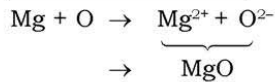
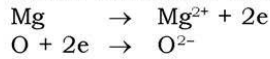
Sebagaimana telah diuraikan di atas, ikatan ion terjadi antara ion positif dengan ion negatif karena adanya gaya tarik-menarik elektrostatis. Syarat terjadinya ikatan ion adalah salah satu atom mampu melepaskan elektron (tanpa memerlukan banyak energi) dan atom yang lain mampu menerima elektron. Senyawa yang terjadi karena ikatan ion disebut dengan **senyawa ion**.

Contoh:

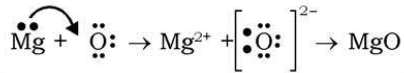
- a. Ikatan ion antara atom unsur golongan IA dengan VIIA

**Struktur Lewis**

- b. Ikatan ion antara atom unsur golongan IIA dengan VIA

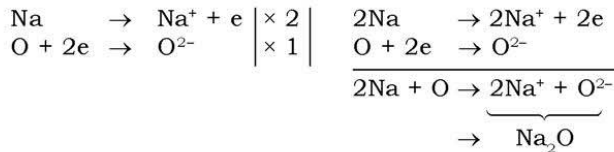


Struktur Lewis



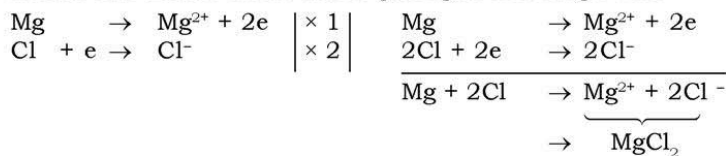
- c. Ikatan ion antara golongan IA dengan VIA

Golongan IA (atom Na) melepaskan 1 elektron, sedangkan golongan VIA (atom O) menerima 2 elektron untuk memperoleh konfigurasi seperti gas mulia. Untuk membentuk ikatan ion **jumlah elektron yang dilepaskan harus sama dengan elektron yang diterima**. Satu atom golongan IA hanya melepaskan 1 elektron, agar dapat memenuhi ikatan ion dengan atom O yang membutuhkan 2 elektron, maka harus ada 2 atom golongan IA yang berikatan.



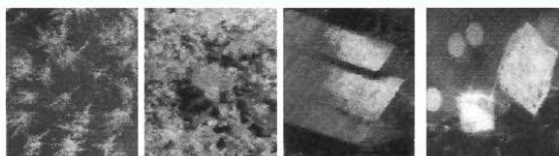
Sudahkah kalian paham tentang pembentukan ikatan ion? Agar lebih terampil tentang struktur Lewis, gambarkan struktur Lewis untuk mendeskripsikan mekanisme pembentukan ikatan ion Na_2O .

- d. Ikatan ion antara atom unsur golongan IIA dengan VIIA



Sifat-sifat umum senyawa ion antara lain:

- Menghantarkan listrik dalam wujud cair atau larutan.
- Berbentuk kristal dalam wujud padat.
- Titik leleh dan didih yang tinggi.
- Bersifat keras tapi rapuh.



Sumber: Chemistry (Chang)

Gambar 2.9 Kristal senyawa ion

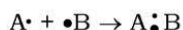
Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 2.2

1. Apa yang dimaksud dengan ikatan ion?
2. Bagaimana suatu atom netral dapat membentuk ion positif? Jelaskan!
3. Gambarkan struktur Lewis pembentukan ikatan ion pada Na_2S !

C. Ikatan Kovalen

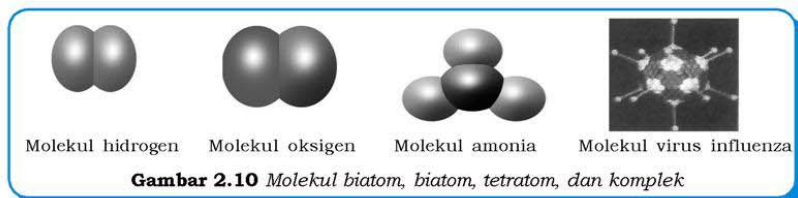
Ikatan kovalen adalah ikatan yang terjadi berdasarkan pemakaian pasangan elektron secara bersama. Ikatan ini terjadi akibat ketidakmampuan salah satu atom yang akan berikatan untuk melepaskan elektron menjadi ion positif, khususnya terjadi pada atom nonlogam yang cenderung menerima elektron. Ikatan pada molekul senyawa yang terbentuk dari atom nonlogam dengan nonlogam bukan ikatan ion, melainkan ikatan kovalen, karena tidak ada ion yang terbentuk.



Pembentukan pasangan elektron akan mengikuti aturan oktet dari Lewis, yaitu jumlah elektron valensinya sesuai dengan gas mulia, yaitu 8 (kecuali He = 2).

Gabungan atom-atom yang membentuk ikatan kovalen disebut dengan **molekul**. Molekul merupakan partikel terkecil dari suatu senyawa. Sifat senyawa sama dengan sifat molekul, sedangkan sifat molekul berbeda dengan sifat atom-atom penyusunnya.

Misalnya saja 1 molekul air mempunyai sifat yang sama dengan segelas air, seember air, atau sekolam air, tetapi jika molekul air terpisah menjadi atom-atom penyusunnya, yaitu atom H dan O maka atom-atom tersebut sifatnya berbeda dengan molekul air. Contoh-contoh molekul: H_2 , O_2 , N_2 , Br_2 , H_2O , HCl , NH_3 , dan CH_4 .



Ikatan kovalen dibedakan atas ikatan kovalen tunggal dan rangkap. Ikatan kovalen rangkap terdiri atas ikatan kovalen rangkap dua dan ikatan kovalen rangkap tiga.

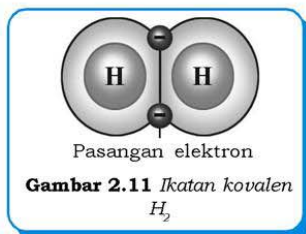
1. Ikatan Kovalen Tunggal

a. Molekul H_2

${}_1H : 1$ digambarkan

$H\cdot$ dengan $H\cdot$ menjadi $\begin{array}{|c|c|} \hline H & H \\ \hline \end{array}$ ditulis $H - H$

Perhatikan Gambar 2.11! Masing-masing atom H menyumbangkan 1 elektron membentuk 1 pasang elektron untuk digunakan bersama-sama, sehingga jumlah elektron valensi masing-masing atom seperti gas mulia, yaitu atom He yang memiliki 2 elektron.



b. Molekul H_2O

${}_1H : 1$
 ${}_8O : 2 \ 6$

$H\cdot$ dengan $\cdot\ddot{O}\cdot$ membentuk ikatan $\begin{array}{|c|c|c|} \hline H & O & H \\ \hline \end{array}$ ditulis $H - O - H$

Atom O mempunyai 2 elektron tidak berpasangan, sehingga membutuhkan 2 elektron untuk membentuk pasangan, karena atom H hanya mempunyai 1 elektron tidak berpasangan, maka dibutuhkan 2 atom H. Setelah membentuk molekul H_2O , jumlah elektron valensi (ev) atom O yang semula 6 elektron menjadi 8

elektron (ev gas mulia) dan jumlah elektron valensi atom H yang semula 1 elektron menjadi 2 elektron (ev gas mulia).

2. Ikatan Kovalen Rangkap Dua

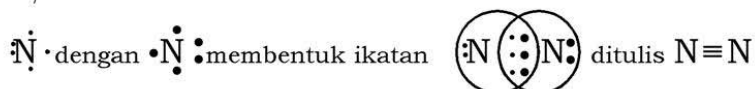
Molekul O_2 dibentuk dari 2 atom O, konfigurasi elektron atom O adalah ${}_8O : 2\ 6$.



Masing-masing atom O terdapat 2 elektron tidak berpasangan, sehingga masing-masing atom menyumbangkan 2 elektron untuk membentuk 2 pasang elektron yang digunakan bersama-sama. Jumlah ev atom O semula 6 elektron, setelah membentuk molekul O_2 menjadi 8 elektron (ev gas mulia).

3. Ikatan Kovalen Rangkap Tiga

Pembentukan N_2
 ${}_7N : 2\ 5$



Masing-masing atom N terdapat 3 elektron sendiri sehingga membutuhkan 3 elektron untuk membentuk konfigurasi oktet (gas mulia). Setelah membentuk N_2 , elektron valensi N yang semula 5 elektron menjadi 8 elektron (ev gas mulia).

Serba-serbi Kimia

Senyawa-senyawa yang mempunyai ikatan kovalen ternyata banyak sekali yang kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, misalnya:

1. Fluorin (F_2), banyak terdapat pada air minum dan pasta gigi yang berfungsi untuk menjaga kesehatan gigi.
2. Klorin (Cl_2), terdapat pada pemutih pakaian.
3. Bromin (Br_2), digunakan pada fotografi.
4. Iodin (I_2), terdapat pada obat luka, berfungsi untuk antiseptik.
5. Oksigen (O_2), gas yang digunakan untuk bernapas makhluk hidup.
6. Air (H_2O), sebagai sumber seluruh kehidupan.

Carilah senyawa-senyawa kovalen lainnya yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari! Kembangkan **wawasan kontekstual** kalian!

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan akademik** kalian!

Tugas 2.3

1. Apakah yang dimaksud dengan ikatan kovalen?
2. Tuliskan rumus Lewis, rumus struktur, dan rumus molekul dari F_2 , NH_3 , dan CCl_4 !

D. Senyawa Polar dan Nonpolar

Senyawa ion dapat menghantarkan listrik. Bagaimana dengan senyawa kovalen, apakah dapat menghantarkan listrik? Untuk menjawabnya kita akan melakukan kegiatan berikut yang akan merangsang **keingintahuan** dan mengembangkan **kecakapan sosial** serta **vokasional** kalian!

Kegiatan

Daya Hantar Listrik Senyawa Kovalen

Tujuan:

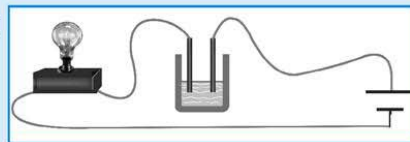
Menyelidiki daya hantar listrik senyawa kovalen.

Alat:

1. Gelas kimia 100 mL (5 buah)
2. Penguji arus listrik
3. Botol semprot

Bahan:

1. Air (H_2O)
2. Larutan gula ($C_6H_{12}O_6$)
3. Larutan Br_2
4. Larutan HCl
5. Larutan NH_3



Cara Kerja:

1. Rangkailah alat penguji arus listrik seperti pada gambar.
2. Amatilah batang elektroda yang dicelupkan dalam 50 mL larutan yang diuji, perhatikan juga bola lampu.

- Setiap akan menguji larutan, bersihkan dahulu elektroda dengan menyemprot memakai akuades, kemudian keringkan dengan kertas tisu.

Hasil Pengamatan:

Senyawa Kovalen	Struktur Lewis	Lampu (Terang/Redup/Mati)	Elektroda (Ada Gelembung/Tidak)
Air
Larutan gula	Tidak perlu	.....	.....
Larutan Br ₂
Larutan HCl
Larutan NH ₃

Pertanyaan:

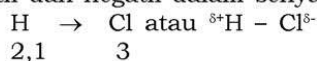
- Tentukan senyawa kovalen yang dapat menghantarkan arus listrik maupun yang tidak!
Catatan:
 - Lampu hidup atau redup: senyawa kovalen dapat menghantarkan listrik.
 - Lampu mati: senyawa kovalen tidak dapat menghantarkan listrik.
 - Elektroda ada gelembung gas: senyawa kovalen dapat menghantarkan listrik walaupun tidak baik.
 - Elektroda tidak ada gelembung gas: senyawa kovalen tidak dapat menghantarkan listrik.
- Tentukan mana saja yang termasuk senyawa polar dan nonpolar berdasarkan percobaan di atas!

Senyawa kovalen terbagi 2, yaitu senyawa kovalen polar (dapat menghantarkan arus listrik) dan kovalen nonpolar (tidak dapat menghantarkan arus listrik). Senyawa kovalen dapat berupa molekul biatom dan poliatom.

1. Molekul Biatom

Molekul biatom (terdiri atas 2 atom), kepolarannya ditentukan oleh **elektronegativitas**. Dua atom yang elektronegativitasnya tidak sama, maka daya tarik elektronnya ke arah atom yang elektronegativitasnya lebih besar. Misalnya pada molekul HCl, atom H elektronegativitasnya 2,1, sedangkan Cl 3,0 sehingga elektron akan

bergeser ke arah Cl. Dengan demikian, atom Cl menjadi kelebihan elektron dan membentuk kutub negatif, sedangkan atom H menjadi kekurangan elektron dan membentuk kutub positif. Senyawa kovalen yang dapat membentuk kutub positif dan negatif disebut **senyawa polar**. Secara teoritis senyawa polar mempunyai perbedaan elektronegativitas besar ($\geq 0,5$). Senyawa yang tidak dapat membentuk kutub positif dan negatif disebut **senyawa nonpolar**, mempunyai perbedaan elektronegativitas kecil ($< 0,5$). Kutub positif dan negatif dalam senyawa disebut dengan **dipol**.



$$\text{Perbedaan elektronegativitas} = 3 - 2,1 = 0,9$$

Perbedaan elektronegativitas 0,9 lebih besar dari 0,5 sehingga HCl senyawa polar. Pergeseran elektron ikatan dinyatakan dengan tanda panah atau menggunakan simbol δ^+ dan δ^- , yang menyatakan muatan elektrostatik yang terpisah antara 2 atom (terbentuk kutub).

Tabel 2.5 Jenis Ikatan pada Molekul Biatom

No.	Perbedaan Elektronegativitas	Jenis Ikatan	Contoh
1.	0,0 s/d 0,4	Kovalen nonpolar	H-H (0,0)
2.	0,5 s/d 1,0	Kovalen polar	H-Cl (0,9)
3.	1,0 s/d 2,0	Kovalen sangat polar	H-F (1,9)
4.	≥ 2	Ion	NaCl (2,1)

Molekul-molekul biatom yang termasuk senyawa polar (perbedaan elektronegativitas besar) di antaranya: HF, HCl, HBr, ICl, IF, dan ClF.

Molekul-molekul biatom yang termasuk senyawa nonpolar (perbedaan elektronegativitas kecil atau nol) sebagian besar adalah molekul yang dibentuk dari 2 atom yang sama, di antaranya: H_2 , O_2 , N_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , dan I_2 .

2. Molekul Poliatom

Polaritas molekul poliatom (lebih dari 2 atom) ditentukan oleh **momen dipol (μ)** dari molekul tersebut. Momen dipol adalah hasil kali dari pemisahan muatan dengan jarak antarkutub.

$$m = \delta \times r$$

Keterangan:

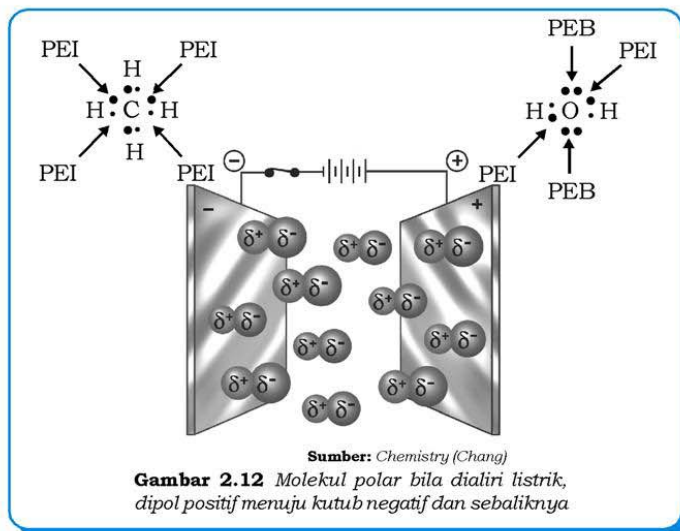
δ = kelebihan muatan pada masing-masing atom

r = jarak antara kedua inti atom

Dalam satuan SI, m dinyatakan dalam Coulomb meter, sedangkan satuan yang biasa digunakan adalah Debye (D).

$$1D = 3,336 \times 10^{-30} \text{ Coulomb meter}$$

Senyawa polar adalah senyawa yang mempunyai momen dipol lebih dari nol, sedangkan senyawa nonpolar momen dipolnya sama dengan nol. Selain dilihat dari momen dipol, kepolaran suatu senyawa dapat dilihat dari **bentuk molekul**. Bentuk molekul simetris merupakan senyawa nonpolar, sedangkan bila bentuk molekul asimetris merupakan senyawa polar. Senyawa nonpolar dengan bentuk molekul simetris, atom pusatnya tidak mempunyai pasangan elektron bebas (PEB), seperti: CH_4 , CCl_4 , BH_3 , PCl_5 , CO_2 , dan CS_2 . Senyawa polar asimetris, atom pusatnya terdapat pasangan elektron bebas (PEB), antara lain: H_2O , NH_3 , PCl_3 , dan OF_2 . Untuk lebih jelasnya, perhatikan struktur CH_4 dan H_2O berikut!



Sifat-sifat umum senyawa kovalen, antara lain:

1. Kovalen polar mampu menghantarkan listrik.
2. Kovalen nonpolar tidak dapat menghantarkan listrik.
3. Mudah larut dalam senyawa nonpolar.

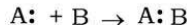
Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 2.4

1. Apa yang dimaksud dengan senyawa polar?
2. Tentukan mana yang termasuk polar dan nonpolar senyawa-senyawa di bawah ini jika diketahui elektronegativitas H = 2,1 ; F = 4 ; C = 2,5 ; O = 3,5 ; N = 3!
 - a. H_2
 - b. CO_2
 - c. H_2O
 - d. CH_4
 - e. NH_3
 - f. HF

E. Ikatan Kovalen Koordinasi

Ikatan ini terjadi antara 2 atom unsur dengan pemakaian **pasangan elektron yang berasal dari salah satu atom/molekul**.

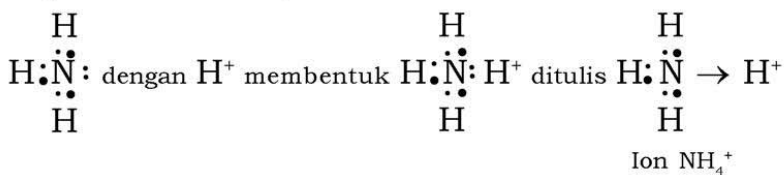


Pasangan elektron hanya berasal dari 1 atom, yaitu atom A.

Contoh:

Pembentukan ion NH_4^+

NH_4^+ dibentuk dari NH_3 dengan H^+



Ikatan kovalen koordinasi dilambangkan dengan tanda panah (\rightarrow), pasangan elektron hanya berasal dari satu atom yaitu atom N, sedangkan H tidak memberikan elektron.

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk menumbuhkan **rasa ingin tahu**, mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

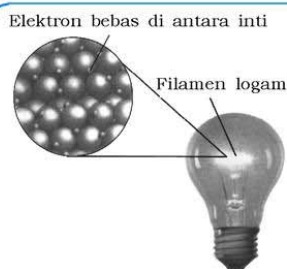
Tugas 2.5

1. Apa yang dimaksud dengan ikatan kovalen koordinasi? Apa bedanya dengan ikatan kovalen?
2. Gambarkan struktur Lewis $\text{NH}_3 - \text{BH}_3$! Tunjukkan ikatan kovalen koordinasinya!

F. Ikatan Logam

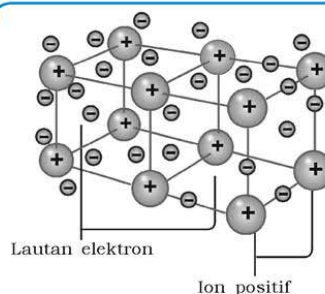
Perhatikan benda-benda di sekitar kalian! Sebagian besar benda-benda di sekitar kita terbuat dari logam. Logam mempunyai beberapa sifat umum seperti menghantarkan listrik dan panas, titik leleh dan titik didih yang tinggi, dapat ditempa, dibengkokkan, dan dapat membentuk paduan dengan logam yang lain. Ikatan apakah yang terdapat pada atom-atom di dalam logam, sehingga mempunyai sifat-sifat seperti itu?

Ikatan ion pada atom-atom logam tidak pernah dijumpai karena tidak mungkin terjadi serah terima elektron pada atom-atom sejenis. Ikatan kovalen juga tidak mungkin terbentuk, karena elektron valensi dari logam adalah 1, 2, 3, atau 4, sedangkan dalam logam sebuah atom dikelilingi oleh 8 atau 12 atom yang lain, sehingga tidak mungkin dengan ikatan kovalen 1 atom mengikat 8 atau 12 atom yang lain.



Sumber: Chemistry of matter

Gambar 2.13 Logam yang digunakan dalam bola lampu listrik



Sumber: Chemistry of matter

Gambar 2.14 Ikatan logam menurut teori awan elektron

Salah satu teori yang dapat menjelaskan ikatan logam adalah **teori awan elektron atau lautan elektron** yang ditemukan oleh *Drude* dan *Lorentz*. Menurut teori ini, setiap atom logam melepaskan elektron valensinya, sehingga terbentuk awan elektron atau lautan elektron yang mengelilingi ion positif pada atom yang tidak berpindah tempat. Elektron valensi yang dilepas tidak terikat oleh ion-ion logam tetapi dapat bergerak bebas terdelokasi pada semua ion logam.

Menurut teori ini, logam terdiri dari kumpulan ion logam bermuatan positif di dalam lautan elektron yang mudah bergerak bebas. Jadi **ikatan logam terdapat antara ion positif dan elektron yang mudah bergerak**.

Rangkuman

1. Ikatan ion terjadi antara ion positif dengan ion negatif, umumnya terdapat pada unsur logam dan nonlogam.
2. Ikatan kovalen terjadi karena pemakaian elektron secara bersama, umumnya terdapat pada unsur nonlogam dengan nonlogam.
3. Ikatan kovalen terdiri atas ikatan kovalen polar, ikatan kovalen nonpolar, dan ikatan kovalen koordinasi.
4. Ikatan kovalen koordinasi terjadi bila pasangan elektron berasal dari satu atom saja.
5. Ikatan logam terdapat antara ion positif dan elektron yang mudah bergerak.

Uji Kompetensi

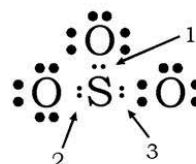
Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Atom unsur X mempunyai struktur Lewis
Atom unsur tersebut adalah
- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| A. ${}_{11}\text{Na}$ | D. ${}_{14}\text{Si}$ |
| B. ${}_{12}\text{Mg}$ | E. ${}_{15}\text{P}$ |
| C. ${}_{13}\text{Al}$ | |



2. Kalsium dengan nomor atom 20 akan stabil dengan konfigurasi oktet membentuk ion Ca^{2+} , konfigurasi elektron Ca^{2+} sama dengan konfigurasi
- A. ${}_{17}\text{Cl}$ D. ${}_{21}\text{Se}$
 B. ${}_{18}\text{Ar}$ E. ${}_{22}\text{Ti}$
 C. ${}_{19}\text{K}$
3. Diketahui konfigurasi elektron atom unsur:
- P : 2 8 8 1
 Q : 2 8 6
- Senyawa ion yang terbentuk antara P dan Q adalah
- A. PQ D. P_6Q
 B. PQ_2 E. PQ_6
 C. P_2Q
4. Nomor atom K = 3, L = 4, N = 7, dan O = 8, pasangan atom unsur yang dapat membentuk ikatan kovalen
- A. K dan L D. L dan O
 B. K dan N E. N dan O
 C. K dan O
5. Senyawa kovalen X_2 , mempunyai bentuk ikatan rangkap dua ($\text{X} = \text{X}$). Atom X mempunyai nomor atom
- A. 6 D. 9
 B. 7 E. 10
 C. 8
6. Perhatikan struktur Lewis molekul SO_3 pada gambar di samping! Ikatan kovalen koordinasi ditunjukkan nomor
- A. 1 D. 1 dan 2
 B. 2 E. 1 dan 3
 C. 3
7. Molekul senyawa di bawah ini yang memiliki ikatan kovalen koordinasi adalah
- A. NH_3 D. C_2H_5
 B. H_2O E. H_2SO_4
 C. CH_3COOH
8. Data elektronegativitas unsur A = 1; B = 1,3; C = 1,4; D = 1,6. Molekul yang bersifat polar adalah molekul
- A. AB D. BC
 B. AC E. BD
 C. AD



9. Logam mempunyai sifat keras, dapat ditempa, penghantar listrik yang baik, dan titik didih tinggi. Sifat-sifat terjadi karena terdapat ikatan
 - A. kovalen
 - B. ion
 - C. logam
 - D. kovalen dan logam
 - E. ion dan logam
10. Atom hidrogen dapat membentuk senyawa dengan unsur lain membentuk ikatan kovalen maupun ikatan ion. Senyawa hidrogen dengan ikatan ion adalah
 - A. CH_4
 - B. H_2O
 - C. NH_3
 - D. HCl
 - E. NaH

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

1. Tuliskan struktur Lewis senyawa ion berikut ini: (nomor atom pada tabel periodik)
 - a. CaO
 - b. Kalium bromida
 - c. BaCl_2
2. Tuliskan struktur Lewis senyawa kovalen berikut ini: (nomor atom pada tabel periodik)
 - a. CH_3OH
 - b. CH_2O
 - c. COF_2
 - d. PCl_3
 - e. C_2H_4
 - f. CH_3NH_2
3. Urutkanlah senyawa di bawah ini dari kepolaran yang tinggi ke kepolaran yang rendah, tanpa melihat data elektronegativitas unsur tersebut!
 - a. ClF
 - b. F_2
 - c. BrF
 - d. HF
 - e. IF
4. Atom A, B, C, D, E, F, G, H, dan I berturut-turut mempunyai nomor atom 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, dan 17. Tentukan:
 - a. Konfigurasi elektron dan letak dalam tabel periodik modern.
 - b. Senyawa-senyawa dari unsur-unsur tersebut yang mungkin terjadi, jenis ikatan, dan gambarkan juga struktur Lewisnya.
 - c. Sifat-sifat senyawa tersebut berdasarkan ikatan yang terjadi.
5. Jelaskan mengapa pada umumnya logam merupakan penghantar listrik yang baik!

Bab III

Tata Nama Senyawa dan Persamaan Reaksi

Sumber gambar: Jendela Iptek 4

Tujuan Pembelajaran:

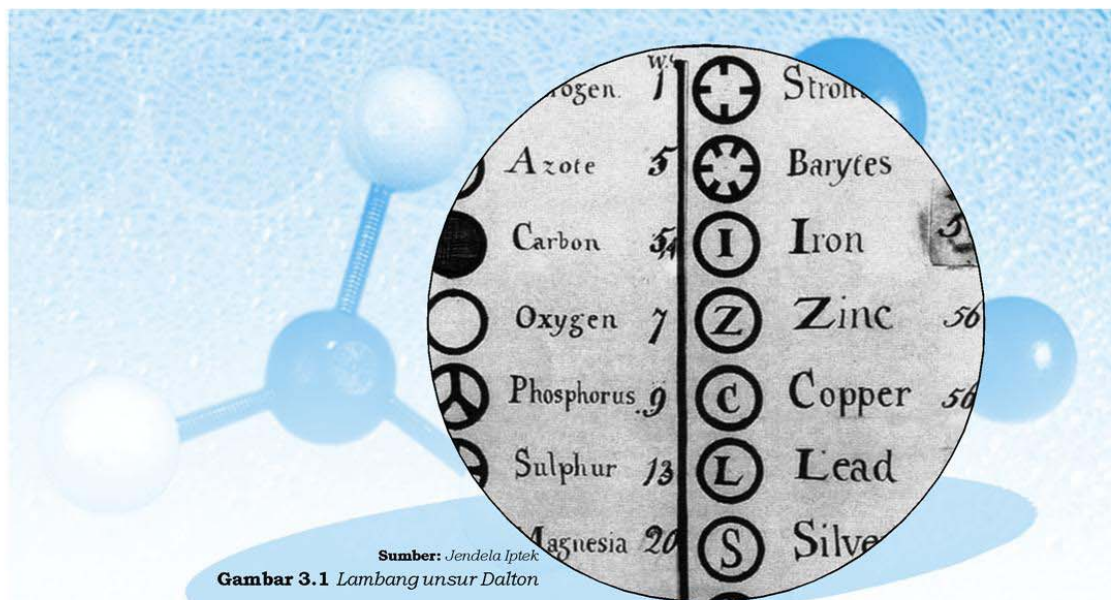
Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat memberi tata nama senyawa biner dan poliatomik anorganik dan organik sederhana serta persamaan reaksinya.

Untuk mempermudah mempelajari bab ini, perhatikan **peta konsep** berikut!



Dalam bab ini, kalian akan menemukan beberapa **kata kunci**, antara lain:

1. Senyawa biner
2. Asam
3. Basa
4. Garam
5. Pereaksi
6. Produk reaksi



Gambar 3.1 Lambang unsur Dalton

Segala sesuatu di sekitar kita pasti mempunyai nama, baik itu benda mati atau benda hidup, baik yang sangat besar ataupun yang sangat kecil. Lihatlah semua benda di sekitar kita! Adakah benda yang tidak mempunyai nama? Kalau ada benda yang tidak bernama, benda tersebut merupakan sesuatu yang baru pertama kali ditemukan. Begitu juga dengan senyawa-senyawa kimia, masing-masing senyawa memiliki nama-nama tersendiri, kalau ada senyawa baru maka akan diberi nama dengan aturan tertentu. Lambang unsur Dalton merupakan salah satu contoh pemberian nama unsur-unsur di alam.

A. Tata Nama Senyawa

Tata nama senyawa merupakan aturan pemberian nama senyawa. Seperti halnya manusia, tumbuhan, dan hewan yang mempunyai nama, senyawa juga diberi nama untuk mempermudah mempelajarinya. Penamaan senyawa pertama kali berdasarkan beberapa hal, seperti nama penemunya, nama tempat, atau sifat tertentu dari senyawa yang bersangkutan, contoh:

1. Na_2SO_4 , diberi nama "garam glauber" karena penemunya J.R. Glauber.
2. Na_2CO_3 , diberi nama "soda pencuci" karena berfungsi untuk mencuci air dari ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} penyebab kesadahan air.

Penamaan seperti itu sudah jarang digunakan, karena terlalu sulit untuk menghafalkan jutaan senyawa dengan setiap nama berdiri sendiri tanpa hubungan antara yang satu dengan yang lainnya.

Sistem tata nama senyawa yang sekarang ini digunakan berdasarkan rumus kimia yang menunjukkan komposisi unsur-unsur penyusun senyawa tersebut. Berikut ini aturan tata nama senyawa yang terdiri dari dua atau tiga jenis unsur, sedangkan untuk senyawa kompleks akan dibahas di tingkat selanjutnya.

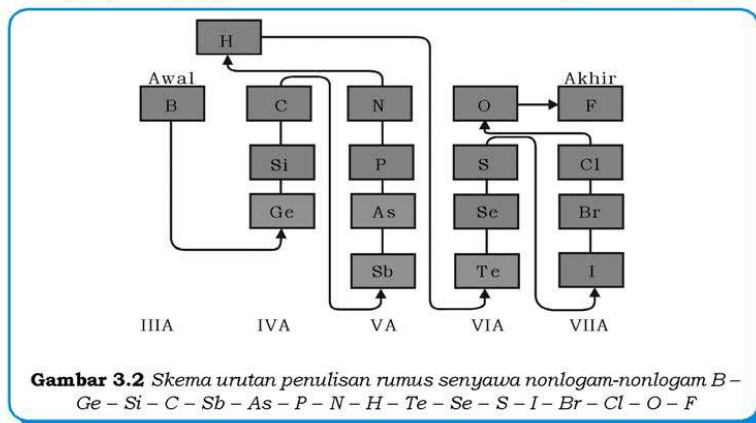
1. Penamaan Senyawa Biner dari Nonlogam-nonlogam

Contoh-contoh senyawa biner adalah CO_2 , H_2O , NH_3 , HCl , dan BF_3 . Perhatikan contoh-contoh senyawa biner tersebut, apakah yang kalian simpulkan tentang senyawa biner berdasarkan contoh di atas?

Senyawa biner merupakan senyawa yang terdiri dari 2 (*bi*) jenis unsur, misalnya saja CO_2 terdiri atas unsur C dan O, SO_3 terbentuk dari unsur S dan O.

a. Penulisan Rumus Senyawa Nonlogam-nonlogam

- 1) Unsur yang elektronegativitasnya lebih kecil (bilangan oksidasi positif) ditulis di depan, unsur yang elektronegativitasnya lebih besar (bilangan oksidasi negatif) di belakang.
Contoh: air ditulis H_2O bukan OH_2 , karena elektronegativitas H (2,1) < O (3,5) sehingga H diletakkan di depan. Contoh lain: CO , CO_2 , dan CCl_4 .
- 2) Khusus untuk senyawa yang terdiri antara C dan H, penulisannya C di depan dan H di belakang meskipun elektronegativitas H (2,1) < C (2,5). Contoh: metana ditulis CH_4 bukan H_4C . Untuk senyawa yang terdiri dari N dan H, penulisannya N di depan dan H di belakang, meskipun elektronegativitas H (2,1) < N (3,0). Contoh: amonia ditulis NH_3 bukan H_3N .



Contoh soal 3.1:

Tuliskan rumus senyawa yang terdiri 6 oksigen dan 4 fosfor!

Penyelesaian:

Urutan pada skema, P lebih dulu daripada O, sehingga rumus senyawa P_4O_6

b. Nama Senyawa Nonlogam-nonlogam

- 1) Senyawa biner nonlogam-nonlogam diberi dengan aturan: nama unsur pertama disebutkan, diikuti nama unsur kedua dengan akhiran **ida**.
- 2) Jumlah unsur disebutkan dalam bahasa Yunani:
1 = mono 6 = heksa
2 = di 7 = hepta
3 = tri 8 = okta
4 = tetra 9 = nona
5 = penta 10 = deka
- 3) Unsur pertama tidak perlu disebutkan mono bila unsurnya hanya satu.

Contoh:

N_2O : dinitrogen monoksida

NO : nitrogen monoksida (bukan mononitrogen monoksida)

NO_2 : nitrogen dioksida (bukan mononitrogen dioksida)

N_2O_5 : dinitrogen pentaoksida

- 4) Untuk senyawa yang terdapat unsur hidrogen (H), jumlah unsur baik unsur pertama dan kedua tidak perlu disebutkan dengan awalan Yunani.

Contoh:

HCl : hidrogen klorida (bukan hidrogen monoklorida)

HF : hidrogen fluorida (bukan hidrogen monofluorida)

H_2S : hidrogen sulfida (bukan hidrogen monosulfida)

c. Senyawa-senyawa yang Umum Dikenal Tidak Perlu Mengikuti Aturan-aturan Tersebut

Contoh:

H_2O : air (bukan hidrogen oksida)

NH_3 : amonia (bukan nitrogen trihidrida)

CH_4 : metana (bukan karbon tetrahidrida)

Info Kimia

Di luar negeri terdapat gas tertawa (*laughing gas*), yaitu gas yang dapat menyebabkan orang tertawa bila menghirupnya. *Laughing gas* mempunyai rumus kimia N_2O . Coba kalian beri nama N_2O !

Dalam jumlah yang kecil N_2O dapat membuat orang menjadi relaks, sehingga di luar negeri gas ini digunakan oleh dokter gigi untuk membuat pasiennya santai dan tenang (relaks) saat mengobati gigi pasiennya. Di Indonesia gas ini belum banyak digunakan oleh dokter gigi. Kembangkanlah **inovasi** gas ini di masa depan!

2. Penamaan Rumus Biner dari Logam-nonlogam

a. Penulisan Rumus Senyawa Logam-nonlogam

Unsur logam ditulis di depan dan nonlogam di belakang. Contoh: besi klorida ditulis FeCl_3 , bukan Cl_3Fe , karena Fe logam ditulis di depan dan Cl nonlogam ditulis di belakang.

b. Nama Senyawa Logam-nonlogam

- 1) Nama unsur logam (di depan) disebutkan, diikuti nama unsur nonlogam ditambah akhiran **ida**. Berbeda dengan senyawa non logam-nonlogam, untuk senyawa logam-nonlogam jumlah unsur tidak perlu disebutkan dengan awalan Yunani.

Contoh:

KBr : kalium bromida (bukan kalium monobromida)

MgBr_2 : magnesium bromida (bukan magnesium dibromida)

- 2) Logam yang mempunyai bilangan oksidasi lebih dari satu, bilangan oksidasinya ditulis dalam kurung dengan angka Romawi.

Contoh:

Cu_2O : tembaga(I) oksida

CuO : tembaga(II) oksida

FeCl_2 : besi(II) klorida

FeCl_3 : besi(III) klorida

Unsur yang mempunyai bilangan oksidasi lebih dari satu di antaranya: Fe, Sn, Hg, Au, Pb, dan Cu. Bilangan oksidasi (biloks) adalah nilai muatan (dapat berharga positif atau negatif) dari atom dalam pembentukan suatu molekul atau ion. Adapun aturan penetapan biloks dibicarakan lebih lanjut pada bab reaksi redoks.

3. Penamaan Asam, Basa, dan Garam

Asam dan basa merupakan senyawa yang mempunyai sifat berlawanan. Apabila keduanya bereaksi akan saling menetralkan, asam akan menetralkan sifat basa dan basa akan menetralkan sifat asam. Reaksi asam dan basa menghasilkan garam dan air.

a. Penamaan Asam

Asam adalah suatu senyawa bila di dalam air menghasilkan H^+ dan mempunyai rasa asam, misalnya asam asetat (Gambar 3.3). Aturan penamaan



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer 4
Gambar 3.3 Asam asetat

asam dengan menyebut atom H (ion positif) dengan asam dan dirangkai dengan menyebutkan nama ion negatifnya.

Contoh:

HCl : asam klorida

H₂SO₄ : asam sulfat

CH₃COOH : asam asetat

b. Penamaan Basa

Basa adalah suatu senyawa bila dalam air menghasilkan OH, mempunyai rasa pahit, dan terasa licin di kulit seperti sabun, misalnya amonia (Gambar 3.4). Aturan penamaan basa dengan menyebutkan nama ion positifnya diikuti kata **hidroksida** untuk menyebut OH.

Contoh:

NaOH : natrium hidroksida

Mg(OH)₂ : magnesium hidroksida

Al(OH)₃ : aluminium hidroksida



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer 4
Gambar 3.4 Amonia merupakan contoh senyawa basa

Tabel 3.1 Nama-nama Kation

No.	Lambang Ion	Nama Ion	No.	Lambang Ion	Nama Ion
1.	Na ⁺	Natrium	13.	Sn ²⁺	Timah(II)
2.	K ⁺	Kalium	14.	Sn ⁴⁺	Timah(IV)
3.	Mg ²⁺	Magnesium	15.	Pb ²⁺	Timbal(II)
4.	Ca ²⁺	Kalsium	16.	Pb ⁴⁺	Timbal(IV)
5.	Sr ²⁺	Stronsium	17.	Fe ²⁺	Besi(II)
6.	Ba ²⁺	Barium	18.	Fe ³⁺	Besi(III)
7.	Al ³⁺	Aluminium	19.	Hg ⁺	Raksa(I)
8.	Zn ²⁺	Seng	20.	Hg ²⁺	Raksa(II)
9.	Ni ²⁺	Nikel	21.	Cu ⁺	Tembaga(I)
10.	Ag ⁺	Perak	22.	Cu ²⁺	Tembaga(II)
11.	NH ₄ ⁺	Amonium	23.	Au ⁺	Emas(I)
12.	Pt ⁺	Platina(IV)	24.	Au ³⁺	Emas(III)

Tabel 3.2 Nama-nama Anion

No.	Lambang Ion	Nama Ion	No.	Lambang Ion	Nama Ion
1.	F^-	Fluorida	13.	SO_3^{2-}	Sulfit
2.	Cl^-	Klorida	14.	SO_4^{2-}	Sulfat
3.	Br^-	Bromida	15.	PO_3^{3-}	Fosfit
4.	I^-	Iodida	16.	PO_4^{3-}	Fosfat
5.	S^{2-}	Sulfida	17.	AsO_3^{3-}	Arsenit
6.	OH^-	Hidroksida	18.	AsO_4^{3-}	Arsenat
7.	CN^-	Sianida	19.	MnO_4^-	Permanganat
8.	CO_3^{2-}	Karbonat	20.	MnO_4^{2-}	Manganat
9.	$C_2O_4^{2-}$	Oksalat	21.	CrO_4^{2-}	Kromat
10.	CH_3COO^-	Asetat	22.	$Cr_2O_7^{2-}$	Dikromat
11.	NO_2^-	Nitrit	23.	SbO_3^{3-}	Antimonit
12.	NO_3^-	Nitrat	24.	SbO_4^{3-}	Antimonat

Unsur yang dapat membentuk 4 anion dengan atom O (golongan VIIA) antara lain:

ClO^- : hipoklorit	BrO_3^- : bromat
ClO_2^- : klorit	BrO_4^- : perbromat
ClO_3^- : klorat	IO^- : hipiodit
ClO_4^- : perklorat	IO_2^- : iodit
BrO^- : hipobromit	IO_3^- : iodat
BrO_2^- : bromit	IO_4^- : periodat

c. Penamaan Garam

Garam merupakan senyawa hasil reaksi antara asam dengan basa, misalnya garam $CuSO_4$ (Gambar 3.5). Garam terdiri dari kation dari basa dan anion dari asam.

Penamaan garam dengan menyebutkan nama kation, diikuti nama anionnya. Khusus kation yang mempunyai bilangan oksidasi lebih dari satu, bilangan oksidasi ditulis dalam kurung dengan angka Romawi.

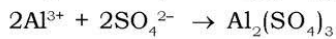
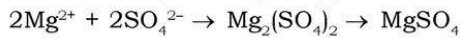
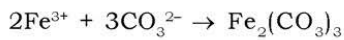


Tabel 3.3 Beberapa Nama Garam

Kation	Nama Kation	Anion	Nama Anion	Rumus Garam	Nama Garam
Na ⁺	Natrium	Cl ⁻	Klorida	NaCl	Natrium klorida
Mg ²⁺	Magnesium	SO ₄ ²⁻	Sulfat	MgSO ₄	Magnesium sulfat
Fe ²⁺	Besi(II)	NO ₃ ⁻	Nitrat	Fe(NO ₃) ₂	Besi(II) nitrat
Fe ³⁺	Besi(III)	CO ₃ ²⁻	Karbonat	Fe ₂ (CO ₃) ₃	Besi(III) karbonat

Penulisan rumus kimia garam adalah muatan kation digunakan untuk indeks anion, sedangkan muatan anion digunakan untuk indeks kation (**angka indeks** adalah angka kecil menjorok ke bawah di belakang kation atau anion).

Contoh:



Kerjakan tugas berikut untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Info Kimia

Tahukah kalian senyawa asam, basa, dan garam banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari? Asam sulfat digunakan untuk larutan aki pada kendaraan bermotor. Asam nitrat digunakan untuk pembuatan pupuk. Senyawa basa seperti natrium hidroksida dan kalium hidroksida untuk membuat sabun. Magnesium hidroksida untuk obat maag. Garam inggris (MgSO₄) sebagai obat pencahar. Carilah senyawa asam, basa, dan garam lainnya yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari beserta manfaatnya!

Tugas 3.1

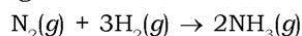
- Tuliskan nama senyawa berikut ini!
 - NaBr, KOH, CaCl₂
 - CS₂, CBr₄, P₂O₅
 - FeCl₃, FeCl₂, FeS, CuS, Al₂(SO₄)₃
- Tuliskan rumus senyawa berikut ini!
 - Amonia
 - Metana
 - Dinitrogen pentaoksida
 - Kalium klorida
 - Magnesium klorida
 - Asam sulfat
 - Besi(III) nitrat
 - Besi(III) sulfat
- Buatlah rumus senyawa di bawah ini!
 - Na⁺ dengan CO₃²⁻
 - Al³⁺ dengan C₂O₄²⁻
 - Mg²⁺ dengan PO₄³⁻

B. Persamaan Reaksi Kimia

Persamaan reaksi kimia merupakan persamaan yang menunjukkan rumus kimia zat-zat yang bereaksi dan hasil reaksi, disertai koefisien dan wujud zat. Zat-zat yang bereaksi disebut **pereaksi atau reaktan**, sedangkan zat-zat yang dihasilkan disebut **hasil reaksi atau produk**. Sebagai contoh, logam natrium dan air bereaksi menghasilkan produk gas H_2 (Gambar 3.6). Pereaksi ditulis di sebelah kiri dan hasil reaksi ditulis di sebelah kanan dengan dihubungkan tanda panah (\rightarrow).

Contoh:

Reaksi antara gas hidrogen dengan gas nitrogen membentuk amonia.



Bagian-bagian dari persamaan reaksi adalah:

1. Rumus Kimia

Rumus kimia yaitu rumus kimia pereaksi dan hasil reaksi. Dalam persamaan reaksi di atas pereaksinya N_2 dan H_2 , sedangkan hasil reaksinya NH_3 .

2. Wujud Zat

Wujud zat yaitu huruf di dalam kurung yang menyatakan keadaan atau wujud zat saat bereaksi. Ada 4 macam wujud zat:

- g , artinya *gas*, zat berwujud gas.
- l , artinya *liquid*, wujud zat cair.
- s , artinya *solid*, wujud zat padat.
- aq , artinya *aqueous solution* (baca: akues), menunjukkan wujud zat yang terlarut dalam air.

3. Koefisien Reaksi

Koefisien reaksi yaitu angka di depan unsur, molekul, senyawa ataupun ion yang berfungsi menyetarakan atom-atom sebelum dan sesudah reaksi.



Sumber: Jendela Iptek 7

Gambar 3.6 Logam natrium dengan air bereaksi hebat

4. Angka Indeks

Angka indeks yaitu angka kecil yang menjorok ke bawah di belakang atom atau ion. Angka ini berfungsi menunjukkan jumlah atom atau ion dalam suatu molekul atau senyawa.

Contoh:

Dalam $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, angka indeks Al = 2 dan $\text{SO}_4 = 3$

Dalam NH_3 , angka indeks N = 1, dan H = 3

5. Tanda Panah

Tanda panah, menunjukkan arah reaksi dan dapat dibaca dengan “membentuk” atau “bereaksi”.

Dalam persamaan reaksi kimia berlaku Hukum Kekekalan Massa atau Hukum Lavoisier yang menyatakan “massa sebelum dan sesudah reaksi adalah sama”. Massa suatu zat berbanding lurus dengan jumlah atomnya, sehingga dapat diartikan jumlah atom sebelum bereaksi sama dengan jumlah atom hasil reaksi.

Hukum Kekekalan Massa

Massa pereaksi = massa hasil reaksi

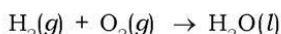


Jumlah atom pereaksi = jumlah atom hasil reaksi

Persamaan reaksi agar memenuhi Hukum Kekekalan Massa, jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi harus sama, untuk menyamakan jumlah atom digunakan koefisien reaksi. Persamaan reaksi yang jumlah atom-atomnya sudah sama disebut **persamaan reaksi setara**.

Contoh: Gas hidrogen bereaksi dengan oksigen membentuk air.

Persamaan reaksi belum setara:



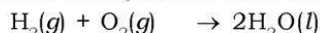
Jumlah atom H = 2 → 2 (sudah sama)

Jumlah atom O = 2 → 1 (belum sama)

Persamaan di atas jumlah atom sebelah kiri tanda panah dengan sebelah kanan tanda panah terdapat atom yang jumlahnya belum sama, sehingga persamaan tersebut perlu disetarakan.

Persamaan reaksi setara:

Untuk menyetarakan persamaan reaksi digunakan koefisien reaksi, yaitu angka di depan yang menunjukkan jumlah molekul suatu senyawa atau jumlah atom suatu unsur.



Jumlah atom H = 4 → 4 (sudah sama)

Jumlah atom O = 2 → 2 (sudah sama)

Menyetarakan Reaksi Kimia

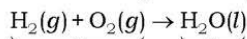
Menyetarakan persamaan reaksi ada 2 cara, yaitu cara langsung dan tidak langsung.

1. Cara Langsung

Cara langsung artinya melihat persamaan reaksi kemudian jumlah atomnya langsung disamakan secara coba-coba. Cara ini disebut juga dengan cara menebak. Biasanya digunakan untuk persamaan reaksi yang sederhana, tetapi kalau sudah terbiasa persamaan reaksi yang kompleks pun dapat diselesaikannya.

Contoh:

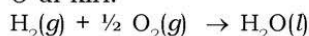
Reaksi antara gas hidrogen dan oksigen menghasilkan air.



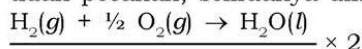
Atom H = 2 atom H = 2 (sudah sama)

Atom O = 2 atom O = 1 (belum sama)

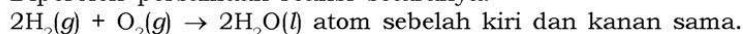
- a. Atom H sebelah kiri dan kanan tanda panah sudah sama.
- b. Atom O di kiri ada 2 sedangkan di kanan 1, atom O sebelah kiri dan kanan harus dibuat sama dengan mengalikan $\frac{1}{2}$ atom O di kiri.



- c. Sekarang atom O di kiri dan kanan sudah sama, agar koefisien tidak pecahan, semuanya dikalikan 2:



Diperoleh persamaan reaksi setaranya:



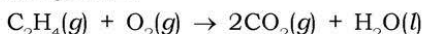
Contoh soal 3.2:

Setarakan reaksi pembakaran gas etena (C_2H_4) dengan oksigen yang menghasilkan gas karbon dioksida dan air!

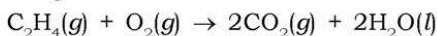


Penyelesaian:

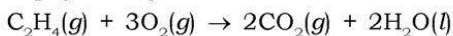
- a. Atom C di kiri 2, di kanan 1, maka yang kanan dikali 2 supaya menjadi 2.



- b. Atom H di kiri 4, di kanan 2, maka yang kanan dikali 2 supaya menjadi 4.



- c. Sekarang atom O di kiri 2, di kanan 6, maka yang kiri dikali 3 supaya menjadi 6.



- d. Periksa jumlah atom di kiri dan kanan tanda panah! Apakah sudah sama?

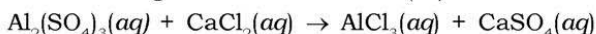
Tips: Setarakan atom O dan H paling akhir

2. Cara Tidak Langsung

Cara tidak langsung adalah cara menyetarakan persamaan reaksi kimia dengan menggunakan persamaan matematika, disebut juga dengan cara “pemisalan”.

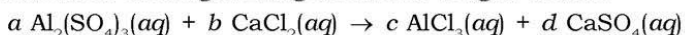
Contoh soal 3.3:

Setarakan reaksi antara aluminium(III) sulfat dengan kalsium klorida menghasilkan aluminium(III) klorida dan kalsium sulfat!



Penyelesaian:

- a. Misalkan masing-masing koefisien dengan huruf.



mengubah jumlah atom menjadi persamaan matematika:

	Kiri	Kanan	
Jumlah atom Al	$2a$	$1c$	pers.1
Jumlah atom S	$3a$	$1d$	pers.2
Jumlah atom O	$12a$	$4d$	pers.3
Jumlah atom Ca	$1b$	$1d$	pers.4
Jumlah atom Cl	$2b$	$3c$	pers.5

- b. Misalkan salah satu koefisien huruf dengan angka 1, yang dimisalkan merupakan senyawa yang paling kompleks. Jika dengan angka 1 reaksi tidak dapat disetarakan, maka gunakan angka selanjutnya: 2, 3, 4, dan seterusnya. Pada reaksi di atas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ merupakan senyawa paling kompleks, sehingga koefisiennya dimisalkan 1. Misalkan $a = 1$
- c. Menghitung harga b , c , dan d dengan persamaan matematika:
- Pers.1 $2a = c$ (mencari harga c)
 $2 \times 1 = c$
 $c = 2$
- Pers.2 $3a = 1d$ (mencari harga d)
 $3 \times 1 = d$
 $d = 3$
- Pers.4 $1b = 1d$ (mencari harga b)
 $b = 3$
- Pers.3 tidak digunakan karena harga a , b , c , dan d sudah ditemukan. Diperoleh harga $a = 1$; $b = 3$; $c = 2$; $d = 3$
- d. Memasukkan harga a , b , c , dan d yang diperoleh dalam persamaan reaksi.
- $$a \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(aq) + b \text{CaCl}_2(aq) \rightarrow c \text{AlCl}_3(aq) + d \text{CaSO}_4(aq)$$
- $$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(aq) + 3\text{CaCl}_2(aq) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(aq) + 3\text{CaSO}_4(aq)$$
- Periksalah jumlah atom reaksi tersebut, sudah sama atau belum! Coba kalian setarakan reaksi tersebut dengan cara langsung! Bandingkan hasilnya? Mana yang **lebih mudah** dan **lebih cepat** menurut kalian?

Tugas 3.2

- Persamaan reaksi di bawah ini belum setara. Setarakan persamaan reaksi tersebut!
 - $\text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{MgO}(s)$
 - $\text{Fe}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(s)$
 - $\text{CH}_4(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
 - $\text{C}_4\text{H}_{10}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
 - $\text{Al}(s) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(aq) + \text{H}_2(g)$
 - $\text{HCl}(aq) + \text{NaOH}(aq) \rightarrow \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$

2. Tuliskan persamaan reaksi dan setarakan!
- Logam Na bereaksi dengan larutan HNO_3 membentuk larutan NaNO_3 dan gas H_2 .
 - Larutan CH_3COOH dengan larutan $\text{Ba}(\text{OH})_2$ menghasilkan larutan $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ dan air.
 - Gas nitrogen dengan gas hidrogen membentuk gas amonia.
 - Difosforus pentaoksida yang berbentuk padat bereaksi dengan larutan kalium hidroksida menghasilkan larutan kalium fosfat dan air.
 - Larutan perak nitrat dengan gas hidrogen sulfida membentuk endapan perak sulfida dengan larutan asam nitrat.

Kompetensi Iman

Sakit yang Kita Alami

Banyak sekali reaksi kimia terjadi di sekitar kita, dimanakah reaksi kimia yang paling penting dan bermanfaat di sekitar kita? Kalian tidak usah berpikir terlalu jauh untuk menjawab pertanyaan itu, lihatlah dalam tubuh kalian sendiri!

Di dalam tubuh manusia terjadi reaksi kimia secara spontan, maksudnya reaksi kimia terjadi secara sendiri tanpa kita atur. Reaksi kimia ini terjadi pada proses pencernaan makanan, pernapasan, metabolisme tubuh, dan bahkan untuk menanggulangi penyakit pun tubuh kita mampu membentuk antibodi dengan reaksi kimia. Jika terdapat reaksi kimia yang berjalan dengan tidak benar, maka kita akan merasakan sakit. Sakit sebenarnya merupakan perwujudan dari gangguan reaksi kimia pada tubuh kita.

Apakah bisa manusia mengatur proses kimia di dalam tubuhnya sendiri? Tentu tidak bisa, walaupun bisa membutuhkan biaya yang sangat mahal. Salah satu karunia Tuhan bahwa proses kimia di dalam tubuh kita berjalan dengan sendirinya, saat diberi kesehatan kita harus bisa bersyukur dan memanfaatkan kesehatan kita dengan sebaik-baiknya, karena reaksi kimia dalam tubuh kita suatu saat akan berjalan dengan tidak benar dan itulah yang disebut **sakit**.

Rangkuman

1. Senyawa biner nonlogam-nonlogam diberi nama dengan menyebutkan nama unsur pertama diikuti nama unsur kedua dengan akhiran ida. Jumlah unsur disebutkan dalam bahasa Yunani (mono, di, dan seterusnya).
2. Tata nama senyawa logam dan nonlogam adalah nama unsur logam (di depan) disebutkan, diikuti nama unsur nonlogam ditambah akhiran ida.
3. Aturan penamaan asam dengan menyebut atom H dengan asam dan dirangkai dengan menyebutkan nama ion negatifnya.
4. Aturan penamaan basa dengan menyebutkan nama ion positifnya diikuti kata hidroksida untuk menyebut OH.
5. Persamaan reaksi kimia merupakan persamaan yang menunjukkan rumus kimia zat-zat yang bereaksi dan hasil reaksi, disertai koefisien dan wujud zat.

Uji Kompetensi

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Tata nama senyawa yang sekarang ini digunakan, berdasarkan pada
A. nama penemunya D. rumus kimia senyawa
B. kegunaan senyawa E. tempat ditemukan
C. sifat senyawa
2. Nama yang benar dan umum dari senyawa NH_3 adalah
A. amonia D. nitrogen trihidrida
B. amonium E. mononitrogen trihidrida
C. trinitrogen monohidrida
3. Senyawa N_2O_4 mempunyai nama
A. dinitrogen tetraoksida D. nitrogen oksida
B. nitrogen tetraoksida E. nitrogen oksigen
C. dinitrogen pentaoksida

4. Senyawa belerang trioksida mempunyai rumus kimia
 A. SO D. S_3O
 B. SO_2 E. S_2O_3
 C. SO_3
5. Senyawa kalsium oksida ditunjukkan oleh rumus kimia
 A. CaO_2 D. Ca_2O_2
 B. Ca_2O E. Ca_2O_3
 C. CaO
6. Magnesium dan gas nitrogen dapat membentuk Mg_3N_2 , yang mempunyai nama
 A. magnesium(III) nitrida
 B. magnesium(II) nitrida
 C. magnesium(II) nitrida(III)
 D. magnesium nitrida
 E. trimagnesium dinitrida
7. Logam X mempunyai bilangan oksidasi 3, dan Y merupakan unsur nonlogam golongan VIIA, maka rumus senyawa yang dapat dibentuk
 A. XY D. XXXXY
 B. X_3Y E. XY_3
 C. XYY
8. Natrium bromat, natrium bromit, natrium hipobromit, dan natrium perbromat berturut-turut rumus kimianya
 A. NaBrO_3 , NaBrO_2 , NaBrO , dan NaBrO_4
 B. NaBrO_4 , NaBrO_3 , NaBrO_2 , dan NaBrO
 C. NaBrO , NaBrO_2 , NaBrO_4 , dan NaBrO_3
 D. NaBrO_2 , NaBrO , NaBrO_3 , dan NaBrO_4
 E. NaBrO , NaBrO_2 , NaBrO_3 , dan NaBrO_4
9. Rumus kimia aluminium karbonat adalah
 A. AlCO_3 D. $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$
 B. Al_2CO_3 E. $\text{Al}_3(\text{CO}_3)_2$
 C. $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_2$
10. Kation dan anion pembentuk senyawa adalah sebagai berikut: Fe^{2+} , Al^{3+} , Br^- , SO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} . Rumus kimia di bawah ini benar, **kecuali**
 A. FeSO_4 D. FePO_4
 B. $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_3$ E. Br_2SO_4
 C. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

11. Logam besi terbakar di udara dengan gas oksigen membentuk besi(III) oksida berbentuk padat. Pernyataan tersebut dapat ditulis dengan persamaan reaksi
- $\text{Fe(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$
 - $2\text{Fe(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$
 - $4\text{Fe(s)} + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$
 - $4\text{Fe(l)} + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{l})$
 - $3\text{Fe(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_2(\text{s})$
12. Reaksi kimia:
 $a \text{CaCO}_3(\text{s}) + b \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow c \text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + d \text{CO}_2(\text{g}) + e \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 Persamaan reaksi setara di atas mempunyai harga a , b , c , d , dan e
- 1, 1, 1, 1, dan 1
 - 1, 2, 1, 2, dan 1
 - 1, 1, 1, 2, dan 2
 - 2, 1, 2, 1, dan 1
 - 1, 2, 1, 1, dan 1
13. Berikut ini merupakan bagian-bagian dari persamaan reaksi kimia yang harus ada, **kecuali**
- koefisien reaksi
 - tanda panah
 - wujud zat
 - suhu reaksi
 - rumus kimia
14. Persamaan reaksi berikut yang belum setara adalah
- $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) + \frac{13}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{g}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - $2\text{Fe(s)} + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
 - $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) + 4\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow 2(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
15. Perhatikan persamaan reaksi berikut ini!
 $a \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) + b \text{KOH}(\text{aq}) + c \text{K}_2[\text{HgI}_4](\text{aq}) \rightarrow d \text{NH}_2\cdot\text{Hg}_2\text{I}_3(\text{s}) + e \text{KCl}(\text{aq}) + f \text{KI}(\text{aq}) + g \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 Harga a , b , c , d , e , f , dan g pada persamaan reaksi berturut-turut adalah
- 1, 2, 2, 1, 1, 5, dan 2
 - 1, 2, 1, 1, 1, 5, dan 2
 - 1, 2, 1, 2, 1, 5, dan 2
 - 1, 1, 2, 1, 1, 5, dan 2
 - 2, 2, 1, 1, 1, 5, dan 2

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

1. Jelaskan mengapa MgCl_2 disebut magnesium klorida bukan magnesium diklorida? Apakah SCl_2 juga disebut sulfur klorida?
2. Tentukan rumus kimia dan nama senyawa di bawah ini!
 - a. Belerang heksaklorida
 - b. Magnesium fosfat
 - c. Kromium(II) oksida
 - d. Cl_2O_7
 - e. CuI
 - f. $\text{Ca}(\text{ClO}_2)_2$
3. Tuliskan yang benar pasangan nama dan rumus kimia di bawah ini!
 - a. Amonium klorat: NH_4Cl
 - b. Kalium nitrat: KNO_2
 - c. Natrium sulfat: NaSO_4
 - d. Barium hidroksida: BaOH
 - e. Seng oksalat: ZnO
 - f. Tembaga(II) fosfat: Cu_2PO_4
4. Setarakan persamaan reaksi ini:
 - a. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - b. $\text{KMnO}_4(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{MnCl}_2(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - c. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{CrCl}_3(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
5. Tuliskan persamaan reaksi setara:
 - a. Penguraian kalium klorat padat dengan pemanasan menjadi kalium klorida padat dan gas oksigen.
 - b. Pembakaran cairan 2-butanol ($\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_3$) dengan gas oksigen membentuk karbon dioksida dan air.
 - c. Gas amonia dan gas oksigen membentuk nitrogen monoksida dan air.

Bab IV

Hukum Dasar Kimia dan Perhitungan Kimia

Sumber gambar: Jendela Iptek 7

Tujuan Pembelajaran:

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat membuktikan hukum-hukum dasar kimia melalui percobaan serta menerapkan konsep mol dalam menyelesaikan perhitungan kimia (stoikiometri).

Untuk mempermudah mempelajari bab ini, perhatikan **peta konsep** berikut!



Dalam bab ini, kalian akan menemukan beberapa **kata kunci**, antara lain:

1. Lavoisier
2. Proust
3. Gay Lussac
4. Dalton
5. Avogadro
6. Mol
7. Massa
8. Volume
9. Rumus empiris
10. Rumus molekul



Sumber: Jendela Iptek 7

Gambar 4.1 Reaksi kimia

Kayu dengan massa tertentu apabila dibakar, maka massanya menjadi jauh berkurang setelah menjadi abu. Mengapa massa kayu dapat berkurang? Besi yang mengalami korosi massanya menjadi bertambah, apa yang terjadi dengan besi? Pertanyaan tentang apa dan bagaimana dalam reaksi kimia dapat dijelaskan dengan hukum kimia.

Hukum kimia diperoleh dari pengamatan dan eksperimen secara terus-menerus untuk mengumpulkan fakta atau data. Metode ilmiah dalam ilmu kimia dipelopori oleh Antoine Lavoisier, J.L. Proust, John Dalton, J.L. Gay Lussac, dan Amedeo Avogadro. Hukum-hukum yang dihasilkan oleh ilmuwan-ilmuwan terdahulu itu disebut hukum dasar kimia. Hukum dasar tersebut dapat digunakan untuk menyelesaikan perhitungan kimia.

A. Hukum Dasar Kimia

Hukum dasar kimia antara lain Hukum Lavoisier, Hukum Proust, Hukum Dalton, Hukum Gay Lussac, dan Hukum Avogadro.

1. Hukum Lavoisier (Hukum Kekekalan Massa)

Hukum Kekekalan Massa menyatakan *massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama*. Hukum ini dinyatakan oleh Antoine Lavoisier (1743 – 1794), seorang ahli kimia dari Perancis yang juga dikenal sebagai bapak kimia modern. Ia merupakan orang yang pertama kali menggunakan metode ilmiah dalam ilmu kimia.

Apakah kalian setuju dengan apa yang dikemukakan oleh Lavoisier? Menurut kalian massa zat sebelum dan sesudah reaksi sama atau tidak? Kemungkinan besar kalian akan bingung bahkan menjawab tidak tahu. Perhatikan contoh reaksi kimia dalam kehidupan sehari-hari, misalnya reaksi pembakaran kayu. Setelah kayu dibakar akan berubah menjadi arang atau abu yang massanya lebih ringan. Berarti dari pembakaran diperoleh hasil reaksi yang massanya lebih ringan dari sebelum reaksi. Mengapa contoh reaksi pembakaran tidak sesuai dengan Hukum Lavoisier?



Sumber: Ensiklopedi Umum untuk Pelajar
Gambar 4.2 Antoine Lavoisier

Seorang ilmuwan harus dapat menerangkan fakta yang terjadi di alam dengan teori. Pembakaran kayu merupakan suatu reaksi dengan oksigen yang terjadi di dalam sistem terbuka. Salah satu hasil reaksi pembakaran selain abu dan arang adalah gas. Gas juga mempunyai massa, sehingga reaksi harus dilakukan dalam sistem tertutup untuk membuktikan Hukum Lavoisier.

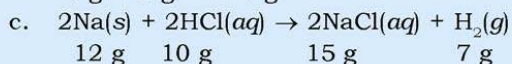
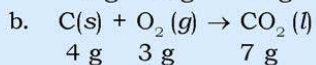
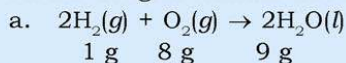
Kayu + oksigen \rightarrow arang/abu + gas + asap
 Massa (kayu + oksigen) = massa (arang/abu + gas + asap)

Pada proses perkaratan besi, seolah-olah terjadi penambahan massa. Ini tidak benar karena gas oksigen yang menyebabkan besi berkarat tidak diperhitungkan, seharusnya penentuan massanya adalah massa besi + oksigen = massa besi + karat.

Tugas 4.1

1. Jelaskan mengenai Hukum Lavoisier!
2. Suatu reaksi $A + B \rightarrow C + D$, jika massa A, B, C berturut-turut adalah 5 g, 7 g, dan 9 g. Berapakah massa D menurut Hukum Lavoisier?

3. Tentukan perhitungan massa dari reaksi berikut yang sesuai dengan Hukum Lavoisier? Jelaskan!



2. Hukum Proust

Air dibentuk dari atom hidrogen dan oksigen, data percobaan pembentukan air adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Reaksi Pembentukan Air

No.	Massa Hidrogen	Massa Oksigen	Massa Air	Sisa Pereaksi	Perbandingan Massa H : O
1.	1 g	8 g	9 g	–	1 g : 8 g = 1 : 8
2.	1 g	10 g	9 g	2 g oksigen	1 g : 8 g = 1 : 8
3.	3 g	8 g	9 g	2 g hidrogen	1 g : 8 g = 1 : 8
4.	2 g	16 g	18 g	–	2 g : 16 g = 1 : 8
5.	2 g	20 g	18 g	4 g oksigen	2 g : 16 g = 1 : 8
6.	16 g	16 g	18 g	14 g hidrogen	2 g : 16 g = 1 : 8

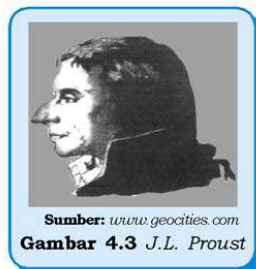
Kegiatan 4.1

Perhatikan data percobaan pada tabel di atas!

- Adakah yang tersisa jika direaksikan 1 g hidrogen dengan 8 g oksigen? Berapakah perbandingan massa H : O?
- Berapa gram pereaksi tersisa jika direaksikan 1 g hidrogen dengan 10 g oksigen dan 3 g hidrogen direaksikan dengan 8 g oksigen? Berapakah perbandingan massa H : O?
- Adakah pereaksi yang tersisa jika direaksikan 2 g hidrogen dengan 16 g oksigen? Berapa perbandingan massa H : O?
- Perbandingan H : O selalu sama atau tidak? Apakah yang dapat kalian simpulkan tentang massa unsur hidrogen dan oksigen dalam pembentukan air?

Perbandingan massa H : O dalam air selalu 1 : 8, artinya 1 gram hidrogen tepat bereaksi dengan 8 gram oksigen atau kelipatannya. Jika hidrogen dan oksigen yang direaksikan perbandingannya tidak 1 : 8, maka salah satu di antaranya akan tersisa.

Ilmuwan yang menyelidiki tentang perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa adalah **Joseph Louis Proust** (1751 – 1826), yang mengikuti jejak Lavoisier menggunakan metode ilmiah. Ia mengemukakan Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust), yang berbunyi *perbandingan massa unsur-unsur penyusun senyawa adalah tertentu dan tetap*. Salah satu contoh adalah air yang dibentuk dari hidrogen dan oksigen dengan perbandingan massa selalu 1 : 8.



Contoh soal 4.1:

Perbandingan massa hidrogen dan oksigen adalah 1 : 8, jika 6 gram hidrogen direaksikan dengan 12 gram oksigen, tentukan:

- massa hidrogen dan oksigen yang bereaksi?
- massa zat yang tersisa?
- massa air yang terbentuk?

Penyelesaian:

Perbandingan massa H : O = 1 : 8; massa H = 6 g; massa O = 12 g
Mencari pereaksi yang habis lebih dulu (pereaksi pembatas).

Misalkan H sebanyak 6 g habis lebih dulu, maka:

$$m \text{ O yang bereaksi} = \frac{8}{1} \times m \text{ H} = \frac{8}{1} \times 6 \text{ g} = 48 \text{ g}$$

Tidak mungkin, karena O yang direaksikan hanya 12 g, tapi yang bereaksi sebanyak 48 g.

Misalkan O sebanyak 12 g habis lebih dulu, maka:

$$m \text{ H yang bereaksi} = \frac{1}{8} \times m \text{ O} = \frac{1}{8} \times 12 \text{ g} = 1,5 \text{ g}$$

Mungkin, karena H yang direaksikan 6 g dan yang bereaksi hanya 1,5 g. Jadi O sebanyak 12 g sebagai pereaksi pembatas.

- O bereaksi semua, sehingga massa O bereaksi = 12 g

$$\text{Massa H yang bereaksi} = \frac{1}{8} \times m \text{ O} = \frac{1}{8} \times 12 \text{ g} = 1,5 \text{ g}$$

- O habis bereaksi, yang tersisa H
Sisa H = $m \text{ H awal} - m \text{ H yang bereaksi}$
= 6 g – 1,5 g = 4,5 g

$$\begin{aligned} \text{c. } m \text{ H}_2\text{O} &= m \text{ O yang bereaksi} + m \text{ H yang bereaksi} \\ &= 12 \text{ g} + 1,5 \text{ g} = 13,5 \text{ g} \end{aligned}$$

Perbandingan massa H dan O dalam H_2O dapat diperoleh dari perbandingan massa atom relatifnya.

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan massa H : O dalam H}_2\text{O} &= (2 \times A_r \text{ H}) : (1 \times A_r \text{ O}) \\ &= (2 \times 1) : (1 \times 16) = 1 : 8 \end{aligned}$$

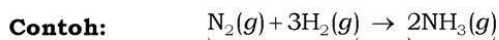
Tugas 4.2

1. Apa isi dan maksud dari Hukum Proust?
2. Perbandingan massa magnesium dan oksigen adalah 3 : 2. Jika 5 gram magnesium direaksikan dengan 4 gram oksigen, tentukan:
 - a. unsur yang habis lebih dulu dan unsur yang tersisa!
 - b. massa magnesium oksida yang terbentuk!
3. Berapakah perbandingan massa S : O dalam SO_3 ? ($A_r \text{ O} = 16$, $S = 32$)

3. Hukum Dalton (Hukum Perbandingan Berganda)

Pada bab sebelumnya kita sudah mempelajari tentang teori atom Dalton. Jika teori atom Dalton dihubungkan dengan Hukum Lavoisier dan Proust, menurut kalian apakah teori Dalton dapat menjelaskan kedua hukum tersebut? Coba kalian pikirkan!




Salah satu teori atom Dalton yang digunakan untuk menjelaskan Hukum Lavoisier adalah *atom merupakan bagian terkecil dari suatu zat yang tidak dapat diciptakan, dimusnahkan, ataupun diubah menjadi atom lain dengan reaksi kimia biasa*. Teori ini menunjukkan atom-atom sebelum dan sesudah reaksi adalah atom-atom yang sama, sehingga massa sebelum dan sesudah reaksi juga sama.



$$\text{Jumlah atom N : } \quad 2 \quad = \quad 2$$

$$\text{Jumlah atom H : } \quad 6 \quad = \quad 6$$

Jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi sama sehingga jumlah massa sebelum dan sesudah reaksi juga sama (Hukum Lavoisier).

Data	NO	NO ₂	NO ₃	Keterangan
Gambar atom				Hitam : atom N Putih : atom O
Jumlah atom N	1	1	1	Jumlah atom N sama sehingga massa N sama
Jumlah atom O	1	2	3	
Massa N sama, jadi perbandingan massa O (unsur yang lain) berbanding bulat dan sederhana, yaitu 1 : 2 : 3 (berlaku Hukum Dalton).				

Kerjakan tugas berikut untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 4.3

1. Jelaskan isi Hukum Dalton!
2. Massa nitrogen dalam NO₂ dan NO₄ adalah sama, jika massa O dalam NO₂ sebesar 14 gram, berapakah massa O dan NO₄?

4. Hukum Gay Lussac (Hukum Perbandingan Volume)

Ahli kimia dari Perancis bernama **Joseph Louis Gay Lussac** (1778 – 1850) melakukan eksperimen berbagai reaksi senyawa gas. Eksperimennya dilakukan pada suhu di atas 100° C. Ia mereaksikan 2 volume gas hidrogen dengan 1 volume gas oksigen menghasilkan 2 volume uap air, sehingga perbandingan volume gas hidrogen, oksigen, dan uap air adalah 2 : 1 : 2.



Sumber: Ensiklopedi Umum untuk Pelajar
Gambar 4.4 Joseph Louis Gay Lussac

Tabel 4.2. Data Reaksi Pembentukan Uap Air

No.	Volume H ₂	Volume O ₂	Volume H ₂ O	Perbandingan Volume H ₂ : O ₂ : H ₂ O
1.	2 mL	1 mL	2 mL	2 mL : 1 mL : 2 mL = 2 : 1 : 2
2.	3 mL	1,5 mL	3 mL	3 mL : 1,5 mL : 3 mL = 2 : 1 : 2
3.	4 mL	2 mL	4 mL	4 mL : 2 mL : 4 mL = 2 : 1 : 2

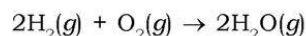
Lakukan kegiatan berikut pada buku tugas untuk menumbuhkan **rasa ingin tahu**, sehingga kalian mau belajar lebih jauh!

Kegiatan 4.2

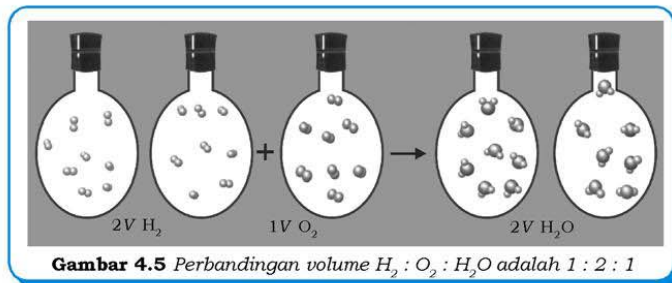
Perhatikan data percobaan pada Tabel 4.2!

1. Berapakah volume O₂ yang diperlukan dan volume H₂O yang terbentuk jika direaksikan 2 mL, 3 mL, dan 4 mL H₂? Berapakah perbandingan volume H₂ : O₂ : H₂O?
2. Perbandingan volume H₂ : O₂ : H₂O dari ketiga percobaan di atas selalu sama atau tidak? Berapa perbandingannya?
3. Perhatikan koefisien persamaan reaksi berikut!
 $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g)$, bandingkan dengan perbandingan volume H₂ : O₂ : H₂O. Apa kesimpulan kalian?

Gay Lussac memperoleh perbandingan volume = H₂ : O₂ : H₂O
 = 2 : 1 : 2.



Perhatikan persamaan reaksi setara di atas! Koefisien H₂ = 2, O₂ = 1, dan H₂O = 2, ternyata hasil perbandingan volume dari percobaan Gay Lussac sama dengan perbandingan koefisien gas-gas yang bereaksi dalam persamaan reaksi setara. Perbandingan volume H₂ : O₂ : H₂O selalu 2 : 1 : 2, jika direaksikan 2n mL H₂, maka diperlukan 1n mL O₂ dan membentuk 2n mL H₂O.



Gay Lussac menyimpulkan *pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana*. Pada suhu dan tekanan sama, artinya pada wujud gas, volume gas-gas tersebut berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana. Bulat mengandung arti bilangan bulat. Sederhana menunjukkan bilangan tersebut di bawah angka 10. Oleh karena perbandingan volume gas-gas tersebut sesuai dengan perbandingan koefisien gas-gas, maka dapat dikatakan:

Perbandingan koefisien reaksi = perbandingan volume gas

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 4.4

1. Jelaskan isi Hukum Gay Lussac!
2. Berapakah volume gas oksigen yang diperlukan untuk bereaksi dengan x mL gas nitrogen membentuk gas nitrogen trioksida?

5. Hukum Avogadro

Tahun 1811 **Amedeo Avogadro** melanjutkan eksperimen yang dilakukan oleh Gay Lussac. Ia mengaitkan perbandingan volume gas dalam reaksi dengan jumlah partikel. Avogadro berpendapat suatu gas seperti hidrogen, oksigen, dan nitrogen yang bereaksi berupa molekul diatomik bukan monoatomik, sehingga rumusnya H_2 , O_2 , dan N_2 , bukan H, O, dan N.



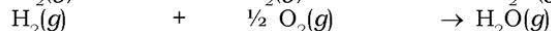
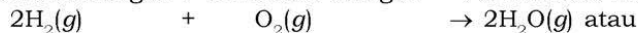
Sumber: Jendela Iptek

Gambar 4.6 Amedeo Avogadro

Eksperimen dari Gay Lussac dituliskan oleh Avogadro sebagai berikut.

2 volume gas hidrogen + 1 volume gas oksigen → 2 volume uap air

2 molekul hidrogen + 1 molekul oksigen → 2 molekul air



Berdasarkan penulisan tersebut, 2 molekul air dapat dibentuk dengan mereaksikan 2 molekul hidrogen dengan 1 molekul oksigen.

Avogadro menyatakan *pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas yang bervolume sama akan mengandung jumlah molekul yang sama*. Pada suhu dan tekanan sama, yaitu pada wujud gas, volume sama mengandung jumlah molekul sama yaitu perbandingan volume menyatakan perbandingan molekul. Perbandingan volume sebanding dengan perbandingan koefisien, sehingga perbandingan koefisien juga menyatakan perbandingan jumlah molekul.

Info Kimia

Gagasan Avogadro diabaikan kira-kira 50 tahun sampai Stanislao Cannizzaro (1826 – 1910) dari Itali mempublikasikannya. Gagasan itu selanjutnya cepat diterima, dan membantu menjelaskan banyak reaksi kimia.

Hukum Avogadro

→

Perbandingan koefisien reaksi sama dengan perbandingan jumlah molekul

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan sosial** dan **akademik** kalian!

Tugas 4.5

1. Jelaskan dengan kalimat kalian sendiri tentang Hukum Avogadro! Bandingkan dengan jawaban teman kalian!
2. Berapakah jumlah molekul gas oksigen yang diperlukan untuk bereaksi dengan x molekul hidrogen membentuk gas nitrogen trioksida?

Dapatkan kalian pahami, inti hukum tidak harus sama persis dengan kalimat aslinya, asalkan tidak mengubah arti hukum itu. Dari kedua hukum tersebut (Gay Lussac dan Avogadro) akan diperoleh:

Perbandingan koefisien = Perbandingan volume = Perbandingan jumlah atom = Perbandingan jumlah molekul

B. Perhitungan Kimia

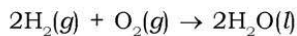
Hukum-hukum dasar kimia dapat diterapkan untuk perhitungan kimia.

1. Penerapan Hukum Gay Lussac dalam Perhitungan Kimia

P & T sama \rightarrow Volume gas-gas yang bereaksi dan hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana



Wujud gas, koefisien menyatakan perbandingan volume



perbandingan volume = 2 : 1 : 2

sehingga dapat diperoleh rumus menghitung volume:

$$V_a = \frac{K_a}{K_b} \times V_b$$

Keterangan:

V_a = volume yang dicari

K_a = koefisien molekul yang dicari volumenya

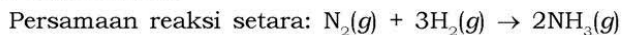
V_b = volume yang diketahui

K_b = koefisien molekul yang diketahui volumenya
(berlaku pada P dan T sama)

Contoh soal 4.2:

Pada suhu dan tekanan yang sama, direaksikan 3 mL gas nitrogen dengan gas oksigen membentuk gas amonia. Berapa volume gas oksigen yang diperlukan untuk bereaksi dan volume amonia yang terbentuk?

Penyelesaian:



Perbandingan volume $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$

$$\text{Rumus } V_a = \frac{K_a}{K_b} \times V_b$$

Maka:

$$\text{Volume } H_2 = \frac{\text{Koef} \cdot H_2}{\text{Koef} \cdot N_2} \times \text{Volume } N_2$$

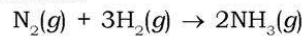
$$= \frac{3}{1} \times 3 \text{ mL} = 9 \text{ mL}$$

$$\text{Volume } NH_3 = \frac{\text{Koef} \cdot NH_3}{\text{Koef} \cdot N_2} \times \text{Volume } N_2$$

$$= \frac{2}{1} \times 3 \text{ mL} = 6 \text{ mL}$$

atau langsung menggunakan persamaan reaksi dibandingkan koefisien:

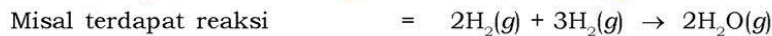
Perbandingan volume:



$$1 : 3 : 2$$

$$3 \text{ mL} \propto 9 \text{ mL} \propto 6 \text{ mL}$$

2. Penerapan Hukum Avogadro dalam Perhitungan Kimia



sehingga diperoleh rumus menghitung jumlah molekul:

$$X_a = \frac{K_a}{K_b} \times X_b$$

Keterangan:

X_a = jumlah molekul yang dicari

K_a = koefisien yang dicari jumlah molekulnya

X_b = jumlah molekul yang diketahui

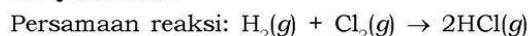
K_b = koefisien yang diketahui jumlah molekulnya

(berlaku pada P dan T sama)

Contoh soal 4.3:

Pada suhu dan tekanan yang sama, 10 molekul gas hidrogen klorida diperoleh dari reaksi antara gas hidrogen dan gas klorida. Berapakah jumlah molekul kedua gas tersebut?

Penyelesaian:



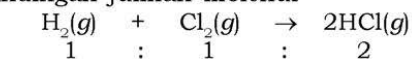
$$\text{Rumus } Xa = \frac{Ka}{Kb} \times Xb$$

$$XH_2 = \frac{1}{2} \times 10 \text{ molekul} = 5 \text{ molekul}$$

$$XCl_2 = \frac{1}{2} \times 10 \text{ molekul} = 5 \text{ molekul}$$

Atau langsung menggunakan perbandingan koefisien dalam persamaan reaksi.

Perbandingan jumlah molekul



$$5 \text{ molekul} \propto 5 \text{ molekul} \propto 10 \text{ molekul}$$

Contoh soal 4.4:

Gas oksigen yang mempunyai volume 10 L dan jumlah partikel 3×10^{23} molekul. Suatu gas X berada pada kondisi yang sama (P , T sama) dengan oksigen tersebut, bila volume gas X tersebut 30 L, hitunglah jumlah partikel gas X!

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Volume } O_2 : \text{ gas X} &= 10 \text{ L} : 30 \text{ L} \\ &= 1 : 3 \end{aligned}$$

Hukum Avogadro menyatakan perbandingan volume juga menyatakan perbandingan jumlah partikel, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{jumlah partikel X} &= \frac{3}{1} \times 3 \times 10^{23} \text{ partikel} \\ &= 9 \times 10^{23} \text{ partikel} \end{aligned}$$

3. Konsep Mol

Makanan pokok kita adalah nasi. Berapa butir nasi yang kalian makan setiap hari? Kalian tentu tidak bisa menjawabnya, karena terdapat ratusan sampai ribuan butir nasi yang kita makan setiap harinya. Sekarang jawablah pertanyaan ini, berapa piring nasi yang kalian makan setiap hari? Ini merupakan pertanyaan yang mudah, karena ratusan sampai ribuan nasi yang tidak bisa dihitung disederhanakan dalam satuan piring. Jadi, *satuan piring* merupakan suatu cara untuk mempermudah menghitung jumlah yang sangat banyak.

Suatu zat mengandung bermilyar-milyar partikel, kalau kita disuruh menghitung partikel zat, itu seperti menghitung berapa butir nasi yang kita makan setiap harinya dan merupakan hal yang

tidak mungkin. Untuk menghitung nasi kita menggunakan satuan piring, menghitung jumlah barang menggunakan lusin, menghitung jumlah lembar kertas menggunakan satuan rim, dan untuk menghitung jumlah partikel menggunakan mol.

Mol merupakan satuan untuk memudahkan menghitung jumlah partikel suatu zat. Partikel yang jumlahnya milyaran disederhanakan dalam bentuk mol. Pengertian mol tidak ada bedanya dengan satuan lusin untuk jumlah barang dan rim untuk satuan lembar kertas, hanya saja mol khusus digunakan untuk menghitung jumlah partikel.

1 lusin = 12 buah barang

1 rim = 500 lembar kertas

1 mol = $6,02 \times 10^{23}$ partikel = L partikel

Lambang **L** disebut dengan **tetapan Avogadro** yang besarnya $6,02 \times 10^{23}$. Bilangan $6,02 \times 10^{23}$ adalah jumlah atom yang terdapat dalam 12 gram C-12, artinya untuk menentukan jumlah partikel digunakan standar mol, yaitu 12 gram C-12, sehingga **1 mol didefinisikan sebagai jumlah partikel yang jumlahnya sama dengan jumlah partikel dalam 12 gram C-12.**

Partikel ada 3 macam, yaitu atom, molekul, dan ion. Unsur partikelnya berupa atom, senyawa berupa molekul, sedangkan unsur atau senyawa dalam bentuk ion, partikelnya berupa ion.

Contoh:

Hubungan mol dengan jumlah partikel

mol besi = L atom besi (besi adalah unsur)

2 mol besi = 2L atom besi

4 mol gas oksigen = 4L molekul oksigen (gas oksigen adalah senyawa)

6 mol air = 6L molekul air (air adalah senyawa)

3 mol ion kalium (K^+) = 3L ion kalium (K^+ adalah unsur berbentuk ion)

5 mol ion amonium (NH_4^+) = 5L ion amonium (NH_4^+ adalah senyawa ion)

Pada contoh-contoh di atas, jumlah partikel (atom, molekul, dan ion) berbanding lurus dengan molnya, sehingga dapat dirumuskan:

$$P = n \times L$$

Keterangan:

P = jumlah partikel (atom, ion, atau molekul)

n = jumlah mol (mol)

L = tetapan Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ partikel/mol)

Contoh soal 4.5:

Suatu minuman mengandung alkohol (C_2H_5OH) sebanyak 0,5 mol.

- Berapa jumlah molekul C_2H_5OH ?
- Berapa jumlah atom C, H, dan O masing-masing?
- Berapa jumlah atom total dalam C_2H_5OH ?

Penyelesaian:

- $$P_{C_2H_5OH} = N_{C_2H_5OH} \times L$$
$$= 0,5 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul/mol}$$
$$= 3,01 \times 10^{23} \text{ molekul}$$
- C_2H_5OH terdapat 2 atom C, 6 atom H, dan 1 atom O.
$$P_C = 2 \times P_{C_2H_5OH} = 2 \times 3,01 \times 10^{23} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom}$$
$$P_H = 6 \times P_{C_2H_5OH} = 6 \times 3,01 \times 10^{23} = 1,806 \times 10^{24} \text{ atom}$$
$$P_O = 1 \times P_{C_2H_5OH} = 1 \times 3,01 \times 10^{23} = 3,01 \times 10^{23} \text{ atom}$$
- Jumlah atom dalam C_2H_5OH
$$\Leftrightarrow P_C + P_H + P_O$$
$$= 6,02 \times 10^{23} + 18,06 \times 10^{23} + 3,01 \times 10^{23}$$
$$= 27,09 \times 10^{23}$$
$$= 2,709 \times 10^{24} \text{ atom}$$

atau cara lain

C_2H_5OH terdapat 2 atom C, 6 atom H, dan 1 atom O = 9 atom

$$\begin{aligned} \text{Jumlah atom dalam } C_2H_5OH &= 9 \times P_{C_2H_5OH} = 9 \times 3,01 \times 10^{23} \\ &= 2,709 \times 10^{24} \text{ atom} \end{aligned}$$

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 4.6

- Batuan gamping mengandung 80% $CaCO_3$, hitunglah berapa jumlah mol $CaCO_3$ terdapat dalam batuan tersebut jika kalian mengambil 100 kg batuan gamping tersebut!
- Setiap hari kalian memerlukan gula pasir ($C_{12}H_{22}O_{11}$) minimal 17,1 gram untuk energi dan pertumbuhan. Jika diketahui kandungan gula pasir yang kalian konsumsi adalah 90%, hitunglah:
 - Berapa gram gula pasir yang kalian perlukan setiap 1 bulan (30 hari)?

- b. Berapa mol gula pasir yang diperlukan dalam 1 bulan?
 - c. Berapa jumlah partikel gula pasir yang kalian makan setiap hari?
3. Jika setiap hari kita memerlukan 25 mol garam dapur, maka berapakah jumlah atom total yang kita perlukan setiap minggu?

4. Massa Molar (M_m)

Massa molar adalah massa 1 mol zat, yaitu massa 12 gram atom C-12, sehingga massa 1 mol sama dengan A_r unsur atau M_r senyawa. Massa molar satuannya gram mol⁻¹. Contoh hubungan jumlah mol dengan massa:

$$1 \text{ mol C-12} = 12 \text{ gram} = 1 \times A_r \text{ C-12}$$

$$2 \text{ mol C-12} = 24 \text{ gram} = 2 \times A_r \text{ C-12}$$

$$3 \text{ mol C-12} = 36 \text{ gram} = 3 \times A_r \text{ C-12}$$

Berdasarkan contoh-contoh di atas, massa berbanding lurus dengan jumlah molnya, sehingga dapat dirumuskan:

$$m = n \times M_m$$

Keterangan:

m = massa (gram)

n = jumlah mol (mol)

M_m = massa molar

= A_r dengan satuan gram mol⁻¹ (unsur)

= M_r dengan satuan gram mol⁻¹ (senyawa)

Contoh soal 4.6:

Hitung massa dari 3 mol atom hidrogen dan 3 mol molekul/gas hidrogen! ($A_r \text{ H}=1$)

Penyelesaian:

a. $m \text{ atom H} = n \times M_m = 3 \text{ mol} \times 1 \text{ gram mol}^{-1} = 3 \text{ gram}$

b. $m \text{ gas hidrogen (H}_2\text{)} = n \times M_m = 3 \text{ mol} \times (2 \times 1) \text{ gram mol}^{-1}$
 $= 6 \text{ gram}$

Tugas 4.7

1. LPG merupakan gas alam yang dicairkan atau dikenal sebagai gas dapur. Sebagian besar gas dapur terdiri atas propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Hitunglah massa molar dari masing masing komponen gas dapur tersebut (propana dan butana)!
2. Hitunglah massa molar dari bahan bahan berikut:
 - a. air murni (H_2O)
 - b. asam pengisi aki (H_2SO_4)
 - c. garam Inggris ($MgSO_4 \cdot 2H_2O$)
 - d. obat sakit maag $Mg(OH)_2$!

5. Volume Molar (V_m)

Volume molar adalah volume 1 mol gas yang diukur pada keadaan standar (**0°C, 1 atm**). Keadaan standar disebut dengan STP (*Standar Temperature and Pressure*). Volume molar gas pada STP menggunakan gas oksigen sebagai dasar perhitungan.

Massa 1 L O_2 = 1,429 gram (berdasarkan eksperimen)

Maka massa 1 mol O_2 ($M_r = 32$) = 32 gram

$$\text{Volume 1 mol } O_2 \text{ pada STP} = \frac{1,429 \text{ gram}}{32 \text{ gram}} = \frac{1 \text{ L}}{V_m} \Leftrightarrow V_m = 22,4 \text{ liter}$$

V_m adalah volume 1 mol gas pada STP, sehingga setiap 1 mol gas yang diukur pada STP mempunyai volume sama, yaitu 22,4 L. Perhatikan data percobaan hubungan antara volume dengan volume molar pada STP di bawah ini:

No.	Jumlah Mol	Volume	Penurunan Rumus
1.	1 mol gas	22,41 L	$1 \times 22,4 \text{ L} = 22,4 \text{ L}$
2.	3 mol gas	67,23 L	$3 \times 22,4 \text{ L} = 67,2 \text{ L}$
3.	5 mol gas	112,3 L	$5 \times 22,4 \text{ L} = 112 \text{ L}$

Terlihat dari percobaan, volume gas sebanding antara perkalian mol dengan volume molar. Hubungan volume gas dengan volume molar pada keadaan standar dapat dirumuskan:

$$V = n \times V_m$$

Keterangan:

V = volume gas (liter)
 n = jumlah mol (mol)
 V_m = volume molar (L mol⁻¹)

Pada volume gas yang tidak diukur pada keadaan standar, menggunakan persamaan gas ideal:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Keterangan:

V = volume gas (liter) P = tekanan (atm)
 n = jumlah mol (mol) T = suhu (Kelvin)
 R = tetapan gas (0,08205 L atm mol⁻¹ K⁻¹)

Contoh soal 4.7:

Hitung volume 2 mol gas metana:

- pada keadaan standar!
- pada tekanan 2 atmosfer dan suhu 27°C!

Penyelesaian:

- $V = n \times V_m = 2 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L mol}^{-1} = 44,8 \text{ L}$
- $PV = nRT$
 $2 \text{ atm} \times V = 2 \text{ mol} \times 0,08205 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K}$
 $V = 24,615 \text{ L}$

Bagaimana bunyi Hukum Avogadro? Hukum Avogadro menyatakan pada P dan T sama, gas yang bervolume sama mempunyai jumlah molekul yang sama pula. Jumlah molekul adalah jumlah partikel, untuk menyatakan jumlah partikel digunakan mol, sehingga Hukum Avogadro tersebut dapat diubah menjadi *pada P dan T sama, gas yang bervolume sama mempunyai jumlah mol yang sama pula*. Ini dapat diartikan perbandingan mol menyatakan perbandingan volume, jadi pada suhu dan tekanan yang sama persamaan matematisnya:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Keterangan: V_1 dan n_1 adalah volume dan mol gas 1
 V_2 dan n_2 adalah volume dan mol gas 2

Contoh soal 4.8:

Pada tekanan dan suhu yang sama, berapakah volume 2 mol gas oksigen di mana 6 mol gas hidrogen bervolume 3 liter?

Penyelesaian:

$$\frac{VO_2}{VH_2} = \frac{nO_2}{nH_2}$$

$$\frac{VO_2}{3} = \frac{2}{6}$$

$$\frac{VO_2}{3} = \frac{2}{6}$$

$$VO_2 = 1 \text{ L}$$

Tugas 4.8

1. Dalam waktu 1 menit, kalian bernapas sebanyak 25 kali. Jika setiap kali hirup terserap 1 liter oksigen (O_2), maka hitunglah:
 - a. Berapa liter oksigen yang terhirup selama 1 jam? Anggap berada dalam keadaan standar suhu dan tekanan (STP).
 - b. Berapa gram oksigen yang terhirup?
 - c. Berapa mol oksigen yang terserap?
2. Coca cola merupakan salah satu minuman bersoda yang mengandung gas CO_2 . Jika dalam satu kemasan minuman coca cola di tempat kita mempunyai tekanan 1,2 atmosfer (suhu udara $25^\circ C$), maka berapa tekanan dalam kemasan coca cola tersebut jika dibawa ke Arab Saudi yang bersuhu $40^\circ C$?
3. Gas metana (CH_4) dalam kehidupan sehari-hari dikenal dengan istilah si api biru, berapa mol gas etana yang terdapat dalam 5 liter tabung gas jika kandungan gas metana dalam tabung sebesar 80%?

Menghitung mol bentuk pembagian

$$n = \frac{\text{Jumlah partikel}}{6,02 \times 10^{23}} \text{ atau } n = \frac{\text{Massa}}{M_m} \text{ atau } n = \frac{\text{Volume}}{22,4}$$

Tugas 4.9

1. Orang dewasa rata-rata memerlukan air minum sebanyak 5 L per hari. Jika dianggap bahwa air minum mengandung 100% H_2O , maka hitunglah kebutuhan H_2O (massa jenis air = 1g/mL) setiap hari dalam:
 - a. gram
 - b. mol
 - c. jumlah partikel
2. Udara sehat mengandung gas N_2 sebesar 80%. Jika dalam satu ruang terdapat 1000 L udara, hitunglah:
 - a. volume gas nitrogen (N_2)
 - b. massa udara (jika massa jenis udara $0,05\text{ g/mL}$)
 - c. jumlah mol gas N_2
 - d. jumlah partikel gas N_2 !
3. Asap gunung api sebagian besar mengandung gas belerang dioksida (SO_2). Hitunglah berapa jumlah mol dari 10 liter gas SO_2 ?

6. Kadar Unsur dalam Suatu Senyawa

Rumus senyawa menyatakan jenis dan jumlah atom dalam senyawa tersebut, sehingga perbandingan massa dan kadar unsur dalam senyawa dapat ditentukan dari rumus senyawanya. Kadar unsur biasanya dinyatakan dalam %.

Misalkan kadar unsur A dan B dalam senyawa A_aB_b adalah:

$$\text{Kadar A} = \frac{a \times A_r \text{ A}}{M_r \text{ A}_a\text{B}_b} \times 100\%$$

$$\text{Kadar B} = \frac{b \times A_r \text{ B}}{M_r \text{ A}_a\text{B}_b} \times 100\%$$

Atau

$$\text{Kadar A} = \frac{\text{Massa A}}{\text{Massa A}_a\text{B}_b} \times 100\%$$

$$\text{Kadar B} = \frac{\text{Massa B}}{\text{Massa A}_a\text{B}_b} \times 100\%$$

Keterangan:

A_aB_b adalah rumus senyawa

A dan B adalah unsur

a dan b adalah angka indeks

Contoh soal 4.9:

Berapakah persentase unsur C dan O dalam gas CO_2 ?

($A_r \text{ C} = 12$, $\text{O} = 6$)

Penyelesaian:

$$\% \text{ C} = \frac{1 \times A_r \text{ C}}{M_r \text{ CO}_2} \times 100\% = \frac{12}{44} \times 100\% = 27,27\%$$

$$\% \text{ O} = \frac{2 \times A_r \text{ O}}{M_r \text{ CO}_2} \times 100\% = \frac{2 \times 16}{44} \times 100\% = 72,73\%$$

Hukum Perbandingan Tetap dikemukakan oleh Proust. Bagaimana bunyi hukumnya? Jika kalian lupa, bukalah kembali materi hukum dasar kimia, karena hukum-hukum dasar tersebut akan selalu kita pakai dalam mempelajari kimia. Hukum Proust menyatakan bahwa perbandingan massa unsur-unsur penyusun senyawa adalah tetap, massa merupakan penjumlahan dari A_r atau M_r , maka perbandingan massa unsur dalam suatu senyawa dapat dirumuskan.

Misalnya rumus suatu senyawa A_aB_b , berdasarkan Hukum Perbandingan Tetap dapat dirumuskan:

$$\frac{m \text{ A}}{m \text{ B}} = \frac{a \times A_r \text{ A}}{b \times A_r \text{ B}} \Leftrightarrow m \text{ A} = \frac{a \times A_r \text{ A}}{b \times A_r \text{ B}} \times m \text{ B}$$

$$m \text{ B} = \frac{b \times A_r \text{ B}}{a \times A_r \text{ A}} \times m \text{ A}$$

$$\frac{m \text{ A}}{m \text{ A}_a\text{B}_b} = \frac{a \times A_r \text{ A}}{M_r \times \text{A}_a\text{B}_b} \Leftrightarrow m \text{ A} = \frac{a \times A_r \text{ A}}{M_r \times \text{A}_a\text{B}_b} \times m \text{ A}_a\text{B}_b$$

$$m \text{ A}_a\text{B}_b = \frac{M_r \text{ A}_a\text{B}_b}{a \times A_r \text{ A}} \times m \text{ A}$$

$$\frac{m B}{m A_a B_b} = \frac{b \times A_r B}{M_r \times A_a B_b} \Leftrightarrow m B = \frac{b \times A_r B}{M_r A_a B_b} \times m A_a B_b$$

$$m A_a B_b = \frac{M_r A_a B_b}{a \times A_r B} \times m B$$

Rumusan-rumusan di atas dapat disederhanakan menjadi persamaan:

$$\text{massa X} = \frac{A_r \text{ atau } M_r X}{A_r \text{ atau } M_r \text{ yang diketahui massanya}} \times \text{massa diketahui}$$

• Contoh soal 4.10:

Berapakah massa hidrogen dalam 30 gram urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$?

Penyelesaian:

$$\text{Massa H} = \frac{4 \times A_r \text{ H}}{M_r \text{ CO}(\text{NH}_2)_2} = \frac{4 \times 1}{60} \times 30 \text{ gram} = 2 \text{ gram}$$

7. Rumus Empiris (RE) dan Rumus Molekul (RM)

Rumus kimia ada 2 macam, yaitu rumus empiris dan rumus molekul. **Rumus empiris** adalah rumus yang menyatakan perbandingan paling sederhana dari atom-atom yang bergabung membentuk senyawa. Rumus ini tidak menunjukkan jumlah atom sebenarnya yang bergabung, tetapi menunjukkan perbandingan atom-atom yang bergabung. **Rumus molekul** adalah rumus kimia yang menunjukkan jumlah atom yang bergabung membentuk senyawa, dapat dikatakan rumus molekul merupakan lambang dari senyawa.

Rumus empiris dan rumus molekul suatu senyawa ada yang sama dan ada yang berbeda. Rumus kimia yang perbandingan atomnya dapat disederhanakan adalah *RM*, sedangkan rumus kimia yang perbandingan atomnya tidak dapat disederhanakan lagi adalah *RE*. Untuk memperdalam tentang *RE* dan *RM*, mari kita mencoba kegiatan berikut.

Kegiatan 4.3

Salin dan isilah tabel berikut pada buku tugas kalian!

Senyawa	Rumus Kimia	Perbandingan Atom	Rumus Molekul	Perbandingan Atom Paling Sederhana	Rumus Empiris
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	C:H:O = 6:12:6	$C_6H_{12}O_6$	C:H:O = 1:2:1	CH_2O
Air	H_2O	H:O = 2:1	H_2O	H:O=2:1	H_2O
Alkohol	C_2H_5OH	.....	C_2H_6	.....	.....
Garam	NaCl	.....	.....	.....	.....
Pentana	C_5H_{12}	.....	.....	.....	.....
Benzena	C_6H_6	.....	.....	.....	.....

Setelah melaksanakan kegiatan ini, dapatkan kalian mana yang termasuk RM atau RE?

a. Menentukan Rumus Empiris (RE) Suatu Senyawa

Rumus empiris menyatakan perbandingan mol atom-atom penyusunnya, misalnya RE suatu senyawa adalah CH_2O_2 artinya perbandingan mol atom C : H : O dalam senyawa itu adalah 1 : 2 : 2. Berdasarkan hal itu, apakah yang harus ditentukan untuk menetapkan RE suatu senyawa? RE senyawa dapat ditentukan bila perbandingan mol atom-atom penyusun senyawa sudah diketahui.

Langkah-langkah menentukan RE suatu senyawa, yaitu:

- 1) Menentukan perbandingan massa atom-atom penyusun senyawa, bila diketahui dalam bentuk persen harus diubah dalam bentuk pecahan.
- 2) Mengubah perbandingan massa menjadi perbandingan mol, dengan membagi massa atom dengan A_r masing-masing.
- 3) Perbandingan mol atom-atom ini merupakan RE senyawa.

Contoh soal 4.11:

Tentukan RE senyawa yang mengandung 75% karbon dan 25% atom hidrogen! (A_r C = 12, H = 1)

Penyelesaian:

Perbandingan % C : % H = 75 : 25

Perbandingan massa C : H = 0,75 : 0,25

Perbandingan mol C : mol H

$$\frac{\text{Massa C}}{A_r \text{ C}} = \frac{\text{Massa H}}{A_r \text{ H}} = \frac{0,75}{12} : \frac{0,25}{1} = \frac{6,25}{25} = \frac{1}{4}$$

maka RE senyawa adalah CH_4 .

b. Menentukan Rumus Molekul (RM) Suatu Senyawa

Rumus molekul dan rumus empiris suatu senyawa ada yang sama dan yang tidak, tetapi kebanyakan tidak sama. Rumus molekul merupakan kelipatan dari rumus empiris, RM senyawa dapat ditentukan dengan cara:

- 1) Menentukan RE senyawa.
- 2) Mencari massa molekul relatif senyawa (M_r) bila belum diketahui.
- 3) Memasukkan RE dan M_r dalam persamaan:

$$(RE)_n = M_r$$

- 4) Setelah harga n diketahui, maka RE dikalikan n akan diperoleh RM senyawa

$$(RE)_n = RM$$

Contoh soal 4.12:

Diketahui RE adalah CH_4 , tentukan RM bila massa atom relatif senyawa tersebut 16! ($A_r \text{ C} = 12$, $H = 1$)

Penyelesaian:

$$RE = CH_4 \quad M_r = 16$$

Memasukkan dalam persamaan:

$$(RE)_n = M_r \quad (CH_4)_n = 16$$

$$(1 \times A_r \text{ C} + 4 \times A_r \text{ H})_n = 16$$

$$(1 \times 12 + 4 \times 1)_n = 16$$

$$(16)_n = 16$$

$$n = 1$$

dengan mengalikan RE dengan n akan diperoleh RM

$$(RE)_n = RM$$

$$(CH_4)_1 = CH_4$$

Dalam kasus ini RE sama dengan RM . Sama atau tidaknya RE dengan RM ditentukan oleh harga n -nya, bila harga $n = 1$ maka RE sama dengan RM , akan tetapi bila $n > 1$ maka RE berbeda dengan RM .

Jadi RM senyawa adalah CH_4 .

Kerjakan tugas berikut untuk mengembangkan **wawasan kontekstual, keingintahuan, dan kecakapan akademik** kalian!

Tugas 4.10

1. Suatu asam cuka, CH_3COOH massanya 60 gram, hitung:
 - a. massa karbon dalam asam cuka,
 - b. kadar karbon dalam asam cuka!
2. Suatu batuan kapur, CaCO_3 mengandung kalsium sebanyak 4 gram, tentukan:
 - a. massa batu kapur,
 - b. kadar oksigen dalam batu kapur!
3. Suatu senyawa mengandung 85% unsur karbon dan 16% hidrogen, tentukan rumus molekul senyawa bila massa molekul relatif senyawa 100!

8. Air Kristal

Air kristal adalah banyaknya molekul air yang diikat suatu senyawa. Misal rumus kristal tembaga(II) sulfat adalah $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ini berarti tiap-tiap molekul CuSO_4 mengikat 5 molekul H_2O . Senyawa yang dalam rumusnya mengandung air kristal disebut **senyawa hidrat**, sedangkan yang tidak mengandung air kristal disebut **senyawa anhidrat**. Air kristal ini akan terlepas bila dilakukan pemanasan atau dilarutkan.

Contoh soal 4.13:

Sebanyak 38 gram $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ dipanaskan, pada akhir pemanasan tertinggal kristal sebesar 16,4 gram ($M_r \text{Na}_3\text{PO}_4 = 164$, $M_r \text{H}_2\text{O} = 18$). Berapa jumlah air kristal yang terkandung dalam senyawa tersebut?

Penyelesaian:

Massa $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 16,4$ gram

Massa $\text{H}_2\text{O} = 38 - 16,4 = 21,6$ gram

$$\begin{aligned}\text{Perbandingan mol } \text{Na}_3\text{PO}_4 : \text{mol } \text{H}_2\text{O} &= \frac{16,4}{164} : \frac{21,6}{18} \\ &= 0,1 : 1,2 = 1 : 12\end{aligned}$$

Rumus air kristal tersebut $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Jumlah air kristal adalah 12

9. Perhitungan Kimia dalam Persamaan Reaksi

Suatu persamaan reaksi dikatakan setara bila jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi sama. Reaksi disetarakan dengan cara menambahkan koefisien reaksi. Berdasarkan hukum dasar kimia yang telah kalian pelajari, koefisien reaksi sebenarnya menyatakan apa? Koefisien reaksi dalam persamaan reaksi menyatakan:

- Perbandingan mol, bila pereaksi dan hasil reaksi berwujud padat, cair, gas, dan atau larutan.
- Perbandingan mol, perbandingan jumlah molekul, dan perbandingan volume bila berwujud gas.

Contoh:

- Persamaan reaksi: $\text{Mg(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
Wujud campuran (padat, larutan, dan gas), maka koefisien reaksi menyatakan perbandingan mol.
Perbandingan mol: $\text{Mg} : \text{HCl} : \text{MgCl}_2 : \text{H}_2 = 1 : 2 : 1 : 1$
- Persamaan reaksi: $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Wujud gas semua, sehingga menyatakan 3 hal, yaitu:
Perbandingan mol $\text{C}_2\text{H}_4 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 3 : 2 : 2$
Perbandingan jumlah molekul $\text{C}_2\text{H}_4 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 3 : 2 : 2$
Perbandingan volume $\text{C}_2\text{H}_4 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 3 : 2 : 2$

a. Perhitungan Jumlah Partikel dengan Koefisien Reaksi

Menurut Hukum Avogadro, koefisien menyatakan perbandingan jumlah molekul, ketentuan ini berlaku untuk zat-zat yang berbentuk gas. Secara umum untuk wujud padat, cair, gas, dan atau larutan juga berlaku *perbandingan koefisien menyatakan perbandingan jumlah partikel*.

$$P \text{ yang dicari} = \frac{\text{Koef. yang dicari } P\text{-nya}}{\text{Koef. yang diketahui } P\text{-nya}} \times P \text{ yang dicari}$$

P adalah jumlah partikel (atom, ion, atau molekul)

Contoh soal 4.14:

Natrium hidroksida direaksikan dengan $3,01 \times 10^{23}$ molekul asam sulfat.

- Tuliskan persamaan reaksi setara!
- Berapakah jumlah molekul natrium sulfat yang terbentuk?
- Hitung jumlah atom natrium dalam natrium sulfat yang terbentuk!

Penyelesaian:

- a. $2\text{NaOH}(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$
 b. Wujud campuran (larutan dan cair), sehingga koefisien menyatakan perbandingan jumlah molekul.

$$P \text{ Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Koef. Na}_2\text{SO}_4}{\text{Koef. H}_2\text{SO}_4} \times P \text{ H}_2\text{SO}_4$$

$$= \frac{1}{1} \times 3,01 \times 10^{23} = 3,01 \times 10^{23} \text{ atom}$$

- c. Dalam Na_2SO_4 terdapat 2 atom natrium, maka:

$$P \text{ Na} = 2 \times P \text{ Na}_2\text{SO}_4$$

$$= 2 \times 3,01 \times 10^{23}$$

$$= 6,02 \times 10^{23} \text{ atom}$$

b. Perhitungan Mol dan Massa dengan Koefisien Reaksi

Jumlah partikel yang sangat besar disederhanakan dalam bentuk mol, sehingga untuk wujud padat, gas, cair, dan atau larutan berlaku *koefisien menyatakan perbandingan mol*.

$$n \text{ yang dicari} = \frac{\text{Koef. yang dicari molnya}}{\text{Koef. yang diketahui molnya}} \times n \text{ yang diketahui}$$

n = jumlah mol (mol)

Dari mol zat yang sudah diketahui, kita bisa mencari massa zat dengan rumus:

$$m = n \times M_m$$

Contoh soal 4.15:

Pada reaksi: $2\text{Fe}(s) + 3\text{S}(s) \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_2\text{S}_3(s)$

- a. Berapa mol Fe_2S_3 yang dihasilkan bila 2 mol Fe yang direaksikan?
 b. Hitung massa Fe_2S_3 yang terbentuk! ($A_r \text{ Fe} = 59$, $\text{S} = 32$)

Penyelesaian:

a. $n \text{ Fe}_2\text{S}_3 = \frac{\text{Koef. Fe}_2\text{S}_3}{\text{Koef. Fe}} \times n \text{ Fe} = \frac{1}{2} \times 2 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$

b. $m \text{ Fe}_2\text{S}_3 = n \text{ Fe}_2\text{S}_3 \times M_m$
 $= 1 \text{ mol} (2 \times 59 + 3 \times 32) \text{ gram mol}^{-1}$
 $= 1 \text{ mol} \times 214 \text{ gram mol}^{-1}$
 $= 214 \text{ gram}$

c. Perhitungan Volume dengan Koefisien Reaksi

1) Wujud Gas

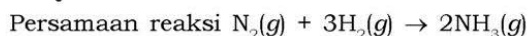
Menurut Hukum Gay Lussac, pada wujud gas koefisien menyatakan perbandingan volume.

$$V \text{ yang dicari} = \frac{\text{koef. yang dicari } V - \text{nya}}{\text{koef. yang diketahui } V - \text{nya}} \times V \text{ yang diketahui}$$

Contoh soal 4.16:

Gas amonia dibentuk dari gas nitrogen dan 3 liter gas hidrogen, berapakah volume amonia yang terbentuk?

Penyelesaian:



Wujud gas semua, koefisien menyatakan perbandingan volume.

$$V \text{ NH}_3 = \frac{\text{Koef. NH}_3}{\text{Koef. H}_2} \times V \text{ H}_2 = \frac{2}{3} \times 3 \text{ L} = 2 \text{ L}$$

2) Wujud Bukan Gas

Pada wujud gas berlaku Hukum Gay Lussac, bagaimana menentukan volume senyawa bila yang terlibat dalam reaksi tidak berwujud gas semua? Jika pereaksi dan hasil reaksi tidak berwujud gas semua, koefisien tidak menyatakan perbandingan volume, akan tetapi koefisien menyatakan perbandingan mol, sehingga volume harus diubah dulu dalam bentuk mol dengan rumus:

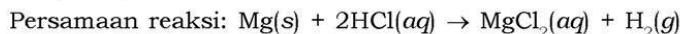
$$\text{Pada STP (1 atm, 0°C) : } V = n \times V_m$$

$$\text{Tidak STP : } P \times V = n \times R \times T$$

Contoh soal 4.17:

Sebanyak 48 gram magnesium direaksikan dengan asam klorida membentuk magnesium klorida dan gas hidrogen. Hitung volume gas hidrogen yang terbentuk pada STP! ($A_r \text{ Mg} = 24$, $H = 1$)

Penyelesaian:



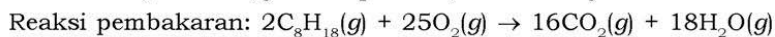
Wujud campuran padat, larutan, dan gas sehingga koefisien menyatakan perbandingan mol.

$$n \text{ Mg} = \frac{m \text{ Mg}}{M_m \text{ Mg}} = \frac{48 \text{ g}}{24 \text{ g mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 n_{H_2} &= \frac{\text{koef. } H_2}{\text{koef. } Mg} \times n_{Mg} = \frac{1}{1} \times 2 \text{ mol} = 2 \text{ mol} \\
 V_{H_2} &= n_{H_2} \times V_m = 2 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L mol}^{-1} \\
 &= 44,8 \text{ L}
 \end{aligned}$$

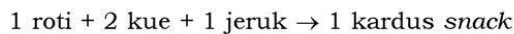
10. Pereaksi Pembatas

Pereaksi pembatas adalah pereaksi yang habis lebih dulu dibanding pereaksi yang lain. Pereaksi pembatas digunakan untuk menentukan zat-zat yang lain dalam reaksi. Dalam pereaksi pembatas ciri-cirinya adalah semua pereaksi diketahui salah satu, baik massa, volume, jumlah partikel, atau molnya.



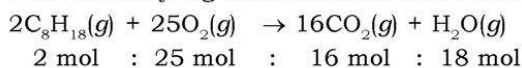
Persamaan reaksi tersebut menyatakan 2 mol C_8H_{18} tepat dibakar dengan 25 mol O_2 . Bagaimana jika 2 mol C_8H_{18} dibakar dengan 30 mol O_2 atau 5 mol C_8H_{18} dibakar dengan 25 mol O_2 ? Dapat dipastikan terdapat pereaksi yang sisa dan pereaksi yang habis. Pereaksi yang habis dulu inilah yang disebut **pereaksi pembatas**.

Penggambaran tentang pereaksi pembatas diumpamakan sebagai berikut:

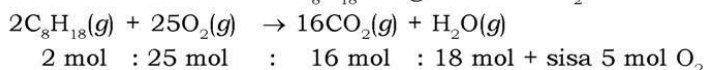


Satu kardus *snack* dapat dibentuk dari 1 roti, 2 kue, dan 1 jeruk, sehingga perbandingan roti : kue : jeruk = 1 : 2 : 1. Jika terdapat 10 roti, 20 kue, dan 10 jeruk, maka dapat diperoleh 10 kardus *snack*. Bagaimana jika terdapat 11 roti, 16 kue, dan 10 jeruk, berapa kardus *snack* dapat diperoleh? Dengan 11 roti, 16 kue, dan 10 jeruk dapat membentuk 8 kardus *snack* dan terdapat sisa 3 roti dan 2 jeruk, sedangkan kue habis semua, maka dapat dikatakan kue sebagai pereaksi pembatas.

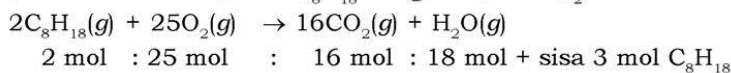
Pada reaksi yang telah disebutkan di atas:



Jika direaksikan 2 mol C_8H_{18} dengan 30 mol O_2 maka:



Jika direaksikan 5 mol C_8H_{18} dengan 25 mol O_2 maka:



Perhitungan pereaksi pembatas, misalnya: A direaksikan dengan B membentuk C menurut persamaan reaksi:



a , b , dan c adalah koefisien reaksi, sedangkan A dan B adalah pereaksi dan C adalah hasil reaksi. Jika A dan B kedua-duanya diketahui salah satu baik massa, mol, jumlah partikel, atau volumenya maka salah satu sebagai pereaksi pembatas. Pereaksi pembatas dapat dicari dengan mengubah yang diketahui menjadi mol, kemudian membaginya dengan koefisien masing-masing.

Jika $\frac{n A}{a} < \frac{n B}{b}$ maka A sebagai pereaksi pembatas, dan

jika $\frac{n A}{a} > \frac{n B}{b}$ maka B sebagai pereaksi pembatas.

Contoh soal 4.18:

Gas amonia sebanyak 2,24 L (STP) direaksikan dengan 3,2 gram gas oksigen. Reaksinya: $\text{NH}_3(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{NO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
($A_r \text{ N} = 14$, $\text{H} = 1$, $\text{O} = 16$)

Tentukan:

- Persamaan reaksi setara!
- Pereaksi pembatas!
- Massa pereaksi tersisa!
- Volume NO yang terbentuk pada STP!

Penyelesaian:

a. Persamaan reaksi setara: $4\text{NH}_3(g) + 5\text{O}_2(g) \rightarrow 4\text{NO}(g) + 6\text{H}_2\text{O}(g)$

b. $n \text{ NH}_3 = \frac{2,24 \text{ L}}{22,4 \text{ L mol}^{-1}} = 0,1 \text{ mol}$

$n \text{ O}_2 = \frac{3,2 \text{ g}}{32 \text{ g mol}^{-1}} = 0,1 \text{ mol}$

$\frac{0,1 \text{ mol}}{4} > \frac{0,1 \text{ mol}}{5}$, karena $\frac{n \text{ NH}_3}{4} > \frac{n \text{ O}_2}{5}$ maka 0,1 mol O_2 sebagai pereaksi pembatas.

c. Gas O_2 sebagai pereaksi pembatas, sehingga NH_3 terdapat sisa.

$n \text{ NH}_3 \text{ yang bereaksi} = \frac{\text{Koef. NH}_3}{\text{Koef. O}_2} \times n \text{ O}_2 = \frac{4}{5} \times 0,1 \text{ mol} = 0,08 \text{ mol}$

$$n \text{ NH}_3 \text{ sisa} = n \text{ NH}_3 \text{ awal} - n \text{ NH}_3 \text{ yang bereaksi} \\ = (0,1 - 0,08) \text{ mol} = 0,02 \text{ mol.}$$

$$m \text{ NH}_3 \text{ sisa} = n \text{ NH}_3 \text{ sisa} \times M_m \\ = 0,02 \text{ mol} \times (1 \times 14 + 3 \times 1) \text{ g mol}^{-1} \\ = 0,02 \text{ mol} \times 17 \text{ g mol}^{-1} = 0,34 \text{ gram}$$

$$\text{d. } n \text{ NO} = \frac{\text{Koef. NO}}{\text{Koef. O}_2} \times n \text{ O}_2 = \frac{4}{5} \times 0,1 \text{ mol} = 0,08 \text{ mol}$$

$$V \text{ NO (STP)} = n \text{ NO} \times V_m = 0,08 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L mol}^{-1} = 1,792 \text{ L}$$

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan akademik** dan menumbuhkan semangat **kewirausahaan** kalian!

Tugas 4.11

- Logam aluminium sebanyak $3,01 \times 10^{23}$ molekul direaksikan dengan asam sulfat membentuk aluminium(III) sulfat dan gas hidrogen. Hitung:
 - Jumlah molekul asam sulfat dan aluminium(III) sulfat!
 - Massa gas hidrogen yang terbentuk!
- Gas metana dibakar sempurna dengan 1,12 L gas oksigen, menghasilkan gas karbon dioksida dan uap air. Hitunglah:
 - Volume gas metana yang dibakar!
 - Volume gas karbon dioksida yang dihasilkan!
 - Massa uap air yang terbentuk!
- Logam natrium sebanyak 0,46 gram dimasukkan dalam air, bereaksi menghasilkan larutan natrium hidroksida dan gas hidrogen. Berapakah:
 - Volume gas hidrogen (STP)?
 - Volume gas hidrogen bila pada keadaan tertentu 3 mol gas oksigen bervolume 5 L?
 - Volume gas hidrogen bila pada keadaan tertentu 7,1 gram gas Cl_2 bervolume 10 L?
 - Jumlah partikel natrium hidroksida?
 - Massa air yang dibutuhkan?
- Sebanyak 2,4 gram logam magnesium terbakar sempurna dengan 2,24 L oksigen (STP) menghasilkan magnesium oksida, tentukan:
 - Pereaksi pembatas dan jumlah mol masing-masing pereaksi yang bereaksi!

- b. Jumlah mol pereaksi yang tersisa!
 - c. Massa magnesium oksida yang terbentuk!
5. Seorang penambang bijih aluminium (Al_2O_3) menemukan 1 kg bijih aluminium. Jika harga logam aluminium murni Rp 10.000,00, maka:
- a. Berapa gram logam aluminium murni yang dapat diperoleh?
 - b. Berapa rupiah uang yang diperoleh penambang tersebut jika bijih aluminium tersebut dijual?

Rangkuman

1. Hukum Lavoisier menyatakan massa sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.
2. Hukum Proust menyatakan perbandingan massa unsur-unsur penyusun senyawa adalah tertentu dan tetap.
3. Hukum Dalton menyatakan dua unsur yang dapat membentuk dua senyawa atau lebih, jika massa salah satu unsur dalam kedua senyawa sama, maka perbandingan massa unsur satunya dalam kedua senyawa tersebut berbanding bulat dan sederhana.
4. Gay Lussac menyimpulkan pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana.
5. Avogadro menyatakan pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas yang bervolume sama mengandung jumlah molekul yang sama.
6. Satu mol didefinisikan sebagai jumlah partikel yang jumlahnya sama dengan jumlah partikel dalam 12 gram C - 12.
7. Kadar unsur dalam suatu senyawa dinyatakan dalam %.
8. Rumus empiris adalah rumus yang menyatakan perbandingan paling sederhana dari atom-atom yang bergabung membentuk senyawa, sedangkan rumus molekul adalah rumus kimia yang menunjukkan jumlah atom yang bergabung membentuk senyawa.
9. Pereaksi pembatas adalah pereaksi yang dalam reaksinya habis terlebih dulu.

Uji Kompetensi

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

- Penerapan Hukum Lavoisier di dalam reaksi kimia:
 $A + 2B \rightarrow C + 3D$, adalah
A. massa A = massa C
B. massa B = massa D
C. massa A + 2B = massa C + 3D
D. massa A + B = massa C + D
E. massa A, B, C, dan D adalah sama
- Perbandingan massa magnesium dan belerang adalah 2 : 1, jika direaksikan 11 gram magnesium dengan 5 gram belerang, maka magnesium sulfida yang terbentuk sebanyak
A. 5 gram
B. 11 gram
C. 15 gram
D. 16 gram
E. 21 gram
- Suatu percobaan direaksikan A dengan B membentuk AB, datanya berikut ini:

No.	Massa A (gram)	Massa B (gram)	Massa AB (gram)
1.	1	3	4
2.	2	6	8
3.	3	11	12
4.	4	9	12

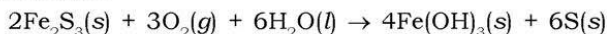
Berdasarkan data tersebut, perbandingan massa A dengan B dalam senyawa AB adalah

- 1 : 1
2 : 1
3 : 1
4 : 1
 - 1 : 2
2 : 3
3 : 4
4 : 5
- Nitrogen dan oksigen dapat membentuk senyawa NO dan NO₂, jika massa N dalam NO dan NO₂ adalah sama dan massa O dalam NO sebesar 5 gram. Massa O pada NO₂ adalah
A. 2,5 gram
B. 5 gram
C. 7,5 gram
D. 10 gram
E. 12,5 gram

5. Suatu reaksi (belum setara): $\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g)$, jika gas CO yang direaksikan bervolume 10 mL. Volume O_2 dan CO_2 berturut-turut adalah
 A. 5 mL dan 10 mL D. 10 mL dan 15 mL
 B. 10 mL dan 5 mL E. 5 mL dan 5 mL
 C. 10 mL dan 10 mL
6. Pada soal nomor 5, perbandingan molekul $\text{CO} : \text{O}_2 : \text{CO}_2$ adalah
 A. 2 : 1 : 1 D. 1 : 2 : 1
 B. 1 : 2 : 2 E. 2 : 1 : 2
 C. 2 : 2 : 3
7. Suatu asam cuka (CH_3COOH) 0,01 mol mengandung atom karbon sebanyak
 A. $6,02 \times 10^{21}$ atom D. $1,204 \times 10^{22}$ atom
 B. $6,02 \times 10^{20}$ atom E. $1,204 \times 10^{21}$ atom
 C. $1,204 \times 10^{20}$ atom
8. Senyawa $\text{A}_x\text{B}_y\text{C}_z$ mempunyai massa 10 gram, jika massa atom relatif $\text{A} = p$, $\text{B} = q$, dan $\text{C} = r$, maka jumlah mol zat tersebut
 A. $\frac{xp + yq + zr}{10}$ mol D. $\frac{10}{xp + yq + zr}$ mol
 B. $10 \left[\frac{x}{p} + \frac{y}{q} + \frac{z}{r} \right]$ mol E. $\frac{10xyz}{pqr}$
 C. $10 (xp + yq + zr)$ mol
9. Selisih volume 0,16 gram gas metana pada keadaan 4 atm, 27°C dengan volume pada keadaan standar adalah
 A. 0,16 L D. 0,28 L
 B. 0,224 L E. 0,08 L
 C. 0,06 L
10. Satu molekul kafein ($M_r = 194$) yang terdapat dalam kopi dan teh mengandung 28,9% nitrogen. Jumlah atom nitrogen dalam 5 molekul kafein adalah ($A_r \text{ N} = 14$)
 A. 4 D. 20
 B. 10 E. 30
 C. 15
11. Rumus kimia di bawah ini termasuk rumus empiris adalah
 A. P_4H_{10} D. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 B. C_4H_8 E. C_6H_{14}
 C. CH_2O

12. Senyawa mengandung 75% C dan 25% H, bila diketahui 11,2 L (STP) senyawa tersebut beratnya 8 gram, maka rumus molekul senyawa tersebut
- A. C_4H_{10} D. C_2H_4
 B. C_2H_6 E. C_2H_2
 C. CH_4
13. Besi(III) oksida sebanyak 16 gram direduksi dengan karbon:
- $$Fe_2O_3(s) + C(s) \rightarrow Fe(s) + CO_2(g)$$
- Volume gas CO_2 yang terbentuk pada STP adalah
 (A_r Fe = 56, O = 16)
- A. 2,24 L D. 8,42 L
 B. 3,36 L E. 11,2 L
 C. 6,72 L
14. Pembakaran sempurna 32 gram cuplikan belerang menghasilkan 48 gram belerang trioksida. Kadar belerang dalam cuplikan adalah (A_r S = 32, O = 16)
- A. 30% D. 75%
 B. 45% E. 90%
 C. 60%
15. Gas etana (C_2H_6) dibakar sempurna dengan 7 mL gas oksigen, maka volume gas etana, gas karbon dioksida dan uap air berturut-turut adalah
- A. 6 mL, 4 mL, 2 mL D. 2 mL, 4 mL, 6 mL
 B. 4 mL, 2 mL, 6 mL E. 7 mL, 7 mL, 7 mL
 C. 6 mL, 2 mL, 4 mL
16. Pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon C_xH_y sebanyak 10 L menghasilkan 20 L karbon dioksida dan 10 L uap air. Harga x dan y adalah
- A. 1 dan 4 D. 2 dan 6
 B. 2 dan 4 E. 3 dan 3
 C. 2 dan 2
17. $Na_2SO_4 \cdot xH_2O$ seberat 11,6 gram dipanaskan, reaksinya:
- $$Na_2SO_4 \cdot xH_2O \rightarrow Na_2SO_4 + xH_2O$$
- Jika dihasilkan 7,1 gram Na_2SO_4 , harga x adalah
 (A_r Na = 23, S = 32, O = 16)
- A. 2 D. 7
 B. 3 E. 10
 C. 5
18. Satu ton besi murni diperoleh dari bijih besi yang mengandung 90% Fe_2O_3 , maka bijih besi yang diperlukan (A_r Fe = 56, O = 16)
- A. 1,59 ton D. 2,54 ton
 B. 1,43 ton E. 3,65 ton
 C. 2,86 ton

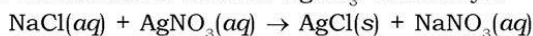
19. Pada reaksi:



Jika 2 mol Fe_2S_3 , 2 mol O_2 , dan 3 mol H_2O direaksikan, akan dihasilkan

- A. 3 mol $\text{Fe}(\text{OH})_3$ D. 4 mol $\text{Fe}(\text{OH})_3$
B. 8 mol S E. 6 mol S
C. 2 mol $\text{Fe}(\text{OH})_3$

20. Penentuan kadar Cl ($A_r = 35,5$) dalam garam dapur dilakukan dengan melarutkan 15 gram garam dapur dalam air dan ditambahkan larutan AgNO_3 . Reaksinya:



Berat endapan AgCl ($M_r = 143,5$) yang dihasilkan 28,7 gram, maka kadar Cl dalam garam dapur adalah

- A. 47,3% D. 4,7%
B. 23,7% E. 2,4%
C. 11,8%

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

- Logam magnesium seberat 24,3 gram dapat dibakar dengan 16,0 gram oksigen membentuk 40,3 gram magnesium oksida. Jika 24,3 gram magnesium dibakar dengan 80,0 gram oksigen.
 - Berapakah massa yang tersisa setelah reaksi?
 - Berapakah massa magnesium oksida yang terbentuk?
 - Hukum kimia apa yang digunakan dalam reaksi itu? Jelaskan!
- Wahyu melaksanakan praktikum di laboratorium, ia memanaskan 1,000 gram seng dengan 0,200 gram belerang dalam kurs tertutup. Diperoleh 0,608 gram seng sulfida dan terdapat seng yang tidak bereaksi sebanyak 0,592 gram. Apakah hasil percobaannya tersebut sesuai dengan Hukum Kekekalan Massa? Jelaskan!
- Suatu penelitian tentang suatu sampel yang mengandung karbon dan hidrogen, diperoleh massa karbon dan hidrogen hasil analisis sebagai berikut:

Sampel	Massa Sampel	Massa Karbon	Massa Hidrogen
1.	1,000 g	0,625 g	0,0419 g
2.	1,549 g	0,968 g	0,0649 g
3.	0,988 g	0,618 g	0,0414 g

Apakah senyawa tersebut merupakan senyawa murni? Jelaskan!

4. Fenol terdiri atas 76,57 g karbon, 6,43 g hidrogen dan 17,00 g oksigen, tentukan rumus empiris senyawa fenol!
5. Lambang atom helium adalah ${}^4_2\text{He}$.
 - a. Berapakah nomor massa helium?
 - b. Berapakah massa atom relatif helium?
 - c. Apakah perbedaan antara nomor massa dan massa atom relatif helium?
6. Nyatakanlah reaksi kimia di bawah ini dalam bentuk kalimat!
 - a. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - b. $2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$
 - c. $2\text{Al}(\text{s}) + 6\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
7. Suatu hidrat (senyawa yang mengandung air) mempunyai komposisi 4,33% Li, 22,10% Cl, 39,89% O, dan 33,69% H_2O , tentukan rumus empiris senyawa tersebut!
8. Kerosin adalah senyawa hidrokarbon bahan bakar pesawat terbang. Diasumsikan pembakaran kerosin merupakan pembakaran $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$.

Reaksinya: $\text{C}_{14}\text{H}_{30}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Berapa gram karbon dioksida yang dihasilkan pada pesawat yang menggunakan 1 galon (3,785 L) kerosin?
9. Kapur yang digunakan di sekolah, biasanya campuran batu kapur (CaCO_3) dan gips (CaSO_4). Batu kapur bereaksi dengan asam klorida, sedangkan gips tidak bereaksi.

Reaksinya: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

 - a. Sebatang kapur yang beratnya 5,05 g mengandung 72,0% CaCO_3 , hitung massa CO_2 yang dihasilkan sebatang kapur bila bereaksi dengan HCl!
 - b. Tentukan kadar CaCO_3 dalam sebatang kapur yang menghasilkan 1,31 g CO_2 !
10. Boron trifluorida seberat 0,496 mol dengan 0,313 mol air menghasilkan asam borat (H_3BO_3) dan borak fluorida (HBF_4). Tentukan pereaksi pembatas dan berapa mol HBF_4 dapat dihasilkan?

Latihan Semester I

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Konsep penyusunan unsur-unsur yang dikenal Hukum Oktaf dikemukakan oleh
A. Dobereiner
B. Lothar Meyer
C. Newlands
D. Mendeleyev
E. Niels Bohr
2. Unsur X dengan nomor atom 19 dalam tabel periodik terletak pada
A. periode 1 golongan IVA
B. periode 3 golongan IA
C. periode 4 golongan IA
D. periode 4 golongan IB
E. periode 4 golongan VIIIA
3. Di antara unsur-unsur di bawah ini yang elektronegativitasnya paling besar adalah
A. $^{33}_{33}\text{As}$
B. $^{51}_{51}\text{Sb}$
C. $^{34}_{34}\text{Se}$
D. $^{52}_{52}\text{Te}$
E. $^{30}_{30}\text{Zn}$
4. Pasangan unsur-unsur berikut ini yang memiliki elektron valensi sama, yaitu
A. ^3_3Li dan $^{13}_{13}\text{Al}$
B. $^{12}_{12}\text{Mg}$ dan $^{30}_{30}\text{Zn}$
C. $^{14}_{14}\text{N}$ dan $^{17}_{17}\text{Cl}$
D. $^{11}_{11}\text{Na}$ dan $^{19}_{19}\text{K}$
E. ^5_5B dan $^{21}_{21}\text{Sc}$
5. Unsur X dan Y masing-masing mempunyai 1 dan 6 elektron valensi. Rumus dan jenis ikatan yang dapat terbentuk adalah
A. XY, kovalen
B. XY, ionik
C. X_2Y , kovalen
D. X_2Y , ionik
E. Y_2X , ionik

6. Jika (1) = ikatan ion, (2) = ikatan kovalen, dan (3) = ikatan kovalen koordinasi, maka dalam HNO_3 terdapat ikatan
- (1) saja
 - (1) dan (2)
 - (1) dan (3)
 - (2) dan (3)
 - (1), (2), dan (3)
7. Molekul di bawah ini yang paling polar adalah
- HF
 - NH_3
 - HCl
 - CH_4
 - H_2O
8. Rumus kimia dari besi(III) karbonat adalah
- $\text{Fe}_3(\text{CO}_3)_2$
 - $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$
 - FeCO_3
 - $\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$
 - FeCl_3
9. $a \text{ Al} + b \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow c \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 + d \text{ H}_2$, koefisien reaksinya adalah
- $a = 3, b = 3, c = 1, d = 2$
 - $a = 2, b = 2, c = 3, d = 1$
 - $a = 2, b = 3, c = 1, d = 3$
 - $a = 3, b = 2, c = 1, d = 3$
 - $a = 2, b = 3, c = 2, d = 2$
10. Jika diketahui ion pembentuk senyawa adalah Al^{3+} , Cu^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , maka rumus kimia yang benar adalah
- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| A. Al_2SO_4 | D. CuSO_4 |
| B. $\text{Al}(\text{PO}_4)_2$ | E. $\text{Al}_3(\text{NO}_3)_2$ |
| C. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_3$ | |
11. Perbandingan massa kalsium dengan oksigen dalam kalsium oksida adalah 5 : 2. Jika direaksikan 10 gram kalsium dengan 5 gram oksigen hingga bereaksi sempurna, maka pada akhir reaksi terbentuk
- 14 gram kalsium oksida
 - sisa 5 gram kalsium dan 3 gram oksigen
 - sisa 5 gram kalsium
 - sisa 1 gram kalsium
 - sisa 3 gram oksigen

12. Pada suhu dan tekanan yang sama 4 liter gas butana (C_4H_{10}) dibakar sempurna menurut reaksi:



Volume gas CO_2 yang terjadi sebanyak . . .

- A. 4 liter
 - B. 12 liter
 - C. 16 liter
 - D. 25 liter
 - E. 36 liter
13. Sebanyak x gram FeS ($M_r = 88$) direaksikan dengan asam klorida menurut reaksi:



Pada akhir reaksi diperoleh 8 liter gas H_2S . Jika pada keadaan tersebut satu mol gas H_2S bervolume 20 liter, maka nilai x adalah . . .

- A. 8,8
 - B. 17,6
 - C. 26,4
 - D. 35,2
 - E. 44,0
14. Pada pembakaran sempurna 0,29 gram suatu senyawa diperoleh 0,66 gram CO_2 dan 0,27 gram H_2O (A_r C = 12, O = 16). Senyawa tersebut adalah . . .

- A. $C_2H_4O_2$
- B. C_2H_4O
- C. C_3H_8O
- D. C_3H_6O
- E. C_2H_6O

15. Gas x sebanyak 0,20 gram menempati volume 440 mL. Jika 0,10 gram gas CO_2 pada P dan T yang sama menempati volume 320 mL, maka gas x tersebut adalah . . .

(A_r C = 12, N = 14, O = 16, S = 32)

- A. O_2
- B. SO_2
- C. NO_2
- D. SO_3
- E. NO

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

1. Jelaskan teori atom Dalton!
2. Apa perbedaan antara ikatan kovalen dan ikatan kovalen koordinasi?
3. Setarakan persamaan reaksi di bawah ini!
 - a. $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{As}_2\text{S}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - b. $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
 - c. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4. Jika ketahui massa atom relatif besi = 56 dan oksigen = 16. Tentukan perbandingan massa besi dengan oksigen dalam besi(III) oksida! Berapa gram besi yang diperlukan untuk membuat 50 gram besi(III) oksida?
5. Sebanyak 4,6 gram natrium dilarutkan dalam air menghasilkan gas, sesuai reaksi:
$$\text{Na(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{NaOH(s)} + \text{H}_2\text{(g)}.$$
 - a. Berapa gram NaOH yang terbentuk?
($A_r \text{ Na} = 23, \text{ O} = 16, \text{ H} = 1$)
 - b. Berapa liter gas H_2 yang terbentuk (STP)?

Bab V

Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

Sumber gambar: CD Image

Tujuan Pembelajaran:

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat mengidentifikasi sifat-sifat larutan nonelektrolit dan elektrolit sebagai penghantar arus listrik.

Untuk mempermudah mempelajari bab ini, perhatikan **peta konsep** berikut!



Dalam bab ini, kalian akan menemukan beberapa **kata kunci**, antara lain:

1. Larutan
2. Elektrolit
3. Nonelektrolit
4. Senyawa ion
5. Senyawa kovalen



Apakah kalian sering membuat segelas teh yang manis? Untuk menambah rasa manis diberikan beberapa sendok gula pasir lalu diaduk hingga larut semua. Air teh atau susu merupakan salah satu contoh larutan. Gula pasir merupakan zat terlarut dalam air teh tersebut. Dapatkah kalian melihat gula pasir dalam larutan tersebut?

Larutan merupakan sebutan/istilah yang lazim digunakan untuk menyatakan suatu bentuk campuran zat yang homogen. Di alam, kebanyakan reaksi berlangsung dalam larutan air (pelarutnya air). Sebenarnya larutan ada juga yang berbentuk gas maupun padat. Contoh larutan yang berbentuk gas adalah udara bebas yang kita hirup setiap saat, yang merupakan campuran dari berbagai jenis gas, terutama gas nitrogen dan gas oksigen. Contoh larutan yang berbentuk padat adalah kuningan yang merupakan paduan dari seng dan tembaga.

Suatu larutan terdiri atas zat pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solute*). Pada larutan gula di atas, air merupakan zat pelarutnya, sedangkan gula pasir merupakan zat terlarutnya. Dalam larutan kita tidak lagi dapat membedakan partikel zat terlarut dan pelarut. Pelarut merupakan komponen dengan jumlah lebih banyak, sedangkan zat terlarut jumlahnya lebih kecil. Larutan dapat bersifat sebagai penghantar arus listrik, khususnya larutan dalam wujud cair dengan pelarut air.

A. Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

Pernahkah kalian melihat seseorang mencari ikan dengan cara *menyetrum*? Apa yang terjadi setelah beberapa saat ujung alat yang telah dialiri listrik itu dicelupkan ke dalam air sungai? Ternyata, ikan-ikan yang berada di sekitar alat itu terkena aliran listrik, kemudian mati. Apakah air dapat menghantar listrik?

Air murni adalah penghantar listrik yang sangat buruk, tetapi jika dilarutkan garam dapur, maka larutan ini dapat menghantar arus listrik. Sebaliknya, jika ke dalam air dilarutkan gula tebu, ternyata daya hantar larutan tidak berbeda dengan air murni.

Bagaimana cara mengetahui apakah suatu larutan merupakan larutan elektrolit atau nonelektrolit? Untuk mengetahuinya, kalian dapat melakukan kegiatan berikut yang akan menumbuhkan **etos kerja**, mengembangkan **kecakapan sosial** dan **vokasional** kalian!

Kegiatan

Daya Hantar Listrik Larutan

Tujuan:

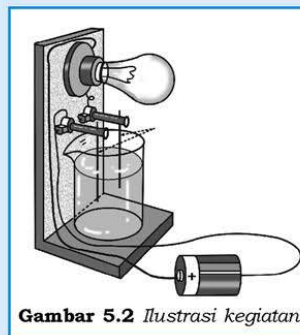
Menguji daya hantar listrik beberapa larutan serta mengamati gejala berlangsungnya hantaran arus listrik.

Alat:

1. Seperangkat alat uji elektrolit dengan sumber arus baterai (9 V) dan elektroda grafit
2. Gelas kimia

Bahan:

1. Larutan CH_3COOH 1 M
2. Larutan NH_4OH 1 M
3. Larutan NaOH 1 M
4. Larutan HCl 1 M
5. Akuades
6. Larutan NaCl 1 M
7. Larutan gula 10%
8. Larutan urea 10%
9. Larutan alkohol 10%



Gambar 5.2 Ilustrasi kegiatan

Cara Kerja:

1. Masukkan akuades (air suling) ke dalam gelas kimia hingga terisi $\frac{3}{4}$ nya. Ujilah daya hantar akuades ini dengan menyambungkan alat dengan sumber arus. Jika lampu pada alat uji tidak menyala, maka alat dapat digunakan untuk menguji larutan lainnya. Jika lampu menyala (walaupun redup), maka alat perlu dibersihkan lagi (terutama pada elektroda dan gelas kimia).
2. Masukkan tiap-tiap larutan ke dalam gelas alat uji hingga terisi $\frac{3}{4}$ nya. Jika memungkinkan, sebaiknya percobaan untuk beberapa larutan dilakukan secara bersamaan sehingga dapat diamati dan dibandingkan gejala hantaran arus listrik yang terjadi.
3. Jika tidak memungkinkan, maka setiap kali setelah menguji daya hantar listrik suatu larutan, gelas dan elektroda pada alat uji harus dibersihkan terlebih dahulu dengan akuades lalu dilap hingga kering sebelum digunakan untuk menguji larutan berikutnya.
4. Amati perubahan yang terjadi, intensitas nyala lampu (terang, redup, atau tidak menyala) dan gejala yang terjadi di sekitar elektroda yang tercelup dalam larutan (ada gelembung gas atau tidak).
5. Mencatat perubahan yang terjadi tersebut dalam tabel pengamatan.

Hasil Pengamatan:

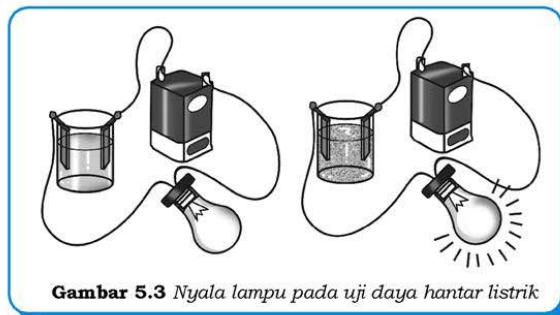
No.	Larutan Uji	Bola Lampu (Menyala/ Tidak)	Gelembung Gas (Ada/ Tidak ada)	Keterangan
1.	Gula	.....	.....	.....
2.	Urea	.....	.....	.....
3.	Alkohol	.....	.....	.....
4.	CH_3COOH}	.....	.....	.....
5.	NH_4OH}	.....	.....	.....
6.	HCl	.....	.....	.....
7.	NaOH	.....	.....	.....
8.	NaCl	.....	.....	.....

Pertanyaan:

1. Berdasarkan hasil percobaan, sebutkan gejala-gejala apa saja yang menandai berlangsungnya hantaran arus listrik pada larutan!
2. Kelompokkan larutan uji tersebut ke dalam kelompok larutan yang dapat menghantarkan arus listrik (larutan elektrolit) dan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik (larutan nonelektrolit)!

Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan dapat dibedakan menjadi dua, yakni larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut **larutan elektrolit**, sedangkan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik disebut **larutan nonelektrolit**. Tanah maupun air limbah mengandung berbagai jenis elektrolit sehingga genangan air, air sungai, atau air selokan dapat menghantarkan listrik.

B. Ciri-ciri Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit



Gambar 5.3 Nyala lampu pada uji daya hantar listrik

Berdasarkan hasil kegiatan sebelumnya, kalian tentu sudah dapat menentukan jenis larutan berdasarkan daya hantar listriknya, larutan mana yang bersifat elektrolit dan larutan mana yang bersifat nonelektrolit. Kalian juga pasti sudah dapat menentukan gejala apa yang akan terjadi pada alat uji ketika suatu larutan dialiri arus listrik, baik gejala untuk larutan elektrolit maupun larutan nonelektrolit.

Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik memberikan gejala berupa menyalanya lampu pada alat uji dan atau timbulnya gelembung gas pada elektroda yang tercelup dalam larutan, sehingga larutan yang menunjukkan gejala-gejala tersebut pada pengujian daya hantar tergolong sebagai larutan elektrolit. Sebaliknya larutan yang tidak menunjukkan adanya gejala-gejala tersebut, berarti larutan tersebut tidak dapat menghantarkan arus listrik dan digolongkan sebagai larutan nonelektrolit.

Tabel Hasil Pengujian Daya Hantar Listrik

Larutan	Nyala Lampu			Gelembung Gas	
	Terang	Redup	Tidak Menyala	Ada	Tidak ada
Larutan urea	-	-	✓	-	✓
Larutan amonia	-	✓	-	✓	-
Larutan HCl	✓	-	-	✓	-
Larutan cuka	-	✓	-	✓	-
Larutan H_2SO_4	✓	-	-	✓	-
Larutan alkohol	-	-	✓	-	✓
Air laut	✓	-	-	✓	-
Larutan H_2S	-	✓	-	✓	-
Air kapur	✓	-	-	✓	-
Larutan glukosa	-	-	✓	-	✓

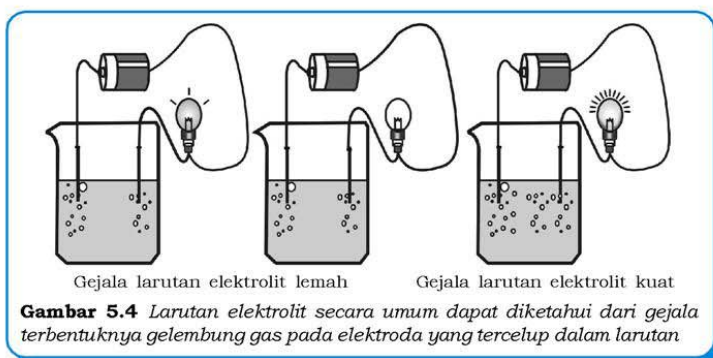
Dari hasil pengujian pada tabel hasil pengujian daya hantar listrik tersebut, dapat disimpulkan bahwa larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, yaitu larutan amonia, larutan HCl, larutan cuka, larutan H_2SO_4 , air laut, air kapur, dan larutan H_2S , sedangkan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, di antaranya adalah larutan urea, larutan alkohol, dan larutan glukosa.

C. Jenis Larutan Berdasarkan Daya Hantar Listriknya

Perhatikan kembali data larutan yang bersifat elektrolit. Daya hantar larutan elektrolit bergantung pada jenis dan konsentrasinya. Larutan yang mempunyai daya hantar relatif baik walaupun konsentrasinya relatif rendah disebut **larutan elektrolit kuat**. Contoh larutan elektrolit kuat ini antara lain larutan HCl, H_2SO_4 ,

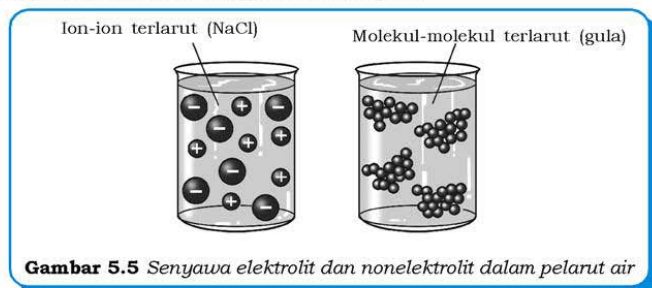
air laut, dan air kapur. Sebaliknya, larutan yang daya hantarnya buruk walaupun konsentrasinya relatif besar disebut **larutan elektrolit lemah**. Contoh larutan elektrolit lemah antara lain larutan amonia, larutan cuka, dan larutan H_2S .

Pada konsentrasi yang sama, larutan elektrolit kuat menghantarkan listrik lebih baik daripada larutan elektrolit lemah. Baik tidaknya daya hantar listrik suatu larutan dapat diketahui dari intensitas nyala lampu dan ada tidaknya gelembung gas. Ternyata ada larutan elektrolit yang memberikan gejala berupa menyalanya lampu pada alat uji dan ada pula yang tidak. Namun, semuanya menimbulkan gejala berupa adanya gelembung gas pada elektroda yang tercelup dalam larutan. Perhatikan Gambar 5.4! Apakah perbedaan dari ketiga gambar tersebut?



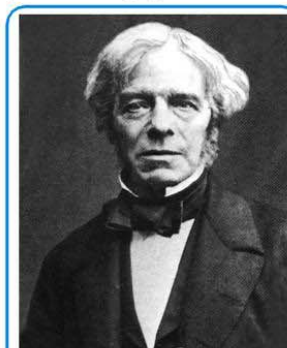
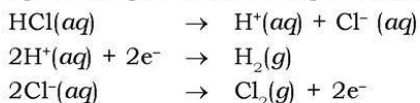
Larutan elektrolit kuat terbentuk dari senyawa elektrolit kuat yang terlarut dalam pelarut air. Senyawa elektrolit kuat dalam air terurai sempurna (atau hampir sempurna) membentuk ion positif (*kation*) dan ion negatif (*anion*). Misalnya senyawa elektrolit NaCl dalam pelarut air terurai menjadi ion-ionnya, yaitu Na^+ dan Cl^- . Sebagaimana kita ketahui bahwa arus listrik merupakan jumlah elektron per detik. Pada saat elektron-elektron dilewatkan ke dalam larutan elektrolit kuat, elektron tersebut dapat dihantarkan (dibawa) oleh ion-ion yang mampu bergerak bebas dalam larutannya tersebut seperti dihantarkan oleh kabel tembaga. Aliran arus listrik kemudian dapat diamati dan diketahui dari gejala berupa menyalanya lampu pada alat uji.

Pada larutan elektrolit lemah, walaupun terbentuk ion, tetapi ion-ion (kation dan anion) yang terbentuk jumlahnya sangat sedikit. Akibatnya, ion-ion tersebut tidak dapat menghantarkan elektron yang cukup banyak untuk dapat menyalakan lampu pada alat uji, dan hanya menimbulkan gelembung gas.



Larutan nonelektrolit terbentuk dari senyawa yang dilarutkan dalam air. Senyawa nonelektrolit dalam air tidak terionisasi, melainkan tetap dalam bentuk molekul, misalnya senyawa nonelektrolit gula dalam pelarut air. Oleh karena tidak ada ion-ion yang bermuatan, maka arus listrik tidak dapat dihantarkan. Hal ini menyebabkan aliran elektron yang menuju lampu menjadi terputus, sehingga lampu tetap tidak menyala.

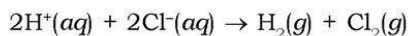
Bagaimana larutan elektrolit kuat atau elektrolit lemah dapat menimbulkan gejala berupa timbulnya gelembung gas? Larutan elektrolit mengandung partikel-partikel yang bermuatan (kation dan anion). Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh **Michael Faraday** (1791 – 1867), diketahui bahwa jika arus listrik dialirkan melalui suatu larutan elektrolit akan terjadi proses elektrolisis (*elektro* = listrik dan *lisis* = penguraian). Contoh proses elektrolisis yang terjadi pada larutan HCl akan menghasilkan gas hidrogen dan gas klorin sebagai berikut.



Sumber: Jendela Iptek 4

Gambar 5.6 Michael Faraday

Proses elektrolisis larutan HCl di atas dapat dituliskan sebagai berikut.



D. Senyawa Pembentukan Larutan Elektrolit

Mengapa larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan nonelektrolit tidak? Hantaran listrik melalui larutan dapat diterangkan dengan teori ion yang dikemukakan oleh **Svante August Arrhenius** (1859 – 1927) dari Swedia pada tahun 1887. Menurut Arrhenius, larutan elektrolit mengandung ion-ion yang bergerak bebas (kata **ion** berasal dari bahasa Yunani yang berarti pengembara). Ion-ion inilah yang menghantarkan arus listrik melalui larutan. Berkat hasil penelitiannya dalam menjelaskan sifat elektrolit larutan, ia mendapatkan hadiah nobel kimia pada tahun 1903.



Sumber: www.corrosion-doctors.org

Gambar 5.7 Svante August Arrhenius

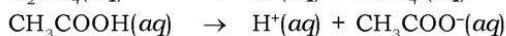
Senyawa apa saja yang dapat menghasilkan ion dalam larutannya? Berdasarkan pengamatan, senyawa yang dapat menghasilkan ion dalam larutannya dapat berupa senyawa ion atau senyawa kovalen polar.

Pada semester I, kalian sudah mempelajari bahwa sebagian besar unsur-unsur di alam terdapat dalam bentuk senyawanya. Senyawa itu terbentuk karena unsur-unsur itu saling berikatan. Cara unsur-unsur ini berikatan berbeda-beda, tergantung pada jenis unsurnya.

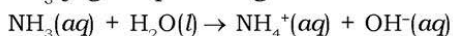
Senyawa ion adalah senyawa yang terbentuk dari ion melalui ikatan ionik. Ion-ion penyusun senyawa ion terdiri atas ion positif yang disebut **kation** dan ion negatif yang disebut **anion**. Jika senyawa ion dilarutkan dalam air, ion-ion tersebut akan terurai dan bergerak bebas sehingga larutan ini digolongkan ke dalam larutan elektrolit kuat. Apakah kristal (padatan) senyawa ion dapat menghantar listrik? Kristal (padatan) senyawa ion tidak dapat menghantar listrik, sebab walaupun kristal mengandung ion-ion tetapi ion-ion itu tidak dapat bergerak bebas. Akan tetapi, jika kristal itu dipanaskan hingga meleleh maka ion-ion dapat bergerak bebas. Jadi, lelehan senyawa ion juga dapat menghantarkan arus listrik. Contoh senyawa ion antara lain NaCl, KCl, dan CaO.

Senyawa kovalen ialah senyawa yang terdiri atas atom-atom (bukan ion) yang berikatan secara kovalen. Seperti diketahui, air tergolong pelarut polar. Oleh karena itu, antara molekul air dan molekul zat terlarut yang bersifat polar akan terdapat suatu gaya tarik-menarik yang cukup kuat sehingga dapat memutuskan salah satu ikatan membentuk ion-ion. Dengan perkataan lain, molekul senyawa kovalen polar dapat diuraikan oleh air (mengalami hidrolisis) membentuk ion-ion yang dapat bergerak bebas. Contoh elektrolit jenis ini adalah senyawa asam.

Contoh:

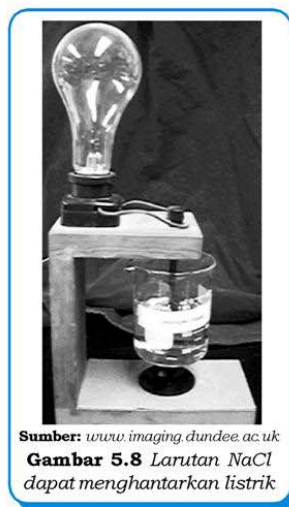


NH_3 juga dapat mengalami hidrolisis sebagai berikut.



Apakah lelehan senyawa kovalen juga dapat menghantar arus listrik? Oleh karena senyawa kovalen tidak dapat membentuk ion kecuali dalam larutannya (khusus senyawa kovalen polar dalam pelarut polar), maka tidak ada senyawa kovalen baik itu padatan/kristal maupun lelehannya yang dapat menghantar arus listrik sekalipun senyawa kovalen tersebut bersifat polar.

Senyawa ion dalam tiga jenis wujud memberikan gejala daya hantar listrik yang cukup unik. Senyawa ion dalam wujud kristal/padatan (A) tidak dapat menghantarkan arus listrik karena ion-ionnya tidak dapat bergerak bebas, sedangkan dalam bentuk lelehan (B) dan larutannya (C) senyawa ion dapat menghantarkan arus listrik dengan baik karena ion-ionnya dapat bergerak bebas.



Sumber: www.imaging.dundee.ac.uk
Gambar 5.8 Larutan NaCl dapat menghantarkan listrik

Kerjakan tugas berikut untuk menumbuhkan **keingintahuan**, mengembangkan **kecakapan personal**, dan **akademik** kalian!

Tugas

1. Identifikasilah senyawa berikut apakah larutannya termasuk elektrolit kuat, elektrolit lemah, atau nonelektrolit!
a. H_2O
b. KCl
c. HNO_3
d. CH_3COOH
e. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
2. Manakah dari senyawa berikut yang termasuk senyawa ion atau senyawa kovalen? Jelaskan!
a. KCl
b. HNO_3
c. CaCl_2
d. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
e. NaOH

Rangkuman

1. Larutan berdasarkan daya hantar listriknya dibedakan menjadi larutan elektrolit dan nonelektrolit. Larutan elektrolit ada yang kuat dan ada yang lemah.
2. Larutan elektrolit kuat, misalnya larutan NaCl , HCl , dan NaOH , sedangkan larutan elektrolit lemah, misalnya larutan CH_3COOH dan amonia. Alkohol, air murni, dan larutan glukosa termasuk larutan nonelektrolit.
3. Senyawa ion dalam bentuk lelehan dan larutan dapat menghantarkan arus listrik, contoh: NaCl , KCl , NaBr , NaOH , KI , dan MgCl_2 .
4. Senyawa kovalen baik polar maupun nonpolar dalam bentuk padat/lelehan tidak dapat menghantarkan arus listrik, tetapi senyawa kovalen polar jika terlarut dalam air akan menghantarkan arus listrik, misalnya: NH_4OH , CH_3COOH , HNO_3 , dan HClO_4 .
5. Larutan senyawa kovalen nonpolar tidak dapat menghantarkan arus listrik baik dalam bentuk lelehan maupun terlarut dalam air, misalnya urea dan glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

Uji Kompetensi

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Di antara pernyataan berikut tentang elektrolit yang menurut kalian tepat adalah
 - A. zat-zat yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion negatif dan ion positif
 - B. zat-zat yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi molekul-molekul
 - C. zat-zat yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi atom-atom
 - D. zat-zat yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi unsur-unsur
 - E. zat-zat yang jika dilarutkan dalam air dan dialiri listrik terurai menjadi gas
2. Berdasarkan hasil uji daya hantar listrik terhadap larutan A dan B diperoleh hasil sebagai berikut. Pada larutan A, lampu menyala dan terbentuk gelembung-gelembung gas. Pada larutan B, lampu tidak menyala dan tidak terbentuk gelembung-gelembung gas. Kesimpulan yang dapat ditarik dari data tersebut adalah
 - A. larutan A adalah nonelektrolit karena hanya menghasilkan gelembung gas
 - B. larutan B adalah elektrolit karena tidak menghasilkan gelembung gas
 - C. larutan A adalah nonelektrolit karena terurai menjadi ion-ion yang menyalakan lampu
 - D. larutan B adalah nonelektrolit karena tidak terurai menjadi ion-ion sehingga lampu tidak menyala
 - E. larutan A adalah elektrolit karena mudah larut dalam air

3. Pada uji daya hantar listrik terhadap beberapa larutan berikut, yang akan memberikan hantaran listrik terbesar jika volume larutannya sama adalah
 - A. 0,1 M HCl
 - B. 0,1 M H_2SO_4
 - C. 0,05 M H_2SO_4
 - D. 0,1 M CH_3COOH
 - E. 0,05 M CH_3COOH
4. Senyawa yang akan membentuk larutan nonelektrolit jika dilarutkan dalam air adalah
 - A. urea
 - B. garam dapur
 - C. amonia
 - D. cuka
 - E. kapur
5. Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena dalam larutannya terdapat
 - A. kation
 - B. anion
 - C. kation dan anion
 - D. molekul
 - E. pelarut
6. Pernyataan yang salah mengenai larutan gula adalah
 - A. termasuk larutan nonelektrolit
 - B. tidak terionisasi
 - C. dapat menghantarkan arus listrik
 - D. tidak ada kation dan anion
 - E. gula terdapat dalam bentuk molekul
7. Di antara larutan berikut, yang diharapkan menghantarkan listrik paling baik adalah
 - A. larutan urea
 - B. larutan asam cuka
 - C. larutan H_2SO_4
 - D. larutan garam dapur
 - E. larutan amonia
8. Larutan dari senyawa berikut yang termasuk elektrolit lemah adalah
 - A. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 - B. NH_4OH
 - C. H_2SO_4
 - D. CaO
 - E. HNO_3

9. Berikut ini data hasil pengujian daya hantar listrik dan gejalanya dari beberapa larutan.

Larutan	Pengamatan	
	Nyala Lampu	Gelembung Gas
1	Terang	Ada
2	Tidak menyala	Tidak ada
3	Redup	Ada
4	Tidak menyala	Tidak ada
5	Terang	Ada

Berdasarkan data tersebut, yang merupakan larutan elektrolit kuat adalah larutan nomor

- A. 3 dan 5
 B. 2 dan 3
 C. 1 dan 5
 D. 1 dan 4
 E. 2 dan 4
10. Berikut ini yang termasuk larutan elektrolit kuat adalah larutan
- A. susu
 B. gula
 C. urea
 D. garam dapur
 E. glukosa
11. Jika dilakukan pengujian daya hantar listrik, maka larutan yang akan menyebabkan lampu menyala dan menimbulkan gelembung gas adalah larutan
- A. $C_6H_{12}O_6$
 B. $CaCO_3$
 C. KCl
 D. CH_3COOH
 E. NH_4OH
12. Larutan yang jika diuji daya hantar listriknya menyebabkan lampu menyala redup dan membentuk gelembung gas adalah
- A. $C_6H_{12}O_6(aq)$
 B. $KOH(aq)$
 C. $NH_3COOH(aq)$
 D. $NaCl(aq)$
 E. $KCl(aq)$
13. Pasangan larutan berikut yang termasuk larutan elektrolit lemah, adalah
- A. jus jeruk nipis dan air cuka
 B. air asam jawa dan air cuka
 C. air garam dan air asam jawa
 D. air gula dan air cuka
 E. air cuka dan air garam

14. Data hasil uji larutan dari berbagai sumber air adalah sebagai berikut.

No.	Jenis Air	Nyala Lampu	Pembentukan Gelembung Gas
1.	Air murni	–	Lambat sekali
2.	Air laut	Terang	Cepat
3.	Air sungai	–	Agak cepat
4.	Air hujan	–	Lambat

Pernyataan yang tepat untuk data di atas adalah . . .

- air murni tergolong elektrolit paling lemah
 - daya hantar listrik air sungai lebih kecil daripada air hujan
 - daya hantar listrik air hujan paling lemah
 - air laut tergolong elektrolit lemah
 - air sungai tergolong elektrolit kuat
15. Dari suatu uji larutan elektrolit diperoleh data sebagai berikut.

Bahan	Rumus Zat	Nyala Lampu
Hidrogen klorida	HCl	Terang
Gula	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Tidak menyala
Asam cuka	CH_3COOH	Redup

Kekuatan larutan elektrolit yang sesuai dengan data di atas adalah . . .

- $CH_3COOH < C_{12}H_{22}O_{11} < HCl$
- $C_{12}H_{22}O_{11} < HCl < CH_3COOH$
- $HCl < CH_3COOH < C_{12}H_{22}O_{11}$
- $C_{12}H_{22}O_{11} < CH_3COOH < HCl$
- $CH_3COOH < HCl < C_{12}H_{22}O_{11}$

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

- Dapatkah senyawa berikut ini menghantarkan arus listrik jika dilarutkan dalam air? Jelaskan alasan kalian!
 - Kapur
 - Sari tebu
 - Garam beryodium

2. Air cuka dan HCl keduanya merupakan larutan elektrolit yang bersifat asam. Apakah kita dapat menggunakan HCl sebagai pengganti air cuka dalam makanan kita? Jelaskan!
3. Jika kalian diberikan suatu senyawa yang dapat larut dalam air, jelaskan bagaimana kalian menentukan apakah senyawa tersebut merupakan zat elektrolit atau nonelektrolit? Jika senyawa tersebut merupakan zat elektrolit, bagaimana kalian menentukan apakah ia termasuk elektrolit kuat atau elektrolit lemah?
4. Air hujan merupakan larutan elektrolit atau nonelektrolit? Jelaskan!
5. Air termasuk zat elektrolit yang sangat lemah, bahkan dalam uji daya hantar listrik ia tidak menunjukkan adanya gelembung gas yang merupakan tanda minimal suatu zat dapat menghantarkan arus listrik. Akan tetapi mengapa kita selalu dinasihati agar tidak menjalankan alat-alat listrik ketika tangan kita basah? Jelaskan!

Bab VI

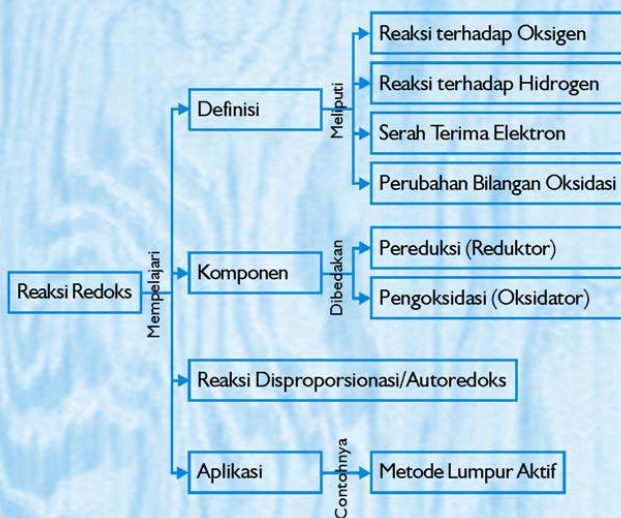
Reaksi Reduksi Oksidasi

Sumber gambar: www.imaging.dundee.ac.uk

Tujuan Pembelajaran:

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat menjelaskan perkembangan konsep reaksi oksidasi-reduksi, menentukan bilangan oksidasi, dan aplikasi reaksi redoks pada pengolahan air limbah.

Untuk mempermudah mempelajari bab ini, perhatikan **peta konsep** berikut!



Dalam bab ini, kalian akan menemukan beberapa **kata kunci**, antara lain:

1. Reduksi
2. Oksidasi
3. Oksidator
4. Reduktor
5. Biloks
6. Autoredoks



Sumber: www.bicorp.us

Gambar 6.1 Perkaratan logam merupakan reaksi redoks

Reaksi reduksi oksidasi atau biasa disebut reaksi **redoks** banyak terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Pernahkah kalian perhatikan paku yang berkarat, minyak goreng yang menjadi tengik, makanan menjadi basi, atau buah apel yang terbelah warna dagingnya menjadi kecokelatan? Semua itu terjadi secara spontan dan semuanya berlangsung di udara terbuka.

Apakah semua reaksi di atas karena kontak zat tersebut dengan udara? Apakah udara kita sedemikian kotor sehingga dapat merusak segala sesuatu yang berinteraksi dengannya? Ataukah ini akibat reaksi yang berlangsung antara zat dalam bahan tersebut dengan oksigen di udara? Memang oksigen merupakan salah satu bahan yang dapat mengoksidasi zat lain yang berinteraksi dengannya. Besi berkarat, ataupun minyak goreng yang menjadi tengik merupakan beberapa contoh reaksi redoks yang melibatkan oksigen. Selain oksigen masih banyak zat lain yang dapat mengoksidasi zat lain, di antaranya senyawa asam dan beberapa jenis logam.

A. Reaksi Reduksi dan Oksidasi

Pengertian reaksi reduksi dan oksidasi ada beberapa macam, antara lain sebagai berikut.

1. Reduksi – Oksidasi sebagai Reaksi Pengikatan dan Pelepasan Oksigen

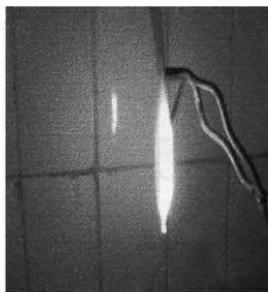
a. Oksidasi

Oksidasi adalah reaksi pengikatan oksigen oleh suatu zat.

Contoh:

- 1) Reaksi glukosa dengan oksigen
$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- 2) Oksidasi belerang oleh KClO_3 , reaksinya:
$$3\text{S}(\text{s}) + 2\text{KClO}_3(\text{aq}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{aq}) + 3\text{SO}_2(\text{g})$$

Sumber oksigen pada reaksi oksidasi disebut **oksidator**. Oksidator yang paling banyak digunakan adalah udara (O_2), tetapi dapat juga senyawa yang mudah melepaskan oksigen. Contoh senyawa oksidator antara lain: kalium klorat (KClO_3), kalium permanganat (KMnO_4), hidrogen peroksida (H_2O_2), asam nitrat (HNO_3), dan asam sulfat pekat (H_2SO_4).



Sumber: Dok. Penerbit

Gambar 6.2 Reaksi pembakaran kayu dan pita magnesium merupakan reaksi redoks

Dalam kehidupan sehari-hari kita juga sering mendengar istilah yang juga berarti oksidasi yaitu pembakaran dan pemanggangan. Pembakaran adalah oksidasi oleh udara yang disertai pembebasan banyak kalor, sehingga hasil reaksi (yang biasanya berupa gas) berpijar. Zat yang paling mudah terbakar adalah zat-zat yang mengandung unsur karbon, hidrogen, dan belerang.

Reaksi pembakaran merupakan sumber energi dalam rumah tangga maupun dalam industri dan transportasi. Bahan bakar fosil (batu bara, gas alam, dan minyak bumi) mengandung karbon atau senyawa hidrokarbon.

Pemanggangan digunakan untuk reaksi oksida sulfida-sulfida logam dengan memanaskannya bersama-sama dengan udara berlebihan. Pemanggangan menghasilkan oksida logam dan belerang dioksida.

Contoh:

- 1) Pemanggangan pirit (FeS_2)

$$4\text{FeS}_2(\text{s}) + 11\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 8\text{SO}_2(\text{g})$$
- 2) Pemanggangan ZnS

$$2\text{ZnS}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{ZnO}(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g})$$

Fokus

Oksidasi = Mengikat oksigen
 Reduksi = Melepas oksigen

b. Reduksi

Reduksi adalah pelepasan oksigen dari senyawa yang mengandung oksigen. Zat yang menarik/mengikat oksigen pada reaksi reduksi disebut **reduktor**. Reduktor yang banyak digunakan adalah karbon (C), karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), dan logam-logam aktif seperti natrium, magnesium, dan aluminium. Pada reaksi reduksi zat reduktor mengalami oksidasi.

Contoh:

- 1) Reduksi besi(III) oksida (Fe_2O_3) oleh karbon monoksida (CO)

$$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$$
- 2) Reduksi tembaga(II) oksida oleh gas hidrogen

$$\text{CuO}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
- 3) Reduksi krom(III) oksida (Cr_2O_3) oleh logam aluminium

$$\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 2\text{Cr}(\text{s})$$

Serba-serbi Kimia

Antioksidan

Pernahkah kalian **berpikir** mengapa para ahli kesehatan menyatakan bahwa buah-buahan segar dan sayuran segar dapat menjaga kesehatan dan dapat mencegah penuaan dini? Semua itu karena oksigen!!!

Sebagaimana kalian ketahui oksigen dapat membantu kita namun dapat pula membahayakan kita. Ia membantu kita dalam memproses makanan menjadi energi. Namun ia membahayakan kita karena ia dapat menyebabkan berlangsungnya reaksi oksidasi.

Oksidasi merupakan reaksi yang dapat merusak sel-sel tubuh sebagaimana yang terjadi pada besi yang berkarat. Kalian tentu sudah tahu apa jadinya jika besi dibiarkan di udara terbuka dan lembap. Besi itu akan berkarat karena teroksidasi.

Beberapa makanan kita mempunyai kemampuan untuk melindungi sel tubuh dari beberapa bahaya yang disebabkan oleh oksigen. Makanan ini mengandung bahan kimia yang disebut “antioksidan” seperti vitamin A, C, dan E. Antioksidan dapat menghambat reaksi oksidasi.

Antioksidan lainnya terdapat dalam blueberrie (sumber antioksidan terbanyak), jeruk, brokoli, wortel, semangka, kubis, apel, bayam, dan tomat.

Jeruk mengandung vitamin C yang dapat menghambat oksidasi yang terjadi pada daging irisan apel. Lakukanlah kegiatan sederhana ini untuk menunjukkan bagaimana efek yang ditimbulkan dari reaksi oksidasi oleh oksigen dan bagaimana jus jeruk dapat mempengaruhinya. Kegiatan ini dilakukan supaya kalian dapat **berpikir kritis** dan berkembang **kecakapan sosial** dan **vokasional** kalian.

Kegiatan

Uji Vitamin C sebagai Antioksidan

Tujuan:

Menguji peran vitamin C sebagai antioksidan dalam menghambat oksidasi terhadap daging buah apel.

Alat:

1. Pisau
2. Gelas

Bahan:

1. Vitamin C
2. Apel
3. Air suling

Catatan:

Larutan vitamin C murni dapat kalian buat sendiri dengan melarutkan 3 butir vitamin C ke dalam $\frac{1}{2}$ gelas air suling. Haluskan terlebih dahulu vitamin C tersebut agar lebih cepat larut.

Cara Kerja:

1. Buatlah dua buah irisan buah apel.
2. Segera setelah diperoleh dua buah irisan, lumuri irisan yang satu dengan larutan vitamin C, sedangkan yang lainnya tidak.

3. Biarkan kedua irisan tadi di udara terbuka selama 30 menit.
4. Amati perubahan warna pada permukaan kedua irisan apel tiap 5 menit dan catatlah hasil pengamatan kalian dalam tabel pengamatan.
5. Jika memungkinkan lakukan pula percobaan di atas dengan menggunakan vitamin C dari jus jeruk, jus tomat, atau jus wortel.

Hasil Pengamatan:

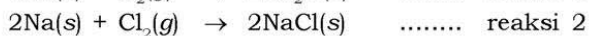
No.	Waktu (menit)	Perubahan Warna			
		Vitamin C Murni	Tanpa Vitamin C	Vitamin C dari Jeruk	Vitamin C dari Sumber Lain
1.	5	.....	.....	.....	.....
2.	10	.....	.....	.....	.....
3.	15	.....	.....	.....	.....
4.	20	.....	.....	.....	.....
5.	25	.....	.....	.....	.....
6.	30	.....	.....	.....	.....

Pertanyaan:

1. Berdasarkan hasil percobaan, berapa lamakah waktu yang dibutuhkan hingga warna daging buah apel pada irisan yang diberi larutan vitamin C berubah berwarna coklat? Bandingkan waktunya dengan yang lain, bagaimana hasilnya?
2. Bagaimanakah cara zat antioksidan menghambat terjadinya oksidasi pada permukaan buah? Carilah 3 antioksidan selain vitamin yang biasa terdapat dalam makanan!

2. Oksidasi Reduksi sebagai Reaksi Serah Terima Elektron

Berdasarkan konsep serah terima elektron, reaksi redoks merupakan reaksi yang berlangsung melalui mekanisme serah terima elektron. Perhatikan reaksi berikut!



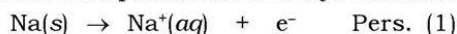
Berdasarkan konsep pertama yaitu reaksi redoks merupakan penggabungan dan pelepasan oksigen, maka pada reaksi (1) natrium mengalami oksidasi. Jika kalian perhatikan, reaksi (2) antara natrium dan klorin membentuk senyawa garam dapur (NaCl) mirip dengan reaksi (1) antara natrium dan oksigen. Berarti, pada reaksi (2) ini natrium juga mengalami oksidasi.

Tugas 6.1

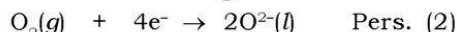
Besi berkarat merupakan salah satu contoh reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari. Banyak logam yang mudah teroksidasi oleh udara bebas. Dapatkah kalian menyebutkan logam yang tidak mudah teroksidasi di udara bebas?

Persamaan reaksi oksidasi natrium dapat dijelaskan dengan menggunakan konsep serah terima elektron. Perhatikan contoh reaksi pembentukan senyawa Na_2O berikut yang dijelaskan berdasarkan konsep serah terima elektron!

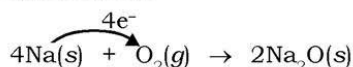
Na akan melepaskan elektronnya untuk membentuk ion positif (Na^+):



Kemana elektron yang dilepas oleh Na tersebut? Ternyata, elektron ini diterima oleh oksigen untuk membentuk ion negatif (O^{2-}):



Agar jumlah elektronnya setara, maka pada Persamaan (1) dikalikan dengan faktor 4. Kemudian ion Na^+ dan O^{2-} membentuk 2NaO . Sehingga secara lengkap reaksi di atas dapat pula ditulis sebagai berikut:



Fokus

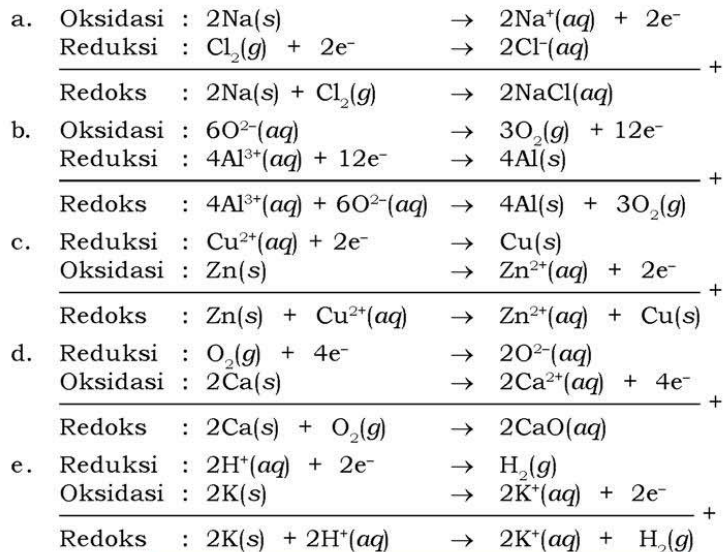
Oksidasi = Melepas elektron
Reduksi = Menangkap elektron

Semua proses pelepasan elektron disebut reaksi **oksidasi**, sedangkan proses penangkapan elektron disebut reaksi **reduksi**. Jadi, reaksi oksidasi natrium dengan reaksi reduksi oksigen berlangsung secara serentak/bersamaan. Setelah elektron dilepas oleh natrium, elektron ini akan langsung diterima oleh oksigen.

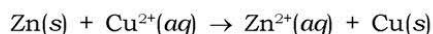
Konsep tersebut berbeda dengan konsep reaksi redoks berdasarkan pengikatan dan pelepasan oksigen yang berlangsung secara terpisah. Jadi, tidak ada reaksi reduksi yang tidak menyebabkan reaksi oksidasi dan sebaliknya, karena tidak mungkin

ada atom yang menerima elektron jika tidak ada yang melepasnya. Inilah yang dimaksud mekanisme serah terima elektron. Sehingga jika diaplikasikan pada reaksi antara natrium dan klorin pada contoh reaksi (2) di atas, maka dapat diketahui natrium mengalami oksidasi, sedangkan klorin mengalami reduksi.

Untuk dapat lebih memahami konsep ini, perhatikanlah contoh-contoh reaksi yang dijelaskan melalui mekanisme serah terima elektron berikut ini.



Selembar seng (Zn) dicelupkan ke dalam larutan CuSO_4 yang berwarna biru. Setelah beberapa saat larutan berubah warnanya menjadi biru pudar, dan di permukaan lembaran seng yang tercelup nampak adanya lapisan hitam. Reaksi redoks ini dijelaskan dengan mekanisme serah terima elektron.



3. Reaksi Redoks Berdasarkan Perubahan Bilangan Oksidasi

Pada proses pelepasan elektron muatan positif atom unsur akan bertambah. Sebaliknya, pada penangkapan elektron menyebabkan penurunan muatan positif atau penambahan muatan negatif atom unsur. Bilangan oksidasi atau tingkat oksidasi adalah nilai muatan (dapat berharga positif atau negatif) dari atom dalam pembentukan suatu molekul atau ion. Bilangan oksidasi lazim disingkat **biloks** atau **b.o.** Beberapa atom hanya memiliki satu bilangan oksidasi, namun adapula atom yang memiliki lebih dari satu bilangan oksidasi.

Bilangan oksidasi merupakan suatu bilangan yang diberikan pada suatu unsur menurut aturan-aturan tertentu untuk menyatakan tingkat keteroksidasian atau tingkat ketereduksian. Bilangan oksidasi suatu unsur pada suatu senyawa umumnya sama dengan jumlah elektron yang dilepas atau ditangkap atau dipasangkan oleh satu atom unsur itu pada senyawa tersebut. Unsur yang melepas elektron mempunyai bilangan oksidasi bertanda positif, sedangkan yang menangkap elektron bertanda negatif. Pada senyawa kovalen, unsur yang lebih elektronegatif bertanda negatif, seolah-olah pasangan elektron milik bersama telah diambil oleh unsur tersebut.

Info Kimia

Banyak industri memanfaatkan reaksi redoks untuk menambah keuntungan usahanya. Industri makanan seperti *nata de coco* dan minyak kelapa memakai antioksidan (asam benzoat, vitamin C, E, dan sebagainya) agar makanan lebih awet. Industri logam untuk meningkatkan mutu dan nilai tambah produknya melakukan penyepuhan untuk melindungi dari korosi. Industri tekstil memakai serbuk pemutih untuk menggelantang kain sehingga tampak lebih putih. Penggelantangan kain merupakan reaksi oksidasi. Sebutkan industri lainnya yang memanfaatkan reaksi redoks! Tumbuhkan semangat kewirausahaan kalian!

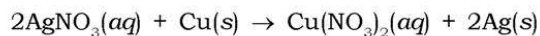


Sumber: Jendela Iptek 7

Gambar 6.4 Reaksi tembaga dalam larutan AgNO_3

Berdasarkan konsep serah terima elektron, reaksi redoks didefinisikan sebagai suatu reaksi yang berlangsung dengan mekanisme serah terima elektron. Oleh karena proses serah terima elektron ini menyebabkan perubahan muatan atom unsur-unsur yang terlibat, maka reaksi redoks dapat pula didefinisikan sebagai *reaksi yang menyebabkan terjadinya perubahan biloks atom unsur-unsur yang terlibat*.

Kawat tembaga berbentuk spiral dicelupkan ke dalam larutan AgNO_3 yang bening, setelah beberapa lama larutan berubah menjadi berwarna biru muda dan kawat tembaga nampak makin tebal karena terlapisi oleh suatu serbuk putih. Fenomena ini merupakan salah satu contoh reaksi redoks yang berlangsung secara spontan, dan dijelaskan dengan mekanisme serah terima elektron, yang juga sangat berkaitan erat dengan konsep perubahan oksidasi (perhatikan persamaan reaksi).



Kerjakan tugas berikut untuk mengembangkan **wawasan kontekstual, kecakapan akademik**, dan **rasa ingin tahu** kalian!

Tugas 6.2

Untuk mengawetkan makanan, maka selain menambahkan bahan pengawet, perusahaan makanan siap saji juga mengemas makanan dalam kemasan hampa udara. Salah satu jenis kemasan yang biasa digunakan adalah logam aluminium. Mengapa makanan yang dikemas lebih awet daripada yang dibiarkan terbuka? Mengapa dipilih kemasan yang terbuat dari aluminium? Bagaimana jika digunakan logam lain, misalnya besi atau seng?

B. Bilangan Oksidasi Unsur dalam Senyawa atau Ion

Untuk menentukan bilangan oksidasi atom dalam suatu senyawa atau ion, kalian harus mengetahui lebih dahulu bilangan oksidasi atom unsur lainnya yang bersifat umum.

Adapun aturan-aturan untuk menetapkan bilangan oksidasi adalah sebagai berikut.

1. Unsur bebas mempunyai bilangan oksidasi = 0 (nol).

Contoh: bilangan oksidasi H, N, dan Fe berturut-turut dalam H_2 , N_2 , dan Fe adalah 0.

2. Fluorin, unsur yang paling elektronegatif dan membutuhkan tambahan 1 elektron, mempunyai bilangan oksidasi -1 pada semua senyawanya.
3. Bilangan oksidasi unsur logam selalu bertanda positif. Bilangan oksidasi beberapa unsur logam adalah sebagai berikut.
 Golongan IA (logam alkali) : Li, Na, K, Rb, Cs = +1
 Golongan IIA (alkali tanah) : Be, Mg, Ca, Sr, Ba = +2
 Al = +3 Fe = +2 dan +3
 Zn = +2 Hg = +1 dan +2
 Ag = +1 Cu = +1 dan +2
 Sn = +2 dan +4 Au = +1 dan +3
 Pb = +2 dan +4 Pt = +2 dan +4
4. Bilangan oksidasi suatu unsur dalam suatu ion tunggal sama dengan muatannya.
Contoh: bilangan oksidasi Fe dalam ion Fe^{3+} = +3
 bilangan oksidasi S dalam ion S^{2-} = -2
5. Bilangan oksidasi H umumnya = +1, kecuali dalam senyawanya dengan logam maka bilangan oksidasi H = -1.
Contoh: bilangan oksidasi H dalam HCl, H_2O , NH_3 = +1
 bilangan oksidasi H dalam NaH, BaH_2 = -1
6. Bilangan oksidasi O umumnya = -2
Contoh: bilangan oksidasi O dalam H_2O , MgO = -2
 Kecuali:
 - a. Dalam F_2O , bilangan oksidasi O = +2
 - b. Dalam peroksida, seperti H_2O_2 , bilangan oksidasi O = -1
 - c. Dalam superoksida, seperti KO_2 , bilangan oksidasi O = $-\frac{1}{2}$
7. Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam suatu senyawa = 0.
Contoh: dalam H_2SO_4 : $(2 \times \text{b.o H}) + (\text{b.o S}) + (4 \times \text{b.o O}) = 0$
8. Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam suatu ion poliatom = muatannya.
Contoh: dalam $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$: $(2 \times \text{b.o S}) + (3 \times \text{b.o O}) = -2$

Contoh soal 6.1:

Tentukan bilangan oksidasi atom unsur yang dicetak tebal pada senyawa atau ion di bawah ini!

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| a. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}$ | e. H_3PO_4 |
| b. H_2SO_4 | f. HClO_4 |
| c. CaCO_3 | g. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ |
| d. KMnO_4 | h. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ |

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{a. Muatan } K_2Cr_2O_7 &= (2 \times \text{b.o K}) + (2 \times \text{b.o Cr}) + (7 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= 2 \times (+1) + 2 \times (x) + 7 \times (-2) \\ (-2x) &= (-12) \\ x &= +6\end{aligned}$$

Jadi, biloks Cr = +6

$$\begin{aligned}\text{b. Muatan } H_2SO_4 &= (2 \times \text{b.o H}) + (\text{b.o S}) + (4 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= 2 \times (+1) + (x) + 4 \times (-2) \\ x &= +6\end{aligned}$$

Jadi, biloks S = +6

$$\begin{aligned}\text{c. Muatan } CaCO_3 &= (\text{b.o Ca}) + (\text{b.o C}) + (3 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= (+2) + (x) + 3 \times (-2) \\ x &= +4\end{aligned}$$

Jadi, biloks C = +4

$$\begin{aligned}\text{d. Muatan } KMnO_4 &= (\text{b.o K}) + (\text{b.o Mn}) + (4 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= (+1) + (x) + 4 \times (-2) \\ x &= +7\end{aligned}$$

Jadi, biloks Mn = +7

$$\begin{aligned}\text{e. Muatan } H_3PO_4 &= (3 \times \text{b.o H}) + (\text{b.o P}) + (4 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= 3 \times (+1) + (x) + 4 \times (-2) \\ x &= +5\end{aligned}$$

Jadi, biloks P = +5

$$\begin{aligned}\text{f. Muatan } HClO_4 &= (\text{b.o H}) + (\text{b.o Cl}) + (4 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= (+1) + (x) + 4 \times (-2) \\ x &= +7\end{aligned}$$

Jadi, biloks Cl = +7

$$\begin{aligned}\text{g. Muatan } Na_2S_2O_3 &= (2 \times \text{b.o Na}) + (2 \times \text{b.o S}) + (3 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= 2 \times (+1) + 2 \times (x) + 3 \times (-2) \\ (-2x) &= (-4) \\ x &= +2\end{aligned}$$

Jadi, biloks S = +2

$$\begin{aligned}\text{h. Muatan } H_2C_2O_4 &= (2 \times \text{b.o H}) + (2 \times \text{b.o C}) + (4 \times \text{b.o O}) \\ 0 &= 2 \times (+1) + 2 \times (x) + 4 \times (-2) \\ (-2x) &= (-6) \\ x &= +3\end{aligned}$$

Jadi, biloks C = +3

Tugas 6.3

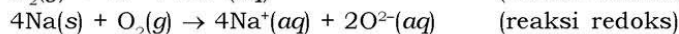
Tentukan bilangan oksidasi atom unsur dalam senyawa atau ion yang dicetak tebal berikut!

- | | | |
|--|--|--|
| a. PH ₃ | d. H ₃ IO ₄ | g. Fe ₂ O ₃ |
| b. Na ₂ O ₂ | e. Fe S | h. P O ₄ ³⁻ |
| c. KBr O ₄ | f. K IO ₃ | i. Ag NO ₃ |

C. Persamaan Reaksi Redoks Sederhana

Setelah mempelajari biloks unsur dalam suatu senyawa, berikut kalian akan mempelajari konsep reaksi redoks berdasarkan perubahan biloks. Adanya pelepasan dan penerimaan elektron pada suatu reaksi redoks menyebabkan perubahan bilangan oksidasi unsur-unsur yang terlibat di dalamnya.

Perhatikan contoh reaksi redoks berikut ini!



Pada reaksi oksidasi: atom Na yang memiliki biloks 0 berubah menjadi ion Na⁺ yang memiliki biloks +1. Perubahan bilangan oksidasi Na dari 0 menjadi +1 menunjukkan bahwa telah terjadi kenaikan bilangan oksidasi. Jadi, pada **reaksi oksidasi terjadi kenaikan bilangan oksidasi**.

Pada reaksi reduksi atom O yang memiliki biloks 0 berubah menjadi ion O²⁻ yang memiliki biloks -2. Perubahan bilangan oksidasi O dari 0 menjadi -2 menunjukkan perubahan yang terjadi berupa penurunan bilangan oksidasi. Jadi, pada **reaksi reduksi terjadi penurunan bilangan oksidasi**.

Fokus

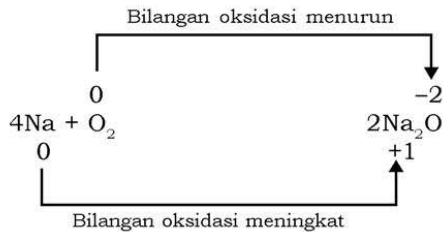
Oksidasi = Kenaikan biloks
Reduksi = Penurunan biloks



Sumber: www.uni-siegen.de

Gambar 6.5 Reaksi antara logam natrium dengan air merupakan reaksi redoks

Perhatikan skema reaksi redoks berikut!



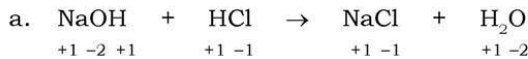
Suatu reaksi redoks terjadi jika pada reaksi tersebut terjadi kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi atom-atom unsur yang terlibat di dalam reaksi. Dengan kata lain, reaksi redoks terjadi jika pada reaksi tersebut terdapat perubahan bilangan oksidasi.

Contoh soal 6.2:

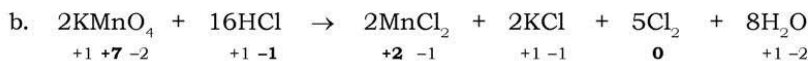
Perhatikan contoh-contoh reaksi berikut ini, dan tentukan termasuk reaksi redoks atau bukan!

- $\text{NaOH}(s) + \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
- $2\text{KMnO}_4(aq) + 16\text{HCl}(aq) \rightarrow 2\text{MnCl}_2(aq) + 2\text{KCl}(aq) + 5\text{Cl}_2(g) + 8\text{H}_2\text{O}(l)$
- $2\text{K}(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{KOH}(aq) + \text{H}_2(g)$
- $\text{CuO}(s) + 2\text{HNO}_3(s) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(g)$
- $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$

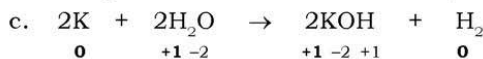
Penyelesaian:



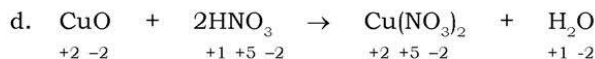
Pada persamaan reaksi ini tidak terjadi perubahan bilangan oksidasi atom-atom unsur yang terlibat dalam reaksi. Jadi, reaksi ini **bukan reaksi redoks**.



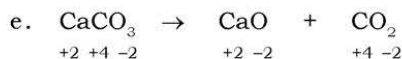
Pada reaksi ini, atom Mn mengalami perubahan bilangan oksidasi dari +7 turun menjadi +2, dan atom Cl dari -1 naik menjadi 0. Jadi, reaksi ini merupakan **reaksi redoks**.



Pada reaksi ini, atom K mengalami perubahan bilangan oksidasi dari 0 naik menjadi +1, dan atom H dari +1 turun menjadi 0. Jadi, reaksi ini merupakan **reaksi redoks**.



Pada persamaan reaksi ini tidak terjadi perubahan bilangan oksidasi. Jadi, reaksi ini **bukan reaksi redoks**.



Pada persamaan reaksi ini tidak terjadi perubahan bilangan oksidasi. Jadi, reaksi ini **bukan reaksi redoks**.

Tugas 6.4

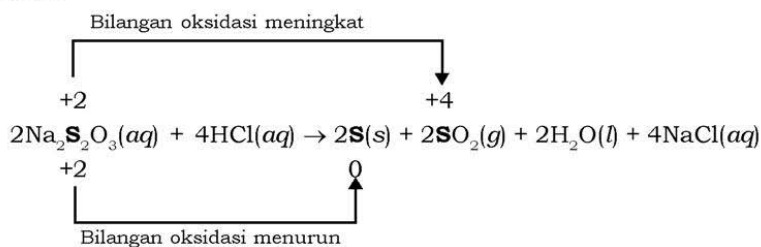
Periksalah apakah reaksi berikut tergolong reaksi redoks atau bukan!

- $2\text{KCrO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $\text{Ca}(\text{s}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaF}_2(\text{s})$
- $\text{NaOH}(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

1. Reaksi Autoreduks (Reaksi Disproporsionasi)

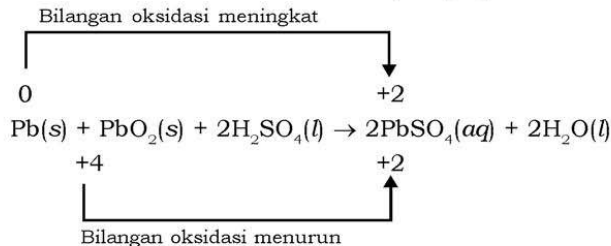
Suatu reaksi redoks tergolong sebagai reaksi *autoreduks* atau reaksi *disproporsionasi* jika terdapat suatu zat yang mengalami reaksi reduksi dan reaksi oksidasi sekaligus. Jadi, zat tersebut mengalami kenaikan sekaligus penurunan bilangan oksidasi.

Contoh:



Pada reaksi ini, bilangan oksidasi atom S pada senyawa natrium tiosulfat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, mengalami dua jenis perubahan bilangan oksidasi, yaitu kenaikan dan penurunan. Jadi, atom S tersebut mengalami reaksi reduksi sekaligus reaksi oksidasi atau disebut juga reaksi autoreduks.

Perhatikan reaksi di bawah ini, menurut kalian apakah reaksi tersebut termasuk reaksi autoreduksi/disproporsionasi atau bukan?



Pada persamaan reaksi di atas, atom Pb yang memiliki bilangan oksidasi 0 mengalami reaksi oksidasi membentuk senyawa PbSO_4 yang memiliki bilangan oksidasi untuk atom Pb sebesar +2. Kemudian, senyawa PbO_2 yang memiliki bilangan oksidasi untuk atom Pb sebesar +4 mengalami reaksi reduksi membentuk senyawa PbSO_4 yang memiliki bilangan oksidasi untuk atom Pb sebesar +2. Perhatikan bahwa atom yang sama dari dua zat yang berbeda dan memiliki bilangan oksidasi yang berbeda, mengalami reaksi yang menghasilkan senyawa yang sama. Dalam hal ini zat pereduksi dan pengoksidasinya berbeda, sehingga reaksi di atas bukan autoreduksi.

Kerjakan tugas berikut untuk menumbuhkan **rasa ingin tahu** kalian!

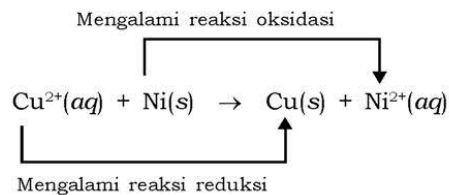
Tugas 6.5

Apa syarat bagi suatu unsur agar dapat melangsungkan reaksi disproporsionasi? Berikan lima contoh unsur yang memiliki kemungkinan mengalami reaksi tersebut!

2. Oksidator dan Reduktor

Dalam suatu reaksi redoks selalu terjadi reaksi reduksi dan sekaligus reaksi oksidasi. Dalam hal ini tentu ada zat yang menyebabkan zat lain teroksidasi, dan sebaliknya, ada zat yang menyebabkan zat lain tereduksi. Zat yang dapat menyebabkan zat lain mengalami reaksi reduksi disebut sebagai **reduktor** (pereduksi). Sedangkan zat yang dapat menyebabkan zat lain mengalami reaksi oksidasi disebut **oksidator** (pengoksidasi). Dalam reaksi redoks, reduktor sendiri akan mengalami reaksi oksidasi demikian juga sebaliknya oksidator akan mengalami reduksi.

Perhatikan contoh reaksi redoks berikut ini!



Atom Ni bertindak sebagai pereduksi yang mereduksi ion Cu^{2+} (menyebabkan ion Cu^{2+} mengalami reaksi reduksi), sedangkan atom Ni sendiri mengalami reaksi oksidasi.

Ion Cu^{2+} bertindak sebagai pengoksidasi yang mengoksidasi atom Ni (menyebabkan atom Ni mengalami reaksi oksidasi), sedangkan ion Cu^{2+} sendiri mengalami reaksi reduksi.

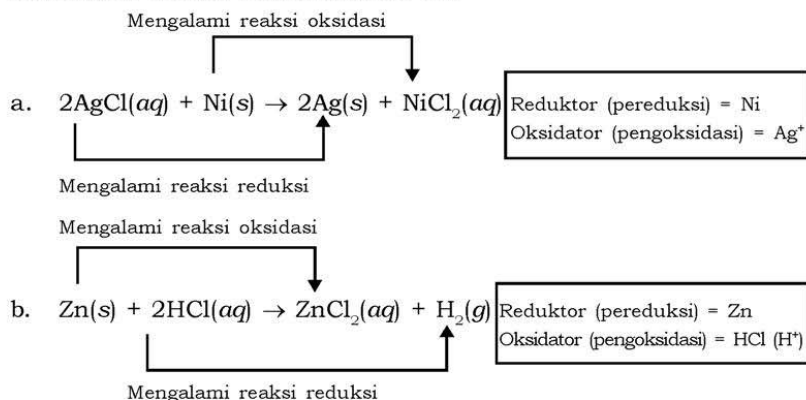


Oksidator



Reduktor

Perhatikan contoh reaksi berikut ini!



Kerjakan tugas berikut untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 6.6

Tuliskan setengah reaksi dari reaksi redoks berikut, kemudian tentukan manakah zat yang berperan sebagai pengoksidasi (oksidator) atau sebagai pereduksi (reduktor).

- $3\text{Mg(s)} + \text{N}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2(\text{s})$
- $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$
- $3\text{HNO}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g})$

D. Reaksi Redoks dalam Pengolahan Air Buangan

Air yang telah digunakan untuk keperluan industri, irigasi, keperluan rumah tangga, dan keperluan lainnya sering dikembalikan lagi ke sumber asalnya. Keadaan ini menimbulkan masalah, karena semakin lama jumlah polutan di dalam air tersebut menjadi semakin banyak. Berbagai macam limbah dapat saja terdapat dalam air limbah tersebut, seperti bahan organik, lumpur, minyak, oli, bakteri, virus, garam-garaman, pestisida, detergen, logam berat, dan berbagai macam limbah plastik. Oleh karena itu, air buangan harus diproses terlebih dahulu untuk mengurangi sebanyak mungkin limbah-limbah tersebut sebelum dikembalikan ke sumbernya atau jika akan digunakan kembali.

Berbagai macam parameter, digunakan untuk menggambarkan keadaan air buangan, misalnya kekeruhan, jenis zat padat terlarut, kadar zat padat terlarut, keasaman (pH), jumlah oksigen terlarut (*dissolved oxygen* = DO), dan kebutuhan oksigen biokimia (*biochemical oxygen demand* = BOD).

DO adalah ukuran jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut dapat berasal dari udara atau hasil fotosintesis tumbuhan air. Oksigen terlarut ini sangat dibutuhkan oleh hewan-hewan air untuk pernapasannya. Hewan-hewan air ini dapat bertahan hidup jika kandungan oksigen



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer 4
Gambar 6.6 Limbah yang tidak diolah dapat mencemari lingkungan

terlarut tidak kurang dari 5 ppm. Selain hewan air, oksigen terlarut juga digunakan oleh bakteri aerob dalam menguraikan sampah organik (*oxygen demanding materials*) yang terdapat dalam air. Banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri aerob untuk menguraikan sampah organik dalam suatu sampel air disebut nilai BOD. Makin banyak sampah organik terlarut dalam air, maka nilai BOD akan semakin besar. Sebaliknya, kandungan oksigen terlarut (DO) akan semakin kecil.

Proses penanganan air buangan pada prinsipnya terdiri atas tiga tahap, yaitu: proses penanganan primer, sekunder, dan tersier atau lanjut. Proses penanganan air buangan primer pada prinsipnya terdiri dari tahap-tahap untuk memisahkan air dari limbah padatan (sampah yang tidak larut air), yaitu dengan cara membiarkan padatan tersebut mengendap atau memisahkan bagian-bagian padatan yang mengapung. Proses penanganan primer terdiri dari tiga tahap yaitu tahap penyaringan, pengendapan, dan tahap pemisahan endapan.

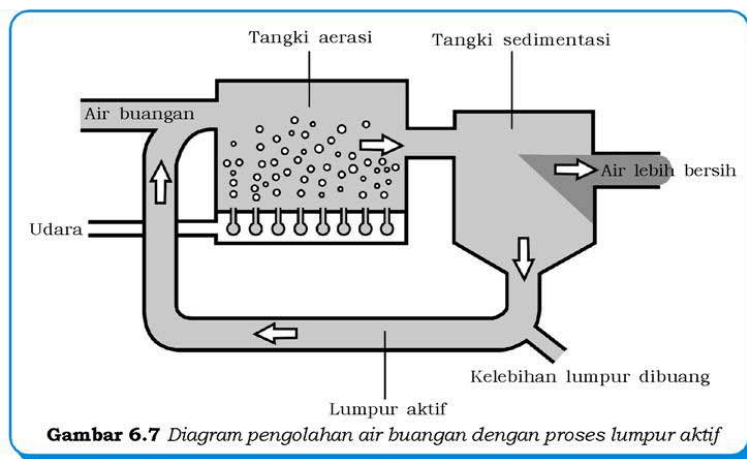
Proses penanganan sekunder dimaksudkan untuk menghilangkan BOD serta padatan tersuspensi, yaitu dengan cara mengoksidasinya. Selanjutnya pada proses penanganan tersier bertujuan menghilangkan komponen-komponen organik dan anorganik yang terlarut, seperti limbah organik beracun dan logam aplikasi berbahaya. Pada bagian berikut akan dibahas salah satu aplikasi reaksi redoks yang terdapat dalam proses pengolahan air buangan pada proses penanganan sekunder, yaitu proses lumpur aktif (*activated sludge process*).

Lumpur aktif adalah lumpur yang kaya dengan bakteri aerob, yaitu bakteri yang dapat menguraikan limbah organik yang dapat mengalami biodegradasi (*oxygen demanding materials*). Salah satu contoh diagram alur pengolahan air limbah dengan cara lumpur aktif sebagai berikut.

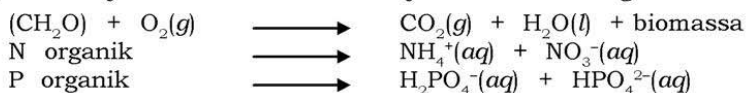
Info Kimia

Polutan (bahan-bahan pencemar) air dapat dikelompokkan atas 9 grup berdasarkan perbedaan sifat-sifatnya sebagai berikut.

1. Padatan
2. Bahan buangan yang membutuhkan oksigen (*oxygen-demanding waste*)
3. Mikroorganisme
4. Komponen organik sintetik
5. Nutrien tanaman
6. Minyak
7. Senyawa anorganik dan mineral
8. Bahan radioaktif
9. Panas



Bakteri aerob mengubah sampah organik (zat-zat yang mengandung C, N, atau P) dalam air buangan hasil pengolahan pada tahap primer menjadi biomassa dan gas CO_2 . Sementara itu nitrogen organik diubah menjadi amonium dan nitrat, serta fosfor organik menjadi fosfat. Proses ini terjadi di dalam tangki aerasi.



Biomassa hasil degradasi akan tetap berada dalam tangki aerasi sampai air buangan keluar dari tangki aerasi menuju tangki sedimentasi di mana biomassa akan mengalami *flokulasi* (penggumpalan) membentuk padatan yang lebih mudah mengendap. Dari tangki sedimentasi (pengendapan), sebagian lumpur dibuang, sebagian lagi disirkulasikan kembali ke dalam tangki aerasi. Kombinasi antara bakteri dalam konsentrasi tinggi dan lapar yang terdapat dalam lumpur aktif dengan jumlah nutrisi yang banyak dalam air limbah, memungkinkan penguraian dapat berlangsung dengan cepat (hanya memerlukan beberapa jam saja). Dengan menggunakan oksigen murni sebagai pengganti udara, maka lebih banyak bakteri yang dapat tumbuh di dalam tangki aerasi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses sebesar 5 – 10% dari proses biasa.

Rangkuman

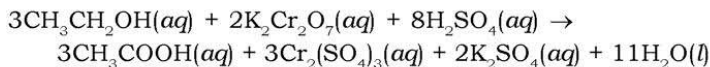
1. Pengertian reaksi redoks, dapat ditinjau dari:
 - a. Reaksi terhadap oksigen.
 - b. Reaksi terhadap hidrogen.
 - c. Serah terima elektron.
 - d. Perubahan bilangan oksidasi.
2. Pengertian reaksi oksidasi antara lain:
 - a. Reaksi pengikatan oksigen oleh suatu zat.
 - b. Reaksi yang melepaskan hidrogen.
 - c. Proses pelepasan elektron.
 - d. Reaksi yang mengakibatkan kenaikan bilangan oksidasi.
3. Pengertian reaksi reduksi antara lain:
 - a. Reaksi pelepasan oksigen dari senyawa yang mengandung oksigen.
 - b. Reaksi yang mengikat hidrogen.
 - c. Proses penangkapan elektron.
 - d. Reaksi yang mengakibatkan penurunan bilangan oksidasi.
4. Reaksi redoks terdapat pereduksi (reduktor) dan pengoksidasi (oksidator). Reduktor mengalami oksidasi, sedangkan oksidator mengalami reduksi.
5. Reaksi *disproporsionasi* atau reaksi autoreduksi terjadi apabila zat yang mengalami reduksi dan oksidasi sama, atau dengan kata lain jika pada reaksi redoks zat oksidator dan reduktornya sama.
6. Metode lumpur aktif dapat digunakan untuk menguraikan limbah organik dalam air buangan.

Uji Kompetensi

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

- Reaksi berikut yang termasuk reaksi oksidasi menurut uraian konsep pengikatan oksigen adalah
 A. $2\text{Na}_2\text{O(s)} \rightarrow 4\text{Na(s)} + \text{O}_2\text{(g)}$
 B. $2\text{BaO}_2\text{(s)} \rightarrow 2\text{BaO(s)} + \text{O}_2\text{(g)}$
 C. $2\text{K(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{K}_2\text{O(s)}$
 D. $\text{Cu}_2\text{O(s)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{Cu(s)} + \text{H}_2\text{O(g)}$
 E. $2\text{Na}_2\text{O}_2\text{(s)} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O(s)} + \text{O}_2\text{(g)}$
- Berikut ini yang termasuk contoh reaksi redoks adalah
 A. $\text{AgCl(s)} + 2\text{NH}_3\text{(aq)} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl(aq)}$
 B. $\text{NaOH(aq)} + \text{CH}_3\text{COOH(aq)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
 C. $\text{AgNO}_3\text{(aq)} + \text{NaCl(aq)} \rightarrow \text{AgCl(s)} + \text{NaNO}_3\text{(aq)}$
 D. $\text{OH}^-\text{(aq)} + \text{Al(OH)}_3\text{(s)} \rightarrow \text{AlO}_2\text{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O(l)}$
 E. $\text{Hg(NO}_3)_2\text{(aq)} + \text{Sn(s)} \rightarrow \text{Hg(s)} + \text{Sn(NO}_3)_2\text{(aq)}$
- Mangan yang tidak dapat dioksidasi terdapat dalam ion atau senyawa
 A. MnO
 B. MnO_2
 C. MnO_4^-
 D. MnO_4^{2-}
 E. Mn^{4+}
- Reaksi berikut yang termasuk reaksi reduksi menurut mekanisme serah terima elektron adalah
 A. $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
 B. $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$
 C. $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
 D. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
 E. $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$
- Reaksi yang menyebabkan kenaikan biloks adalah
 A. $\text{Cu}^{2+}\text{(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$
 B. $\text{I}_2\text{(g)} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-\text{(aq)}$
 C. $\text{BrO}_3^-\text{(aq)} + 6\text{H}^+\text{(aq)} + 6\text{e}^- \rightarrow \text{Br}^-\text{(aq)} + 3\text{H}_2\text{O(l)}$
 D. $\text{Fe}^{2+}\text{(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{3+}\text{(aq)} + \text{e}^-$
 E. $2\text{H}^+\text{(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{(g)}$
- Unsur klorin dalam suatu senyawa dapat ditemukan dengan biloks antara -1 sampai +7. Ion-ion yang tidak dapat mengalami reaksi disproporsionasi adalah
 A. ClO^-
 B. ClO_4^-
 C. Cl^-
 D. ClO^- dan ClO_4^-
 E. ClO_4^- dan Cl^-
- Berikut ini merupakan reaksi oksidasi yang terjadi dalam alat pendeteksi adanya alkohol.



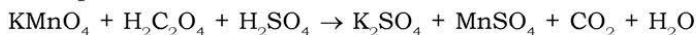
Senyawa yang mengalami oksidasi adalah

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ | D. CH_3COOH |
| B. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | E. K_2SO_4 |
| C. H_2SO_4 | |

8. Reaksi berikut yang termasuk reaksi autoreduksi adalah

- | |
|--|
| A. $\text{Zn}(s) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{ZnCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$ |
| B. $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g)$ |
| C. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{I}_2(g) \rightarrow 2\text{NaI}(aq) + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6(aq)$ |
| D. $\text{SO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{S}(aq) \rightarrow 3\text{S}(s) + \text{H}_2\text{O}(l)$ |
| E. $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ |

9. Pada persamaan reaksi:



Yang berperan sebagai pereduksi adalah

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| A. KMnO_4 | D. MnSO_4 |
| B. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | E. H_2O |
| C. H_2SO_4 | |

10. Senyawa KIO_3 ditambahkan ke dalam pembuatan garam untuk memperkaya unsur iodin (yodium). Biloks iodin dalam senyawa tersebut adalah

- | | |
|-------|-------|
| A. +1 | D. +5 |
| B. +3 | E. 0 |
| C. -7 | |

11. Besi yang berkarat merupakan hasil oksidasi dari Fe menjadi Fe_2O_3 . Biloks besi dalam senyawa Fe_2O_3 (karat) tersebut adalah

- | | |
|-------|-------|
| A. +1 | D. +4 |
| B. +2 | E. +5 |
| C. +3 | |

12. Reaksi yang menyebabkan penurunan bilangan oksidasi adalah

- | |
|---|
| A. $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ |
| B. $\text{Zn}(s) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$ |
| C. $\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(aq)$ |
| D. $\text{Cu}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + e^-$ |
| E. $\text{AgNO}_3(aq) + \text{NaCl}(aq) \rightarrow \text{AgCl}(s) + \text{NaNO}_3(aq)$ |

13. Salah satu senyawa asam dari unsur karbon adalah $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Biloks C dalam senyawa tersebut adalah

- | | |
|-------|-------|
| A. +1 | D. +4 |
| B. +2 | E. +5 |
| C. +3 | |

14. Pada reaksi $2\text{CO}(g) + 2\text{NO}(g) \rightarrow 2\text{CO}_2(g) + \text{N}_2(g)$ bilangan oksidasi N berubah menjadi
- A. +2 menjadi 0 D. +3 menjadi +2
 B. +2 menjadi +1 E. +4 menjadi +1
 C. +3 menjadi +1
15. Unsur yang mengalami oksidasi dan reduksi dari reaksi redoks di bawah ini adalah
- $$2\text{KMnO}_4(aq) + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{MnSO}_4(aq) + 10\text{CO}_2(g) + 8\text{H}_2\text{O}(l)$$
- A. K dan S D. Mn dan S
 B. C dan S E. Mn dan C
 C. K dan C

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

- Jelaskan apa yang dimaksud dengan reaksi redoks dan contohnya dalam kehidupan sehari-hari!
- Tentukan biloks unsur-unsur yang dicetak tebal pada senyawa berikut ini:
 - Al**₂O₃
 - Mn**O₂
 - Na₂**S**₂O₃
 - N**₂O₃
 - Cu**(NO₃)₂
 - H₂**S**₂O₇
- Tentukan zat pengoksidasi dan zat pereduksi dalam reaksi redoks berikut!
 - $\text{Mg}(s) + \text{HNO}_3(aq) \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2(aq) + \text{NH}_4\text{NO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
 - $\text{H}_2\text{O}_2(aq) + 2\text{KI}(aq) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow 2\text{KCl}(aq) + \text{I}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$
 - $2\text{KMnO}_4(aq) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(aq) + 5\text{H}_2\text{O}_2(aq) \rightarrow 2\text{MnSO}_4(aq) + 5\text{O}_2(g) + \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + 8\text{H}_2\text{O}(l)$
- Tuliskan setengah reaksi dari reaksi redoks berikut serta tentukan pula oksidator dan reduktornya!
 - $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{SO}_3(g)$
 - $2\text{FeCl}_3(aq) + \text{H}_2\text{S}(aq) \rightarrow 2\text{FeCl}_2(aq) + 2\text{HCl}(aq) + \text{S}(s)$
 - $2\text{KClO}_3(aq) + 3\text{S}(s) \rightarrow 2\text{KCl}(aq) + 3\text{SO}_2(g)$
- Besi mudah berkarat ketika permukaannya tidak terlapsi, kemudian berinteraksi dengan udara bebas. Namun besi juga tetap berkarat ketika direndam dalam air, terutama air laut (air garam). Menurut kalian mengapa besi yang direndam di dalam air laut tetap berkarat, padahal tidak berinteraksi dengan udara? Jelaskan!

Bab VII

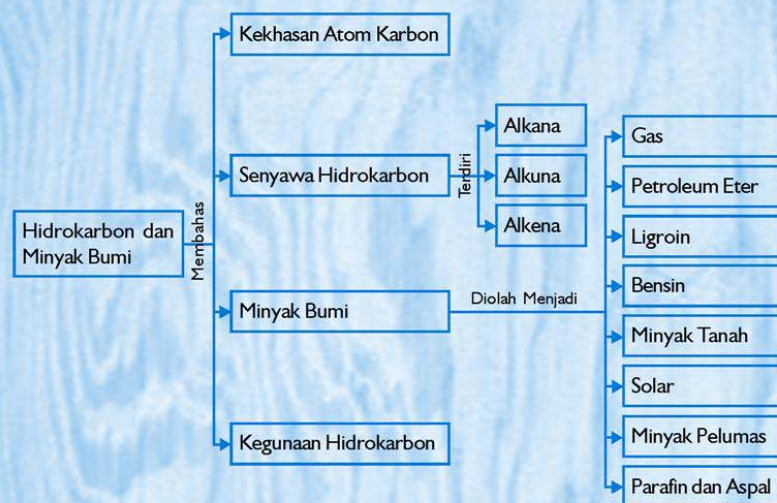
Hidrokarbon dan Minyak Bumi

Sumber gambar: Warta Caltex

Tujuan Pembelajaran:

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat menjelaskan kekhasan atom karbon, menggolongkan senyawa hidrokarbon dan kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari serta menjelaskan proses pengolahan dan pemanfaatan minyak bumi.

Untuk mempermudah mempelajari bab ini, perhatikan **peta konsep** berikut!



Dalam bab ini, kalian akan menemukan beberapa **kata kunci**, antara lain:

1. Karbon
2. Hidrokarbon
3. Alkana
4. Alkena
5. Alkuna
6. Isomer
7. Minyak bumi



Sumber: Dok. Penerbit

Gambar 7.1 Pembakaran kertas menghasilkan asap dan abu (karbon)

Kalian tentu pernah membakar kertas, kayu, plastik, atau kain. Apakah sisa pembakaran tersebut? Sisa pembakaran berupa zat berwarna hitam yang dikenal dengan nama abu atau arang. Zat apakah itu? Itulah karbon, unsur yang mudah dikenali dari warnanya yang hitam pekat, dan merupakan unsur ketiga terbanyak di alam. Karbon merupakan unsur yang cukup menarik untuk dipelajari. Selain senyawanya yang cukup banyak, baik jumlah maupun jenisnya, karbon juga merupakan unsur yang paling dekat dengan kehidupan sehari-hari.

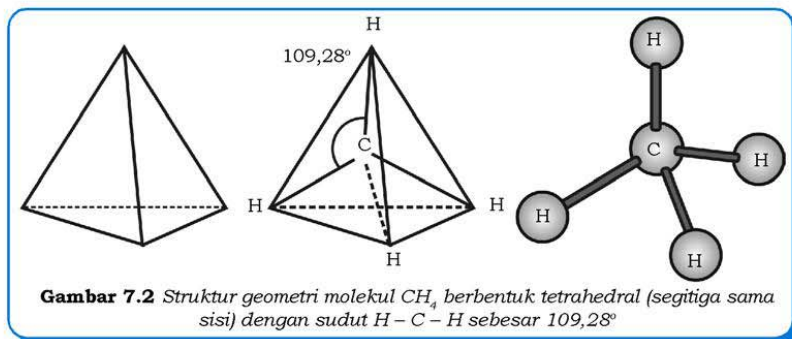
A. Kekhasan Atom Karbon

Kalian tentu sudah mengenal berbagai bahan bakar yang biasa digunakan sehari-hari, seperti arang kayu, bensin, gas elpiji, batu bara, minyak tanah, dan solar. Kalian juga tentu sudah cukup kenal dengan lilin untuk penerangan, aspal di jalan, dan kantong plastik untuk kemasan. Apalagi golongan makanan, kalian tentu sudah sangat akrab dengan nasi, roti, ikan, dan lainnya. Semua itu merupakan sebagian dari beragamnya jenis senyawa karbon. Salah satu bagian dari senyawa karbon adalah senyawa golongan hidrokarbon yang akan kita bahas pada bab ini.

Sesuai namanya, senyawa karbon merupakan senyawa yang mengandung unsur karbon. Sebelum mempelajari lebih jauh tentang golongan hidrokarbon, mari kita kenali dulu secara umum beberapa senyawa karbon dan kekhasan atom karbon.

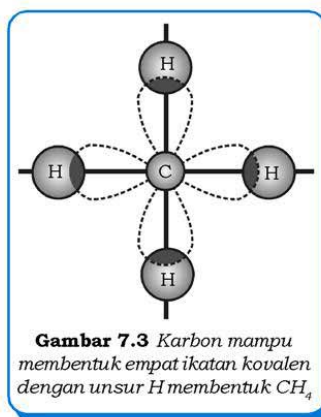
Atom karbon memiliki keistimewaan dibandingkan dengan unsur lainnya. Adapun keistimewaan tersebut antara lain:

1. Mempunyai Kemampuan Membentuk Empat Ikatan Kovalen

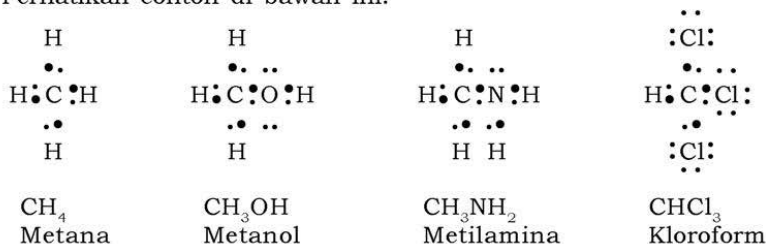


Dalam tabel periodik unsur, unsur karbon (nomor atom 6) terletak pada periode 2 dan golongan IVA. Posisi tersebut, baik periode maupun golongannya, memberi keistimewaan pada sifat karbon.

Sesuai dengan nomor golongannya, karbon mempunyai 4 elektron valensi. Oleh karena itu, untuk mencapai konfigurasi oktet, karbon dapat membentuk 4 ikatan kovalen. Unsur dari golongan lain tidak dapat membentuk ikatan kovalen sebanyak itu kecuali jika melebihi konfigurasi oktet. Sebagai contoh, boron (golongan IIIA) dan nitrogen (golongan VA) hanya dapat membentuk 3 ikatan kovalen. Karbon membentuk ikatan kovalen dengan berbagai unsur nonlogam, terutama dengan hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan golongan halogen (F, Cl, Br, I).

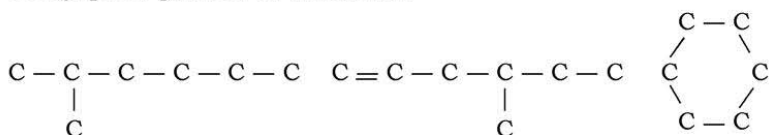


Perhatikan contoh di bawah ini!

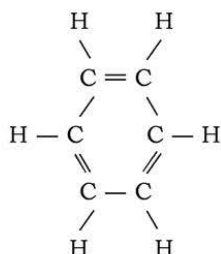
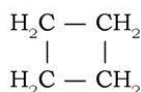


2. Mempunyai Kemampuan Membentuk Rantai

Salah satu keistimewaan karbon yang tidak dimiliki oleh unsur-unsur lain ialah kemampuannya membentuk rantai atom karbon, yang selanjutnya kita sebut sebagai **rantai karbon**. Rantai karbon tersebut dapat berupa ikatan tunggal, ikatan rangkap, atau ikatan rangkap tiga. Bentuk rantai karbon sendiri sangat bervariasi, ada yang lurus (tidak bercabang), ada yang bercabang, ada yang terbuka, dan ada yang tertutup (melingkar). Berbagai bentuk rantai karbon tersaji pada gambar di bawah ini.



Senyawa dengan rantai terbuka disebut juga senyawa *alifatik*, sedangkan senyawa yang rantainya tertutup atau melingkar disebut senyawa *siklik*. Senyawa yang seluruh ikatan karbonnya merupakan ikatan tunggal $-\text{C}-\text{C}-$ disebut *senyawa karbon jenuh*, sedangkan yang mempunyai ikatan karbon-karbon rangkap, $-\text{C}=\text{C}-$, atau rangkap tiga $-\text{C}\equiv\text{C}-$, disebut *senyawa karbon tidak jenuh*. Senyawa siklik yang mempunyai ikatan konjugasi, yaitu ikatan karbon-karbon tunggal dan rangkap selang-seling, disebut senyawa *aromatik*. Semua senyawa siklik yang tidak termasuk senyawa aromatik disebut senyawa *alisiklik*, (kata alisiklik berasal dari kata *ali* dan *siklik*). Senyawa tersebut disebut senyawa alisiklik karena mempunyai bentuk melingkar, tetapi sifat-sifatnya menyerupai senyawa alifatik.



Senyawa alisiklik (siklobutana)

Senyawa aromatik (benzena)

Mengapa atom karbon dapat membentuk begitu banyak senyawa, dengan jenis yang sangat bervariasi? Mengapa hal ini tidak terjadi pada unsur yang berdekatan atau bahkan unsur yang segolongan dengan karbon dalam tabel periodik?

Atom ${}_6\text{C}$ memiliki konfigurasi elektron $2\ 4$. Keempat elektron valensi atom C terdistribusi pada empat posisi secara simetris.



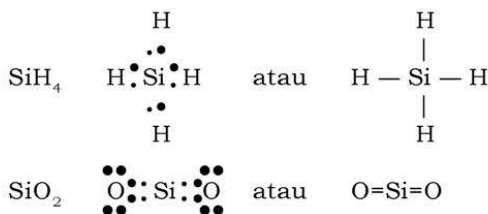
Kemampuan atom karbon untuk berikatan dan mengikuti kaidah oktet berbeda dengan atom lain, meskipun berada dalam satu golongan. Misalnya, atom boron dan nitrogen. Konfigurasi elektron kedua atom tersebut adalah ${}_5\text{B} : 2\ 3$ dan ${}_7\text{N} : 2\ 5$. Atom boron memiliki tiga elektron valensi sehingga bila berikatan kovalen, senyawa yang dihasilkan tidak mengikuti kaidah oktet. Perhatikan struktur Lewis pada senyawa BH_3 berikut ini!



Senyawa BH_3 memiliki bentuk molekul yang simetris dan memiliki tiga ikatan kovalen. Berbeda dengan senyawa BH_3 , senyawa NH_3 mengikuti kaidah oktet, namun bentuk molekulnya tidak simetris karena terdapat satu pasangan elektron bebas.



Jadi, senyawa BH_3 dan NH_3 hanya memiliki tiga ikatan kovalen. Bagaimana dengan silikon? Atom silikon memiliki konfigurasi elektron 2 8 4. Atom silikon memiliki empat elektron valensi yang sama dengan atom karbon. Keempat elektron pada atom silikon ini terdistribusi pada empat sisi secara simetris. Perhatikan struktur Lewis dari senyawa berikut!



Perhatikan struktur Lewis dan ikatan pada senyawa SiH_4 dan SiO_2 . Struktur Lewis dan ikatan tersebut sama seperti pada senyawa CH_4 dan CO_2 . Lalu, apakah perbedaannya?

Elektron valensi pada atom silikon terletak pada kulit ketiga, sedangkan elektron valensi pada atom karbon terletak pada kulit kedua. Dengan demikian jari-jari atom Si lebih besar dari pada jari-jari atom C. Jadi, ikatan Si – H pada senyawa SiH_4 lebih lemah daripada ikatan C – H pada senyawa CH_4 .

Atom karbon memiliki empat elektron valensi yang memiliki harga jari-jari atom paling kecil di antara jari-jari atom unsur lain dalam golongan IVA. Hal ini memberi kemudahan bagi atom C tersebut untuk membentuk ikatan kovalen dengan atom lainnya, terutama dengan atom H, O, N, dan atom halogen (F, Cl, Br, dan I). Ikatan kovalen yang terbentuk memenuhi kaidah oktet. Atom karbon dapat membentuk maksimum empat ikatan kovalen. Ikatan kovalen yang dibentuk oleh atom C tersebut lebih kuat daripada ikatan kovalen lain, sehingga senyawa karbon bersifat stabil.

Posisi atom karbon pada tabel periodik berada di tengah sehingga memiliki nilai elektronegativitas sedang (2,5). Sifat ini menyebabkan atom karbon dapat berikatan dengan atom-atom yang memiliki elektronegativitas lebih besar atau bahkan lebih kecil. Atom karbon dapat memiliki bilangan oksidasi positif (+2, +4), negatif (-2, -4), atau bahkan nol.

Tabel 7.1 Biloks Karbon dalam Beberapa Senyawanya

Senyawa	Rumus Molekul	Biloks C
Metana	CH_4	-4
Metanol	CH_3OH	-2
Formaldehid (formalin)	HCOH	0
Asam metanoat (asam format)	HCOOH	+2
Karbon monoksida	CO	+2
Karbon dioksida	CO_2	+4
Karbon tetraklorida	CCl_4	+4

B. Senyawa Hidrokarbon

Hidrokarbon adalah senyawa organik yang hanya mengandung unsur karbon dan hidrogen. Hidrokarbon walaupun hanya terdiri atas dua jenis unsur, tetapi merupakan kelompok besar senyawa. Beberapa contoh senyawa hidrokarbon ialah: CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_4 , C_3H_8 , dan masih banyak lagi. Jumlah atom karbon dalam satu molekul hidrokarbon alami dapat mencapai puluhan. Karena jumlahnya yang sangat banyak tersebut, maka dilakukan penggolongan terhadap senyawa hidrokarbon. Secara garis besar, penggolongan senyawa hidrokarbon berdasarkan struktur molekul dan kejenuhan ikatan.

1. Penggolongan Berdasarkan Struktur Molekul

Senyawa hidrokarbon dapat digolongkan berdasarkan struktur molekulnya, yakni berupa rantai karbon terbuka (rantai alifatik) dan rantai tertutup (alissiklik dan aromatik).

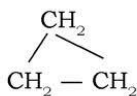
a. Senyawa Hidrokarbon Alifatik

Senyawa hidrokarbon alifatik adalah senyawa hidrokarbon dengan struktur rantai karbon terbuka. Senyawa yang termasuk hidrokarbon alifatik antara lain:

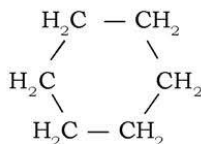
- 1) Alkana : metana (CH_4), etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}), dan seterusnya (senyawa golongan ini banyak terdapat dalam minyak bumi).
- 2) Alkena : etena (C_2H_4), propena (C_3H_6), butena (C_4H_8), dan seterusnya.
- 3) Alkuna : etuna (C_2H_2), propuna (C_3H_4), butuna (C_4H_6), dan seterusnya.

b. Senyawa Hidrokarbon Alisiklik

Senyawa hidrokarbon alisiklik merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki struktur rantai karbon tertutup. Contoh senyawa hidrokarbon alisiklik antara lain:



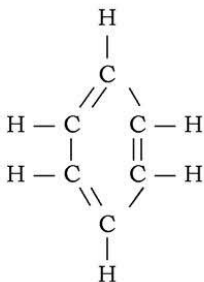
Siklopropana (C_3H_6)



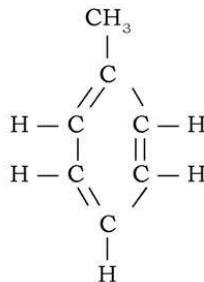
Sikloheksana (C_6H_{12})

c. Senyawa Hidrokarbon Aromatik

Senyawa hidrokarbon aromatik merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki rantai karbon tertutup dan mengandung dua atau lebih ikatan rangkap yang letaknya berselang-seling. Contoh senyawa hidrokarbon aromatik sebagai berikut.



Benzena



Metil benzena (Toluena)

2. Penggolongan Berdasarkan Kejenuhan Ikatan

Penggolongan senyawa hidrokarbon dapat pula dikelompokkan berdasarkan kejenuhan ikatannya, yaitu senyawa hidrokarbon jenuh dan senyawa hidrokarbon tidak jenuh.

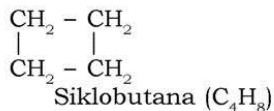
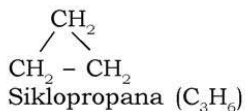
a. Senyawa Hidrokarbon Jenuh

Senyawa hidrokarbon jenuh mempunyai ciri antaratom C berikatan tunggal ($C - C$). Senyawa-senyawa yang termasuk kelompok ini antara lain:

1) Golongan Alkana



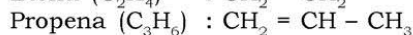
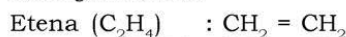
2) *Golongan Sikloalkana*



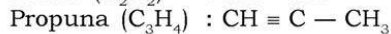
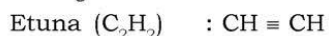
b. Senyawa Hidrokarbon Tidak Jenuh

Senyawa hidrokarbon tidak jenuh mempunyai ciri antaratom C ada yang berikatan rangkap, yaitu ikatan rangkap dua ($\text{C}=\text{C}$) atau ikatan rangkap tiga ($\text{C}\equiv\text{C}$). Senyawa-senyawa yang termasuk kelompok ini antara lain:

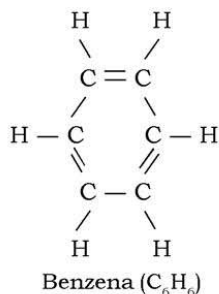
1) *Golongan Alkena*



2) *Golongan Alkuna :*



3) *Golongan Aromatik*



Sumber: Sains dan Kehidupan

Gambar 7.4 Senyawa aromatik dikenali dari aroma (bau) yang khas, misalnya yang terdapat dalam cherry, kayu manis, dan cengkeh

C. Alkana, Alkena, dan Alkuna

Untuk memudahkan mempelajari subbab ini, sebaiknya kalian menghapalkan beberapa nama dan rumus molekul senyawa alkana, alkena, dan alkuna.

Tabel 7.2 Rumus Molekul Beberapa Senyawa Alkana, Alkena, dan Alkuna Sederhana

Nama Alkana	Rumus Molekul	Nama Alkena	Rumus Molekul	Nama Alkuna	Rumus Molekul
Metana	CH_4	Etena	C_2H_4	Etuna	C_2H_2
Etana	C_2H_6	Propena	C_3H_6	Propuna	C_3H_4
Propana	C_3H_8	Butena	C_4H_8	Butuna	C_4H_6
Butana	C_4H_{10}	Pentena	C_5H_{10}	Pentuna	C_5H_8
Pentana	C_5H_{12}	Heksena	C_6H_{12}	Heksuna	C_6H_{10}
Heksana	C_6H_{14}	Heptena	C_7H_{14}	Heptuna	C_7H_{12}
Heptana	C_7H_{16}	Oktena	C_8H_{16}	Oktuna	C_8H_{14}
Oktana	C_8H_{18}	Nonena	C_9H_{18}	Nonuna	C_9H_{16}
Nonana	C_9H_{20}	Dekena	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}$	Dekuna	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}$
Dekana	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$				

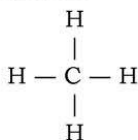
1. Alkana

Senyawa alkana merupakan jenis senyawa hidrokarbon jenuh (ikatan antaratom C berupa ikatan tunggal). Senyawa alkana bersifat kurang reaktif dibandingkan dengan senyawa hidrokarbon golongan alkena dan alkuna. Oleh karena itu, senyawa alkana dikenal juga dengan nama parafin (Latin : *parum afinis* = daya gabung kecil).

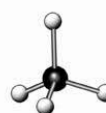
a. Rumus Umum Alkana

Perhatikan beberapa struktur senyawa alkana sederhana berikut.

1) Metana



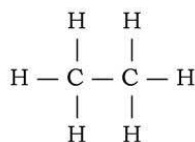
atau



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer 6

Gambar 7.5 Rayap dapat menghasilkan metana, CH_4 (suatu senyawa alkana)

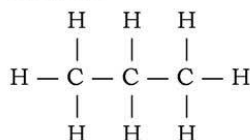
2) *Etana*



atau



3) *Propana*



atau



Perhatikan Tabel 7.2! Setiap kenaikan satu atom C pada alkana, jumlah gugus CH_2 juga bertambah satu. Urutan golongan senyawa hidrokarbon berdasarkan perbedaan jumlah gugus CH_2 yang teratur disebut *deret homolog*.

Jika atom karbon yang diikat berjumlah n (C_n), jumlah atom H dapat ditentukan berdasarkan deret hitung. Rumus matematika untuk suku ke- n adalah:

$$U_n = a + (n - 1) b$$

U_n = nilai suku ke- n (jumlah atom H untuk nilai $\text{C} = n$)

a = U_1 = jumlah atom H pada $\text{C} = 1$; yaitu 4 (CH_4).

b = Beda jumlah atom H

= $U_2 - U_1$ (pada C_2H_6 dan CH_4) = $6 - 4 = 2$.

Berdasarkan rumusan tersebut, maka akan diperoleh nilai U_n :

$$\begin{aligned} U_n &= 4 + (n - 1) 2 \\ &= 4 + 2n - 2 \\ &= 2n + 2 \end{aligned}$$

Jadi, jumlah atom H dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan $(2n + 2)$, sehingga dengan demikian senyawa alkana memiliki rumus umum:





Sumber: www.pds.jpl.nasa.gov



Sumber: www.above.thecloudsims.com



Sumber: www.tokai.co.id

Gambar 7.6 Senyawa alkana terdapat di planet Saturnus, bahan bakar balon udara, dan korek gas

b. Tata Nama

Pada tahun 1892, para ahli kimia mengadakan pertemuan di Jenewa untuk merumuskan aturan-aturan penamaan senyawa-senyawa kimia. Tata nama yang mereka rumuskan tersebut terkenal dengan tata nama IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Nama-nama yang sudah biasa digunakan sebelum tata nama IUPAC atau nama-nama senyawa kimia yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari atau dalam dunia perdagangan tetap digunakan dan disebut nama biasa atau nama *trivial*.

Untuk memudahkan kalian mempelajari aturan penamaan senyawa hidrokarbon, sebaiknya kalian telah menghapuskan nama-nama senyawa alkana mulai dari CH_4 hingga $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ seperti yang tercantum pada Tabel 7.2.

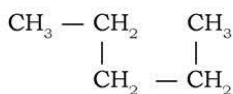
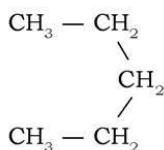
1) Penamaan Senyawa Alkana Berdasarkan Aturan IUPAC

Adapun aturan penamaan senyawa alkana berdasarkan aturan IUPAC adalah sebagai berikut.

a) Menentukan rantai karbon terpanjang (rantai utama)

Rantai utama merupakan rangkaian ikatan antaratom C dengan jumlah terbanyak. Perhatikan rantai C yang lurus belum tentu merupakan rantai utama. Jika terdapat dua atau lebih rantai terpanjang, maka rantai utama dipilih dari rantai yang memiliki cabang terbanyak.

Perhatikan contoh berikut ini!



Ketiga struktur di atas merupakan satu jenis rantai utama dengan cara penyajian/penyusunan yang berbeda. Ketiga struktur di atas memiliki rantai utama dengan lima atom C. Apakah nama senyawa alkana dengan rumus molekul C_5H_{12} ?

b) Menentukan cabang-cabang alkil (gugus cabang)

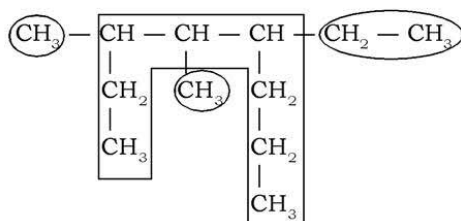
Gugus cabang atau gugus alkil merupakan gugus alkana yang kehilangan satu atom H-nya, dan terikat pada salah satu atom C pada rantai utama. Rumus umum gugus alkil adalah C_nH_{2n+1} .

Nama suatu gugus alkil diturunkan dari nama alkana asalnya, hanya akhiran *-ana* diganti akhiran *-il* (alkana menjadi alkil).

Tabel 7.3 Nama Beberapa Gugus Alkil

Alkana	Nama	Gugus Alkil	Nama
CH_4	Metana	$-CH_3$	Metil
C_2H_6	Etana	$-C_2H_5$	Etil
C_3H_8	Propana	$-C_3H_7$	Propil
C_4H_{10}	Butana	$-C_4H_9$	Butil
C_5H_{12}	Pentana	$-C_5H_{11}$	Pentil
C_6H_{14}	Heksana	$-C_6H_{13}$	Heksil
C_7H_{16}	Heptana	$-C_7H_{15}$	Heptil
C_8H_{18}	Oktana	$-C_8H_{17}$	Oktil

Perhatikan struktur hidrokarbon berikut ini!

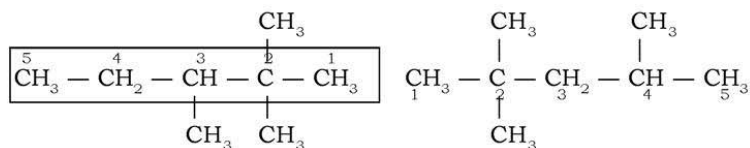


Rantai karbon yang diberi kotak merupakan rantai utamanya dan gugus yang dilingkari adalah gugus alkil atau rantai cabangnya. Senyawa di atas memiliki rantai utama dengan 8 atom C, dua buah gugus metil (CH_3) serta sebuah gugus etil (C_2H_5).

c) Penomoran rantai utama

Letak rantai cabang (gugus alkil) pada rantai utama dapat ditentukan melalui penomoran terhadap rantai utama. Penomoran dimulai dari sisi rantai utama yang menjangkau rantai cabang

paling dekat (penomoran diawali dari atom C yang terletak paling dekat dengan atom C yang mengikat rantai cabang). Jika jarak dari setiap sisi sama (untuk menjangkau gugus alkil yang berbeda), maka penomoran diawali dari sisi rantai utama yang menjangkau gugus alkil yang memiliki atom C lebih banyak.



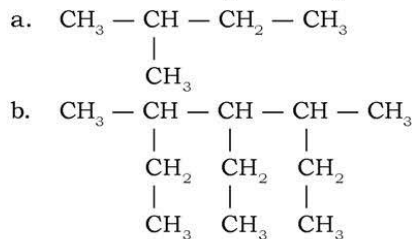
- d) Jika terdapat lebih dari satu rantai cabang yang sama, maka pada penamaan rantai cabang tersebut diberi awalan dengan aturan sebagai berikut.

Jumlah Rantai Cabang yang Sama	Awalan
2	di
3	tri
4	tetra
5	penta
6	heksa
7	hepta
8	okta
....	dst

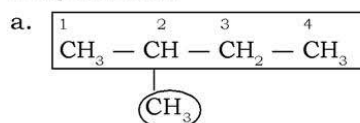
- e) Penulisan urutan gugus alkil (rantai cabang) pada penamaan senyawa hidrokarbon disusun berdasarkan urutan abjad (huruf pertama nama gugus alkil), sedangkan huruf pertama dari pemberian awalan diabaikan. Misalnya, jika terdapat cabang metil dan etil, maka pada nama senyawa alkana tersebut etil ditulis lebih dahulu daripada metil. Demikian juga antara metil dan propil, yang ditulis terlebih dahulu pada nama senyawanya adalah propil, baru kemudian metil.

Contoh soal 7.1:

Berilah nama senyawa-senyawa hidrokarbon di bawah ini:



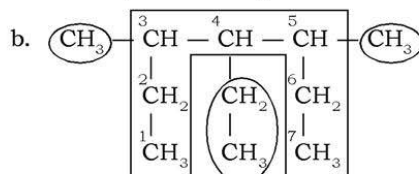
Penyelesaian:



Cara menamainya:

- 1) Rantai utamanya *butana* (empat atom C).
- 2) Rantai cabang hanya satu yakni *metil*.
- 3) Metil terletak pada atom C nomor 2 (penomoran dari kiri).

Maka, nama senyawa tersebut adalah 2-metilbutana.



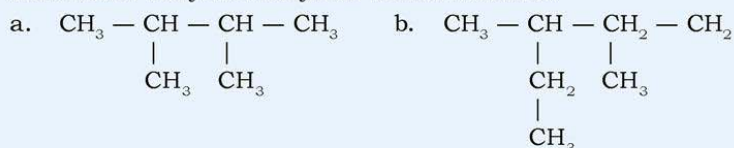
Cara menamainya:

- 1) Rantai utamanya *heptana* (tujuh atom C).
- 2) Rantai cabang ada 3, yaitu 2 gugus *metil* dan 1 gugus *etil*.
- 3) Metil terletak pada atom C nomor 3 dan nomor 5, sedangkan etil terletak pada atom C nomor 4 (penomoran dari kiri bawah).
- 4) Gugus metil mendapat awalan *di* sehingga namanya menjadi *dimetil*.
- 5) Gugus etil ditulis dulu pada nama senyawa, kemudian dimetil. Maka, nama senyawa tersebut adalah 4-etil-3,5-dimetilheptana.

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 7.1

Beri nama senyawa-senyawa alkana berikut.



2) Tata Nama Alkana yang Bersifat Umum (Nama Trivial)

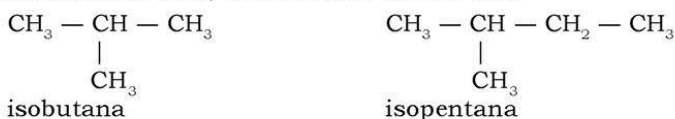
Tata nama alkana yang bersifat umum (nama trivial) atau nama lazim adalah sebagai berikut.

- a) Untuk rantai karbon yang lurus dan tidak memiliki cabang, diberi awalan normal atau disingkat *-n*.

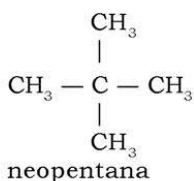
Contoh:



- b) Jika pada ujung rantai karbon terdapat cabang metil, sehingga membentuk siku, maka diberi awalan *iso*.

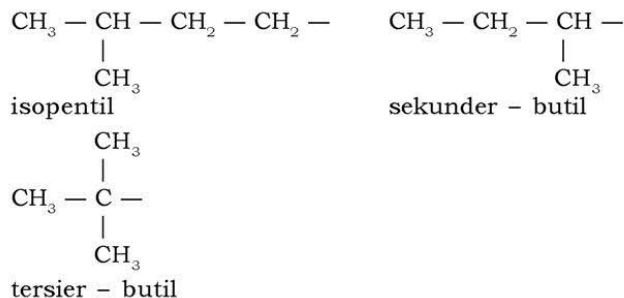


- c) Pada struktur molekul berikut, berlaku pemberian awalan *neo*.



- d) Gugus alkil diberi nama umum sebagai berikut:

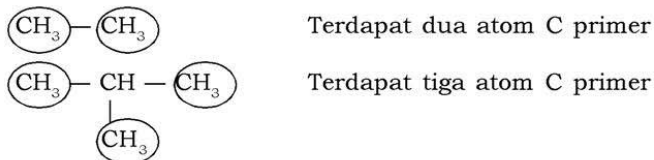




Berdasarkan posisinya, atom karbon dalam alkana dibedakan atas atom C primer (1°), atom C sekunder (2°), atom C tersier (3°), dan atom C kuarternar (4°).

1) *Atom C Primer (1°)*

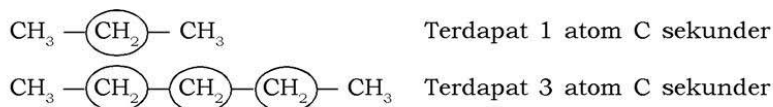
Atom C primer adalah atom C yang hanya mengikat satu atom C lainnya. Pada senyawa hidrokarbon jenuh, atom C primer mengikat tiga atom H ($-\text{CH}_3$). Perhatikan contoh berikut!



2) *Atom C Sekunder (2°)*

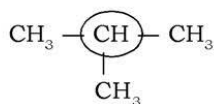
Atom C sekunder adalah atom C yang mengikat dua atom C lainnya. Pada suatu senyawa hidrokarbon jenuh, atom C sekunder mengikat dua atom H ($-\text{CH}_2-$).

Contoh:

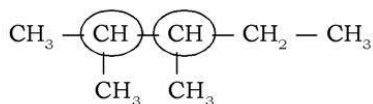


3) *Atom C Tersier (3°)*

Atom C tersier adalah atom C yang mengikat tiga atom C lainnya. Pada senyawa hidrokarbon jenuh, atom C hanya mengikat satu atom H ($-\text{CH}-$).

Contoh:

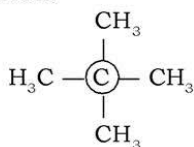
Terdapat 1 atom C tersier



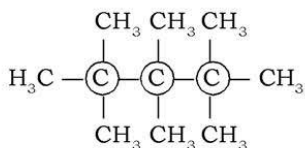
Terdapat 2 atom C tersier

4) Atom C Kuartern (4°)

Atom C kuartern adalah atom C yang mengikat empat atom C lainnya. Pada senyawa hidrokarbon jenuh, atom C kuartern tidak mengikat atom H.

Contoh:

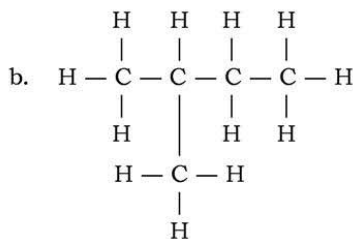
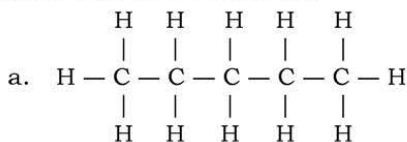
: Terdapat 1 atom C kuartern

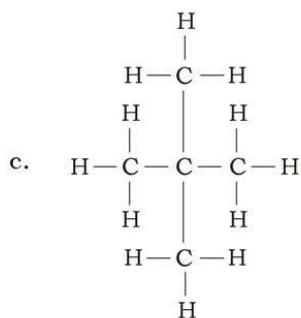


: Terdapat 3 atom C kuartern

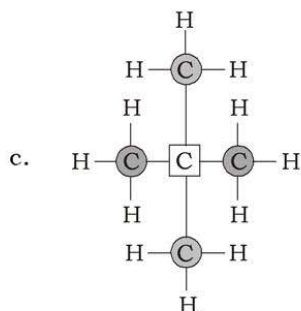
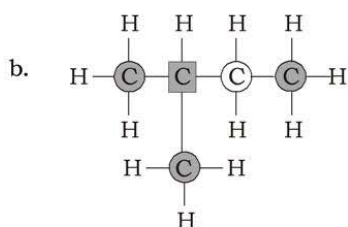
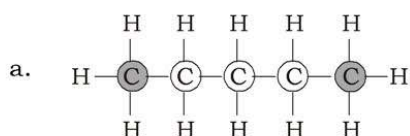
Contoh soal 7.2:





Tentukan jumlah atom C primer, sekunder, tersier, dan kuartern pada senyawa berikut ini!





Penyelesaian:



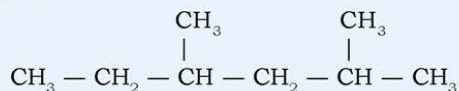
-  Atom karbon primer
-  Atom karbon sekunder
-  Atom karbon tersier
-  Atom karbon kuarternar

- a. Senyawa pertama memiliki 2 atom C primer dan 3 atom C sekunder.
- b. Senyawa kedua memiliki 3 atom C primer, 1 atom C sekunder, dan 1 atom C tersier.
- c. Senyawa ketiga memiliki 4 atom C primer dan 1 atom C kuarternar.

Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 7.2

Berapa jumlah atom karbon primer, sekunder, dan tersier senyawa berikut?



2. Alkena

Senyawa alkena memiliki ikatan rangkap dua pada struktur molekulnya. Alkena merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh.

a. Rumus Umum Alkena

Perhatikan senyawa alkena pada Tabel 7.2, terlihat bahwa jumlah atom H yang diikat jumlahnya dua kali jumlah atom C. Jika terdapat sejumlah n atom C, maka jumlah atom H adalah $2n$. Rumus umum senyawa alkena adalah:

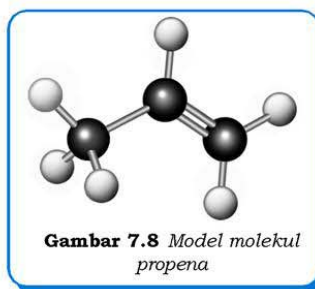


Gambar 7.7 Ikatan rangkap antarkarbon dalam senyawa hidrokarbon golongan alkena

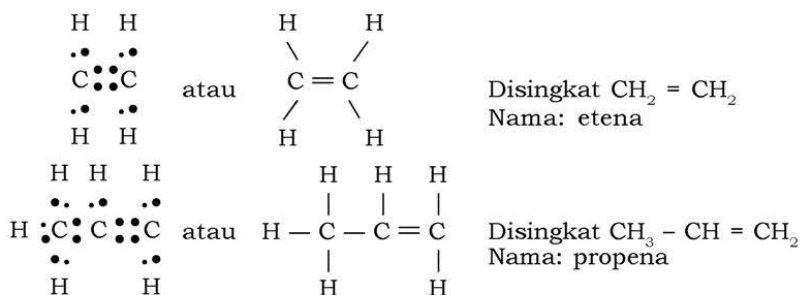
b. Struktur Molekul Alkena

Jika kalian bandingkan rumus molekul alkana ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) dengan rumus molekul senyawa alkena (C_nH_{2n}), terlihat bahwa jumlah atom H pada senyawa alkena dua atom lebih sedikit daripada senyawa alkana. Ikatan pada senyawa alkena harus memenuhi kaidah oktet, sehingga senyawa tersebut harus membentuk ikatan rangkap dua.

Perhatikan struktur Lewis dan ikatan kovalen pada senyawa alkena berikut!



Gambar 7.8 Model molekul propena

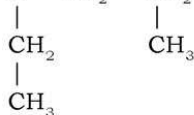
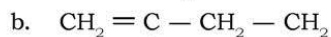
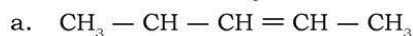


c. Tata Nama Alkena

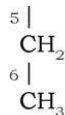
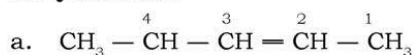
- 1) Rantai utama dipilih dari rantai terpanjang yang mengandung ikatan rangkap. Senyawa alkena diberi nama sesuai dengan jumlah atom C terpanjang seperti pada alkana, hanya akhiran *-ana* pada alkana diganti menjadi *-ena* untuk alkena.
- 2) Penomoran untuk atom C nomor satu dilakukan dengan cara menempatkan ikatan rangkap pada nomor terkecil.
- 3) Posisi ikatan rangkap pada rantai utama ditunjukkan dengan awalan angka, yaitu nomor atom karbon yang berikatan rangkap yang paling pinggir (nomor terkecil).
- 4) Penulisan cabang-cabang sama seperti pada alkana.

Contoh soal 7.3:

Tentukan nama senyawa alkena berikut!



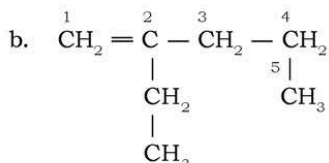
Penyelesaian:



Cara penamaannya:

- 1) Rantai utama memiliki 6 atom C, berarti rantai utamanya bernama *heksena*.
- 2) Penomoran dilakukan dari sebelah kanan.
- 3) Ikatan rangkap terdapat pada atom C nomor 2.
- 4) Memiliki satu cabang metil pada atom C nomor 4.

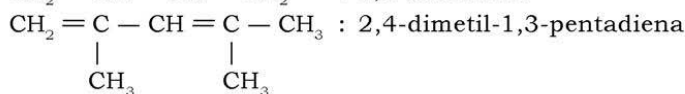
Maka, nama senyawa dengan rumus struktur di atas adalah 4-metil-2-heksena.



Senyawa di atas memiliki rantai utama dengan 5 atom C. Penomoran dimulai dari sebelah kiri dekat ikatan rangkap. Ikatan rangkap terletak pada atom C nomor 1 dan gugus cabang (etil) pada atom C nomor 2, sehingga namanya adalah 2-etil-1-pentena.

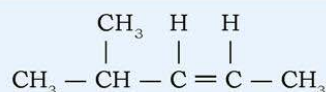
Senyawa yang mempunyai dua ikatan rangkap disebut alkadiena, sedangkan senyawa yang mempunyai tiga ikatan rangkap disebut alkatriena, dan seterusnya.

Contoh:



Kerjakan tugas berikut pada buku tugas untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 7.3



Beri nama senyawa yang memiliki struktur seperti di samping!

3. Alkuna

Senyawa alkuna merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang memiliki ikatan rangkap tiga pada struktur molekulnya.

a. Rumus Umum Alkuna

Perhatikan nama dan rumus molekul senyawa alkuna pada Tabel 7.2. Dari rumus molekul pada tabel tersebut terlihat bahwa dengan jumlah atom C yang sama, jumlah atom H yang terikat pada senyawa alkuna empat atom lebih sedikit daripada senyawa alkana, atau dua atom lebih sedikit dari senyawa alkena. Jika jumlah atom C pada senyawa alkuna adalah n , maka jumlah atom H-nya adalah $2n-2$ dan diperoleh rumus umum senyawa alkuna adalah:



b. Struktur Molekul Alkuna

Atom C membentuk ikatan rangkap tiga, sehingga ikatan pada senyawa alkuna memenuhi kaidah oktet. Perhatikan ikatan pada senyawa C_2H_2 dan senyawa C_3H_4 berikut ini!

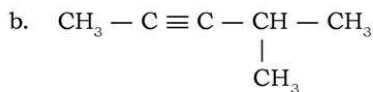
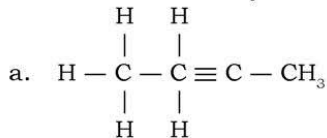
<u>Struktur Lewis</u>	<u>Struktur Molekul</u>	<u>Nama</u>
$H : C \equiv C : H$	$H - C \equiv C - H$	etuna
$\begin{array}{c} H \\ | \\ H : C \equiv C : C : H \\ | \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} H \\ | \\ H - C \equiv C - C - H \\ | \\ H \end{array}$	propuna

c. Tata Nama

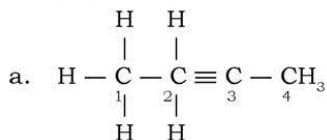
Cara penamaan senyawa alkuna sama seperti penamaan pada senyawa alkena, tetapi akhiran *-ena* diganti dengan *-una*. Perhatikan contoh penamaan senyawa berikut ini!

Contoh soal 7.4:

Tentukan nama senyawa alkuna dengan struktur berikut!



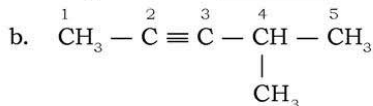
Penyelesaian:



Cara menamainya:

Rantai utama terdiri atas 4 atom C. Ikatan rangkap terletak pada atom C nomor 2 (penomoran dapat dilakukan dari sisi mana saja), dan tanpa rantai cabang.

Namanya adalah 2-butuna.



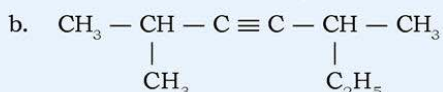
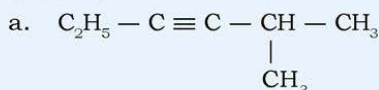
Rantai utama dengan 5 atom C, ikatan rangkap pada atom C nomor 2, dan gugus metil pada atom C nomor 4.

Nama senyawa di atas adalah 4-metil-2-pentuna.

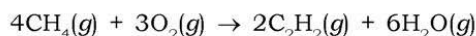
Kerjakan tugas berikut untuk mengembangkan **kecakapan personal** dan **akademik** kalian!

Tugas 7.4

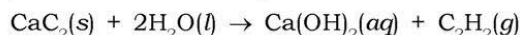
Tulislah nama IUPAC dan rumus molekul dari senyawa alkuna berikut!



Senyawa alkuna yang mempunyai **nilai ekonomis** penting hanyalah etuna, yang disebut juga asetilena, C_2H_2 , ($\text{CH} \equiv \text{CH}$). Dalam industri, etuna dibuat dari metana melalui pembakaran tak sempurna.



Untuk skala kecil, etuna dapat juga dibuat dari reaksi batu karbit dengan air. Coba kalian praktikkan di rumah!



Gas yang dihasilkan dari batu karbit berbau tidak sedap. Sesungguhnya gas asetilena murni tidaklah berbau busuk, bahkan sedikit harum. Bau busuk disebabkan adanya gas fosfin (PH_3) yang selalu dihasilkan sebagai campuran (gas fosfin juga beracun).

Gas asetilena biasa digunakan untuk mengelas besi dan baja. Namun di beberapa daerah karbit dimanfaatkan untuk memeras buah-buahan, seperti pisang dan mangga.



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer
Gambar 7.10 Gas asetilena dimanfaatkan untuk mengelas besi dan baja

4. Hubungan Titik Didih dengan Massa Molekul Relatif Alkana

Kalian tentu sudah pernah melihat air yang mendidih. Bagaimanakah gejala-gejala air yang mendidih? Bagaimana suatu senyawa dikatakan mendidih? Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi suatu senyawa mendidih pada suhu tertentu?

Suatu senyawa dikatakan mendidih apabila telah tercapai keseimbangan antara fase cair dan fase gas, atau dengan kata lain suatu senyawa dikatakan mendidih jika mulai terjadi perubahan wujud dari cair menjadi gas. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi titik didih (suhu suatu senyawa ketika mulai mendidih) adalah ikatan antarmolekul dan massa molekul relatif (M_r). Perhatikan data M_r senyawa alkana, titik didih, serta titik lelehnya pada Tabel 7.4.

Tabel 7.4 Titik Didih dan Titik Leleh Beberapa Senyawa Alkana

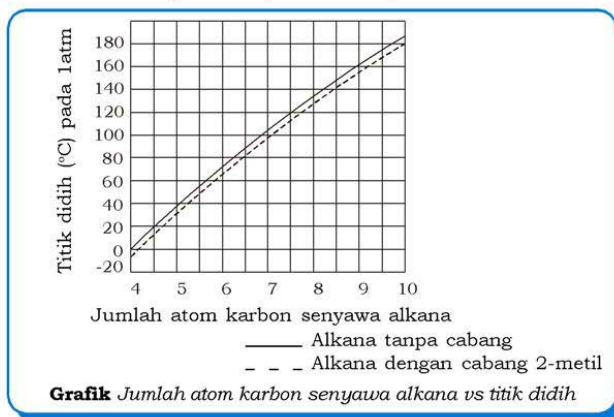
Nama	Rumus Molekul	M_r	Titik Didih (°C)	Titik Leleh (°C)
Metana	CH_4	16	-160,0	-182,5
Etana	C_2H_6	30	-88,7	-183,6
Propana	C_3H_8	44	-42,4	-187,6
n-butana	C_4H_{10}	58	-0,4	-139,0
Isobutana	C_4H_{10}	58	-10,2	-160,9
n-pentana	C_5H_{12}	72	36,0	-129,9
Isopentana	C_5H_{12}	72	27,9	-160,5
Neopentana	C_5H_{12}	72	9,6	-16,6
Heksana	C_6H_{14}	86	68,8	-94,5
Heptana	C_7H_{16}	100	98,4	-90,6
Oktana	C_8H_{18}	114	125,6	-56,9
Nonana	C_9H_{20}	128	150,7	-53,6
Dekana	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	142	174,0	-29,7
Undekana	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	156	194,5	-25,0
Dodekana	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	170	216,2	-9,7
Tridekana	$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	184	234,0	-6,2
Tetradekana	$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	198	252,5	5,5
Pentadekana	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	212	270,5	10,0
Heksadekana	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	226	287,5	18,5
Heptadekana	$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	240	-	22,5
Oktadekana	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	254	317,0	28,0
Nonadekana	$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$	268	330,0	32,0
Eikosana	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	282	-	36,7
Hektana	$\text{C}_{100}\text{H}_{202}$	1.402	-	115,1

Berdasarkan Tabel 7.4, dapat disimpulkan:

- Semakin besar M_r senyawa hidrokarbon, harga titik didih dan titik lelehnya juga semakin besar.

- b. Senyawa hidrokarbon yang bercabang memiliki titik didih yang lebih rendah daripada yang lurus (untuk rumus molekul yang sama).

Wujud fisik suatu zat dipengaruhi oleh nilai titik leleh dan titik didih zat tersebut pada tekanan 1 atm. Meleleh merupakan proses perubahan wujud zat padat menjadi cair.



Suatu zat yang memiliki titik didih kurang dari 25°C, pada keadaan standar zat tersebut berwujud gas. Adapun zat yang memiliki titik leleh kurang dari 25°C dan titik didih di atas 25°C, dalam keadaan standar zat tersebut berwujud cair. Jika suatu zat memiliki harga titik leleh di atas 25°C, apa wujud zat tersebut dalam keadaan standar?

Berdasarkan data dari Tabel 7.4, dapat disimpulkan bahwa pada keadaan standar (25°C, 1 atm) alkana memiliki wujud:

- gas = dari metana (CH_4) sampai isobutana (C_4H_{10}).
- cair = dari n-pentana (C_5H_{12}) sampai heptadekana ($\text{C}_{17}\text{H}_{36}$)
- padat = mulai dari oktadekana ($\text{C}_{18}\text{H}_{38}$) dan seterusnya.

5. Isomer Golongan Hidrokarbon

Senyawa karbon dapat membentuk isomer (Yunani: *iso* = sama; *meros* = bagian). Jadi, isomer adalah senyawa yang memiliki rumus molekul yang sama (jumlah atom-atomnya sama), tetapi struktur molekulnya berbeda.

Ada 4 jenis isomer pada senyawa hidrokarbon, antara lain:

- Isomer rangka** adalah senyawa dengan rumus molekul sama, namun rangka atau ikatan antara atom karbon berbeda. Isomer rangka terjadi antara bentuk rantai lurus dengan rantai bercabang.

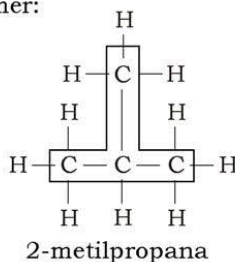
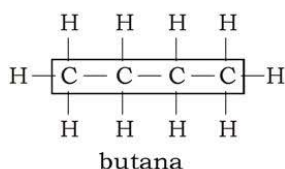
- b. **Isomer posisi** adalah senyawa dengan rumus molekul dan gugus fungsional sama, namun posisi gugus fungsinya yang berbeda. Isomer rangka dan isomer posisi sering juga disebut *isomer struktur*.
- c. **Isomer fungsional** adalah senyawa dengan rumus molekul sama, namun jenis gugus fungsional berbeda.
- d. **Isomer geometri** adalah senyawa dengan rumus molekul, gugus fungsional, dan posisi gugus fungsional sama, namun bentuk geometri (struktur ruang) berbeda. Isomer geometri terdiri atas isomer *cis-trans* dan isomer *optik*.

Senyawa alkana hanya mempunyai isomer rangka karena golongan alkana tidak memiliki gugus fungsional. Golongan alkana mempunyai isomer rangka, posisi, dan isomer geometri, sedangkan golongan alkuna memiliki isomer rangka dan posisi. Setiap senyawa yang berisomer memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda. Lebih jauh mengenai isomerisasi senyawa alkana, alkana, dan alkuna adalah sebagai berikut.

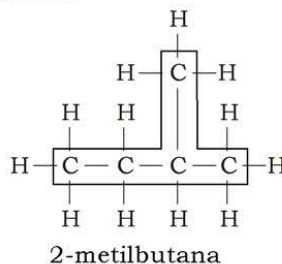
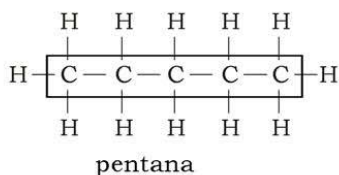
a. Keisomeran pada Alkana

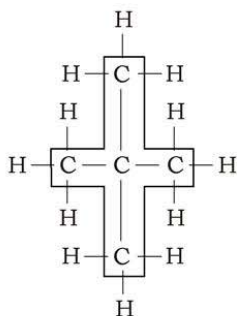
Senyawa hidrokarbon golongan alkana hanya memiliki isomer rangka. Keisomeran rangka senyawa alkana dimulai dari senyawa butana (C_4H_{10}). Perhatikan isomer senyawa-senyawa alkana berikut.

- 1) Butana (C_4H_{10}) memiliki dua isomer:



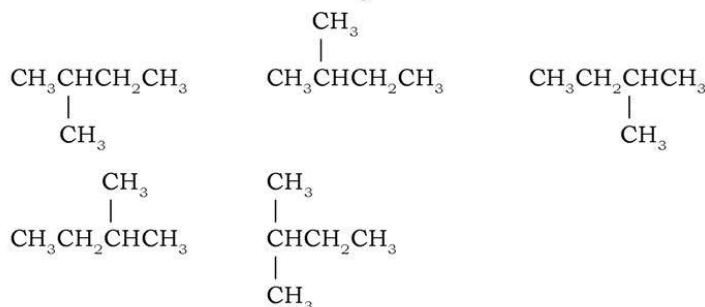
- 2) Pentana (C_5H_{12}) memiliki tiga isomer:





2,2-dimetilpropana

Perhatikan struktur molekul senyawa berikut!



Semua struktur di atas **bukan** merupakan isomer, semuanya merupakan bentuk struktur dari senyawa yang sama, hanya penyajiannya saja yang berbeda. Apakah nama senyawa di atas?

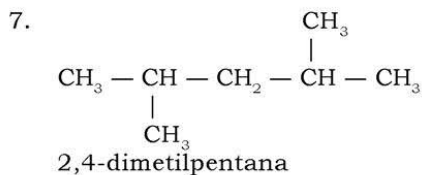
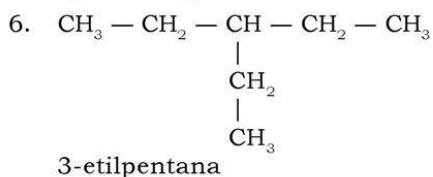
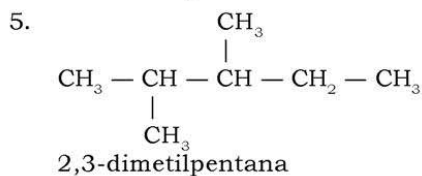
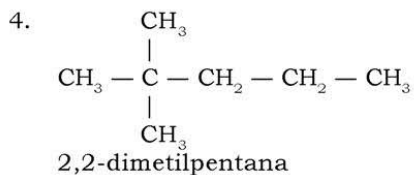
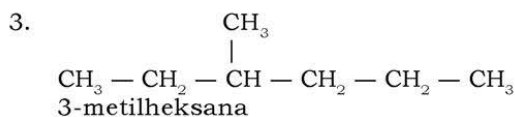
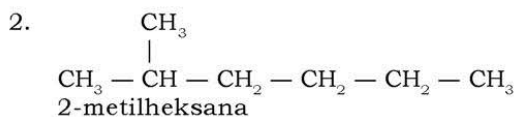
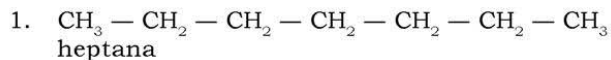
Cara menentukan isomer pada alkana:

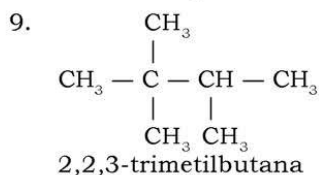
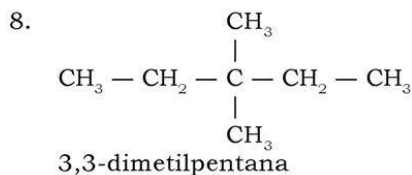
- 1) Tentukan rantai utama (rantai atom C terpanjang).
- 2) Satu atom C dikurangi untuk membentuk satu cabang metil. Kemudian, cabang metil ini dipindah secara teratur mulai dari atom C dengan nomor terkecil ke nomor atom berikutnya (penomoran dapat dimulai dari ujung kiri maupun kanan).
- 3) Kurangi dua atom C pada rantai utama untuk membentuk dua cabang metil atau satu cabang etil. Secara sistematis, kedua cabang metil diletakkan pada atom C dari nomor atom terkecil secara bersamaan, dan kemudian dipindahkan ke nomor atom berikutnya secara teratur jika memungkinkan.
- 4) Kemudian, secara bertahap satu cabang digeser ke atom C berikutnya, sedangkan cabang metil yang lainnya tetap. Selanjutnya buat satu cabang metil baru yang masih memungkinkan. Demikian seterusnya.

Contoh soal 7.5:

Tentukan jumlah isomer dan berikan nama senyawanya dari senyawa C_7H_{16} !

Penyelesaian:





Jadi, senyawa C_7H_{16} memiliki sembilan isomer.

Semakin panjang rantai C, semakin banyak jumlah isomer yang dapat terbentuk. Sebagai gambaran, jumlah isomer senyawa alkana $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ sebanyak 75 isomer, senyawa $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ sebanyak 4.347 isomer, dan senyawa $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ sebanyak 366.319 isomer. Adakah keteraturan dalam kenaikan jumlah isomer pada senyawa alkana?

Tugas 7.5

1. Tentukan jumlah isomer dari senyawa C_6H_{14} dan beri nama sesuai aturan IUPAC!
2. Gambarkan semua rumus struktur yang merupakan isomer dari senyawa C_8H_{18} , yang hanya memiliki cabang metil dan etil! Beri nama sesuai aturan IUPAC!

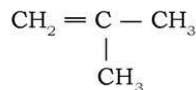
b. Keisomeran pada Alkena

Pada senyawa hidrokarbon golongan alkena jenis isomernya dapat berupa isomer rangka, isomer posisi, dan isomer geometri. Keisomeran pada senyawa alkena dimulai dari butena (C_4H_8), (mengapa?). Perhatikan beberapa isomer senyawa alkena berikut!

1) Isomer Rangka

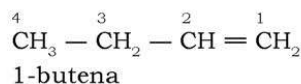
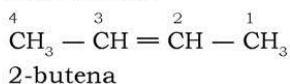


1-butena



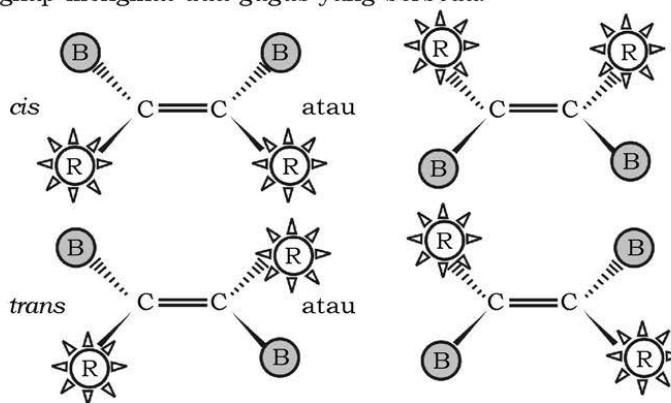
2-metil-1-propena

2) *Isomer Posisi*



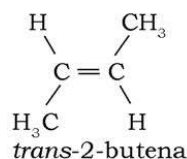
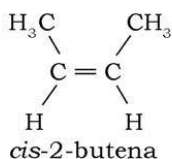
3) *Isomer Geometri*

Senyawa alkena memiliki isomer geometri berupa isomer *cis-trans*. Isomer geometri terjadi jika atom C yang memiliki ikatan rangkap mengikat dua gugus yang berbeda.

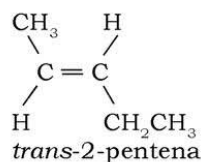
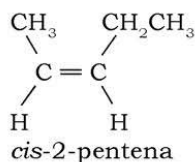


Bentuk geometri *cis* mengandung gugus-gugus yang sama (sama ringan atau sama berat) dan terletak pada sisi yang sama. Perhatikan gugus R (ringan) yang terikat pada baji putus-putus (.....), yang berarti ruang mengarah ke belakang dalam bangun. Sebaliknya, gugus B (berat) yang terikat pada baji utuh (—) berarti mengarah ke depan dalam bangun ruang. Bentuk geometri *trans* mengandung gugus-gugus yang sama dan terletak berseberangan (sisi yang berlawanan). Perhatikan gugus R yang terikat pada baji (.....) berseberangan dengan gugus R pada atom C lainnya yang terikat pada baji utuh (—). Begitu pula dengan gugus B yang berseberangan dengan gugus B lainnya.

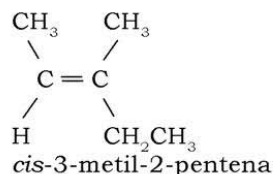
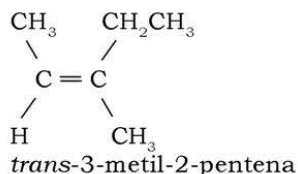
Perhatikan contoh isomer geometri *cis-trans* pada senyawa butena berikut ini!



Jika salah satu gugus metil diganti dengan gugus etil, misalnya pada senyawa 2-pentena, perhatikanlah bentuk isomer geometrinya!

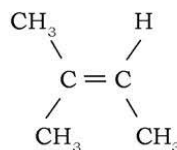
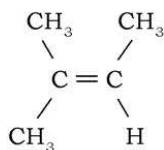


Perhatikan pula contoh berikut yakni isomer *cis-trans* pada senyawa 3-metil-2-pentena! Atom H diganti dengan gugus metil. Untuk menentukan kedudukannya berseberangan atau tidak, bukan berdasarkan kesamaan gugus-gugusnya, melainkan pada bobot molekul gugus-gugus tersebut. Kalian dapat menentukan suatu gugus termasuk gugus ringan atau gugus berat dengan memperhatikan atom atau gugus atom yang terikat pada atom C yang saling berikatan rangkap. Perhatikan contoh berikut ini!



Atom C₁ mengikat atom H dan gugus metil (CH₃). Gugus metil merupakan gugus beratnya dan diberi tanda B, sedangkan atom H merupakan gugus ringan dan diberi tanda R. Pada atom C₂ mengikat gugus metil (CH₃) dan gugus etil (C₂H₅). Gugus mana yang lebih berat? Tentu gugus etil bukan? Oleh karena itu gugus metil ditandai R, sedangkan gugus etil ditandai B.

Bagaimana jika kedua gugus tersebut sama? Perhatikan contoh berikut! Senyawa 2-metil-2-butena : (CH₃)₂C=CHCH₃ memiliki bentuk geometri sebagai berikut!



Perhatikan bahwa terdapat dua gugus metil (CH₃) pada atom C yang sama, sehingga struktur tersebut tidak memiliki bentuk isomer *cis-trans*! Kedua bentuk tersebut menunjukkan molekul yang sama.

c. Keisomeran pada Alkuna

Pada senyawa hidrokarbon golongan alkuna, memiliki isomer berupa isomer rangka, posisi, dan isomer fungsional. Senyawa alkuna berisomer fungsional dengan senyawa *alkadiena* (senyawa hidrokarbon yang memiliki dua ikatan rangkap). Isomer pada senyawa alkuna dimulai dari senyawa butuna (C_4H_6).

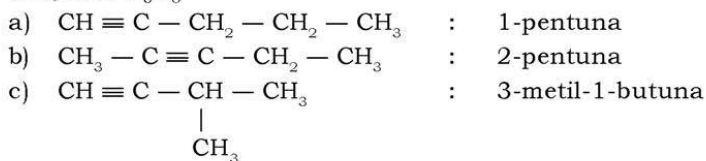
Perhatikan contoh isomer beberapa senyawa alkuna berikut!

1) Senyawa C_4H_6



Struktur (a) dan (b) merupakan bentuk isomer posisi alkuna

2) Senyawa C_5H_8

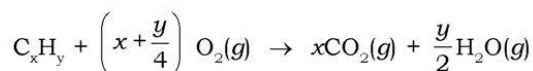


6. Reaksi Senyawa Hidrokarbon

Senyawa hidrokarbon dapat mengalami berbagai jenis reaksi kimia, seperti reaksi oksidasi, reaksi substitusi, reaksi adisi, reaksi eliminasi, dan reaksi redoks.

a. Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi yang terjadi pada senyawa hidrokarbon merupakan reaksi pembakaran. Persamaan reaksi oksidasi pada senyawa hidrokarbon adalah:

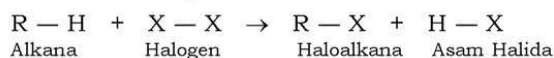


b. Reaksi Substitusi

Substitusi artinya penggantian. Jadi, reaksi substitusi adalah reaksi penggantian atom atau gugus atom suatu molekul senyawa karbon oleh atom atau gugus atom lain. Misalnya reaksi penggantian atom H (hidrogen) oleh X (halogen), sehingga sering juga disebut sebagai *reaksi halogenasi*.

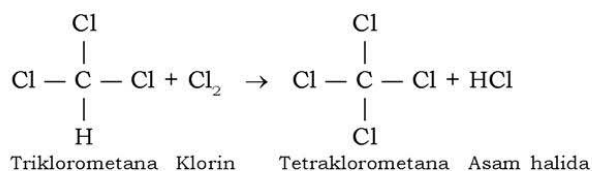
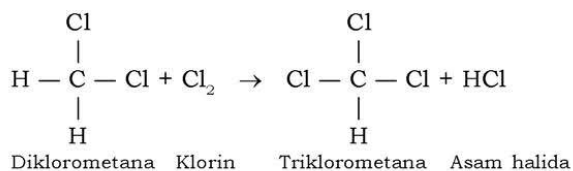
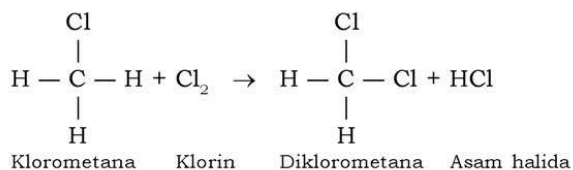
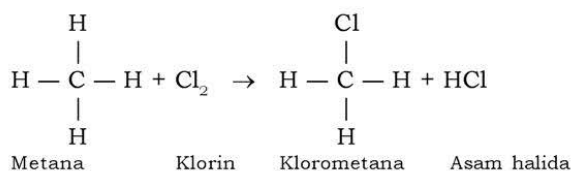
Reaksi halogenasi pada senyawa alkana akan membentuk senyawa haloalkana. Senyawa haloalkana adalah senyawa yang terbentuk dari hasil substitusi atom hidrogen pada alkana oleh atom halogen.

Secara umum, reaksi pembentukan haloalkana dapat digambarkan sebagai berikut.

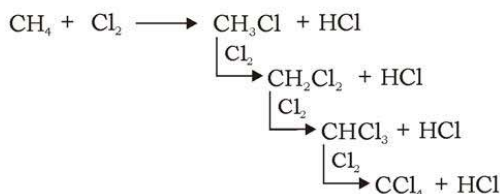


Halogen (X_2) yang dapat bereaksi dengan alkana hanya F_2 , Cl_2 , dan Br_2 karena bersifat reaktif, sedangkan I_2 tidak digunakan dalam reaksi ini karena bersifat kurang reaktif.

Perhatikan reaksi berikut yang merupakan contoh reaksi halogenasi metana oleh klorin (biasa dikenal sebagai reaksi klorinasi)!



Reaksi klorinasi tersebut dapat diringkas menjadi berikut.

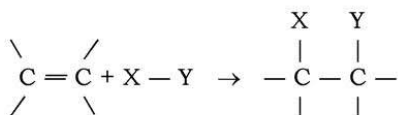


Reaksi halogenasi alkana tersebut berlangsung pada suhu tinggi atau dapat juga berlangsung pada 25°C (suhu ruangan) dengan menggunakan sinar ultraviolet yang berenergi tinggi. Tanpa adanya sinar ultraviolet, reaksi tersebut tidak dapat berlangsung. Hasil reaksi di atas dapat berupa mono, di, tri, atau tetrasubstitusi, atau dapat juga merupakan senyawa campuran, tergantung pada perbandingan jenis (struktur) alkana serta jumlah alkana dan halogen yang direaksikan.

c. *Reaksi Adisi*

Adisi artinya penambahan. Jadi, reaksi adisi adalah penambahan jumlah atom yang diikat oleh atom C yang semula berikatan rangkap. Reaksi adisi ini terjadi pada senyawa yang mempunyai ikatan rangkap (dua atau tiga), sehingga senyawa tersebut berubah menjadi senyawa yang tidak memiliki ikatan rangkap. Jadi, dapat dikatakan juga bahwa reaksi adisi merupakan reaksi penjumlahan (penghilangan ikatan rangkap). Ikatan rangkap yang terdapat dalam suatu senyawa dapat berupa ikatan C=C, C≡C, C=O, atau C≡N.

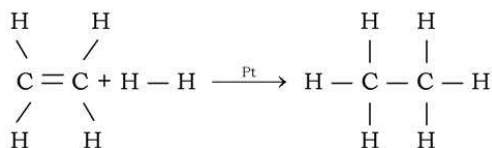
Secara umum reaksi adisi untuk senyawa alkana dapat digambarkan sebagai berikut.



Untuk X dan Y dapat sangat bervariasi, sehingga reaksi adisi terhadap senyawa alkana merupakan yang terbanyak jenisnya dibandingkan senyawa hidrokarbon lainnya.

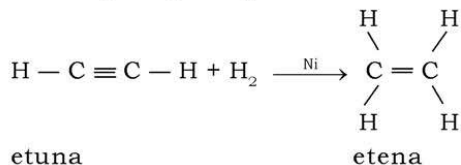
1) *Reaksi Adisi Alkena oleh Hidrogen*

Reaksi adisi oleh hidrogen disebut juga reaksi *hidrogenasi*. Reaksinya dapat digambarkan sebagai berikut.



2) Reaksi Adisi Alkuna oleh Hidrogen

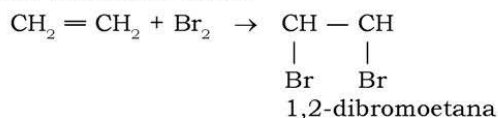
Reaksinya dapat digambarkan secara umum sebagai berikut.



3) Reaksi Adisi Alkena oleh Halogen

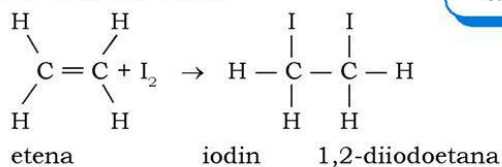
Reaksi adisi oleh halogen disebut sebagai reaksi *halogenasi*. Jika halogennya berupa klorin (Cl_2) disebut *klorinasi*, jika halogennya bromin (Br_2) disebut reaksi *brominasi*. Reaksinya dapat digambarkan sebagai berikut.

Reaksi brominasi etena:



Reaksi brominasi digunakan untuk membedakan golongan alkena dan alkana. Gas etena jika dilewatkan ke dalam air brom (berwarna cokelat kemerahan), maka akan bereaksi membentuk larutan 1,2-dibromoetana yang tidak berwarna. Alkana tidak mempengaruhi warna air brom ketika senyawa itu dilewatkan ke dalamnya.

Reaksi iodinasi etena:

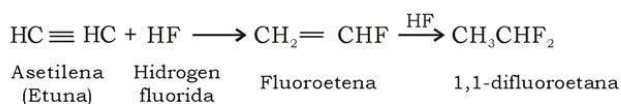
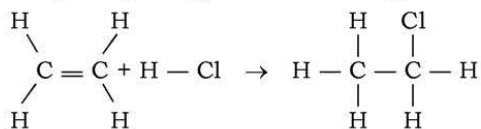


Sumber: Dok. Penerbit

Gambar 7.11 Teflon merupakan produk olahan dari substitusi dan polimerisasi etena oleh halogen (fluor)

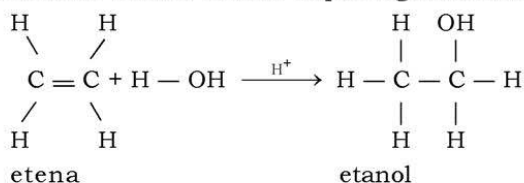
4) Reaksi Adisi Alkena oleh Asam Halida

Reaksi adisi oleh asam halida disebut reaksi *hidrohalogenasi*. Reaksinya dapat digambarkan sebagai berikut.



5) Reaksi Adisi Alkena oleh Air

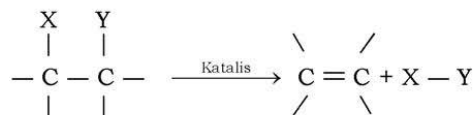
Reaksi adisi oleh air disebut juga reaksi *hidrasi*. Selain alkena dan air, dalam reaksi ini juga diperlukan asam (H_2SO_4 atau H_3PO_4) dan katalis. Reaksi hidrasi dapat digambarkan sebagai berikut.



Reaksi adisi alkena banyak digunakan dalam industri pembuatan etanol dari fermentasi glukosa.

d. Reaksi Eliminasi

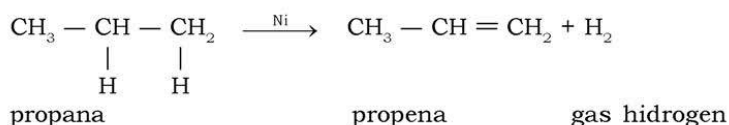
Eliminasi artinya pengurangan. Jadi, reaksi eliminasi adalah reaksi pengurangan atom yang terikat pada atom C. Reaksi eliminasi ini merupakan kebalikan dari reaksi adisi. Reaksi eliminasi terjadi pada suatu senyawa jenuh (tidak memiliki ikatan rangkap), sehingga senyawa tersebut berubah menjadi senyawa tidak jenuh (memiliki ikatan rangkap dua atau tiga). Singkatnya, reaksi eliminasi ini merupakan reaksi pembentukan ikatan rangkap (dua atau tiga). Secara umum, reaksinya dapat digambarkan sebagai berikut:



Contoh reaksi eliminasi adalah reaksi dehidrogenasi alkana.

Reaksi dehidrogenasi senyawa alkana dilakukan dengan cara pemanasan dan penambahan katalis nikel (Ni) atau platina (Pt). Sebagai hasil reaksi, terbentuk senyawa alkena dan dibebaskan gas hidrogen (sehingga disebut dehidrogenasi).

Contoh:



D. Minyak Bumi

Dalam kehidupan sehari-hari kalian tentu mengenal dan mengetahui kegunaan gas elpiji, bensin, minyak tanah, solar, aspal, lilin, dan oli. Tapi tahukah kalian bahwa semua itu diperoleh dari pengolahan minyak bumi yang ditambang dari perut bumi?

Dalam subbab ini akan dibahas secara lengkap tentang minyak bumi, mulai dari proses pembentukannya, komponen penyusunnya, cara pengolahannya, daerah penambangannya di Indonesia, kegunaan minyak bumi, dan dampak dari penggunaan bahan bakar fosil ini.

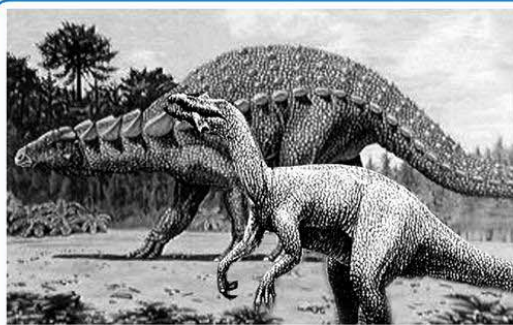
1. Pembentukan Minyak Bumi

Tahukah kalian, bagaimana proses pembentukan minyak bumi dan berapa lama proses itu berlangsung? Apakah bahan-bahan penyusun proses pembentukan minyak bumi tersebut? Pada tahun 1958, di Moskow diadakan konferensi mengenai asal mula pembentukan minyak bumi. Pada konferensi tersebut diperoleh dua pendapat mengenai asal-usul minyak bumi, yaitu minyak bumi berasal dari zat-zat anorganik dan minyak bumi berasal dari zat-zat organik.

a. Minyak Bumi Berasal dari Zat Anorganik

Hipotesis yang menyatakan bahwa minyak bumi berasal dari zat anorganik diajukan oleh kimiawan Perancis, *Berthelot*, pada tahun 1866. Menurut *Berthelot*, logam-logam alkali dalam bumi bereaksi dengan CO_2 pada suhu tinggi membentuk gas asetilena (C_2H_2). Gas asetilena inilah yang kemudian membentuk senyawa hidrokarbon yang lain. Pada tahun 1877, kimiawan Rusia, *Dmitri Ivanovick*

Mendeleev (1834 – 1907), mengemukakan hipotesis lain tentang asal-usul minyak bumi. Menurut *Mendeleev*, besi karbida di dalam bumi bereaksi dengan air dan menghasilkan gas asetilena. Reaksi ini mirip dengan reaksi antara batu karbida (CaC_2) dengan air.



Sumber: CD Image

Gambar 7.12 Minyak bumi berasal dari hewan dan tumbuhan purba yang mengalami proses pelapukan yang sangat lama di dasar lautan

b. Minyak Bumi Berasal dari Zat Organik

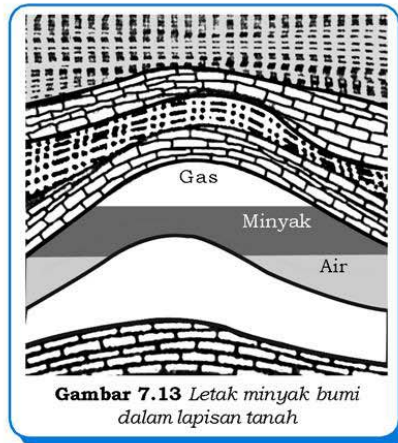
Zat organik penyusun minyak bumi berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Teori yang menyatakan bahwa minyak bumi berasal dari tumbuh-tumbuhan pertama kali dikemukakan oleh ilmuwan Perancis, **P.G. Macquir**, pada tahun 1758. Teori ini didasarkan pada sumber batu bara yang juga berasal dari tumbuh-tumbuhan.

Adapun teori yang menyatakan bahwa minyak bumi selain berasal dari tumbuh-tumbuhan juga berasal dari hewan, dikemukakan pertama kali oleh *J.P. Lesley* pada tahun 1865. Kemudian, ilmuwan lain bernama *B. Haquet* melakukan percobaan distilasi minyak bumi dari *molusca* (hewan lunak). Percobaan lain juga dilakukan oleh *H. Hofer* dan *C. Eugler*. Mereka melakukan distilasi terhadap daging kerang dan ikan pada suhu $300^\circ - 400^\circ\text{C}$ dan tekanan 10 atm. Pada proses tersebut dihasilkan zat yang menyerupai minyak bumi.

Teori yang menyatakan bahwa minyak bumi berasal dari zat organik ini didukung oleh hasil-hasil penelitian di laboratorium dan analisis pemikiran. Teori ini sesuai dengan ilmu geologi, sehingga teori yang menyatakan bahwa sumber minyak bumi berasal dari zat anorganik tidak dianut lagi.

Berdasarkan teori pembentukannya, minyak bumi berasal dari hasil pelapukan organisme hidup yang berlangsung sangat lama (berjuta-juta tahun). Pembentukan minyak bumi memerlukan lingkungan yang dapat memberi kadar zat organik tinggi dan memberi kesempatan pengawetan, sehingga tidak terjadi oksidasi atau pembusukan. Daerah pantai yang memiliki muara sungai menghadap ke laut terbuka, memiliki kemungkinan lebih besar memproduksi zat organik. Selanjutnya zat organik tersebut menyebar ke dalam batuan serpih lempung yang halus, terakumulasi, dan terkonsentrasi. Selanjutnya, zat tersebut bergerak masuk ke dalam batuan dan terperangkap di dalam batuan sedimen. Minyak bumi berada dalam batuan, sehingga disebut juga petroleum (Latin: *petrus* = batu; *oleum* = minyak).

Fosil yang tertimbun akan membentuk minyak bumi dalam kurun waktu minimal dua juta tahun. Ada minyak bumi yang terbentuk dalam waktu 500 juta tahun, 1.000 juta tahun, atau bahkan 2.500 juta tahun. Setelah terbentuk, minyak bumi tersebut akan bergerak melalui celah-celah di antara lapisan batuan sehingga untuk memperolehnya harus dilakukan pengeboran. Massa jenis minyak bumi lebih kecil daripada air, sehingga terletak di atas lapisan air tanah. Umumnya selain menambang minyak bumi, gas alam yang berada di atas lapisan minyak bumi, juga ikut ditambang.



Gambar 7.13 Letak minyak bumi dalam lapisan tanah



Sumber: Oxford Ensiklopedi Pelajar

Gambar 7.14 Penambangan minyak bumi umumnya di lepas pantai

2. Komponen Minyak Bumi

Minyak bumi adalah campuran dari berbagai jenis hidrokarbon dan sedikit senyawa nitrogen dan belerang. Hidrokarbon dalam minyak bumi ada yang jenuh dan ada yang tidak jenuh. Selain itu, ada juga yang alifatik, alisiklik, dan aromatik. Akan tetapi, komponen terbesar adalah hidrokarbon jenuh yaitu alkana dan sikloalkana. Senyawa alisiklik dalam minyak bumi, terutama adalah turunan siklopentana dan sikloheksana, disebut **nafta**.

Minyak bumi hasil pengeboran masih berupa minyak mentah (*crude oil*). Minyak mentah ini mengandung berbagai zat kimia berwujud gas, cair, dan padat. Komponen utama minyak bumi adalah senyawa hidrokarbon, baik alifatik, alisiklik, maupun aromatik. Kadar unsur karbon dalam minyak bumi dapat mencapai 80% – 85%, sedangkan sisanya merupakan campuran unsur hidrogen dan unsur-unsur lain. Misalnya, nitrogen (0 – 0,5%), dan oksigen (0 – 3,5%). Minyak bumi yang berasal dari Indonesia **lebih unggul** dibandingkan minyak bumi yang berasal dari negara-negara Timur Tengah karena memiliki kadar belerang lebih rendah.

Komposisi minyak bumi sangat bervariasi, bergantung pada daerah dan umurnya. Minyak dari Indonesia banyak mengandung senyawa siklik, baik alisiklik maupun aromatik. Minyak dari Amerika lebih banyak mengandung alkana, sedangkan dari Rusia banyak mengandung sikloalkana.

a. Senyawa Hidrokarbon Alifatik Rantai Lurus

Senyawa ini banyak terdapat dalam gas alam dan minyak bumi yang memiliki rantai karbon pendek.

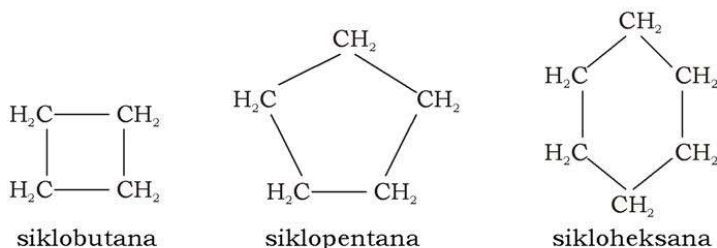


Sumber: www.schoolscience.co.uk

Gambar 7.15 Minyak mentah (*crude oil*) hasil pengeboran

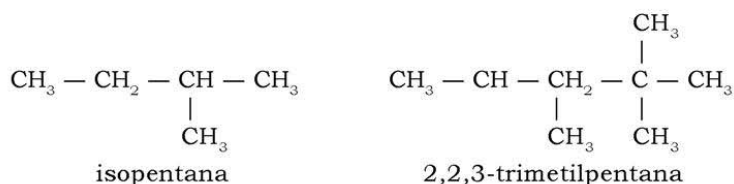
b. Senyawa Hidrokarbon Berbentuk Siklik

Senyawa hidrokarbon ini memiliki rumus molekul sama dengan alkena (C_nH_{2n}), tetapi tidak memiliki ikatan rangkap dua (hanya memiliki ikatan tunggal seperti alkana) dan membentuk struktur cincin (tertutup).



c. Senyawa Hidrokarbon Alifatik Rantai Bercabang

Jumlah senyawa ini tidak sebanyak senyawa hidrokarbon alifatik rantai lurus dan senyawa hidrokarbon bentuk siklik.



d. Senyawa Hidrokarbon Aromatik

Senyawa hidrokarbon aromatik merupakan senyawa hidrokarbon yang berbentuk siklik segi enam, berikatan rangkap dua selang-seling, dan senyawa hidrokarbon tidak jenuh. Jumlah senyawa hidrokarbon jenis ini paling sedikit di antara jenis lainnya. Pada umumnya, senyawa hidrokarbon aromatik ini terdapat dalam minyak bumi yang memiliki jumlah atom C besar.

Tabel 7.5 Komposisi Senyawa Hidrokarbon dalam Beberapa Komponen Minyak Bumi

Komposisi Minyak Bumi	Persen Volume				
	n-alkana	Sikloalkana	Isoalkana	Aromatik	Residu
Gas	100	–	–	–	–
Bensin	38	43	20	9	–
Kerosin	23	43	15	19	–
Solar	22	48	9	21	–
Pelumas	16	52	6	24	–
Residu	13	51	1	27	8

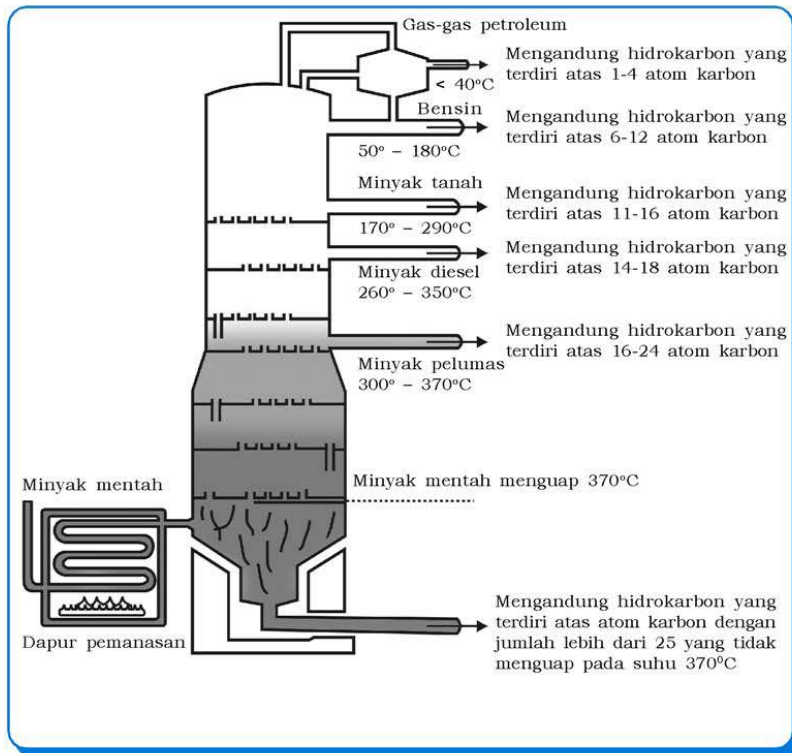
Jenis-jenis minyak bumi yang dijual di pasar memiliki komposisi yang berbeda dengan komposisi pada Tabel 7.5. Hal ini disebabkan karena minyak yang dipasarkan telah mengalami proses peningkatan kualitas.

3. Pengolahan Minyak Bumi

Tahukah kalian bagaimana mengubah minyak mentah menjadi komponen-komponen penyusunnya? Apa dasar pemisahan yang dilakukan? Minyak mentah (*crude oil*) yang baru ditambang dari perut bumi belum memiliki banyak kegunaan, sehingga perlu diolah terlebih dahulu. Untuk memperoleh materi-materi yang berkualitas baik dan sesuai dengan kebutuhan, maka perlu dilakukan tahapan pengolahan minyak mentah yang meliputi proses distilasi, *cracking*, *reforming*, *polimerisasi*, *treating*, dan *blending*.

a. Distilasi

Distilasi (penyulingan) merupakan suatu cara pemisahan campuran berdasarkan pada perbedaan titik didih komponen-komponen penyusun campuran tersebut. Minyak mentah merupakan campuran berbagai senyawa hidrokarbon yang memiliki titik didih bervariasi bergantung dari struktur molekulnya. Melalui proses distilasi ini, minyak mentah dapat diuraikan menjadi berbagai senyawa hidrokarbon penyusunnya sesuai titik didih senyawa tersebut. Cara distilasi yang dilakukan menggunakan pendinginan bertahap/bertingkat untuk titik didih masing-masing fraksi minyak bumi. Cara distilasi ini lebih dikenal sebagai proses *distilasi bertingkat*.



Fraksi	Jumlah Atom C	Titik Didih (°C)	Kegunaan
Gas-gas petroleum	1 - 4	< 20	Bahan bakar (LPG)
Petroleum eter	5 - 6	30 - 60	Pelarut
Ligroin	7	20 - 135	Binatu kimia (<i>dry cleaning</i>)
Bensin (<i>gasoline</i>)	6 - 12	50 - 180	Bahan bakar motor
Minyak tanah (<i>kerosine</i>)	11 - 16	170 - 290	Bahan bakar rumah tangga dan industri, untuk <i>cracking</i>
Minyak diesel (<i>solar</i>)	14 - 18	260 - 350	Bahan bakar mesin diesel
Minyak pelumas	16 - 24	300 - 370	Pelumas
Parafin, aspal	> 25		Membuat lilin, pelapis jalan raya

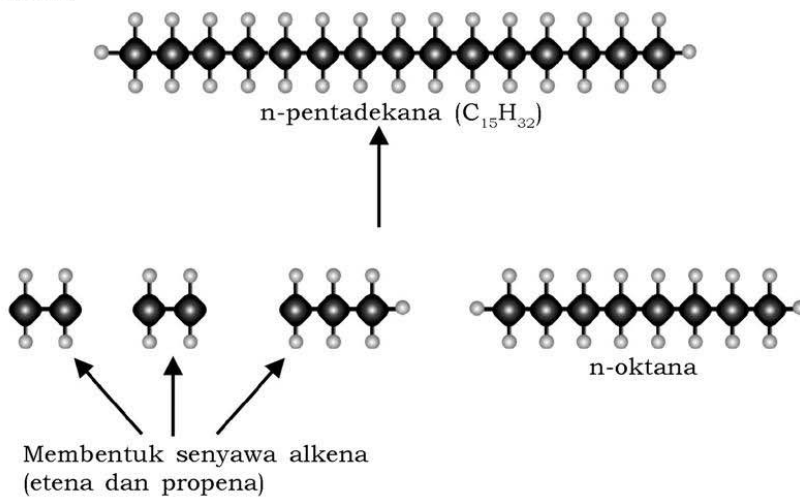
Pada proses penyulingan minyak mentah, mula-mula minyak mentah dipanaskan pada suhu 370°C sehingga mendidih dan menguap. Fraksi minyak bumi yang tidak menguap menjadi residu (residu minyak bumi meliputi parafin, lilin, dan aspal, yang sebagian besar memiliki rantai karbon dengan jumlah atom C lebih dari 20 atom). Minyak mentah yang menguap kemudian naik ke bagian atas kolom dan selanjutnya fraksi yang lebih tinggi titik didihnya mengembun terlebih dahulu pada kolom ini. Fraksi minyak mentah yang tidak terkondensasi (memiliki titik didih lebih rendah) akan naik terus ke bagian atas kolom sehingga keluar sebagai gas.

Fraksi-fraksi minyak bumi dari hasil distilasi bertingkat ini belum memiliki kualitas yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat, sehingga perlu diolah lebih lanjut. Pengolahan lanjutan ini meliputi proses *cracking*, *reforming*, *polimerisasi*, *treating*, dan *blending*.

b. *Cracking*

Cracking adalah penguraian (pemisahan) molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang lebih kecil. Contoh *cracking* ini adalah pengubahan minyak solar atau minyak tanah (kerosin) menjadi bensin.

Contoh pemecahan senyawa karbon dengan 16 atom karbon menjadi senyawa karbon dengan jumlah atom karbon yang lebih kecil:



Terdapat dua cara proses *cracking*, yaitu:

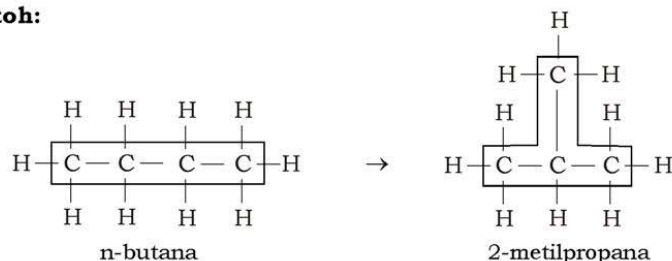
- 1) Cara panas (*thermal cracking*) adalah proses *cracking* menggunakan suhu tinggi serta tekanan rendah.
- 2) Cara katalis (*catalytic cracking*) adalah proses *cracking* menggunakan bubuk katalis platina atau molibdenum oksida.

Melalui proses pemecahan akan dihasilkan bensin dalam jumlah besar dan berkualitas lebih baik.

c. Reforming

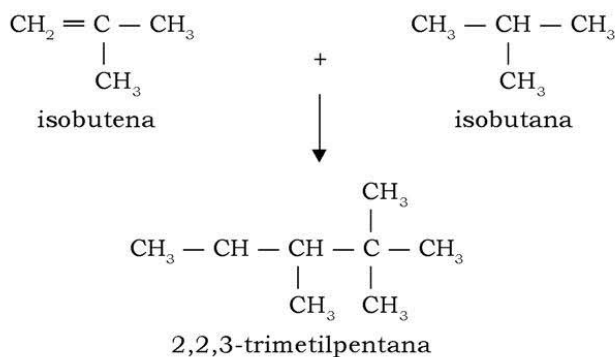
Reforming adalah pengubahan bentuk molekul bensin yang bermutu kurang baik (rantai karbon lurus) menjadi bensin yang bermutu lebih baik (rantai karbon bercabang). Kedua jenis bensin ini memiliki rumus molekul yang sama, tetapi memiliki struktur berbeda, sehingga proses ini disebut juga *isomerisasi*. *Reforming* dilakukan dengan menggunakan katalis dan pemanasan.

Contoh:



d. Polimerisasi

Polimerisasi adalah proses penggabungan molekul-molekul kecil menjadi molekul besar. Misalnya, penggabungan senyawa isobutena dengan senyawa isobutana yang menghasilkan bensin berkualitas tinggi, yaitu isooktana.



e. *Treating*

Treating adalah pemurnian minyak bumi dengan cara menghilangkan pengotor-pengotornya. Cara-cara *treating*, yaitu:

- 1) *Cooper sweetening* dan *doctor treating* adalah proses penghilangan pengotor yang dapat menimbulkan bau yang tidak sedap.
- 2) *Acid treatment* adalah proses penghilangan lumpur dan perbaikan warna.
- 3) *Desulfurizing* (desulfurisasi) adalah proses penghilangan unsur belerang.

f. *Blending*

Blending atau pencampuran merupakan tahapan terakhir pada pengolahan minyak bumi. Pada tahapan ini minyak bumi yang dihasilkan dicampur dengan suatu zat aditif tertentu agar kualitasnya sesuai dengan apa yang diinginkan. Bensin merupakan contoh hasil minyak bumi yang banyak digunakan di berbagai negara. Untuk memperoleh kualitas yang baik, terdapat sekitar 22 bahan pencampur (zat aditif) yang dapat ditambahkan dalam proses pengolahannya. Bahan-bahan pencampur tersebut antara lain tetraetil timbal (TEL = *Tetra Ethyl Lead*), MTBE (*Methyl Tertier Butyl Ether*), etanol, dan metanol. Penambahan zat aditif ini dimaksudkan untuk meningkatkan kualitasnya.

Serba-serbi Kimia

Mutu bahan bakar bensin dikaitkan dengan jumlah ketukan (*knocking*) yang ditimbulkannya dan dinyatakan dengan nilai oktan. Makin sedikit ketukan, makin baik mutu bensin, makin tinggi nilai oktannya.

Ketukan adalah suatu perilaku yang kurang baik dari bahan bakar, yaitu pembakaran terjadi selalu dini sebelum piston berada pada posisi yang tepat. Ketukan menyebabkan mesin 'menggelitik', mengurangi efisiensi bahan bakar, dan dapat merusak mesin kendaraan.

Untuk menentukan nilai oktan, ditetapkan dua jenis senyawa sebagai pembanding yaitu isooktana dan n-heptana. Kedua senyawa ini adalah dua di antara banyak macam senyawa yang terdapat dalam bensin. Isooktana menghasilkan ketukan paling sedikit, maka diberi nilai oktan 100, sedangkan n-heptana menghasilkan ketukan paling banyak sehingga diberi nilai oktan 0 (nol). Suatu campuran yang terdiri dari 80% isooktana dan 20%

n-heptana mempunyai nilai oktan sebesar $\left(\frac{80}{100} \times 100\right) + \left(\frac{20}{100} \times 0\right) = 80$.

Petramax misalnya, mempunyai nilai oktan 92, berarti mutu bahan bakar tersebut setara dengan campuran 92% isooktana dan 8% n-heptana. Namun demikian, tidak berarti bahwa *petramax* hanya terdiri dari dua jenis senyawa saja (92% isooktana dan 8% n-heptana), melainkan mutunya atau jumlah ketukan yang ditimbulkannya setara dengan campuran 92% isooktana dan 8% n-heptana. Bandingkan dengan premium! Kembangkan wawasan kontekstual kalian!

4. Daerah Penambangan Minyak Bumi di Indonesia

Tahukah kalian daerah-daerah penghasil minyak bumi di Indonesia? Indonesia termasuk salah satu negara penghasil minyak bumi. Walaupun dari segi kuantitas (jumlah) produksi minyak bumi Indonesia masih sedikit, tetapi dari segi kualitas minyak bumi produksi Indonesia memiliki **kualitas yang baik** (kandungan belerangnya rendah), karena saat ini semakin banyak konsumen yang peduli terhadap dampak pencemaran lingkungan oleh belerang (senyawa-senyawa belerang dalam bentuk gas).

Daerah penambangan minyak bumi di Indonesia tersebar di berbagai wilayah, antara lain:

- a. Sumatera bagian utara: Medan, Banda Aceh.
- b. Sumatera bagian selatan: Jambi, Palembang, dan Riau.
- c. Jawa Barat: Cirebon, Indramayu.
- d. Jawa Tengah: Cepu.
- e. Jawa Timur: Wonokromo.
- f. Kalimantan: Barito, Kutai, dan Tarakan.
- g. Papua.

5. Kegunaan Minyak Bumi

- a. Sebagai bahan bakar gas

Terdapat dua jenis gas alam dalam bentuk cair yang dapat digunakan sebagai bahan bakar, yaitu:

- 1) *Liquified Natural Gas (LNG)*

LNG dikenal juga dengan nama gas rawa. Bahan bakar ini terdiri atas 90% metana dan 10% etana.

- 2) *Liquified Petroleum Gas (LPG)*

Dalam kehidupan sehari-hari LPG lebih dikenal sebagai gas elpiji (digunakan untuk memasak). Bahan bakar ini merupakan campuran dari propana dan butana.

Selain sebagai bahan bakar baik skala rumah tangga maupun industri, gas alam juga sudah mulai digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, untuk menekan tingkat pencemaran udara.



- b. Petroleum eter, umumnya digunakan sebagai pelarut dalam berbagai industri kimia.
- c. Bensin (*gasoline*), digunakan sebagian besar untuk kendaraan bermotor.
- d. Minyak tanah (*kerosine*), digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga, juga sebagai bahan baku pembuatan bensin.
- e. Minyak solar/minyak diesel, selain digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermesin diesel juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan bensin.
- f. Minyak pelumas, biasa digunakan untuk pelumasan mesin-mesin.
- g. Residu minyak bumi, yang berupa parafin biasa digunakan sebagai bahan baku dalam industri farmasi, kosmetik, dan lilin. Residu yang berupa aspal biasa digunakan sebagai bahan baku dalam pengerasan jalan raya, karena sifatnya yang tahan panas dan mampu mengikat pasir.



Sumber: Dok. Penerbit

Gambar 7.18 Residu minyak bumi (aspal) digunakan untuk pengerasan jalan

6. Dampak Pembakaran Minyak Bumi

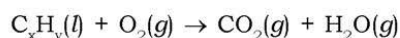
Pembakaran terhadap minyak bumi seperti halnya pembakaran senyawa hidrokarbon umumnya, akan menghasilkan oksida karbon (CO dan CO_2) dan uap air. Selain senyawa hidrokarbon, minyak bumi juga kadang mengandung unsur belerang dan nitrogen, sehingga pembakarannya juga akan menghasilkan oksida belerang (SO_2 dan SO_3) dan oksida nitrogen (NO dan NO_2). Adanya zat aditif dalam bahan bakar hasil olahan minyak bumi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang perlu diwaspadai juga.

a. Oksida Karbon

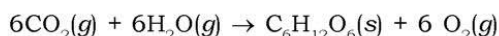
Senyawa karbon yang terbakar akan menghasilkan asap dan oksida karbon. Gas pencemar utama dari hasil pembakaran senyawa karbon dalam minyak bumi adalah karbon dioksida dan karbon monoksida.

1) Gas Karbon Dioksida

Gas karbon dioksida dihasilkan secara alami dari proses pernapasan dan pembakaran sempurna berbagai senyawa hidrokarbon. Gas CO₂ tidak membahayakan kesehatan, tetapi pada konsentrasi tinggi (10% – 20%), dapat menyebabkan pingsan karena CO₂ menggantikan posisi gas oksigen dalam tubuh sehingga tubuh kekurangan oksigen. Senyawa hidrokarbon (C_xH_y) yang merupakan bahan bakar kendaraan bermotor, akan terbakar sempurna menghasilkan gas karbon dioksida dan uap air sesuai dengan persamaan reaksi.



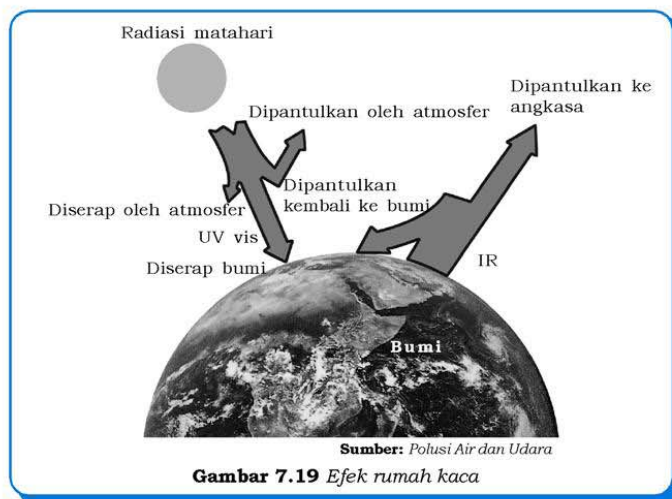
Gas CO₂ yang dihasilkan akan dimanfaatkan tumbuhan untuk melakukan proses fotosintesis.



Gas oksigen yang dihasilkan oleh tumbuhan tersebut akan dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya untuk proses pernapasan sehingga terjadi keseimbangan.

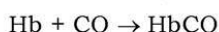
Seperti kalian ketahui bahwa jumlah penduduk, kendaraan bermotor, dan industri-industri yang menggunakan bahan bakar minyak bumi semakin meningkat, sehingga jumlah CO₂ yang dihasilkan juga semakin meningkat. Sementara itu, jumlah pepohonan semakin berkurang, karena pembukaan lahan baru. Akibatnya, pemanfaatan CO₂ juga semakin berkurang yang menyebabkan terganggunya keseimbangan CO₂. Kadar CO₂ di udara menjadi berlebih, sehingga membentuk lapisan CO₂ di atmosfer.

Sinar ultraviolet (UV) dan sinar tampak (VIS) yang berhasil menembus atmosfer bumi sebagian diserap oleh berbagai makhluk maupun zat di permukaan bumi, sebagian lagi kemudian dipantulkan kembali ke angkasa dalam bentuk sinar inframerah (IR) yang lebih hangat. Lapisan CO₂ di atmosfer ini akan menahan sinar inframerah yang dipantulkan bumi, sehingga bumi tetap hangat karena sinar inframerah tersebut membawa energi panas. Namun, jika lapisan CO₂ ini terus bertambah, akan meningkatkan suhu permukaan bumi. Gejala pemanasan bumi akibat lapisan CO₂ inilah yang sering disebut sebagai efek rumah kaca (*green house effect*). Perhatikan Gambar 7.19!

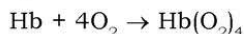


2) Gas Karbon Monoksida

Gas karbon monoksida (CO) tidak berwarna dan tidak berbau, tetapi sangat berbahaya. Batas kadar gas CO dalam udara adalah 0,1 bpj. Kadar CO di udara yang mencapai 100 bpj dapat menyebabkan sakit kepala, lelah, sesak napas, pingsan, dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Gas CO sangat berbahaya bagi kesehatan karena dapat bereaksi dan berikatan dengan hemoglobin (Hb) di dalam darah (afinitas CO terhadap Hb sekitar 200 kali lebih besar daripada O_2). Jika di dalam darah terdapat gas CO dan gas O_2 , yang akan terikat oleh Hb adalah gas CO melalui ikatan kovalen koordinasi. Gas CO bertindak sebagai ligan sehingga ikatan antara Hb dan CO bersifat tidak dapat balik (*ireversibel*).

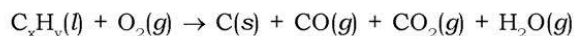


Ikatan itu tetap stabil sampai Hb tersebut rusak. Ikatan antara gas O_2 dan Hb dalam molekul HbO_2 bersifat dapat balik (*reversibel*), sehingga pada saat akan digunakan untuk pembakaran O_2 akan dilepas dan Hb dapat digunakan kembali untuk mengikat oksigen.



Dalam darah seseorang yang keracunan gas CO masih terdapat oksigen, tetapi oksigen ini tidak dapat digunakan karena semua Hb lebih mudah berikatan dengan CO daripada dengan O_2 .

Gas CO dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna senyawa hidrokarbon dalam bahan bakar yang berasal dari minyak bumi pada kendaraan bermotor.



Kendaraan bermotor dapat menghasilkan rata-rata 6,25 gram CO per kilometer jarak tempuh. Selain gas buangan kendaraan bermotor, gas CO juga dihasilkan dari berbagai kegiatan industri, letusan gunung berapi, dan pelapukan. Namun sebagian besar gas CO dihasilkan oleh emisi buangan kendaraan bermotor, dan untuk mengurangi pembentukan gas CO pada kendaraan bermotor, maka perlu dilakukan uji emisi gas buang secara berkala. Jika kendaraan tidak memenuhi syarat dalam uji emisi gas buang, kendaraan itu harus mengalami perbaikan.

Penggunaan bahan bakar alternatif seperti bahan bakar gas perlu digalakkan, agar tingkat pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor dapat ditekan.



Sumber: CD Image

Gambar 7.20 Kendaraan bermotor penyebab utama terjadinya pencemaran udara terutama di kota-kota besar

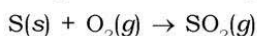
Serba-serbi Kimia

Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Bagaimana bila minyak bumi habis dari perut bumi kita? Apakah ada energi alternatif pengganti minyak bumi? Brazil adalah contoh negara yang berhasil mengembangkan bahan bakar bioethanol dengan memanfaatkan sari tebu. Bagaimana dengan Indonesia? Indonesia melalui Pertamina telah memproduksi biodiesel dari bahan dasar minyak kelapa sawit atau CPO (*Crude Palm Oil*). Bahan bakar yang dihasilkan bernama **Bio-Solar** yang secara bertahap akan mengurangi peran solar.

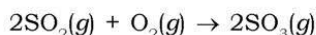
Bio Solar ini mengandung 5% CPO yang telah dibentuk menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) dan 95% solar. Bio Solar memiliki karakter pembakaran yang relatif bersih dan ramah lingkungan. Tidak mustahil, dari pengembangan bio diesel berbahan dasar CPO akan membuka peluang Indonesia menjadi produsen CPO terbesar di dunia bersaing dengan Malaysia. Kembangkan potensi kekayaan Indonesia yang lain!

b. Oksida Belerang

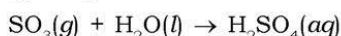
Oksida belerang dihasilkan dari letusan gunung merapi, pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, asap pabrik, dan pembakaran batu bara. Minyak bumi dan batu bara mengandung belerang dengan kadar sekitar 0 – 6%. Belerang yang terdapat dalam minyak bumi atau batu bara terbakar dapat membentuk gas SO_2 .



Batas kadar gas SO_2 dalam udara bersih adalah 0,0002 bpj (1/500 dari batas kadar gas CO). Gas SO_2 dapat membahayakan kesehatan, dalam jumlah sedikit dapat menyebabkan batuk-batuk dan sesak napas, sedangkan dalam jumlah besar dapat merusak saluran pernapasan (radang tenggorokan, radang paru-paru) serta kematian. Pencemaran gas SO_2 terhadap tumbuhan dapat menyebabkan pembentukan noda cokelat pada daun, bahkan dapat menimbulkan kerontokan. Gas SO_2 di udara dapat teroksidasi menghasilkan gas SO_3 .



Gas SO_3 merupakan oksida asam yang jika bereaksi dengan air di udara (air hujan) akan membentuk asam sulfat, dan akan turun ke bumi sebagai hujan asam.



Hujan asam sangat membahayakan lingkungan karena dapat menyebabkan:

- 1) Gatal-gatal pada kulit.
- 2) Merusak benda-benda yang terbuat dari logam (terutama yang terbuat dari besi) karena mempercepat terbentuknya karat.
- 3) Merusak bangunan, patung, dan tembok (bahan yang mengandung kapur). Untuk mencegahnya dilakukan pengecatan.
- 4) Ikan-ikan menjadi mati karena air menjadi asam.
- 5) Tanaman menjadi tidak subur bahkan mati akibat perubahan pH tanah.



Sumber: CD Image

Gambar 7.21 Aktivitas gunung merapi sumber pencemaran udara yang alami

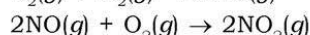
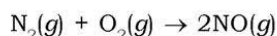


Sumber: www.unof.it

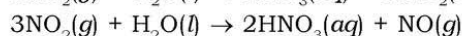
Gambar 7.22 Pengaruh hujan asam

c. Oksida Nitrogen

Oksida nitrogen (NO , NO_2) dan amonia (NH_3) dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan pencemaran udara. Secara alami oksida nitrogen terbentuk dari reaksi antara gas nitrogen dengan gas oksigen di udara dengan bantuan petir. Minyak bumi juga mengandung unsur nitrogen 0 – 15%, sehingga dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor atau dari aktivitas industri juga akan menghasilkan gas NO . Gas NO di udara dapat teroksidasi menjadi gas NO_2 .



Batas kadar gas NO_2 di udara bersih adalah 0,001 bpj. Gangguan kesehatan yang disebabkan oleh udara yang tercemar gas NO_2 berupa gangguan saluran pernapasan dan mata perih. Oleh karena merupakan oksida asam, maka seperti gas SO_3 , gas NO_2 juga dapat menyebabkan hujan asam dari hasil reaksinya dengan air hujan.



d. Logam Timbal (Pb)

Logam timbal dapat mencemari udara, karena bersifat racun yang jika masuk ke dalam peredaran darah dapat merusak syaraf otak. Senyawanya, yaitu TEL (*Tetra Ethyl Lead*) sengaja ditambahkan pada bensin untuk menaikkan nilai oktannya. Logam timbal yang terbakar akan membentuk oksida timbal.

Kandungan timbal yang berlebih dalam darah dapat menurunkan tingkat kecerdasan anak, menghambat pertumbuhan, dan menyebabkan kelumpuhan. Gejala-gejala keracunan logam timbal adalah mual, anemia, dan sakit perut. Dari hasil penelitian, sayuran yang dijual atau ditanam di pinggir jalan raya akan mengandung logam timbal di atas ambang batas yang diizinkan.

e. *Partikulat*

Partikel-pertikel padat atau cair di udara disebut **partikulat**. Partikulat padat disebut asap dan partikulat cair disebut kabut. Partikulat padat (asap) dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terutama solar dan batu bara, pembakaran sampah, aktivitas gunung berapi, dan kebakaran hutan. Asap juga dihasilkan dari pabrik-pabrik industri.

Partikel cair (kabut) terbentuk dari senyawa hidrokarbon yang menguap. Keberadaan partikulat padat dan cair ditambah dengan adanya oksida-oksida nitrogen, dan oksida belerang di udara, akan menimbulkan asap kabut yang dikenal dengan istilah **smog** (*smoke* = asap; *fog* = kabut). Smog yang terjadi di daerah pegunungan membatasi jarak pandang kita. Keadaan ini jelas sangat berbahaya, jika terjadi di kawasan yang ramai dengan lalu lintas kendaraan.

Kerjakan tugas berikut untuk menumbuhkan **rasa ingin tahu**, **semangat inovasi**, **kreativitas**, dan mengembangkan **kecakapan personal** kalian!



Sumber: www.cai.blogware.com

Gambar 7.23 Smog dapat membatasi jarak pandang

Tugas 7.6

1. Carilah artikel seputar dampak penggunaan minyak bumi terhadap lingkungan atau ulasan mengenal temuan bahan bakar alternatif terbaru pengganti bahan bakar fosil!
2. Buatlah klipring mengenai dampak pembakaran minyak bumi minimal 5 tahun terakhir dengan jumlah artikel minimal 50 buah (media massa bebas dari seluruh dunia)!

E. Kegunaan Senyawa Hidrokarbon dalam Kehidupan Sehari-hari

Tahukah kalian apa sajakah manfaat dari senyawa hidrokarbon? Manfaat hidrokarbon sangat banyak sehingga tanpa adanya senyawa ini mengakibatkan manusia sulit melangsungkan kehidupannya. Hidrokarbon digunakan hampir di segala bidang kegiatan, antara lain:

1. Bidang Industri

Banyak industri memanfaatkan senyawa hidrokarbon sebagai pelarut misalnya benzena. Industri sabun dan detergen memakai marlon (Alkil Benzena Sulfonat: ABS) sebagai pengganti sabun, dan industri las memanfaatkan gas asetilena (C_2H_2).

2. Bidang Pertanian

Banyak produk hidrokarbon dipakai sebagai zat insektisida dan pembunuh bakteri yang lain. Insektisida digunakan untuk memberantas serangga, misalnya DDT, metoksi klor, aldrien, dieldrin, endrin, baygon, sevin, dan paraliona.



Sumber: Lantorogong

Gambar 7.24 Bidang pertanian sering memakai insektisida untuk membunuh serangga

3. Bidang Transportasi

Bidang transportasi sangat memerlukan hidrokarbon dalam bentuk minyak bumi sebagai bahan bakar seperti bensin, solar, minyak diesel dan aspal sebagai pengeras jalan.

4. Keperluan Sehari-hari

Keperluan sehari-hari juga tidak lepas dari hidrokarbon, misalnya untuk bahan bakar kompor, digunakan minyak tanah dan gas alam. Gas alam terdiri atas hidrokarbon dengan jumlah atom C rendah (4 ke bawah). Gas metana dengan jumlah atom C satu dipakai untuk bahan yang menghasilkan api berwarna biru.

LPG merupakan gas alam dengan jumlah atom C = 3 dan C = 4 yang dipakai sebagai bahan bakar kompor gas. LPG merupakan gas alam yang dicairkan pada tekanan tinggi.

Beberapa contoh manfaat senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari antara lain: naftalena atau kapur barus dipakai untuk menghindarkan pakaian dari serangga dan memberikan bau harum, lilin dipakai sebagai penerangan, vaselin dan oli dipakai sebagai pelumas mesin agar mesin awet.

Beberapa pakaian yang kita pakai sebagian ada yang berasal dari senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang diproses melalui polimerisasi, misalnya tetoron, nilon, dan poliester yang lain. Bahkan plastik dan beberapa jenis bahan pembungkus terbuat dari polimerisasi senyawa hidrokarbon tidak jenuh, misalnya plastik kantong, botol-botol plastik, teflon, pralon, dan sebagainya.

Manfaat hidrokarbon lebih luas lagi adalah benzena yang digunakan sebagai *starting point* (senyawa awal) untuk beberapa turunan yang diperlukan dalam memproduksi serangkaian produk yang digunakan sehari-hari. Paduan benzena dengan etilen digunakan untuk memproduksi stirena, bahan pembuat polistirena. Benzena juga digunakan untuk memproduksi sikloheksana, bahan baku dari *caprolactam*, yang digunakan dalam pembuatan nilon. Bahan komoditi kimia yang terkenal seperti polistirena dan nilon tersebut kemudian digunakan dalam pembuatan barang-barang kebutuhan sehari-hari seperti cat, pakaian, casing computer, serta berbagai jenis pembungkus.



Sumber: Oxford Ensiklopedi Pelajar 7

Gambar 7.25 Beberapa produk polimerisasi senyawa hidrokarbon.

Rangkuman

1. Kekhasan atom karbon:
 - a. Mampu membentuk empat ikatan kovalen.
 - b. Mampu membentuk rantai atom karbon.
2. Golongan Hidrokarbon
 - a. Alkana
 - 1) Rumus umum homolog C_nH_{2n+2}
 - 2) Hidrokarbon jenuh
 - 3) Ikatan karbon tunggal (C – C)
 - b. Alkena
 - 1) Rumus umum homolog C_nH_{2n}
 - 2) Hidrokarbon tidak jenuh
 - 3) Ikatan karbon rangkap (C = C)
 - c. Alkuna
 - 1) Rumus umum homolog C_nH_{2n-2}
 - 2) Hidrokarbon tidak jenuh
 - 3) Ikatan karbon rangkap tiga (C \equiv C)
3. Semakin besar massa molekul relatif (M_r) suatu senyawa hidrokarbon, harga titik didih dan titik lelehnya juga akan semakin besar.
4. Senyawa hidrokarbon yang bercabang memiliki titik didih yang lebih rendah daripada senyawa hidrokarbon dengan rantai lurus (untuk rumus molekul yang sama/ M_r -nya sama).
5. Minyak bumi
 - a. Pembentukannya dari pelapukan organisme/makhluk hidup (hewan dan tumbuhan).
 - b. Komponennya alkana, sikloalkana, isoalkana, dan aromatik.
 - c. Pengolahannya dengan distilasi bertingkat, *cracking* (pemecahan), *reforming* (pengubahan bentuk), polimerisasi, *treating* (pemurnian), *blending* (penambahan zat aditif).
 - d. Kegunaannya untuk bahan bakar kendaraan, industri dan rumah tangga, minyak pelumas, pembangkit listrik, dan pengerasan jalan.
 - e. Dampak negatifnya adalah pembakaran bahan bakar minyak bumi menghasilkan CO (mengikat Hb dalam darah), CO₂ (pemanasan suhu bumi “*efek rumah kaca*”), SO₃ dan NO₂ (hujan asam).

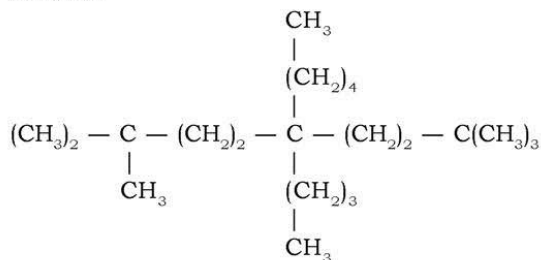
Uji Kompetensi

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

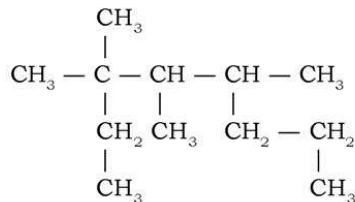
1. Unsur karbon dalam tabel periodik terletak pada golongan/ periode
A. IIIA/2
B. IIA/2
C. IVA/3
D. IVA/2
E. IIIA/3
2. Dalam suatu senyawa karbon, atom karbon dapat mengikuti kaidah oktet yang memiliki jumlah ikatan
A. satu PEB dan tiga PEI
B. dua PEB dan dua PEI
C. tiga PEB dan satu PEI
D. tiga PEI
E. empat PEI
3. Pernyataan berikut yang **bukan** merupakan faktor-faktor penyebab banyaknya jumlah senyawa karbon adalah
A. jari-jari atom karbon kecil
B. harga elektronegativitas atom karbon sangat besar
C. ikatan antaratom karbon stabil
D. mampu membentuk empat buah ikatan dengan atom lain
E. mampu berikatan dengan sesama atom karbon membentuk rantai
4. Gas alam merupakan sumber energi yang dapat digunakan untuk memasak di dapur. Komponen utama gas alam tersebut adalah senyawa hidrokarbon paling sederhana yang terdiri dari sebuah atom karbon dan 4 hidrogen. Senyawa tersebut adalah
A. propana
B. etana
C. metana
D. asetilena
E. karbon dioksida

Untuk menjawab pertanyaan 5 – 7 perhatikan struktur senyawa berikut!



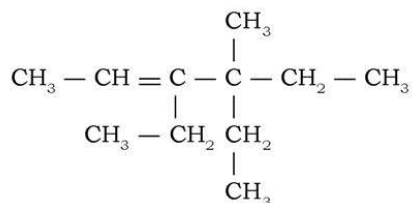
5. Berdasarkan struktur senyawa tersebut, maka jumlah atom karbon pada rantai utamanya adalah
 - A. 8
 - B. 9
 - C. 10
 - D. 11
 - E. 12
6. Pada struktur senyawa tersebut terdapat atom C primer (1°) sebanyak
 - A. empat
 - B. enam
 - C. delapan
 - D. sepuluh
 - E. duabelas
7. Pada struktur senyawa tersebut terdapat atom C kuarternar (4°) sebanyak
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 5
 - E. 11
8. Diketahui rumus umum beberapa senyawa hidrokarbon adalah sebagai berikut:
 - 1) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
 - 2) C_nH_{2n}
 - 3) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
 Rumus umum senyawa hidrokarbon tak jenuh adalah
 - A. 1
 - B. 1 dan 2
 - C. 2 dan 3
 - D. 3
 - E. 1 dan 3
9. Senyawa hidrokarbon berikut yang termasuk golongan alkana adalah
 - A. C_2H_6
 - B. C_3H_6
 - C. C_3H_8
 - D. C_4H_6
 - E. C_4H_{10}

10. Senyawa hidrokarbon golongan alkana merupakan
- hidrokarbon tidak jenuh
 - hidrokarbon aromatik
 - hidrokarbon jenuh
 - hidrokarbon siklik
 - aromatik
11. Untuk memudahkan memahami berbagai senyawa hidrokarbon, maka senyawa itu dikelompokkan ke dalam deret homolog. Kelompok berikut yang merupakan deret homolog adalah
- C_2H_6 , C_3H_6 , C_4H_6
 - C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10}
 - C_2H_6 , C_3H_6 , C_4H_8
 - C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_6
 - C_2H_4 , C_3H_8 , C_4H_8
12. Terdapat enam macam rumus molekul senyawa hidrokarbon sebagai berikut.
- | | |
|----------------|----------------|
| 1) C_2H_4 | 4) C_7H_{12} |
| 2) C_5H_{10} | 5) C_8H_{14} |
| 3) C_6H_{14} | 6) C_9H_{16} |
- Senyawa yang termasuk alkana adalah
- 1 dan 2
 - 2 dan 3
 - 3 dan 4
 - 4 dan 5
 - 5 dan 6
13. Nama dari senyawa hidrokarbon dengan rumus struktur di bawah ini adalah

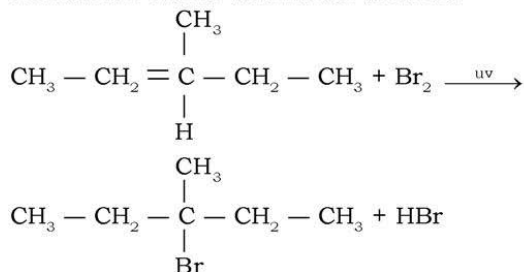


- 2-etil-2,3-metil-4-propil-pentana
- 3-dimetil-4-metil-5-propil-heksana
- 3,4,4-trimetil-2-propil-heksana
- 2,3,4-dimetil-oktana
- 3,3,4,5-tetrametil-oktana

14. Nama kimia senyawa berikut adalah



- A. 4-etil-3,4-dimetil-3-heksena
 B. 4-etil-3,4-dimetil-2,3-heksena
 C. 3,4-dietil-4-metil-4-heksena
 D. 4-etil-3,4-dimetil-2-heksena
 E. 3,4-dimetil-3-etil-4-heksena
15. Jumlah isomer senyawa hidrokarbon yang memiliki rumus molekul C_5H_{12} adalah
- A. 2
 B. 3
 C. 4
 D. 5
 E. 6
16. Perhatikan reaksi brominasi berikut!



Senyawa yang dihasilkan selain asam bromida adalah

- A. 2-bromo-2-etil-pentana
 B. 2-etil-pentana bromida
 C. 3-bromo-3-etil-butana
 D. 3-bromo-3-metil-pentana
 E. 3,3-metil dibromo-pentana

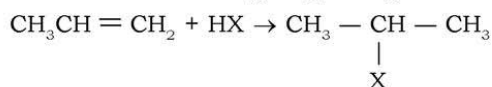
17. Di antara reaksi berikut, yang merupakan reaksi eliminasi adalah

- A. $\text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 B. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$
 C. $(\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3)_n \rightarrow (-\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -)_n$
 D. $\text{CH}_3\text{CH}_2 + \text{AgOH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} + \text{AgCl}$
 E. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$

18. Senyawa alkana dan alkena dapat dibedakan dengan mereaksikannya dengan air bromin. Senyawa alkana ditandai dengan perubahan warna air bromin yang semula merah kecokelatan menjadi tidak berwarna, sedangkan pada alkana tidak terjadi perubahan warna. Reaksi antara alkana dengan bromin ini termasuk reaksi

- A. substitusi
 B. adisi
 C. eliminasi
 D. netralisasi
 E. redoks

19. Suatu reaksi berlangsung sebagai berikut.



Reaksi di atas dikenal sebagai reaksi

- A. adisi
 B. eliminasi
 C. kondensasi
 D. oksidasi
 E. substitusi

20. Perhatikan tiga reaksi berikut!

- 1) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br} + \text{C}_2\text{H}_5\text{ONa} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{NaBr}$
 2) $\text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
 3) $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_3$

Berturut-turut merupakan reaksi

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

Latihan Semester II

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Data hasil eksperimen daya hantar listrik beberapa larutan adalah sebagai berikut.

Larutan	Pengamatan	
	Nyala Lampu	Gelembung Gas
1	Terang	Ada
2	Tidak menyala	Tidak ada
3	Redup	Ada
4	Tidak menyala	Tidak ada
5	Terang	Ada

Berdasarkan data tersebut, larutan yang termasuk nonelektrolit adalah larutan nomor

- A. 1 dan 5
 - B. 2 dan 3
 - C. 2 dan 4
 - D. 1 dan 4
 - E. 3 dan 5
2. Berikut hasil percobaan:

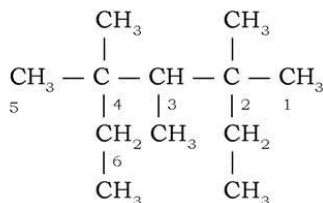
No.	Larutan	Lampu	Perubahan
1.	CaCl_2	Terang	Banyak gas
2.	CH_3COOH	Redup	Sedikit gas
3.	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Tidak menyala	Tidak ada gas
4.	NaOH	Terang	Banyak gas
5.	NH_4OH	Redup	Sedikit gas

Dari data di atas, yang termasuk elektrolit kuat adalah

- A. CaCl_2 dan NaOH
- B. CH_3COOH dan CaCl_2
- C. CH_3COOH dan $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- D. CH_3COOH dan NH_4OH
- E. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dan NH_4OH

3. Senyawa karbon di alam banyak sekali jumlah dan jenisnya. Hal ini terjadi karena beragamnya ikatan antaratom karbon. Jenis ikatan yang terbentuk antara atom C dan atom nonlogam lain merupakan ikatan
 A. kovalen nonpolar D. kovalen polar
 B. ion E. hidrogen
 C. kovalen koordinasi
4. Senyawa berikut yang termasuk ke dalam golongan hidrokarbon tidak jenuh adalah
 A. C_2H_6 D. C_5H_{12}
 B. C_3H_8 E. C_6H_{12}
 C. C_4H_{10}
5. Perhatikan persamaan reaksi:
 $3ZnS(s) + 8HNO_3(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + 8NO(g) + 4H_2O(l)$
 Unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi pada persamaan reaksi tersebut adalah
 A. Zn dan N D. Zn dan O
 B. S dan N E. H dan N
 C. S dan H
6. Persamaan reaksi berikut ini yang merupakan reaksi redoks adalah
 A. $HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(s) + H_2O(l)$
 B. $Ca^{2+}(aq) + O^{2-}(aq) \rightarrow CaO(s)$
 C. $Zn(s) + FeCl_2(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + Fe(s)$
 D. $KOH(aq) \rightarrow K^+(aq) + OH^-(aq)$
 E. $CH_3COOH(aq) + NH_4OH(aq) \rightarrow CH_3COONH_4(aq) + H_2O(l)$
7. Klorin yang tidak dapat dioksidasi terdapat dalam senyawa
 A. KCl D. $KClO_3$
 B. KClO E. $KClO_4$
 C. $KClO_2$
8. Biloks belerang dalam senyawa asam sulfat (H_2SO_4) adalah
 A. +1 D. +6
 B. +2 E. +8
 C. +4
9. Spesi berikut yang tidak dapat sebagai pereduksi adalah
 A. Mn^{2+} D. Fe^{2+}
 B. Cu^{2+} E. NO_3^-
 C. Cl^-

10. Salah satu elektrolit dalam batu baterai mengandung ion NH_4^+ . Biloks N dalam ion tersebut adalah . . .
A. -1
B. -2
C. -3
D. +2
E. +3
11. Deret homolog senyawa hidrokarbon golongan alkuna adalah . . .
A. C_2H_4 , C_3H_4 , C_4H_4
B. C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8
C. C_2H_2 , C_3H_6 , C_4H_6
D. C_2H_2 , C_3H_4 , C_4H_6
E. C_2H_2 , C_3H_6 , C_4H_8
12. Gas karbit (asetilena) merupakan salah satu contoh senyawa hidrokarbon golongan alkuna. Senyawa asetilena memiliki ciri khas ikatan antaratom C yang berupa . . .
A. C - C
B. C = C
C. C \equiv C
D. C - C = C
E. C - C \equiv C
13. Suatu senyawa hidrokarbon mempunyai rumus struktur sebagai berikut.



Atom C tersier pada struktur senyawa di atas terletak pada nomor

- A. 2
B. 3
C. 4
- D. 5
E. 6
14. Di antara beberapa nama senyawa hidrokarbon berikut, yang menyalahi aturan penamaan adalah
A. 2,2-dimetilpropana
B. 2,3-dimetilbutana
C. 2-etilbutana
D. 3-etilpentana
E. 2,2-dimetilpentana
15. Pada proses pembuatan margarin, minyak dijenuhkan melalui suatu proses hidrogenasi. Reaksi pembuatan margarin tersebut termasuk reaksi
A. substitusi
B. adisi
C. eliminasi
D. netralisasi
E. redoks

16. Diketahui suatu reaksi sebagai berikut.
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHCl} - \text{CH}_3$
Zat hasil reaksi tersebut adalah
- A. diklorobutana
 - B. 2-klorobutana
 - C. 3-kloro-2-butana
 - D. kloro-2-butana
 - E. kloro-3-butana
17. Senyawa hidrokarbon yang paling banyak terdapat dalam minyak bumi adalah
- A. alkana dan aromatik
 - B. alkana dan heterosiklik
 - C. alkana dan sikloalkana
 - D. sikloalkana dan aromatik
 - E. heterosiklik dan aromatik
18. Proses pemisahan komponen-komponen minyak bumi berdasarkan perbedaan titik didihnya disebut juga proses
- A. *cracking*
 - B. *treating*
 - C. distilasi bertingkat
 - D. tungku pemisahan berlapis
 - E. *reforming*
19. Zat aditif yang ditambahkan ke dalam bensin untuk menaikkan bilangan oktannya adalah
- A. normal oktana
 - B. isooktana
 - C. dietil timbal
 - D. timbal oksida
 - E. tetraetil timbal
20. Hasil penyulingan minyak bumi yang memiliki titik didih paling tinggi adalah
- A. bensin
 - B. kerosin
 - C. solar
 - D. naftalena
 - E. aspal

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

1. Sebuah pintu mobil yang terbuat dari besi telah dilapisi cat dengan baik. Pada suatu ketika pintu tersebut sedikit tergores, dalam beberapa hari terbentuklah karat yang ukurannya masih kecil. Lama kelamaan lapisan cat di sekitar karat mengelupas dan ternyata karat tersebut telah menyebar di bawah permukaan cat. Dapatkah kalian menjelaskan terjadinya gejala ini?
2. Menurut kalian, apakah air sabun dapat menghantarkan arus listrik?
3. Tentukan 3 senyawa yang merupakan deret homolog dari senyawa C_3H_6 dan C_4H_8 !
4. Bagaimanakah cara membedakan senyawa etena dan etana?
5. Kalian sudah mengetahui dampak penggunaan bahan bakar fosil secara luas baik bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya serta dampaknya terhadap lingkungan. Menurut kalian, bagaimanakah solusi untuk mengendalikan pencemaran akibat penggunaan bahan bakar minyak bumi ini?

Latihan Akhir Tahun

Kerjakan pada buku tugas kalian!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

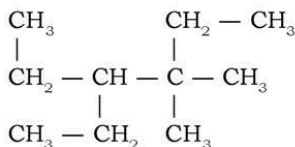
1. Jika diketahui nuklida $^{23}_{11}\text{Na}$, maka jumlah elektron, proton, dan neutron adalah
 A. 23 proton, 12 elektron, dan 11 neutron
 B. 11 proton, 12 elektron, dan 23 neutron
 C. 11 proton, 11 elektron, dan 12 neutron
 D. 11 proton, 12 elektron, dan 11 neutron
 E. 12 proton, 11 elektron, dan 11 neutron
2. Di antara senyawa berikut ini yang merupakan senyawa yang berikatan kovalen adalah
 A. NaCl , KI , $\text{Mg}(\text{OH})_2$
 B. H_3PO_4 , CH_3OH , CO_2
 C. ZnSO_4 , HgO , CH_3COOH
 D. H_2O , HCl , LiOH
 E. Cl_2 , CaO , O_3
3. Data percobaan daya hantar listrik sebagai berikut:

Zat	Lampu	Pengamatan Lain
1	Terang	Banyak gelembung
2	Redup	Sedikit gelembung
3	Redup	Sedikit gelembung
4	Tidak menyala	Tidak ada gelembung

Pasangan yang digolongkan zat elektrolit kuat dan nonelektrolit berturut-turut adalah

- | | |
|------------|------------|
| A. 1 dan 4 | D. 2 dan 4 |
| B. 1 dan 3 | E. 2 dan 3 |
| C. 1 dan 2 | |
4. Kelompok unsur yang termasuk golongan halogen adalah
 A. Li, Na, K
 B. Ca, Sr, Ba
 C. F, Cl, Br
 D. Ne, Ar, Kr
 E. Fe, Co, Ni

11. Nama yang tepat untuk senyawa hidrokarbon berikut adalah



- A. 3,3-dimetil-pentana
 B. 3-etil-4,4-dimetil-pentana
 C. 3,4-dietil-4-metil-pentana
 D. 3-etil-4,4-dimetil-heksana
 E. 4-etil-3,3-dimetil-heksana
12. Pada pembakaran 12 gram suatu persenyawaan karbon dihasilkan 22 gram gas CO_2 (A_r C = 12, O = 16). Unsur karbon dalam senyawa tersebut sebanyak
 A. 23%
 B. 27%
 C. 50%
 D. 55%
 E. 77%
13. Gas berbahaya bagi kesehatan karena mengikat hemoglobin yang berasal dari asap kendaraan bermotor adalah
 A. CO
 B. N_2
 C. SO_2
 D. CO_2
 E. H_2O
14. Gas alam mengandung 90% metana dan 20% etana. Pembakaran sempurna 2 L gas alam pada suhu dan tekanan yang sama akan membutuhkan oksigen sebanyak
 A. 2,4 L
 B. 3,0 L
 C. 4,3 L
 D. 5,4 L
 E. 6,5 L
15. Biloks belerang dalam senyawa SO_3 adalah
 A. +2
 B. +3
 C. +4
 D. +5
 E. +6
16. Unsur V, W, X, Y, Z berturut-turut mempunyai nomor atom 2, 3, 8, 13, 16. Pasangan unsur yang berada dalam satu golongan adalah
 A. W dan Z
 B. X dan Y
 C. V dan X
 D. X dan Z
 E. V dan Y

5. Apakah yang dimaksud dengan efek rumah kaca (*green house effect*)? Jelaskan bagaimana prosesnya!
6. Pembakaran sempurna 1,6 gram suatu senyawa karbon menghasilkan 2,2 gram CO_2 dan 1,8 gram H_2O . Tentukan rumus empiris senyawa itu!
7. Tulislah struktur dan nama dari lima isomer oktana dengan rantai induk yang mengandung 6 atom karbon!
8. Tuliskan setengah reaksi dari reaksi redoks berikut dan tentukan pula oksidator dan reduktornya!
 - a. $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
 - b. $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
9. Suatu senyawa karbon yang berupa gas memiliki rumus empiris CH_2 . Massa 4 liter gas tersebut (T , P) adalah 7 gram. Pada suhu dan tekanan yang sama, 11 gram CO_2 mempunyai volume 6 liter. Tentukan rumus molekul senyawa tersebut!
10. Kelompokkan larutan berikut ke dalam elektrolit kuat, elektrolit lemah, dan nonelektrolit!

a. NaOH	d. Garam dapur
b. Air jeruk	e. Urea
c. Alkohol	

Glosarium

- Afinitas elektron.** Kerja yang diperlukan untuk membuat ion negatif menjadi netral; besarnya kerja ini menunjukkan keelektronegatifan unsur. (19)
- Alifatik.** Senyawa karbon dengan rantai terbuka. (165, 200, 201)
- Alisiklik.** Senyawa karbon dengan rantai tertutup. (163, 166)
- Alkali.** Golongan IA di dalam sistem periodik. (8)
- Alkali tanah.** Golongan IIA di dalam sistem periodik. (8)
- Alkana.** Hidrokarbon alifatik dengan rumus umum C_nH_{2n+2} . (167)
- Alkena.** Hidrokarbon alifatik yang mengandung satu ikatan rangkap, rumus umum C_nH_{2n} . (167, 178)
- Alkuna.** Hidrokarbon alifatik yang mengandung satu ikatan rangkap tiga; rumus umum C_nH_{2n-2} . (167, 181, 192)
- Anion.** Atom/gugus atom yang bermuatan negatif. (65, 127)
- Antioksidan.** Zat yang menghambat proses oksidasi, misalnya vitamin E dan vitamin C. (138)
- Aromatik.** Senyawa siklik yang mempunyai aroma spesifik. (163, 166, 201)
- Asam.** Arrhenius, zat yang dalam air mengeluarkan ion H^+ . (63)
- Atom C kuarternar.** Atom C yang terikat pada empat atom karbon. (176)
- Atom C primer.** Atom C yang terikat pada satu atom karbon. (175)
- Atom C sekunder.** Atom C yang terikat pada dua atom karbon. (175)
- Atom C tersier.** Atom C yang terikat pada tiga atom karbon. (175)
- Autoredoks.** Reaksi reduksi oksidasi dengan zat pereaksi mengalami perubahan reduksi sekaligus oksidasi. (149)
- Awan elektron.** Kumpulan elektron dalam ikatan logam. (56)
- Basa.** Senyawa yang cenderung untuk menyumbangkan sepasang elektron untuk digunakan bersama-sama; basa cenderung untuk menerima elektron. (63, 64)
- Biatom.** Molekul yang mempunyai 2 jenis atom. (51)
- Bilangan oksidasi.** Bilangan yang seakan-akan dimiliki atom dalam membentuk ikatan kimia. (144)
- Biloks.** Bilangan yang seakan-akan dimiliki atom dalam membentuk ikatan kimia. (143)
- Deret homolog.** Deretan hidrokarbon dengan selisih $-CH_2$. (169)
- Distilasi.** Pemisahan dengan sistem penguapan. (202)
- Elektrolit.** Bahan yang menghantar arus listrik karena terjadi perpindahan ion; bahan itu dapat berbentuk lelehan atau berada dalam larutan. (119)
- Elektrolit kuat.** Bahan yang menghantar arus listrik dengan kuat karena terjadi perpindahan ion, misalnya garam NaCl. (124)
- Elektrolit lemah.** Bahan yang menghantar arus listrik dengan lemah karena terjadi perpindahan ion, misalnya asam asetat CH_3COOH . (125)
- Elektron.** Partikel dasar, dengan massa diam = $9,107 \times 10^{-28}$ g dan muatan negatif = $4,802 \times 10^{-10}$ stat coulomb. (11, 12, 14)

Elektron valensi. Jumlah elektron yang berada pada kulit paling luar pada atom. (9)

Elektronegativitas. Kemampuan atom dalam bersaing mendapatkan elektron atau kemampuan suatu atom untuk menjadi ion negatif. (20)

Energi ionisasi. Sejumlah energi yang dipakai untuk membentuk ion-ion. (17)

Garam. Senyawa yang berasal dari reaksi asam dan basa. (63, 65)

Gas mulia. Unsur-unsur yang terletak dalam golongan VIII dalam sistem periodik; gas mulia bersifat sangat stabil. (8)

Golongan. Bagian vertikal yang terletak dalam sistem periodik, golongan unsur memiliki sifat kimia dan fisika yang mirip. (6, 7)

Hidrokarbon. Senyawa yang hanya mengandung unsur hidrogen (H) dan karbon (C). (159, 165, 192)

Hidrokarbon jenuh. Hidrokarbon yang mempunyai rantai ikatan tunggal. (166)

Hidrokarbon tidak jenuh. Hidrokarbon yang mempunyai rantai ikatan rangkap dua atau tiga. (167)

Hukum triade. Hukum dari Dobereiner yang menyatakan bahwa massa unsur yang tengah adalah rata-rata massa unsur yang ada di tepi (3 buah unsur). (1, 2, 3)

Ikatan ion. Ikatan yang terjadi antara ion positif dengan ion negatif, ikatan antara unsur yang bersifat elektropositif (golongan IA dan IIA) dengan unsur yang bersifat elektronegatif (golongan VIA dan VIIA). (42, 45)

Ikatan kimia. Ikatan yang terjadi antara atom satu dengan atom yang lain baik secara ikatan ion, kovalen, maupun logam. (39)

Ikatan kovalen. Ikatan kimia yang berdasarkan pemakaian pasangan elektron secara bersama. (47)

Ikatan logam. Ikatan yang terjadi pada logam; dalam ikatan logam terjadi awan elektron yang ada di sekeliling ion-ion positif. (55)

Ion negatif. Lihat anion. (44)

Ion positif. Lihat kation. (43)

Isobar. Atom-atom dari unsur yang mempunyai nomor massa sama tetapi nomor atomnya berbeda. (13)

Isomer. Senyawa yang memiliki rumus molekul sama tetapi berbeda dalam rumus bangunnya. (185)

Isomer geometri. Isomer yang terjadi karena perbedaan letak bidang yang terdapat pada gugus yang sama. (186, 190)

Isomer posisi. Isomer yang disebabkan oleh perbedaan letak gugus fungsi yang sejenis. (186, 190)

Isomer rangka. Isomer yang disebabkan oleh perbedaan rumus bangun atau ikatan berbeda. (185, 189)

Isoton. Atom-atom yang mempunyai jumlah neutron sama, tetapi nomor atom berbeda. (13, 14)

Isotop. Atom-atom yang mempunyai nomor atom sama tetapi nomor massanya berbeda. (13)

IUPAC. Merupakan singkatan dari *International Union of Pure and Applied*, sebuah organisasi internasional yang menyepakati satuan untuk kimia murni dan terapan. (170)

Jari-jari atom. Setengah diameter atom dengan asumsi atom berbentuk bulat. (14)

Kadar zat. Kandungan suatu zat dalam suatu senyawa dapat murni ataupun campuran. (13)

Karbon dioksida. Senyawa dengan rumus molekul CO_2 . (209)

Karbon monoksida. Senyawa dengan rumus molekul CO . (210)

Kation. Atom yang bermuatan listrik positif. (64, 127)

Kekekalan massa. Massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama. (78)

Koefisien reaksi. Angka yang terletak di depan rumus kimia dalam suatu persamaan reaksi. (67)

Konfigurasi elektron. Gambaran penempatan elektron dalam kulit-kulit atom. (1, 9)

Konsep mol. Aturan yang dipakai sebagai satuan untuk mol; 1 mol sama dengan banyak partikel/atom/molekul sejumlah bilangan Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$). (90)

Kovalen rangkap dua. Ikatan kovalen dengan jumlah ikatan rangkap dua. (49)

Lantanida. Golongan unsur yang mempunyai subkulit *f*. (7)

Larutan elektrolit. Larutan yang dapat menghantarkan listrik. (121)

LPG. Singkatan dari *Liquid Petroleum Gas*, merupakan bahan bakar gas alam yang dicairkan pada tekanan tinggi. (207)

Massa atom. Perbandingan massa rata-rata unsur dengan $\frac{1}{12}$ massa atom C-12. (4, 21)

Massa molar. Massa dalam gram yang sesuai dengan massa atom relatif atau massa molekul relatif, massa dari 1 mol suatu atom atau molekul. (93)

Massa molekul. Jumlah massa atom relatif dari atom-atom penyusun molekul. (21, 22, 184)

Minyak bumi. Campuran hidrokarbon (minyak) yang belum didistilasi, yang berasal dari bumi yang dapat dipakai sebagai bahan bakar dan sebagai dasar pembuatan bahan-bahan lain yang diperlukan manusia. (159, 197, 202, 207)

Mol. Satuan yang setara dengan $6,02 \times 10^{23}$ partikel. (91)

Neutron. Partikel netral dengan nomor massa 1; diduga terdapat dalam tiap inti atom (kecuali H-1); tidak menunjukkan pengionan primer bila melewati materi, tetapi berinteraksi dengan materi berdasarkan tabrakan dan dalam beberapa hal secara magnetis. (12, 14)

Nomor atom. Bilangan bulat yang menunjukkan banyak proton di dalam inti. (1, 11)

Nonelektrolit. Tidak menghantar arus listrik; larutan nonelektrolit merupakan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik. (119, 121)

Nonlogam. Unsur yang tidak dapat menghantarkan listrik. (61)

Oksida belerang. Senyawa dengan rumus SO_2 atau SO_3 . (212)

Oksida karbon. Senyawa dengan rumus CO_2 atau CO . (208)

Oksida nitrogen. Senyawa dengan rumus NO atau NO_2 . (213)

Oksidasi. Proses yang menaikkan bilangan oksidasi. (135, 137, 140, 141, 147, 192)

Oksidator. Zat yang bertindak sebagai pengoksidasi, zat yang mengalami reduksi. (137, 150)

Oktet. Sistem empat pasang elektron valensi, yang biasanya menunjukkan bahwa bangunan dengan sistem ini adalah stabil dan lamban (tidak mudah bereaksi). (41)

Orbital. Daerah di sekitar inti yang memiliki kebolehjadian ditemukan elektron paling besar. (32)

Pereaksi. Zat yang mengalami reaksi, reaktan. (67)

Pereaksi pembatas. Pereaksi yang akan tepat habis bereaksi dalam suatu reaksi kimia. (106)

Periode. Bagian horizontal yang terdapat dalam sistem periodik, waktu yang diperlukan untuk kembali kepada sifat yang mirip. (6)

Poliatom. Senyawa yang memiliki lebih dari dua jenis atom. (52)

Polimerisasi. Peristiwa reaksi berantai dari suatu monomer menjadi polimer. (205)

Produk. Hasil dari suatu reaksi; terletak di sebelah kanan anak panah. (67)

Proton. 1. Partikel dengan nomor massa 1 dan bermuatan listrik positif; dianggap sebagai salah satu penyusun utama inti atom; 2. Inti atom isotop teringan hidrogen. (11, 12, 14)

Rangkap dua. Ikatan dengan rantai C rangkap 2. (49)

Rangkap tiga. Ikatan dengan rantai C rangkap 3. (49)

Reaksi eliminasi. Reaksi pemutusan atau pengurangan ikatan rangkap C. (196)

Reaksi halogenasi. Reaksi zat dengan golongan halogen. (192)

Redoks. Reaksi kimia yang melibatkan peristiwa reduksi dan oksidasi. (136, 143, 144, 147, 152)

Reduksi. 1. Penambahan hidrogen atau pengambil oksigen pada suatu zat; 2. Penurunan derajat/bilangan oksidasi suatu unsur dalam senyawa, misalnya besi(III) klorida menjadi besi(II) klorida; 3. Penambahan elektron pada suatu unsur. (135, 137, 138, 140, 141, 147)

Reduktor. Zat yang mengalami reaksi oksidasi. (138, 150)

Rumus empiris. Rumus yang merupakan perbandingan jumlah atom terkecil yang menyusun suatu senyawa. (99)

Rumus molekul. Rumus yang menyatakan perbandingan banyaknya atom yang menyusun suatu senyawa. (99)

Senyawa anhidrat. Senyawa yang telah kehilangan molekul air. (102)

Senyawa biner. Suatu senyawa yang hanya terdiri atas dua buah unsur, misalnya NaCl , KCl . (61)

Senyawa hidrat. Senyawa yang mengandung air. (102)

Senyawa polar. Senyawa yang memiliki momen dipol. (50, 52)
Siklik. Senyawa dengan ikatan rantai C tertutup. (201)
Solute. Zat terlarut, zat yang memiliki jumlah komponen lebih sedikit. (120)
Solvent. Pelarut, zat yang memiliki jumlah komponen lebih besar. (120)
Struktur Lewis. Struktur dengan konfigurasi sebagaimana gas mulia (40, 164)
Substitusi. Reaksi penggantian satu atom dengan atom yang lain. (192)
Tabel periodik modern. Tabel periodik unsur yang disusun berdasarkan kenaikan nomor atom. (1, 6)
Tetapan Avogadro. $L = 6,02 \times 10^{23}$ (91)
Volume molar. Volume dari satu mol zat. (94)
Zat pelarut. Lihat solvent. (120)
Zat terlarut. Lihat solute. (120)

Daftar Pustaka

- Atkins, Robert C. Dan Carey, Francis A. 2002. *Organic Chemistry: a brief course*. 3rd ed. International Edition. New York: Mc Graw Hill.
- Chang, Raymond. 2002. *Chemistry*. 7th ed. International Edition. New York: Mc Graw Hill.
- Depdiknas. 2006. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Mata Pelajaran Kimia*. Jakarta: Depdiknas.
- Ebbing, Darrell D. 1987. *General Chemistry*. 2nd ed. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Erbrreeht, Rudiger, dkk. 2003. *Tabel Referensi Lengkap*. Jakarta: Erlangga.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Grolier International, Inc. 2000. *Ilmu Pengetahuan Populer*. Jakarta: Widyadara.
- Kim H. Tan. 1998. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Terjemahan: Didiek Hadjar Goenadi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Buku asli diterbitkan tahun 1982.
- Kroschwitz, J. I., Winokur, Melvin., Lees, Bryan A. 1995. *Chemistry: a First Course*. Amerika: Wm. C. Brown Publisher.
- Maton, Antlea., et. al. 1993. *Chemistry of Matter*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Petrucchi, Ralph H., et. al. 1985. *General Chemistry: Principles and Modern Application*. 4th ed. London: Mc Millan.
- Poedjiadi, Soemodimedjo dan Anna Poedjiadi. 2001. *Kimia dari Zaman ke Zaman*. Bandung: Yayasan Cendrawasih.
- Setford, Steve. 1997. *Fakta Sains*. Jakarta: Erlangga.
- Silberberg, Martin. 2003. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. 3rd ed. International Edition. New York: Mc Graw Hill.
- Sinaga, Tuntun (Penj). 2001. *Jendela Iptek Kimia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Wilbraham, Antony C., et. al. 1993. *Chemistry*. 3rd ed. California: Addison-Wesley.

Indeks

A

afinitas elektron 19
air Kristal 102
aktinida 7
alifatik 165, 200, 201
alisiklik 163, 166
alkali 8
alkali tanah 8
alkana 167
alkena 167, 178
alkuna 167, 181, 192
angka indeks 68
anion 65, 127
antioksidan 138
aromatik 163, 166, 201
Arrhenius 127
asam 63
atom C kuarternar 176
atom C primer 175
atom C sekunder 175
atom C tersier 175
atom karbon 160
autoreduksi 149
Avogadro 86
awan elektron 56

B

basa 63, 64
bentuk molekul 53
biatom 51
bilangan oksidasi 144
biloks 143
blending 206
Bohr 1, 30

C

Chadwick 13
cracking 204, 205

D

Dalton 1, 25, 26, 82
dasar kimia 77
de Broglie 32
Demokritos 24
deret homolog 169
dipol 52
distilasi 202
Dobereiner 1, 2

E

elektrolit 119
elektrolit kuat 124
elektrolit lemah 125
elektron 11, 12, 14
elektron valensi 9
elektronegativitas 20
energi ionisasi 17

F

Faraday 126

G

garam 63, 65
gas mulia 8
Gay Lussac 84, 88
golongan 6, 7

H

Heisenberg 32
hidrokarbon 159, 165, 192
hidrokarbon jenuh 166
hidrokarbon tidak jenuh 167
hukum dasar 78
hukum oktaf 1, 4
hukum triade 1, 2, 3

I

ikatan ion 42, 45
ikatan kimia 39
ikatan kovalen 47
ikatan logam 55
ion negatif 44
ion positif 43
isobar 13
isomer 185
isomer fungsional 186
isomer geometri 186, 190
isomer posisi 186, 190
isomer rangka 185, 189
isoton 13, 14
isotop 13
IUPAC 170

J

Jabir 24
jari-jari atom 14

K

kadar unsur 97
 karbon dioksida 209
 karbon monoksida 210
 kation 64, 127
 kekekalan massa 78
 koefisien reaksi 67
 konfigurasi elektron 1, 9
 konsep mol 90
 kovalen rangkap 49
 kovalen tunggal 48
 kulit atom 33

L

lantanida 7
 larutan elektrolit 121
 Lavoisier 78
 Leukippos 24
 Lewis 40
 LNG 207
 logam timbal 213
 LPG 207

M

Macquir 198
 massa atom 4, 21
 massa molar 93
 massa molekul 21, 22, 184
 Mendelev 1, 5
 Meyer 5
 minyak bumi 159, 197, 202, 207
 model atom 1, 24
 model atom modern 1, 32
 mol 91
 molekul 47
 momen dipol 52

N

neutron 12, 14
 Newlands 1, 4
 nomor atom 1, 11
 nomor massa 1, 11
 nonelektrolit 119, 121
 nonlogam 61
 nonpolar 50

O

oksida belerang 212
 oksida karbon 208
 oksida nitrogen 213
 oksidasi 135, 137, 140, 141, 147, 192
 oksidator 137, 150
 oktet 41
 orbital 32

P

partikulat 214
 perbandingan berganda 82
 perbandingan volume 84
 pereaksi 67
 pereaksi pembatas 106
 perhitungan kimia 77, 88
 periode 6
 persamaan reaksi setara 68
 poliatom 52
 polimerisasi 205
 produk 67
 proton 11, 12, 14
 Proust 80

R

rangkap dua 49
 rangkap tiga 49
 rantai karbon 162
 reaksi adisi 194
 reaksi eliminasi 196
 reaksi halogenasi 192
 reaksi kimia 67
 redoks 136, 143, 144, 147, 152
 reduksi 135, 136, 138, 140, 141, 147
 reduktor 138, 150
 reforming 205
 rumus biner 63
 rumus empiris 99
 rumus kimia 67
 rumus molekul 99
 Rutherford 1, 28

S

Schrodinger 32
 senyawa 60
 senyawa anhidrat 102
 senyawa biner 61
 senyawa hidrat 102
 senyawa polar 50, 52
 sifat-sifat keperiodikan unsur 14
 siklik 201
 sistem periodik unsur 1
 solute 120
 solvent 120
 struktur atom 1
 struktur Lewis 40, 164
 struktur molekul 165
 substitusi 192

T

tabel periodik modern 1, 6
tata nama 170
tetapan Avogadro 91
thomson 1, 12, 27
titik didih 184
treating 206
trivial 170

V

volume molar 94

W

wujud zat 67

Z

zat pelarut 120
zat terlarut 1200

Lampiran:

Unsur-unsur Kimia

Nilai dalam kurung kurawal menunjukkan massa dari jenis atom unsur bersangkutan yang sudah lama dikenal.

Unsur	Simbol Atom	Nomor Atom	Massa Atom (sma)	Bilangan Oksidasi	Elektro-negativitas
Aktinium	Ac	89	227	+3	1,1
Aluminium	Al	13	27	+3	1,5
Amerisium	Am	95	[243]	+3	1,3
Antimon	Sb	51	122	+3; +5; -3	1,9
Argentum (perak)	Ag	47	108	+1	1,9
Argon	Ar	18	40	±0	
Arsen	As	33	75	+3; +5; -3	2,0
Astatin	At	85	[210]	-1	2,2
Aurun (emas)	Au	79	197	+1; +3	2,4
Barium	Ba	56	137	+2	0,9
Barkelium	Bk	97	[247]	+3	1,3
Berilium	Be	4	9	+2	1,5
Bismut	Bi	83	209	+3; -3	1,9
Boron	B	5	11	+3	2,0
Brom	Br	35	80	+1; +5; -1	2,8
Disprosium	Dy	66	162,5	+3	1,2
Einsteinium	Es	99	[252]		1,3
Erbium	Er	68	167	+3	1,2
Eropium	Eu	63	152	+3	1,2
Fermium	Fm	100	[257]		1,3
Ferrum (besi)	Fe	26	56	+2; +3; +6	1,8
Fluor	F	9	19	-1	4,0
Fosfor	P	15	31	+3; +5; -3	2,1
Fransium	Fr	87	[223]	+1	0,7
Gadolinium	Gd	64	157	+3	1,1
Gallium	Ga	31	70	+3	1,6
Germanium	Ge	32	72,5	+4	1,8
Hafnium	Hf	72	178,5	+4	1,3
Helium	He	2	4	±0	
Hidrogen	H	1	1	+1; -1	2,1
Holmium	Ho	67	165	+3	1,2
Indium	In	49	115	+3	1,7
Iod	I	53	127	+1; +5; +7; -1	2,5
Iridium	Ir	77	192	+3; +4	2,2
Iterbium	Yb	70	173	+3	1,1
Itrium	Y	39	89	+3	1,3

Unsur	Simbol Atom	Nomor Atom	Massa Atom (sma)	Bilangan Oksidasi	Elektro-negativitas
Kadmium	Cd	48	112,5	+2	1,7
Kalifornium	Cf	98	[251]	+3	1,3
Kalium	K	19	39	+1	0,8
Kalsium	Ca	20	40	+2	1,0
Karbon	C	6	12	+2; +4; -2	8,5
Klor	Cl	17	35,5	+1; +3; +5; +7; -1	3,0
Kobalt	Co	27	59	+2; +3	1,8
Kripton	Kr	36	84	±0	
Krom	Cr	24	52	+2; +3; +6	1,6
Kurium	Cm	96	[247]	+3	1,3
Lantanum	La	57	139	+3	1,1
Litium	Li	3	7	+1	1,0
Lutesium	Lu	71	175	+3	1,2
Magnesium	Mg	12	24	+2	1,2
Mangan	Mn	25	55	+2; +4; +6; +7	1,5
Molibdenum	Mo	42	96	+6	1,8
Natrium	Na	11	23	+1	0,9
Neodimium	Nd	60	144	+3	1,2
Neon	Ne	10	20	±0	
Neptunium	Np	93	[237]	+5	1,3
Nikel	Ni	28	59	+2	1,8
Niobium	Nb	41	93	+5	1,6
Nitrogen	N	7	14	+3; +5; -3	3,0
Oksigen	O	8	16	-2	3,5
Osmium	Os	76	190	+4; +8	2,2
Paladium	Pd	46	106	+2; +4	2,2
Platina	Pt	78	195	+2; +4	2,2
Plutonium	Pu	94	[244]	+4	1,3
Polonium	Po	84	[209]	+4; -2	2,0
Praseodimium	Pr	59	141	+3	1,1
Prometium	Pm	61	[145]	+3	1,2
Protaktinium	Pa	91	231	+5	1,5
Radium	Ra	88	226	+2	0,9
Radon	Rn	86	[222]	±0	
Raksa (hidrorgirum)	Hg	80	200,5	+1; +2	1,9
Renium	Re	75	186	+7	1,9
Rodium	Rh	45	103	+3; +4	2,2
Rubidium	Rb	37	85,5	+1	0,8
Rutenium	Ru	44	101	+4; +8	2,2
Sesium	Cs	55	133	+1	0,7
Samarium	Sm	62	150	+3	1,2
Selenium	Se	34	79	+4; +6; -2	2,4

Unsur	Simbol Atom	Nomor Atom	Massa Atom (sma)	Bilangan Oksidasi	Elektro-negativitas
Seng	Zn	30	65	+2	1,6
Serium	Ce	58	140	+3	1,1
Silisium	Si	14	28	+4; -4	1,8
Skandium	Sc	21	45	+3	1,3
Strontium	Sr	38	87,5	+2	1,0
Sulfur	S	16	32	+4; +6; -2	2,5
Talium	Tl	81	204	+3	1,8
Tantal	Ta	73	181	+5	1,5
Teknesium	Tc	43	[98]	+7	1,9
Telurium	Te	52	127,5	+4; +6; -2	2,1
Tembaga	Cu	29	63,5	+1; +2	1,9
Terbium	Tb	65	159	+3	1,2
Timah	Sn	50	119	+2; +4	1,8
Timbal	Pb	82	207	+2; +4	1,8
Titan	Ti	22	48	+4	1,5
Torium	Th	90	232	+4	1,3
Tulium	Tm	69	169	+3	1,2
Uranium	U	92	238	+4; +5; +6	1,7
Vanadium	V	23	51	+5	1,6
Wolfram	W	74	184	+6	1,7
Xenon	Xe	54	131	±0	
Zirkonium	Zr	40	91	+4	1,4

Jari-jari Atom dan Ion dari Beberapa Unsur (10^{-12} m)

Simbol Atom	Jari-jari Atom	Jari-jari Ion	Simbol Atom	Jari-jari Atom	Jari-jari Ion	Simbol Atom	Jari-jari Atom	Jari-jari Ion
Al	143	50 (+3)	I	133	216 (-1)	S	104	184 (-2)
Ba	217	135 (+2)	K	231	133 (+1)	Se	117	198 (-2)
Be	112	31 (+2)	Cu	128	72 (+2)	Ag	144	126 (+1)
Br	114	195 (-1)	Li	152	60 (+1)	Si	117	41 (+4)
Cs	262	169 (+1)	Mg	160	65 (+2)	N	70	171 (-3)
Ca	197	97 (+2)	Na	186	95 (+1)	Sr	215	113 (+2)
Cl	99	181 (-1)	P	110	212 (-3)	Te	137	221 (-2)
Fe	124	64 (+3)	Rb	244	148 (+1)	Zn	133	74 (+2)
F	64	136 (-1)	O	66	140 (-2)			

Konstanta Keasaman (K_a) dan Kontanta Kebasaan (K_b) pada 22°C

K_a (mol L ⁻¹)	p <i>K_a</i>	Rumus Asam	Rumus Basa yang Sesuai	p <i>K_b</i>	K_b (mol L ⁻¹)
$1,0 \times 10^{11}$	-11	HI	I ⁻	25,00	$1,0 \times 10^{-25}$
$1,0 \times 10^{10}$	-10	HClO ₄	ClO ₄ ⁻	24,00	$1,0 \times 10^{-24}$
$1,0 \times 10^9$	-9	HBr	Br ⁻	23,00	$1,0 \times 10^{-23}$
$1,0 \times 10^7$	-7	HCl	Cl ⁻	21,00	$1,0 \times 10^{-21}$
$1,0 \times 10^3$	-3	H ₂ SO ₄	HSO ₄ ⁻	17,00	$1,0 \times 10^{-17}$
55,5	-1,74	H ₃ O ⁺	H ₂ O	15,74	$1,8 \times 10^{-16}$
$2,1 \times 10^1$	-1,32	HNO ₃	NO ₃ ⁻	15,32	$4,8 \times 10^{-16}$
$6,6 \times 10^{-1}$	0,18	[(NH ₂)CO(NH ₃)] ⁺	CO(NH ₂) ₂	13,82	$1,9 \times 10^{-14}$
$5,6 \times 10^{-2}$	1,25	HOOC-COOH	HOOC-COO ⁻	12,75	$1,7 \times 10^{-13}$
$1,5 \times 10^{-2}$	1,81	H ₂ SO ₃	HSO ₃ ⁻	12,19	$6,5 \times 10^{-13}$
$1,2 \times 10^{-2}$	1,92	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	12,08	$8,3 \times 10^{-13}$
$7,5 \times 10^{-3}$	2,12	H ₃ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻	11,88	$1,3 \times 10^{-12}$
$6,0 \times 10^{-3}$	2,22	[Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺	[Fe(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺	11,78	$1,7 \times 10^{-12}$
$7,2 \times 10^{-4}$	3,14	HF	F ⁻	10,86	$1,4 \times 10^{-11}$
$4,5 \times 10^{-4}$	3,35	HNO ₂	NO ₂ ⁻	10,65	$2,2 \times 10^{-11}$
$1,8 \times 10^{-4}$	3,75	HCOOH	HCOO ⁻	10,25	$5,6 \times 10^{-11}$
$2,6 \times 10^{-5}$	4,58	C ₆ H ₅ NH ₃ ⁺	C ₆ H ₅ NH ₂	9,42	$3,8 \times 10^{-10}$
$1,8 \times 10^{-5}$	4,75	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	9,25	$5,6 \times 10^{-10}$
$1,4 \times 10^{-5}$	4,85	[Al(H ₂ O) ₆] ³⁺	[Al(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺	9,15	$7,1 \times 10^{-10}$
$3,0 \times 10^{-7}$	6,52	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	7,48	$3,3 \times 10^{-8}$
$1,2 \times 10^{-7}$	6,92	H ₂ S	HS ⁻	7,08	$8,3 \times 10^{-8}$
$9,1 \times 10^{-8}$	7,04	HSO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	6,96	$1,1 \times 10^{-7}$
$6,2 \times 10^{-8}$	7,20	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	6,80	$1,6 \times 10^{-7}$
$5,6 \times 10^{-10}$	9,25	NHO ₄ ⁺	NH ₃	4,75	$1,8 \times 10^{-5}$
$4,0 \times 10^{-10}$	9,40	HCN	CN ⁻	4,60	$2,5 \times 10^{-5}$
$2,5 \times 10^{-10}$	9,60	[Zn(H ₂ O) ₆] ²⁺	[Zn(OH)(H ₂ O) ₅] ⁺	4,40	$4,0 \times 10^{-5}$
$1,3 \times 10^{-10}$	9,89	C ₆ H ₅ OH	C ₆ H ₅ O ⁻	4,11	$7,8 \times 10^{-5}$
$4,0 \times 10^{-11}$	10,40	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	3,60	$2,5 \times 10^{-4}$
$4,4 \times 10^{-13}$	12,36	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	1,64	$2,3 \times 10^{-2}$
$1,0 \times 10^{-13}$	13,00	HS ⁻	S ²⁻	1,00	$1,0 \times 10^{-1}$
$1,8 \times 10^{-16}$	15,74	H ₂ O	OH ⁻	-1,74	55,5
$1,0 \times 10^{-23}$	23	NH ₃	NH ₄ ⁺	-9	$1,0 \times 10^9$
$1,0 \times 10^{-24}$	24	OH ⁻	O ²⁻	-10	$1,0 \times 10^{10}$

Kelarutan Beberapa Garam dalam Air

Kelarutan dinyatakan dalam jumlah g garam yang dapat larut dalam 100 g air pada 20°C dan 1 atm

Ion	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻
Na ⁺	36	91	179	88	19	19	22	12
K ⁺	34	66	144	32	-	11	112	23
NH ₄ ⁺	37	74	172	188	-	75	100	20
Mg ²⁺	54	102	148	71	-	36	2 × 10 ⁻¹	-
Ca ²⁺	75	142	204	127	-	2 × 10 ⁻¹	2 × 10 ⁻¹	2 × 10 ⁻²
Ba ²⁺	36	104	170	9	-	3 × 10 ⁻⁴	2 × 10 ⁻³	-
Cu ²⁺	77	122	-	122	3 × 10 ⁻³	21	-	-
Ag ⁺	2 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻⁵	3 × 10 ⁻⁷	218	1 × 10 ⁻⁵	8 × 10 ⁻¹	3 × 10 ⁻³	-
Zn ²⁺	367	447	432	118	-	54	2 × 10 ⁻²	-
Pb ²⁺	1	9 × 10 ⁻¹	7 × 10 ⁻²	52	9 × 10 ⁻⁵	4 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻⁷
Fe ²⁺	62	-	-	-	6 × 10 ⁻⁴	27	-	-
Al ³⁺	46	-	-	75	-	36	-	-

Hasil Kali Kelarutan K_{sp} pada 25°C

Nama Zat	Rumus Kimia	Hasil Kali Kelarutan K _{sp}		Ekspresi Hasil Kali Kelarutan (pK _{sp})
		Nilai Bilangan	Satuan	
Aluminium hidroksida	Al(OH) ₃	1,0 × 10 ⁻³³	mol ⁴ × L ⁻⁴	33,0
Barium fosfat	Ba ₃ (PO ₄) ₂	6,0 × 10 ⁻³⁸	mol ⁵ × L ⁻⁵	37,2
Barium hidroksida	Ba(OH) ₂	4,3 × 10 ⁻³	mol ³ × L ⁻³	2,4
Barium karbonat	BaCO ₃	8,1 × 10 ⁻⁹	mol ² × L ⁻²	8,1
Barium sulfat	BaSO ₄	1,0 × 10 ⁻¹⁰	mol ² × L ⁻²	10,0
Besi(II) fosfat	Fe ₃ (PO ₄) ₂	1,0 × 10 ⁻³⁶	mol ⁵ × L ⁻⁵	36,0
Besi(II) hidroksida	Fe(OH) ₂	4,8 × 10 ⁻¹⁶	mol ³ × L ⁻³	15,3
Besi(II) sulfida	FeS	5,0 × 10 ⁻¹⁸	mol ² × L ⁻²	17,3
Besi(III) fosfat	FePO ₄	4,0 × 10 ⁻²⁷	mol ² × L ⁻²	26,4
Besi(III) hidroksida	Fe(OH) ₃	3,8 × 10 ⁻³⁸	mol ⁴ × L ⁻⁴	37,4
Bismut(III) sulfida	Bi ₂ S ₃	1,6 × 10 ⁻⁷²	mol ⁵ × L ⁻⁵	71,8
Kadmium hidroksida	Cd(OH) ₂	1,2 × 10 ⁻¹⁴	mol ³ × L ⁻³	13,9
Kadmium karbonat	CdCO ₃	2,5 × 10 ⁻¹⁴	mol ² × L ⁻²	13,6
Kadmium sulfida	CdS	1,0 × 10 ⁻²⁹	mol ² × L ⁻²	29,0
Kalsium fosfat	Ca ₃ (PO ₄) ₂	1,0 × 10 ⁻²⁵	mol ⁵ × L ⁻⁵	25,0
Kalsium hidroksida	Ca(OH) ₂	5,5 × 10 ⁻⁶	mol ³ × L ⁻³	5,3
Kalsium karbonat	CaCO ₃	4,8 × 10 ⁻⁹	mol ² × L ⁻²	8,3
Kalsium oksalat	Ca(COO) ₂	2,6 × 10 ⁻⁹	mol ² × L ⁻²	8,6
Kalsium sulfat	CaSO ₄	6,1 × 10 ⁻⁵	mol ² × L ⁻²	4,2

Nama Zat	Rumus Kimia	Hasil Kali Kelarutan K_{sp}		Eksponen Hasil Kali Kelarutan (pK_{sp})
		Nilai Bilangan	Satuan	
Magnesium fosfat	$Mg_3(PO_4)_2$	$6,0 \times 10^{-23}$	$mol^5 \times L^{-5}$	22,2
Magnesium hidroksida	$Mg(OH)_2$	$2,6 \times 10^{-12}$	$mol^3 \times L^{-3}$	11,6
Magnesium karbonat	$MgCO_3$	$2,6 \times 10^{-5}$	$mol^2 \times L^{-2}$	4,6
Mangan hidroksida	$Mn(OH)_2$	$4,0 \times 10^{-14}$	$mol^3 \times L^{-3}$	13,4
Nikel sulfida	NiS	$1,0 \times 10^{-26}$	$mol^2 \times L^{-2}$	26,0
Nikel(II) hidroksida	$Ni(OH)_2$	$1,6 \times 10^{-14}$	$mol^3 \times L^{-3}$	13,8
Perak bromida	$AgBr$	$6,3 \times 10^{-13}$	$mol^2 \times L^{-2}$	12,2
Perak fosfat	Ag_3PO_4	$1,8 \times 10^{-18}$	$mol^4 \times L^{-4}$	17,7
Perak hidroksida	$AgOH$	$1,5 \times 10^{-8}$	$mol^2 \times L^{-2}$	7,8
Perak iodida	AgI	$1,5 \times 10^{-16}$	$mol^2 \times L^{-2}$	15,8
Perak karbonat	Ag_2CO_3	$6,2 \times 10^{-12}$	$mol^3 \times L^{-3}$	11,2
Perak klorida	$AgCl$	$1,6 \times 10^{-10}$	$mol^2 \times L^{-2}$	9,8
Perak kromat	Ag_2CrO_4	$4,0 \times 10^{-12}$	$mol^3 \times L^{-3}$	11,4
Perak sulfida	Ag_2S	$1,6 \times 10^{-49}$	$mol^2 \times L^{-2}$	48,8
Raksa(I) klorida (kalomel)	Hg_2Cl_2	$2,0 \times 10^{-18}$	$mol^3 \times L^{-3}$	17,7
Raksa(II) sulfida (hitam)	HgS	$1,0 \times 10^{-52}$	$mol^2 \times L^{-2}$	52,0
Seng karbonat	$ZnCO_3$	$6,0 \times 10^{-11}$	$mol^2 \times L^{-2}$	10,2
Tembaga(I) klorida	$CuCl$	$1,0 \times 10^{-6}$	$mol^2 \times L^{-2}$	6,0
Tembaga(II) hidroksida	$Cu(OH)_2$	$5,6 \times 10^{-20}$	$mol^3 \times L^{-3}$	19,3
Tembaga(II) sulfida	CuS	$8,0 \times 10^{-45}$	$mol^2 \times L^{-2}$	44,1
Timbal (II) hidroksida	$Pb(OH)_2$	$2,8 \times 10^{-16}$	$mol^3 \times L^{-3}$	15,5
Timbal(II) iodida	PbI_2	$8,7 \times 10^{-9}$	$mol^3 \times L^{-3}$	8,1
Timbal(II) karbonat	$PbCO_3$	$3,3 \times 10^{-14}$	$mol^2 \times L^{-2}$	13,5
Timbal(II) klorida	$PbCl_2$	$2,0 \times 10^{-5}$	$mol^3 \times L^{-3}$	4,7
Timbal(II) sulfat	$PbSO_4$	$1,5 \times 10^{-8}$	$mol^2 \times L^{-2}$	7,8
Timbal(II) sulfida	PbS	$3,4 \times 10^{-28}$	$mol^2 \times L^{-2}$	27,5

Deret Potensial Elektrode Unsur-unsur Logam

Potensial elektrode standar (E°) diukur pada 25°C dan 101,3 kPa (1 atm)

Reaksi Oksidator + $e^- \rightleftharpoons$ Reduktor	Pasangan Redoks	Potensial Elektrode Standar (E°) dalam Volt
$\text{Li}^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Li} (s)$	Li^+ / Li	-3,04
$\text{K}^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons \text{K} (s)$	K^+ / K	-2,92
$\text{Ba}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ba} (s)$	$\text{Ba}^{2+} / \text{Ba}$	-2,90
$\text{Ca}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ca} (s)$	$\text{Ca}^{2+} / \text{Ca}$	-2,87
$\text{Na}^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Na} (s)$	Na^+ / Na	-2,71
$\text{Mg}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg} (s)$	$\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}$	-2,36
$\text{Be}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Be} (s)$	$\text{Be}^{2+} / \text{Be}$	-1,85
$\text{Al}^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al} (s)$	$\text{Al}^{3+} / \text{Al}$	-1,66
$\text{Ti}^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ti} (s)$	$\text{Ti}^{3+} / \text{Ti}$	-1,21
$\text{Mn}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn} (s)$	$\text{Mn}^{2+} / \text{Mn}$	-1,18
$\text{V}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{V} (s)$	V^{2+} / V	-1,17
$\text{Zn}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn} (s)$	$\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cr}^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr} (s)$	$\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}$	-0,74
$\text{Fe}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe} (s)$	$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$	-0,41
$\text{Cd}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd} (s)$	$\text{Cd}^{2+} / \text{Cd}$	-0,40
$\text{Co}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Co} (s)$	$\text{Co}^{2+} / \text{Co}$	-0,28
$\text{Ni}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni} (s)$	$\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$	-0,23
$\text{Sn}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn} (s)$	$\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb} (s)$	$\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$	-0,13
$\text{Fe}^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Fe} (s)$	$\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}$	-0,02
$2\text{H}_3\text{O}^+ (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 (g) + 2\text{H}_2\text{O} (l)$	$2\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2$	0,00 (pH = 0)
$\text{Cu}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu} (s)$	$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$	+0,35
$\text{Cu}^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Cu} (s)$	Cu^+ / Cu	+0,52
$\text{Hg}_2^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg} (l)$	$\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}$	+0,79
$\text{Ag}^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} (s)$	Ag^+ / Ag	+0,80
$\text{Hg}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg} (l)$	$\text{Hg}^{2+} / \text{Hg}$	+0,85
$\text{Pt}^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pt} (s)$	$\text{Pt}^{2+} / \text{Pt}$	+1,20
$\text{Au}^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au} (s)$	$\text{Au}^{3+} / \text{Au}$	+1,50
$\text{Au}^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Au} (s)$	Au^+ / Au	+1,70

Bentuk zat: s = zat padat; l = zat cair; g = zat gas

Deret Potensial Elektrode untuk Beberapa Reaksi Redoks

Potensial standar diukur pada 25°C dan 101,3 kPa (1 atm)

Reaksi Oksidator + $Ze^- \rightleftharpoons$ Reduktor	Potensial Elektrode Standar (E°) dalam Volt
$2H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2OH^-(aq)$	-0,83* (pH = 14)
$Cd(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Cd(s) + 2OH^-(aq)$	-0,82* (pH = 14)
$2CO_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons C_2O_4^{2-}(aq)$	-0,49
$2H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2H_2O(l)$	-0,41* (pH = 7)
$Cr^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}(aq)$	-0,41
$PbSO_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	-0,36
$CO_2(g) + 2H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons HCOOH(l) + 2H_2O(l)$	-0,20* (pH = 0)
$HCOOH(l) + 2H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons HCHO(g) + 3H_2O(l)$	+0,06* (pH = 0)
$2H_3O^+(aq) + S(s) + 2e^- \rightleftharpoons H_2S(g) + 2H_2O(l)$	+0,14
$Cu^{2+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Cu^+(aq)$	+0,17
$AgCl(s) + e^- \rightleftharpoons Ag(s) + Cl^-(aq)$	+0,22
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-(aq)$	+0,40* (pH = 14)
$AsO_4^{3-}(aq) + 2H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons AsO_3^{3-}(aq) + 3H_2O(l)$	+0,56* (pH = 0)
$MnO_4^-(aq) + H_2O(l) + 3e^- \rightleftharpoons MnO_2(l) + 2H_2O(l)$	+0,59* (pH = 14)
$O_2(g) + 2H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2(l) + 2H_2O(l)$	+0,68* (pH = 0)
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$	+0,77
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-(aq)$	+0,82* (pH = 7)
$NO_3^-(aq) + 4H_3O^+(aq) + 3e^- \rightleftharpoons NO(g) + 6H_2O(l)$	+0,96* (pH = 0)
$O_2(g) + 4H_3O^+(l) + 4e^- \rightleftharpoons 6H_2O(l)$	+1,23* (pH = 0)
$MnO_2(s) + 4H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 6H_2O(l)$	+1,23* (pH = 0)
$C_2O_7^{2-}(aq) + 14H_3O^+(aq) + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+}(aq) + 21H_2O(l)$	+1,33* (pH = 0)
$PbO_2(s) + 4H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 6H_2O(l)$	+1,46* (pH = 0)
$MnO_4^{2-}(aq) + 8H_3O^+(aq) + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 12H_2O(l)$	+1,51* (pH = 0)
$PbO_2(s) + 4H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons PbSO_4(s) + 6H_2O(l)$	+1,69* (pH = 0)
$H_2O_2(l) + 2H_3O^+ + 2e^- \rightleftharpoons 4H_2O(l)$	+1,77* (pH = 0)
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}(aq)$	+2,01
$O_3(g) + 2H_3O^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons O_2(g) + 3H_2O(l)$	+2,07

Nilai E° yang tergantung pada pH; s (solid) zat padat; l = (liquid) zat cair; g = zat gas; aq = (aqueous) larut dalam air.

Deret Potensial Elektrode Unsur-unsur Nonlogam/Metalloid

Potensial standar diukur pada 25°C dan 101,3 kPa (1 atm)

Reaksi Oksidator + $2e^- \rightleftharpoons$ Reduktor	Pasangan Redoks	Potensial Elektrode Standar (E°) dalam Volt
$\text{Se}(s) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Se}^{2-}(aq)$	Se/Se^{2-}	-0,92
$\text{S}(s) + 2e^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-}(aq)$	S/S^{2-}	-0,48
$\text{I}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(aq)$	$\text{I}_2/2\text{I}^-$	+0,54
$\text{Br}_2(l) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(aq)$	$\text{Br}_2/2\text{Br}^-$	+1,07
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(aq)$	$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$	+1,36
$\text{F}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(aq)$	$\text{F}_2/2\text{F}^-$	+2,87

Konstanta Fisika dan Kimia

Satuan massa atom	$1 \text{ sma} = 1,6605402 \times 10^{-27} \text{ kg}$ $6,0221367 \times 10^{23} \text{ sma} = 1 \text{ g}$
Bilangan Avogadro	$N = 6,0221367 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Konstanta Boltzmann	$k = 1,38066 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Massa diam elektron	$m_e = 5,485799 \times 10^{-4} \text{ sma}$ $= 9,1093897 \times 10^{-28} \text{ g}$
Muatan elektron	$e = 1,60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$
Tetapan Faraday	$F = 9,6485309 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Konstanta gas	$R = 8,31452 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $= 0,0820579 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Massa diam neutron	$m_n = 1,00866 \text{ sma}$ $= 1,67495 \times 10^{-24} \text{ g}$
Pi	$\pi = 3,1415926536$
Tetapan Planck	$h = 6,6260755 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Massa diam proton	$m_p = 1,0072765 \text{ sma}$ $= 1,672623 \times 10^{-24} \text{ g}$
Kecepatan cahaya	$c = 2,997925 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Tabel Periodik Unsur

[illegible]

Kunci Latihan

Bab I. Sistem Periodik Unsur dan Struktur Atom

A. Pilihan Ganda

1. B 3. C 5. D 7. E 9. A 11. C 13. C 15. E
17. E 19. D

B. Esei

1. Bagian dari atom yang terjadi dari proton dan neutron.
3. Golongan adalah kolom unsur-unsur yang tegak pada tabel periodik, sedangkan periode adalah baris unsur-unsur yang disusun mendatar.
5. a. $\text{Ca} > \text{K} > \text{Ar} > \text{Cl} > \text{S}$
b. $\text{Ca} > \text{K} > \text{Ar} > \text{Cl} > \text{S}$
c. $\text{S} > \text{Cl} > \text{Ar} > \text{K} > \text{Ca}$

Bab II. Ikatan Kimia

A. Pilihan Ganda

1. E 3. C 5. C 7. E 9. C

B. Esei

1. a. $\text{Ca} \cdot \ddot{\text{O}} \cdot$ b. $\text{K} \cdot \ddot{\text{Br}} \cdot$ c. $\ddot{\text{Cl}} \cdot \text{Ba} \cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot$
3. $\text{HF} > \text{IF} > \text{BrF} > \text{ClF} > \text{F}_2$
5. Karena adanya elektron yang dapat bergerak bebas dari satu atom ke atom yang lain.

Bab III. Tata Nama Senyawa dan Persamaan Reaksi

A. Pilihan Ganda

1. D 3. A 5. C 7. E 9. D 11. C 13. D 15. A

B. Esei

1. Karena Mg merupakan unsur logam, sedangkan SCL_2 merupakan unsur-unsur nonlogam.
3. a. NH_4ClO_3 d. $\text{Ba}(\text{OH})_2$
b. KNO_3 e. ZnC_2O_4
c. Na_2SO_4 f. $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$
5. a. $2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$
c. $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Bab IV. Hukum Dasar Kimia dan Perhitungan Kimia

A. Pilihan Ganda

1. C 3. C 5. A 7. D 9. A 11. C 13. B 15. D 17. C
19. C

B. Esei

- a. 64 gram oksigen
b. 40,3 gram
c. Hukum Kekekalan Massa
- Bukan senyawa murni karena ada massa zat yang tersisa.
- a. 4
b. 2
c. Nomor massa menyatakan jumlah proton dan neutron dalam atom, sedangkan massa atom relatif menyatakan massa suatu atom dibandingkan dengan massa atom standar.
- 104 gram
- a. 1,6 gram
b. 59%

Latihan Semester I**A. Pilihan Ganda**

1. C 3. C 5. D 7. A 9. C 11. A 13. D 15. B

B. Esei

- a. $\text{As}_2\text{O}_3(aq) + 3\text{H}_2\text{S}(aq) \rightarrow \text{As}_2\text{S}_3(aq) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$
b. $\text{Mg}(s) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$
- Besi 35 gram dan 15 gram oksigen
- a. 8 gram
b. 2,24 L

Bab V. Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit**A. Pilihan Ganda**

1. A 3. B 5. C 7. C 9. C 11. C 13. E 15. D

B. Esei

- a. Dapat
b. Tidak dapat
c. Dapat
- Dengan alat uji elektrolit, bila menghantarkan listrik berarti elektrolit. Elektrolit kuat membuat nyala lampu terang, sedangkan elektrolit lemah membuat nyala lampu redup
- Karena dapat menghantarkan listrik

Bab VI. Reaksi Reduksi Oksidasi**A. Pilihan Ganda**

1. C 3. C 5. D 7. B 9. B 11. C 13. C 15. E

B. Esei

- Reaksi redoks merupakan reaksi terhadap oksigen/hidrogen yang melibatkan serah terima elektron dan mengalami perubahan biloks, misal perkaratan dan pembakaran.

3. b. Pengoksidasi : KI
Pereduksi : H_2O_2
- c. Pengoksidasi : KMnO_4
Pereduksi : H_2O_2
5. Karena bereaksi dengan ion Cl^-

Bab VII. Hidrokarbon dan Minyak Bumi

A. Pilihan Ganda

1. D 3. A 5. D 7. C 9. B 11. B 13. E 15. B 17. E
19. A 21. A 23. E 25. B

B. Esei

1. $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$, $\text{C}_{12}\text{H}_{24}$, dan $\text{C}_{12}\text{H}_{20}$
3. 3-etil-4-metil-2-pentena
5. C_8H_8 , karena antaratom C berikatan tunggal
7. Semakin besar M_r , harga titik didih juga semakin besar
9. Pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponen penyusun campuran tersebut diikuti pendinginan bertahap/ bertingkat untuk titik didih masing-masing komponen

Latihan Semester II

A. Pilihan Ganda

1. C 3. A 5. B 7. E 9. E 11. D 13. B 15. B 17. C
19. E

B. Esei

1. Cat dapat melindungi besi dari karat, bila terkelupas besi teroksidasi oleh oksigen di udara membentuk karat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)
3. Dapat
4. Dengan melewati senyawa tersebut dalam air bromin

Latihan Akhir Tahun

A. Pilihan Ganda

1. C 3. A 5. D 7. B 9. E 11. D 13. A 15. E 17. C
19. B

B. Esei

1. Tidak dapat menjelaskan mengapa elektron tidak tertarik dan jatuh pada inti atom
3. a. $\text{FeCl}_3(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{aq}) + 3\text{HCl}(\text{aq})$
Besi(III) klorida Air Besi(III) hidroksida Asam klorida
4. Batu karbit 1280 gram dan air 540 gram
6. CH_4
9. $\text{C}_{11}\text{H}_{22}$

[illegible]

[illegible]

Aktif Belajar

Kimia

Untuk SMA & MA



ISBN 978-979-068-733-2 (No. Jld lengkap)

ISBN 978-979-068-734-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 9 Tahun 2009 Tanggal 12 Februari 2009 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp13.472,-